

## L'UTILITE DE L'ANALYSE SPATIO-MORPHOLOGIQUE DANS LA MISE EN PLACE D'UN SYSTEME DE TRANSPORT DURABLE

Pascale Saint-Amand

UMR ESPACE – CNRS 6012 Equipe de Nice  
Université de Nice Sophia-Antipolis  
98, bd Edouard Herriot BP 3209  
06204 Nice Cedex  
04 93 37 53 57  
pascale.saint-amand@unice.fr

---

### Résumé :

Rechercher *une* adéquation entre réseau de transport et territoire suppose l'acquisition de connaissances pertinentes sur le fonctionnement et l'organisation de l'espace. L'analyse d'images par la morphologie mathématique permet de prendre en compte les besoins et contraintes d'un territoire et offre la possibilité d'appréhender l'organisation spatiale de ce même territoire. La démarche décrite dans cette contribution mobilise des méthodes d'analyse spatiale par analyse d'images afin d'établir un premier diagnostic territorial et de localiser dans l'espace les dysfonctionnements éventuels dans l'offre en transports collectifs sur la zone d'étude.

**Mots clés :** morphologie mathématique, SIG, analyse spatiale, transports durables, diagnostic territorial.

---

### Abstract :

To search *an* adequacy between transport system and territory assumes appropriate knowledge on functioning and organization of the space. The analysis of pictures by mathematical morphology allows taking into account needs and pressures count a territory and give the possibility of arresting the space organization of the same territory. The step represented in this contribution mobilizes of space analysis methods by pictures analysis in the aim to establish a first territorial diagnosis and to locate possible dysfunctions in the space in offer of collective transport on the zone of study.

**Key words :** mathematical morphology, GIS, spatial analysis, sustainables transports, territorial diagnosis.

---

### Introduction

Dans le domaine des sciences sociales, la question des déplacements et des modes de transport durable a été jusqu'à présent, 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 ».

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 les modes de transports durables possibles 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.

### 1. Présentation de la problématique de thèse

La thèse, intitulée « L'adéquation d'un système de transport durable aux systèmes territoriaux méditerranéens, modélisations et aide à la décision » débutée en 2005, a pour objet de rechercher les déterminants de la réceptivité d'une région urbaine méditerranéenne 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 : voiture, train, bus, tramway, vélo, marche à pied. En effet, l'étude des inter-relations existantes entre un territoire, pris dans ses multiples composantes (usagers et configuration physique) et un réseau de transports durables est l'une des premières démarches à effectuer si l'on souhaite, d'une part comprendre comment fonctionne le système réseau-territoire actuel, et d'autre part prévoir les impacts futurs de nouvelles inter-relations sur les différents éléments du système territorial. L'enjeu principal se situe dans l'offre d'un système de transports qui soit en adéquation avec les principes du développement durable, les besoins des usagers, les contraintes et les potentialités d'un territoire. La recherche de cette adéquation constitue la finalité de cette thèse.

Les notions d'adéquation et d'optimisation autour desquelles se construit la recherche ont fait tout d'abord l'objet de réflexions approfondies. Les premiers travaux de la thèse ont également mis en évidence les composantes majeures d'un système de transports durables en adéquation avec le territoire ainsi que leurs interrelations :

- les conditions requises en matière d'offre et de demande (coûts, temps de trajet, fréquence, fiabilité, confort,...) ;
- les composantes spatiales à prendre en considération : topographie, étendue et forme du territoire, densités, infrastructures de communication existantes, configuration des réseaux,... ;
- les nuisances sonores et atmosphériques, les risques dus aux transports sur notre territoire avant implantation du système de transport durable ;
- les attentes et besoins des différents acteurs ainsi que leur propension à adhérer aux nouvelles pratiques de déplacement, c'est-à-dire l'évaluation du degré d'implication des différents acteurs.

Par ailleurs, cette recherche doctorale envisage le territoire dans sa diversité multiscalaire et sous l'angle multi-temporel, en analysant la manière dont les usagers vivent le territoire dans leurs déplacements.

