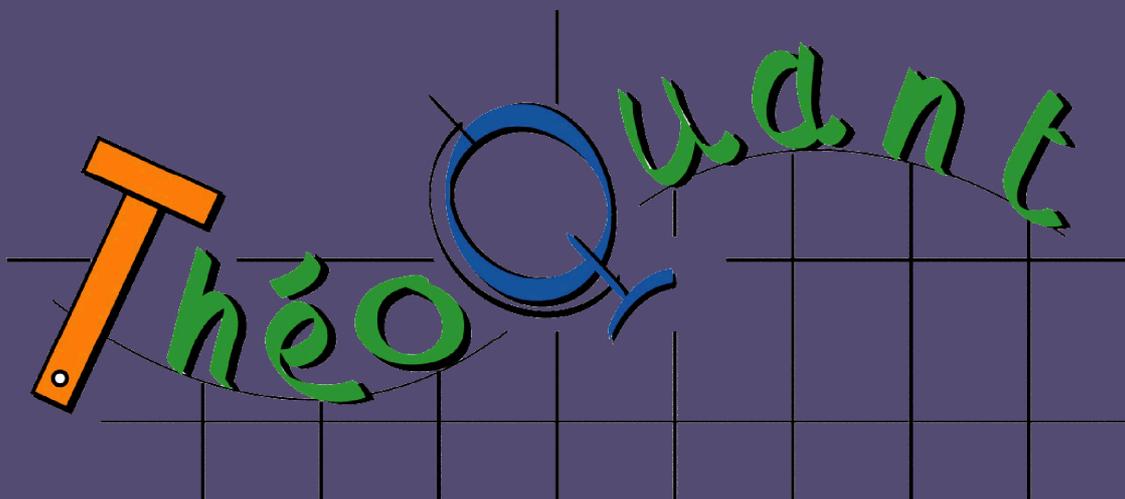


Neuvièmes Rencontres de



Besançon, 4-6 mars 2009

Nouvelles approches en Géographie Théorique et Quantitative

# Résumés des communications



# Sommaire

	Conférences en séance plénière.....	5
Atelier 1	Géographie des risques.....	7
Atelier 2	Téledétection.....	15
Atelier 3	Données statistiques en géographie.....	25
Atelier 4	Réseau, transport et accessibilité.....	33
Atelier 5	Epidémiologie, géographie de la santé.....	43
Atelier 6	Comportements, représentations et cognition spatiale.....	53
Atelier 7	Analyse des mobilités et de leurs impacts.....	63
Atelier 8	Polarisation, hiérarchies spatiales.....	73
Atelier 9	Climatologie.....	85
Atelier 10	Occupation du sol et analyse paysagère.....	91
Atelier 11	Méthodes statistiques et géostatistiques.....	105
Atelier 12	Interactions sociales et dynamiques spatiales.....	115
Atelier 13	Simulations des dynamiques spatiales.....	131
Atelier 14	Approches spatiales en écologie.....	135
Atelier 15	Observatoires territoriaux.....	141
	Séance des posters scientifiques.....	149



Neuvièmes Rencontres de Théo Quant

Besançon, 4-6 mars 2009

[www.thema.theoquant.fr](http://www.thema.theoquant.fr)

## Partenaires des Neuvièmes Rencontres de Théo Quant

Université de Franche-Comté



Unité de Formation et de Recherche « Sciences du Langage, de l'Homme et de la Société »



Centre National de la Recherche Scientifique



Région de Franche-Comté



Ville de Besançon





---

## Conférences en séance plénière

---

Theo Arentze

*Technische Universiteit Eindhoven, Nederland*

[T.A.Arentze@bwk.tue.nl](mailto:T.A.Arentze@bwk.tue.nl)

**Conférence mercredi 4 mars à 10 h 00**

### **Agent-based and activity-based approaches to modeling travel demands and consequences for mobility and urban dynamics**

The activity-based approach to travel demand modeling has recently reached the stage of maturity and are currently making the transition to practice to replace existing trip-based approaches. In this presentation I will discuss the state-of-the-art and first experiences with applications of this approach. In addition, I will focus on new developments where activity-based models are integrated in large-scale micro-simulations of urban dynamics to assess land-use change and mobility consequences over longer time horizons.

---

Denise Pumain

*UMR 8504 Géographie-cités, CNRS/Université Paris 1, Institut Universitaire de France*

[pumain@parisgeo.cnrs.fr](mailto:pumain@parisgeo.cnrs.fr)

**Conférence mercredi 4 mars à 11 h 00**

### **Des catégories pour la modélisation multi-agents en sciences sociales**

Les modèles multi-agents constituent un formidable outil de simulation et d'expérimentation pour les sciences humaines et sociales. Qu'il s'agisse de petits modèles à finalité didactique ou heuristique, ou d'outils collaboratifs aidant à démêler des jeux et des conflits d'acteurs sur le terrain, ou qu'ils soient conçus pour des expérimentations scientifiques, par couplage à des bases de données ou des systèmes d'information géographique, ils galvanisent actuellement la recherche et leurs applications se multiplient. La qualité de leur conception représente donc un défi intellectuel majeur pour l'évolution scientifique. Les modélisations informatiques proposent des ensembles de définitions, dites parfois « ontologies », pour caractériser les propriétés génériques des entités figurant dans les modèles. (C'était par exemple le sujet des dernières « Journée de Rochebrune » organisées par Denis Phan en janvier 2009). La démarche a l'intérêt d'élaborer un cadre conceptuel commun, ce qui est sans doute un avantage, tant pour la comparaison des modèles, la réalisation de plateformes adaptables, que pour faciliter les apprentissages de la modélisation. Cependant, certaines des ontologies très générales posent question aux modélisateurs des sciences sociales. On discutera ici le « quadrant » proposé par Jacques Ferber (2007) qui distingue quatre catégories d'entités agents, selon qu'ils sont individuels ou collectifs, pourvus de représentations internes ou externes. Si cette ontologie s'avère suffisante dans le cadre des procédures et des protocoles actuels de l'intelligence artificielle, elle laisse de côté d'autres catégories qui sont indispensables à la modélisation en sciences sociales. Trop souvent, on modélise l'émergence de « groupes » entre l'« individu » et la « société », dans des modèles « micro-macro » qui ne prennent pas en compte les formes intermédiaires caractéristiques des organisations sociales. On donnera des exemples illustrant la nécessité de « déplier » la catégorie « collectif externe » en au moins trois catégories, que même une catégorisation très « parcimonieuse » ne peut oublier sans passer à côté des processus essentiels à la construction de la complexité sociale.

---

Sara Fabrikant

*Geographic Information Visualization and Analysis (GIVA), University of Zürich*

[sara.fabrikant@geo.uzh.ch](mailto:sara.fabrikant@geo.uzh.ch)

**Conférence vendredi 6 mars à 9 h 00**

### **Designing Cognitively Inspired Geovisualization Displays**

Many of the currently available interactive and dynamic geovisualization displays, such as those disseminated through the WWW (e.g., mashups, navigation aids), or virtual and augmented environment technologies (e.g., virtual globe viewers) are based on the intuition that people are visuo-spatially competent, and have no difficulty in extracting meaning embedded in graphic displays for knowledge generation and decision making. Display designers often operate under the assumption that people are able to pro-actively explore graphics for spatial knowledge discovery, and are able to detect geographic patterns, reveal spatial relationships, and thus make intuitive sense of what is seen on a map display. However, to this day, little is known about the effectiveness of graphic displays for exploratory data analysis, problem solving, knowledge exploration and learning. In this talk I will present empirical work based on eye-tracking methodology to assess the usefulness and usability of static and dynamic and interactive map displays. I will report on past and ongoing empirical studies on static and animated map displays where the effects of display design principles and human-map interaction design choices for depicting spatio-temporal phenomena are systematically assessed for spatial inference and decision-making.

---

Stéphane Rican

*EA 3983 Espace Santé et Territoire, CNRS/INSERM/IRD/Université de Paris 10*

[srican@u-paris10.fr](mailto:srican@u-paris10.fr)

**Conférence vendredi 6 mars à 11 h 00**

### **Epidémiologie et géographie**

---





Neuvièmes Rencontres de Théo Quant

Besançon, 4-6 mars 2009

[www.thema.theoquant.fr](http://www.thema.theoquant.fr)

---

# Atelier 1

## Géographie des risques

# Pour une estimation relative de la vulnérabilité urbaine : le cas de la bipolarisation de la vulnérabilité à Bucarest

**Samuel Rufat**

UMR 5600 Environnement, Ville, Société – CNRS/Université de Lyon, France

[Samuel.Rufat@ens-lsh.fr](mailto:Samuel.Rufat@ens-lsh.fr)