Les aires urbaines étudiées appartiennent aux espaces méditerranéens français. Elles associent trois types de territoires : les espaces urbains, la couronne périurbaine et la zone rurale sous dominante urbaine. Ce champ spatial étendu a été retenu car, aujourd'hui, le cadre pertinent des mobilités intra-régionales, tous motifs de déplacement confondus, est constitué par l'ensemble de ces trois zones. Par ailleurs, c'est au travers de ces différents espaces que s'expriment et se diffusent les processus de métropolisation. Le système de transports durables à concevoir se situera donc à l'échelle de ces trois territoires. L'ensemble littoral des Alpes-Maritimes a retenu plus particulièrement notre attention car 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. Par ailleurs, il est souhaitable de raisonner sur des problématiques de bassins d'emplois de manière à pouvoir associer des espaces aux caractéristiques diverses. Cependant, chaque territoire présente des caractéristiques qui lui sont propres, une "bonne expérience" *reproductible* en matière de mobilité durable est donc un concept à nuancer. En conséquence l'un des points majeurs de la recherche est de déterminer, pour le territoire étudié, son degré de réceptivité à la mise en place d'un système de transport durable.

L'une des hypothèses majeures posées dans cette recherche doctorale réside dans le fait que la matérialité de l'espace (la distance, les interactions spatiales, la portée spatiale,...) ainsi que la configuration spatiale d'un territoire (les densités de population, la fonctionnalité du bâti, la morphologie urbaine,...) conditionnent les pratiques de déplacements, l'utilisation d'un mode de transport privilégié ainsi que la réceptivité des acteurs à l'offre de transport durable. L'analyse spatiale et morphologique du territoire est utilisée pour vérifier la validité de cette hypothèse et, dans une optique opérationnelle, pour repérer les espaces présentant une 'inadéquation de l'offre à la demande.

Les principales données mobilisées pour cette thèse sont de deux natures : les données bibliographiques qui permettent d'appréhender les caractéristiques théoriques d'un système de transport durable optimal et les données relatives au territoire d'investigation et d'application des modélisations : orthophoto, BD Topo, RGP, système de transport actuel de la principale AOTU du champ d'étude.

## 2. Exemples d'analyses spatio-morphologiques

Si, sur un bassin d'emploi, plus de 85% des salariés utilisent leur véhicule pour se déplacer de leur domicile à leur lieu de travail, c'est que l'offre de transport en commun est soit insuffisante, soit très mal adaptée aux besoins réels des populations. Les analyses spatio-morphologiques effectuées à différentes échelles spatiales ont pour objectif de mettre en évidence les zones d'inadéquation de l'offre en transports en commun à la demande exprimée par le territoire et de contribuer à comprendre les raisons des dysfonctionnements observés.

### 2.1. Identification des bassins de mobilité autour d'un point stratégique du territoire

La première analyse présentée, fait suite à deux constats alarmants 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 du Parc d'activités 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 regroupés en association, largement insuffisante et inadaptée (l'AUTEC, Association des Usagers des Transports En Communs de la CASA).

L'analyse spatiale a donc pour objet de déceler d'éventuelles anomalies qui pourraient exister entre périmètres administratifs de compétences en termes d'organisation des transports et réalités des besoins des usagers navetteurs (interconnexions des réseaux, correspondances, fréquences des dessertes,...). À partir de la base de données déplacements Mirabelle, issue du Recensement Général de la Population de 1999, les bassins de mobilité autour de la zone de Sophia-Antipolis, sont recherchés. Sur une zone de 30 kilomètres autour du bassin d'emplois de Sophia-Antipolis, l'identification de cinq bassins de mobilité majeurs est réalisée par des opérateurs de morphologie mathématique (algorithme de la ligne de partage des eaux). Les limites de ces différents bassins sont ensuite comparées avec les frontières administratives de la Communauté d'Agglomération Sophia-Antipolis, CASA, principale Autorité Organisatrice des Transports Urbains dans cette zone d'étude (Fig. 1 et 2).

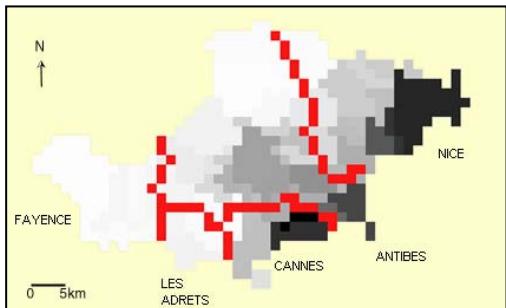


Figure 1 - Les cinq bassins de mobilité avec leur point d'ancrage.