## 1. Contexte

La décennie 1990, que l'ONU a consacrée à la réduction des catastrophes naturelles, a conduit à la multiplication des publications sur les risques et leur gestion, mais aussi à l'attention portée à la redéfinition des concepts et méthodes. Cette décennie a érigé la vulnérabilité comme concept clé, en définissant le risque comme le produit d'un danger ou d'un aléa avec la résistance et la capacité de la société qui y est exposée à y faire face. La vulnérabilité a différentes dimensions : physique, sociale et fonctionnelle. La vulnérabilité physique désigne le degré d'exposition et de résistance à un phénomène dangereux d'un bâtiment comme d'une société. La vulnérabilité sociale désigne l'incapacité des individus à faire face à une crise ou à un changement. La vulnérabilité fonctionnelle désigne les infrastructures (hôpitaux, écoles, etc.) et les réseaux (transport, viabilité, etc.) dont le dysfonctionnement ou la destruction aggravent toute crise et entravent la reconstruction. Mais, si les concepts ont évolué sous l'impulsion des institutions internationales, les méthodes n'ont connu que des changements de moindre ampleur et elles sont de plus en plus critiquées. Ce découplage entre le renouvellement en profondeur de l'outillage conceptuel et l'évolution plus lente des méthodes d'estimation et de cartographie mérite l'attention.

## 2. Terrain d'application

Bucarest est exposé à des séismes d'une intensité supérieure à 7° Richter, à des inondations récurrentes, mais aussi à des accidents industriels et de transport de matières dangereuses. Le manque d'exploitation des données et la rapidité des changements depuis la chute du régime socialiste en 1989 font que la capitale de la Roumanie est aujourd'hui moins étudiée qu'avant 1989. Dans le cas de Bucarest, l'exposition complexe, les interactions entre les mutations récentes et le renforcement de la vulnérabilité rendent la conception d'outils d'analyse de la vulnérabilité performants non seulement nécessaire mais urgente.

## 3. Méthodes

L'utilisation et le traitement des bases de données spécifiques à la vulnérabilité butent sur deux principaux problèmes. D'une part, les données de nature, de type et de sources différents doivent être rendue compatibles. Ce sont les tentatives de réduction de cette hétérogénéité qui ont conduit soit à une traduction monétaire uniforme, soit à une intégration en un indicateur unique selon des méthodes arbitraires. Cette étape gomme les interactions entre les facteurs pris en compte, alors qu'elles sont essentielles pour l'analyse de la vulnérabilité. D'autre part, le nombre de facteurs pris en compte a augmenté en même temps que les capacités de stockage et de traitement des données, mais sans pouvoir prétendre à l'exhaustivité. Pour dépasser ces obstacles méthodologiques, il convient alors de se détourner à la fois de la quête de l'exhaustivité et de la tentation de l'addition de tous les facteurs entrant en jeu dans les différentes crises.

Nous proposons de surmonter ces obstacles en deux étapes. D'abord, un changement du regard : la formule « il n'existe pas de risque zéro » peut être transposée à la vulnérabilité : il n'existe pas de territoire, d'individu ou de société invulnérable. Il est alors possible de passer de la tentative de quantifier un niveau de fragilité ou de dommages potentiels à la recherche des populations et les territoires les plus vulnérables au sein des espaces exposés à divers aléas et sources de danger. Ce passage d'une estimation absolue de la vulnérabilité à son analyse relative permet de s'affranchir de la tentation de l'addition des facteurs. Ensuite, le recours aux analyses factorielles permet de sortir à la fois de l'impasse de la quête d'exhaustivité et des obstacles rencontrés lors de la recherche de seuils pour les différentes variables. Ces deux étapes font basculer l'estimation de la vulnérabilité des modèles additifs aujourd'hui critiqués à une analyse des corrélations, plus en accord avec le renouveau conceptuel de ces trente dernières années.