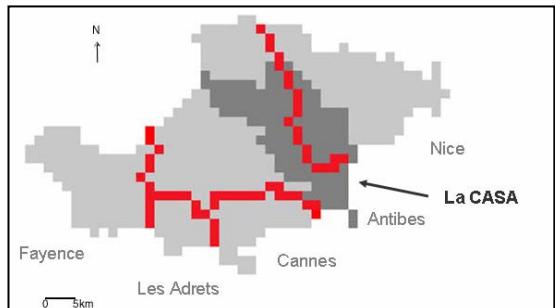


Figure 2 - Croisement des limites des bassins de mobilité avec le PTU de la CASA.

Les images obtenues mettent en évidence les distorsions effectives entre les périmètres de compétences des communautés d'agglomération et la réalité des déplacements quotidiens effectués par la population. Les dysfonctionnements engendrés par cet état de fait sont manifestes sur le territoire : les usagers des transports en commun de la zone dénoncent, d'ailleurs, l'existence de nombreux problèmes, notamment dans les dessertes ainsi qu'une absence d'interconnexions entre les différents réseaux (Conseil Général, intercommunalités ou communes voisines). La mise en place d'un système de transport durable en adéquation avec les besoins du territoire supposerait des collaborations très étroites tout d'abord entre échelons de décisions puis avec tous les acteurs du territoire : associations, gestionnaires, élus, usagers.

## 2.2. Analyse spatio-morphologique de l'offre en transports collectifs sur le champ d'étude

L'imbrication des territoires de gestion et d'organisation des transports nous est apparue pertinente à étudier, compte tenu des densités de population à desservir et de la réalité des déplacements quotidiens qui s'effectuent majoritairement de manière inter-urbaine - l'INSEE estime que 40% des salariés de la région résident et travaillent dans une communauté d'agglomération différente. La seconde analyse a donc pour objet de mettre en évidence les hiatus observés dans la desserte de transports en commun sur le territoire. Sur le champ d'étude retenu - communes adjacentes du périmètre extérieur du Parc d'activités de Sophia-Antipolis -, un zoom est effectué sur trois communes littorales contiguës ne dépendant pas du même Périmètre de Transports Urbains : Antibes Juan-les-Pins, commune la plus peuplée du champ, Vallauris-Golfe-Juan et Le Cannet. Ces communes sont mitoyennes et situées aux limites administratives de la CASA et de l'Agglomération Cannes-Grasse (Fig. 3). Les points d'arrêts des trois réseaux de bus œuvrant sur cette zone (Envibus de la CASA, Bus Azur du SITP Cannes, Le Cannet, Mandelieu-la-Napoule, et TAM 06 du Conseil Général des Alpes-Maritimes) sont cartographiés (Fig. 4).

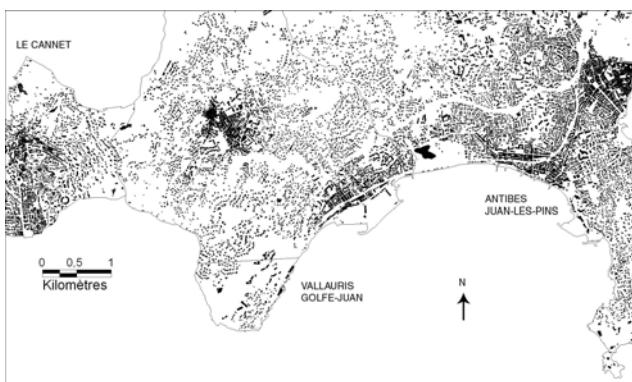


Figure 3 - Image du bâti de la nouvelle zone d'étude.

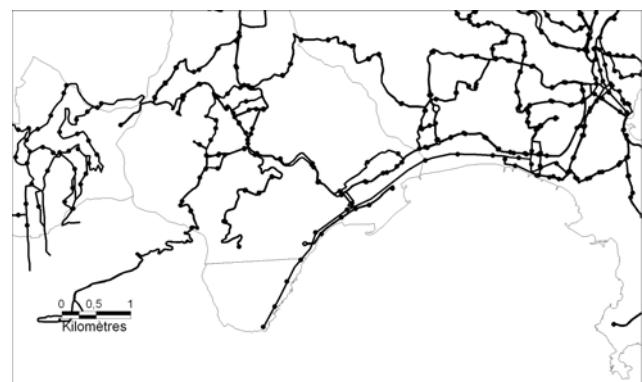


Figure 4 - Tracé et points d'arrêts des réseaux de bus.

À chaque point d'arrêt est appliquée une zone tampon ou un « buffer » sphérique d'une distance de 300 mètres, considérant qu'il s'agit de leur aire d'influence respective (Fig. 5). Un potentiel de population communale est ensuite calculé en répartissant le chiffre de population globale de chaque commune sur la surface bâtie, en fonction du type d'espace bâti - 5 classes ont été définies allant du bâti vertical très dense jusqu'à la villa isolée. Cette spatialisation à une échelle fine des populations donne une image en niveau de gris des potentiels de déplacements par pixel (Fig. 6).



Figure 5 - Application d'un buffer de 300 mètres autour de chaque point d'arrêt.

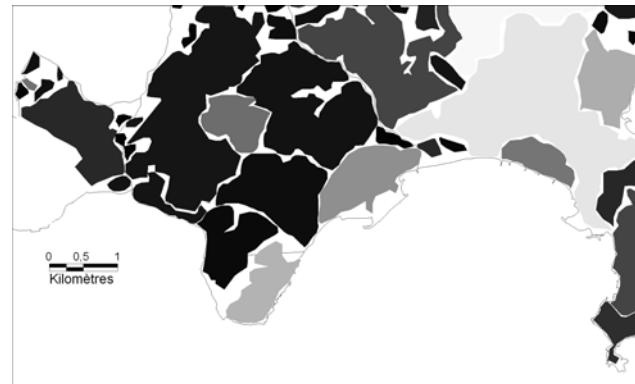


Figure 6 - Polygones de population en niveaux de gris.

Ces deux images sont intersectées. Les zones de l'image non incluses dans le résultat de l'intersection correspondent aux populations qui ne sont pas touchées par l'aire d'influence des points d'arrêts des trois réseaux de bus du champ. Puis, cette image est replacée sous environnement SIG afin de localiser et de géoréférencer ces zones mal desservies (Fig. 7).

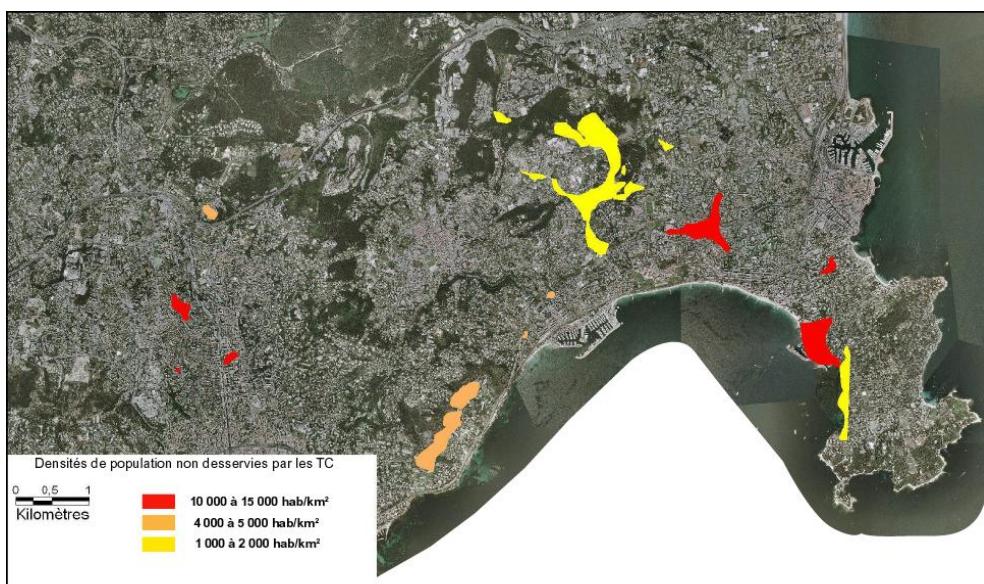


Figure 7 - Image résultat : populations non comprises dans l'aire d'influence des points d'arrêts des réseaux de transports en commun de la zone.

Les dysfonctionnements dans les dessertes et correspondances relevés par les usagers sont croisés avec ces résultats. Il apparaît nettement qu'aux frontières entre Périmètres de Transports Urbains, des densités de populations importantes ne sont pas prises en compte dans l'organisation des tracés et des dessertes. Certains usagers qui se déplacent entre les communes contiguës de Vallauris Golfe-Juan et Le Cannet dénoncent régulièrement l'absence de lignes et surtout de concertation entre les différentes Autorités Organisatrices. Certains trajets apparaissent comme trop problématiques à effectuer, il s'agit parfois d'incohérences totales dans les horaires comme dans les tracés. Le manque d'interconnexions entre réseaux dans cet espace est manifeste et ne correspond pas à une offre de transports en commun capable de concurrencer le système automobile de manière satisfaisante.