Nous avons réalisé un SIG pour Bucarest afin de pouvoir exploiter les données des deux derniers recensements (1992 et 2002) à l'échelle intra-urbaine. Nous y avons ensuite intégré des données sur les infrastructures, les institutions et les principaux nœuds des réseaux à partir de sources variées (administrations, relevés de terrain, images

satellite). En partant des retours d'expérience, une première série d'analyses factorielles (ACP) nous servent à discriminer les variables les plus liées entre elles. Une quinzaine de variables sont ensuite conservées et interprétées comme faisceaux de facteurs du renforcement (ou non) de la vulnérabilité. Cette étape sert de base à une classification automatique (CAH) qui tire des corrélations entre les facteurs de vulnérabilité une typologie des 150 circonscriptions de recensement de Bucarest. Les différents « profils » de vulnérabilité sont ensuite cartographiés au regard des zones exposées aux aléas et aux sources de danger. Dans une dernière étape, les situations de 1992 et de 2002 sont comparées pour parvenir à une analyse diachronique. Mais au lieu de comparer les résultats de l'estimation de la vulnérabilité, comme c'est le cas dans les modèles additifs utilisés aujourd'hui, nous proposons une nouvelle fois d'en revenir aux corrélations. Les mêmes étapes de l'analyse sont reprises avec les données de 1992, même si elles ne sont pas toujours équivalentes à celles de 2002. Ce sont les corrélations entre les facteurs, corrélations qui sont au cœur du renforcement de la vulnérabilité, qui sont comparées aux deux dates. Cette démarche permet d'estimer la vulnérabilité et de la suivre dans le temps, malgré les obstacles méthodologiques et la difficulté à établir des séries statistiques symétriques et complètes.

---

## 4. Résultats

Nos analyses montrent une bipolarisation de la vulnérabilité urbaine à Bucarest. Le centre-ville présente une forte vulnérabilité fonctionnelle, concentre les populations âgées et les bâtiments les plus endommagés

---

## 5. Références bibliographiques

- Barnett J., Lambert S., Fry I., 2008, The Hazards of Indicators: Insights from the Environmental Vulnerability Index, *Annals of the Association of American Geographers*, 98, 1, 102-119
- Chelcea L., Simion G., 2008, *Bucurestiul postindustrial. Memorie, dezindustrializare si regenerare urbana*, Bucuresti, Polirom.
- Cinà G., 2005, *Bucarest, dal villaggio alla metropoli. Identità urbana e nuove tendenze*, Milan, Ed. Unicopli.
- Cutters S. (ed.), 2006, *Hazards, Vulnerability and Environmental Justice*, London, Earthscan Publishers.
- Cutter S. L., Mitchell J. T., Scott M. S., 2000, Revealing the Vulnerability of People and Places: A Case Study of Georgetown County, South Carolina, *Annals of the Association of American Geographers*, 90, 4, 713-737
- Danta D., 1993, Ceausescu's Bucharest, *The Geographical Review*, 83, 2, 170-182
- Dauphiné A., 2001, *Risques et catastrophes. Observer, spatialiser, comprendre, gérer*, Paris, Armand Colin.
- Gilles A., 2004, Cartographie du risque naturel dans le monde. Etude comparative entre une approche d'ordre social et une approche d'ordre économique de la vulnérabilité. *Cybergeo*, 286, <http://www.cybergeo.eu/index2614.html>
- Gleyze J.-F., Reghezza M., 2007, La vulnérabilité structurelle comme outil de compréhension des mécanismes d'endommagement, *Géocarrefour*, 82, 1-2, 17-26.
- Kaly U. L., Pratt C. R., Mitchell J., 2004, *The Demonstration Environmental Vulnerability Index (EVI)*, UNEP-SOPAC, Technical Report n° 384.
- Kreimer A. (ed.), 2003, *Building safer cities. The future of disaster risk*, Washington, The World Bank, Disaster Risk Management series n° 3.
- Linkov I., Ramadan A. B. (eds.), 2004, *Comparative Risk Assessment and Environmental Decision Making*, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers – NATO Scientific Affairs Division.
- Majuru A., 2003, *Bucurestii mahalelor, sau periferia ca mod de existență*, Bucuresti, Ed. Compania.
- Mitchell J. K. (ed.), 1999, *Crucibles of Hazard : Mega Cities and Disasters in Transition*, Tokyo, United Nation University Press.
- OCDE, 2003, *Les Risques émergents au XXIe siècle. Vers un programme d'action*, Paris, Editions de l'OCDE.
- Pigeon P., 2005, *Géographie critique des risques*, Paris, Anthropos, coll. « Economica ».
- Rodriguez H., Quarantelli E., Dynes R. (eds.), 2007, *Handbook of Disaster Research*, New York, Springer.
- Rufat S., 2008, *Transition post socialiste et vulnérabilité urbaine à Bucarest*, thèse de l'ENS Lettres et Sciences Humaines.
- Rufat S., 2007, L'estimation de la vulnérabilité urbaine, un outil pour la gestion du risque. Approche à partir du cas de l'agglomération lyonnaise, *Géocarrefour*, 82, 1-2, 7-16.
- Schmidt-Thomé P. (ed.), 2006, *The Spatial Effects and Management of Natural and Technological Hazards in Europe*, Luxembourg, ESPON Monitoring Committee.
- Vetret Y. (dir.), 2003, *Les Risques*, Paris, SEDES, coll. « Diem ».
- Vossen J., 2004, *Bukarest*.

# Le risque structurel de feux de forêt : approche statistique, scalaire, spatiale

**Adrien Mangiavillano**

UMR 6012 ESPACE, CNRS /Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse

[adrien@mangiavillano.com](mailto:adrien@mangiavillano.com)

## 1. Contexte et objectif

Dans de nombreux pays, la migration humaine est une réelle stratégie de survie, qu'il s'agisse de migrations économiques ou de migrations forcées (politiques ou environnementales).

Les incendies de forêt sont caractérisés par un grand nombre d'événements de très basse intensité, dont la gestion nécessite une mobilisation limitée des ressources, et peu d'événements extrêmes, dont l'occurrence implique l'intervention et la coordination d'une très grande quantité des ressources disponibles au sein d'une société afin de tenter d'y faire face. Dans la littérature, il existe un quasi-consensus pour dire que ce rapport rang-taille est un rapport puissance (Malamud *et al.*, 1998, 2005 ; Song *et al.*, 2001, 2005 ; Ricotta *et al.*, 2001, 2003 ; Millington, 2003 ; Turcotte, 2004 ; Fiorucci *et al.*, 2006 ; Millington *et al.*, 2006 ; Mangiavillano, 2008). La loi puissance implique le principe de l'auto-similarité, c'est-à-dire que la structuration statistique de la série de données se réitère dans l'ordre des échelles sans évoluer. L'exposant  $\alpha$  caractérise alors la pente générale de la distribution qui indique la hiérarchie entre les petits et les grands feux. De nombreuses analyses sur le sujet ont déjà été conduites dans cette perspective pour des pays très différents (études aux États-Unis, en Italie, en Chine, en Australie, au Japon). Il semble donc logique de confronter la base de données *Prométhée*, qui recense les feux de forêt en France, à la méthode d'analyse de la loi puissance généralement admise (Turcotte et Malamud, 2004). Jusqu'à récemment, il n'existait en effet aucune application sur le cas de la France (Mangiavillano, 2008). Pourtant, les données sont assez anciennes (depuis 1973), nombreuses ( $\approx 100\,000$  feux recensés), souvent plus précises que celles qui sont utilisées à l'étranger (taille minimale  $\approx 0,0001$  ha), et couvrent un territoire assez vaste (le Sud-est méditerranéen français soit trois régions et quatorze départements sur environ  $80\,000$  km<sup>2</sup>).

La structuration puissance nous indique une invariance d'échelle donc, en théorie pour le sujet étudié ici, des feux sans limites de taille. Cela étant, et comme nous nous attachons à le démontrer, il est possible de rencontrer des distributions qui ne se linéarisent pas dans un graphique bi-logarithmique, mais qui, au contraire, exhibent une

courbure qui doit être étudiée. Cette courbure donne à penser que les rapports d'échelles ne sont pas constants. Parce que le phénomène dépend et se confronte à des variables physiques plus ou moins nombreuses et différemment agrégées selon les espaces, une conséquence statistique fondamentale est donc à envisager : le passage de l'invariance à la covariance d'échelle (Nottale, 1998 ; Martin, 2004, Mangiavillano, 2008). Cette courbure varie selon le niveau des contraintes physiques et climatiques qui ont agi sur chaque événement. Ceci exprime en conséquence, si l'on envisage le problème d'un autre point de vue, le potentiel incendiaire des espaces. En d'autres termes, l'intensité du risque renvoie à une structure statistique, scalaire et spatiale spécifique.