## Conclusion

En conclusion, les traitements d'analyse spatiale par analyse d'images effectués ont mis en évidence d'une part, la nécessité de s'affranchir des périmètres administratifs pour la gestion et l'organisation d'un système de transports durables en adéquation avec la réalité des déplacements quotidiens des usagers, et d'autre part, la nécessité absolue d'une concertation entre AOTU dans le but de faciliter les échanges inter-PTU. Ces résultats de modélisations, que l'on peut qualifier de premier diagnostic, démontrent que l'inadéquation entre offre et demande de transports durables est manifeste sur le territoire étudié.

Les prochaines modélisations effectuées dans le cadre de la thèse auront pour finalité d'identifier les contraintes ainsi que les potentialités offertes par l'espace étudié, afin de détecter des aires de pratiques et de modes de transports privilégiés. La fonctionnalité du bâti sera croisée avec les déterminants des modes de transports afin d'identifier les possibilités de pratiques adéquates offertes par l'espace : une zone industrielle jalonnée de parkings surdimensionnés favorisera inexorablement l'utilisation de l'automobile. Le rendu s'établira sous forme de cartes d'aires de pratiques et de modes à privilégier selon l'espace - relief plus ou moins marqué, présence / absence de parkings, espaces naturels protégés, espaces non constructibles, etc.

Toutes les modélisations réalisées et à venir dans cette recherche doctorale comportent plusieurs étapes successives qui s'organisent autour d'un couplage Système d'Information Géographique / opérateurs de morphologie mathématique. L'outil SIG intervenant en début et en toute fin de modélisation, en première phase de construction des images destinées à être analysées par le logiciel Micromorph et enfin en phase de visualisation et de cartographie des résultats obtenus par l'analyse d'images. En effet, si la morphologie mathématique a pour objet, entre autres, de révéler l'*invisible*, le SIG permet la restitution des résultats dans le contexte spatial du territoire d'étude et leur utilisation par les gestionnaires.

---

## Bibliographie

ADEME 2002

Projet SMILE - *Sustainable Mobility Initiatives for Local Environment* (Initiatives en mobilité durable pour un contexte local) mené par l'ADEME, dans le cadre du programme Européen LIFE.

CERTU – ADEME 2004

Certu - Ademe - *SCoT et Déplacements, problématiques et méthodes*, Coll. Interface Urbanisme Déplacements, Coédition Certu / Ademe, 336 p.

CHAPELON 1996

Chapelon L. - *Modélisation multi-échelles des réseaux de transport : vers une plus grande précision de l'accessibilité*, Mappemonde n° 3, pp. 28-36.

GENRE-GRANDPIERRE 2005

Genre-Grandpierre C. - *Qualité de l'offre et usage du transport public en milieu urbain*, SAGEO 2005, 18 p.

GENRE-GRANDPIERRE, FOLTETE 2003

Genre-Grandpierre C. Foltête J.-C. - *Morphologie urbaine et mobilité en marche à pied*, Cybergeo : European Journal of Geography, n° 248, 7 Octobre 2003, 22 p.

JOSSELIN, GENRE-GRANDPIERRE, HOUZET 2005

Josselin D. Genre-Grandpierre C. Houzet S. - *Des transports à la demande pour répondre aux nouvelles formes de mobilité. Le concept de Modulobus*, 15 p.

PREDIT 2003

Predit, Recherche et Synthèses - *Les interfaces dans les pôles d'échanges, pierre de touche pour le choix des transports en commun*, fiche n° 3 Nov 2003, 4 p.

VOIRON-CANICIO 1995

Voiron-Canicio Ch. - *Analyse spatiale et analyse d'images*, Espaces Modes d'Emploi, Reclus, 190 p.

VOIRON-CANICIO, DUBUS, SAINT-AMAND ET AL. 2007

Voiron-Canicio Ch. Dubus N. Saint-Amand P. et al. - *L'imbrication des territoires et ses conséquences sur la gestion et la prospective territoriales*, XLIII<sup>e</sup> colloque de l'ASRDLF Grenoble-Chambéry 11,12,13 juillet 2007, « Les dynamiques territoriales : débats et enjeux des différentes approches disciplinaires », 16 p.

WIEL 1999

Wiel M. - *La transition urbaine ou le passage de la ville piédestre à la ville motorisée*, Coll. Recherches et Architecture, Éd. Pierre Margada, Liège, 149 p.