Dans la perspective de quantification d'un *risque structurel de feux de forêt*, nous faisons appel à un ajustement parabolique de la structuration puissance qui a déjà été éprouvé pour de nombreux phénomènes naturels (éruptions solaires) et humains (hiérarchies urbaines) et qui constitue le socle du *Modèle Fractal Parabolique* (Laherrère, 1996 ; Martin, 2004 ; Mangiavillano, 2008). Cette structuration statistique, représentée par un paramètre  $C_c$  dans une relation polynomiale du second degré, dévoile par ailleurs un caractère variable selon les espaces et les périodes. Ceci en fait un indicateur intéressant des régimes de feux de forêt, donc un moyen innovant et reproductible de différenciation spatiale à même de compléter les travaux existants sur le sujet. La fractalité parabolique du phénomène feu de forêt constitue en outre un indicateur qui offre la possibilité de quantifier le risque structurel de manière multi-échelles et ce, aussi bien dans une approche spatiale (bassin méditerranéen, régions, départements, mailles locales opérationnelles) que pour son suivi dans le temps (décennies, années, saisons).

La structuration puissance n'est pas spécifique au phénomène incendiaire puisqu'elle concerne toute une série de phénomènes complexes dans lesquels interagissent de manière non-linéaire des variables de natures différentes. On rejoint ici la question de l'universalité des processus et la thématique des feux semble être un champ intéressant d'expérimentation pour lequel le géographe peut apporter un regard novateur en envisageant le phénomène selon sa répartition dans l'ordre des échelles.

Après avoir décrit les données disponibles pour cet exercice, cette communication se focalisera d'abord sur la méthode classique de mesure d'une loi puissance pour les

séries de feux de forêt (Modèle Fractal Rectiligne, noté MFR). Une autre approche (Modèle Fractal Parabolique, noté MFP) est proposée pour combler les approximations

du MFR. Quelques résultats à l'échelle du bassin méditerranéen sont présentés. Les limites de cette approche sont enfin discutées

---

## 2. Références bibliographiques

- Bak P., Tang C. et Wiesenfeld K., 1988, Self-organized criticality, *Phys. Rev. A* 38, 364–374.
- Dauphiné A., 2003, Risques et Catastrophes : Observer, spatialiser, comprendre, gérer. Armand Colin, Paris.
- Laherrère J., 1996, Distributions de type "Fractal Parabolique" dans la nature. *Comptes-rendus de l'Académie des Sciences*. t322, série IIa, 535-541.
- Malamud B.D., Millington J.D.A. et Perry G.L.W., 2005, Characterizing wildfire regimes in the United States. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 102, 4694–4699.
- Mangiavillano A., 2008, Multi-scalarité du phénomène feu de forêt en régions méditerranéennes françaises de 1973 à 2006, Thèse de doctorat, Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse, UMR 6012 ESPACE.
- Martin Ph., 2004, Modélisation fractale et structurelle des formes en géographie. Réflexion développée à partir d'exemples karstiques, Habilitation à diriger les recherches. Université d'Avignon et des Pays du Vaucluse, tome 1, 173 p., tome 2, 314 p., tome 3.
- Nottale L., 1998, La relativité dans tous ses états, Hachette, Paris.
- Turcotte D.L. et Malamud B.D., 2004, Landslides, forest fires, and earthquakes: examples of self-organized critical behaviour. *Physica A*, 340, 580–589.

---

# La géographie du risque sismique

**G. Las Casas, G. Scardaccione**

Laboratoire d'Ingénierie des Systèmes Urbains et Territoriaux  
Università degli Studi della Basilicata, Italie  
[graziascarda@tiscali.it](mailto:graziascarda@tiscali.it)

---

## 1. Contexte

On a considéré longtemps le risque sismique, principalement, sous les aspects scientifiques et techniques, mais au cours de la dernière décennie, on a pris mieux conscience de la dimension sociale, économique et environnementale du problème (Carreño et al., 2007, Dauphiné, 2003).

Dans un contexte de forte croissance urbaine, de développement des infrastructures, de nouvelle manière d'organiser la gestion de l'espace, l'exposition aux risques est en croissance permanente.

Il s'agit de concilier la forte attractivité de notre territoire, dans ses composantes économiques et environnementales, avec une gestion des risques capable d'assurer la sécurité des biens, des personnes et des activités.

Pour atteindre ce but, il est fondamental de rédiger des plans qui, avec leurs indications, contribuent à la mitigation des risques aussi bien à court terme qu'à long terme.

Gérer le risque pour prévenir la crise conduit à mobiliser la réflexion des sciences sociales en termes de prévision, de prévention, de précaution, à faire prendre conscience des dynamiques sociales à différentes échelles territoriales, sur le moyen et le long terme (Caldaretti et al., 1987).

---

## 2. Objectif et méthodes

Dans cette optique nous avons développé une approche qui tient compte du « dommage différé », c'est-à-dire du dommage qui concerne les dynamiques qui ont une implication directe dans la gestion du long terme du territoire suite à une catastrophe, en parvenant à la définition de la Géographie du Risque Sismique (Las Casas, Scardaccione, 2005).

Nous avons appliqué des techniques d'analyse statistique multivariée à des variables qui concernent les aspects socio-économiques, les aspects sismologiques, le système infrastructurel pour arriver à la régionalisation des différents domaines territoriaux sur la base des différents réactions au séisme, selon différents degrés de « dommage différé ».

En particulier, nous avons calculé des indicateurs visant à la vulnérabilité des structures et à la vulnérabilité fonctionnelle, c'est-à-dire à l'exposition, l'aléa et la capacité de reprise du système territorial tout entier.

La mise en place d'un Système d'Information Géographique (SIG) a permis d'intégrer l'ensemble des données et de gérer les résultats de l'analyse statistique multivariée.

La méthodologie développée, qui a intéressé toute l'Italie, peut représenter un valable outil d'aide à la décision pour les étudiants de l'environnement et pour l'évaluation, la prévention et la gestion des risques.

---

## 3. Bibliographie

- Caldaretti S., Fabietti W., Raggio A., 1987, *La vulnerabilità sismica dei sistemi territoriali*, DEI, Roma.
- Carreño M. L., Cardona O., Barbat A., 2007, *Urban Seismic Risk Evaluation: A Holistic Approach*. Natural Hazards, 40 (1), 137-172.
- Dauphiné A., 2003, *Risques et catastrophes. Observer, spatialiser, comprendre, gérer*, Editeur Armand Colin, Paris.
- Las Casas G.B., Scardaccione G., 2005, *Contributi per una Geografia del Rischio sismico: analisi della vulnerabilità e danno differito*. In "Modelli e metodi per l'analisi delle reti di trasporto in condizioni di emergenza: contributi metodologici ed applicativi", a cura di M. Di Gangi. Editrice Ermes, Potenza, ISBN 88-87687-70-6.

# Vulnérabilité et résilience : géométrie variable des deux concepts

**Damienne Provitolo**

UMR 6526 Géosciences Azur CNRS/UNSA, Valbonne

[damienne.provitolo@geoazur.unice.fr](mailto:damienne.provitolo@geoazur.unice.fr)

Cette communication explore les concepts de vulnérabilité et de résilience et les relations entre ces concepts. Les termes de vulnérabilité, de résilience et les notions associées d'aléa, d'exposition, de sensibilité, de capacité d'adaptation et de réponse, sont de plus en plus utilisés dans les recherches portant sur les risques et les catastrophes. Or, les définitions de ces deux concepts, résilience et vulnérabilité, finissent parfois par se chevaucher et obscurcissent ainsi les significations de ces deux termes. En effet, le même terme peut avoir plusieurs significations en fonction des disciplines, voire des auteurs qui les qualifient, et en fonction du contexte dans lequel ils sont utilisés. De cette polysémie, découlent des contradictions dans l'usage de ces concepts et des difficultés d'identification des relations existant entre vulnérabilité et résilience. Notre intention n'est pas de redéfinir les termes de vulnérabilité et de résilience ainsi que les notions qui leur sont associées (sensibilité, adaptation, exposition etc.) mais d'explorer les diverses significations données à ces concepts et de clarifier leurs relations.

A l'heure actuelle, il semble y avoir un consensus sur la notion de vulnérabilité. Cette dernière, qui représente le niveau de conséquences prévisibles de l'aléa sur les enjeux (Manche, 1997), fait référence soit à un niveau d'endommagement potentiel d'une société en cas de manifestation d'un phénomène, soit à la capacité d'un système à absorber le choc, à se soustraire ou à surmonter une crise (Blaikie et al., 1994 ; Wisner, 1998 ; Dauphiné et Provitolo, 2007). Dans le premier cas, on parle de vulnérabilité biophysique. Dans le second cas, il s'agit de la vulnérabilité sociale (Adger, 1999 ; Adger and Kelly, 1999). La vulnérabilité biophysique est fonction de l'aléa, de l'exposition du système à l'aléa et de la sensibilité aux impacts de l'aléa. Dans ce cadre, la sensibilité peut être défini comme les dommages que le système est susceptible de subir. La vulnérabilité sociale en revanche est considérée « comme une propriété de l'enjeu qui dépend du système social et non de l'aléa » (Veyret, 2004). En ce sens, la vulnérabilité sociale est inhérente au système. Elle est fonction du niveau de ressources – revenus, capitaux, réseau social etc. - et du niveau d'accessibilité aux crédits et à l'information par exemple (Blaikie, 1994 ; Wisner, 1998). Ces déterminants reflètent la capacité du système social à résister et à surmonter une crise.

Cette dernière définition n'est pas sans rappeler celle de la résilience. Le terme de résilience a d'abord été utilisé en physique et en métallurgie (Gordon, 1978). Puis, la résilience est un concept qui s'est enrichi à partir de son appropriation par différentes disciplines, notamment celles des sciences écologiques (Holling, 1973 ; 2001) et des sciences humaines et sociales (Van der Leeuw et Aschan Leygonie, 2000 ; Vis et al. 2001 ; Dauphiné et Provitolo, 2007). Le concept de résilience est désormais utilisé dans un nombre croissant de travaux transdisciplinaires (Berke et Folke, 1998 ; Klein et al., 1998, Gunderson et C.S. Holling, 2002 ; Resilience Alliance, 2002 ; Walker et al. 2004 ; Kein et al., 2003 ; Smit et Wandel, 2006) concernés par les interactions nature / société, notamment les travaux portant sur la vulnérabilité des systèmes et la réduction des catastrophes (United Nation/ISDR, International Strategy for Disaster Reduction, 2002; IHDP, International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change, 2003). De par cette appropriation par différents champs disciplinaires, la résilience est devenue un terme polysémique. Ainsi, bien que des débats sur la résilience existent depuis plus d'une trentaine d'année, il semble qu'il n'y ait aujourd'hui toujours pas de consensus sur la signification de ce terme et sur son opérationnalité (Klein et al., 2003).

En physique, un matériau défini comme résilient est un matériau qui retrouve son état initial à la suite d'un choc ou d'une pression continue (Mathieu, 1991).

La résilience, concept clef pour l'analyse des écosystèmes, a été longtemps le domaine des sciences écologiques. Dès 1973, Holling définit la résilience comme la capacité d'un écosystème à intégrer dans son fonctionnement une perturbation sans modifier sa structure qualitative. La résilience exprime ainsi d'une part la capacité de résistance d'un système pendant la perturbation et d'autre part sa capacité de récupération/régénération. Cette capacité de récupération correspond à l'aptitude d'un écosystème à se remettre plus ou moins vite d'une perturbation, par exemple la vitesse de reconstitution d'une forêt après un incendie ou une tempête. Cette approche insiste donc sur la durée de retour à l'équilibre de l'écosystème. Cette double capacité de résistance et de récupération, sans changement de structure, peut s'appliquer à ce nombreux objets d'étude, qu'il s'agisse d'une population (espèce humaines, espèces végétales ou animales), d'une société ou d'une ville pour prendre un dernier exemple. Ce qui n'est pas sans

rappeler la définition de la vulnérabilité. B. Wisner (1998) par exemple propose un modèle systémique identifiant les facteurs participant à accroître la vulnérabilité. Ces facteurs sont l'exposition aux aléas et aux menaces, et la capacité d'une population à se remettre d'un choc ou d'une pression et à s'en sortir. Cette capacité est fonction du niveau d'accessibilité aux services de santé, de crédit et d'information et aux niveaux de ressources, tels que le revenu, les capitaux, le support social etc. Cette définition de la vulnérabilité semble donc rejoindre celle de la résilience proposée en écologie.

Les recherches menées en sciences humaines et sociales ou dans des domaines transdisciplinaires ont également contribué à fertiliser le concept de résilience. Par rapport à l'écologie, les économistes donnent un sens voisin mais plus riche au concept de résilience. L'économie résiliente peut en effet revêtir deux sens différents, celui de la conservation intégrale du système économique face à un choc, ou celui du renouvellement du système économique. Cette deuxième approche se dégage de la notion de mono équilibre. Dans la continuité de ces réflexions, Doyers et Handmer (1992) ont souligné que la résilience pouvait adopter deux formes : la résilience réactive et la résilience proactive. La résilience réactive se rapproche de l'idée de résistance du système au changement. En revanche, la résilience proactive dépend de la capacité des populations à anticiper, apprendre et s'adapter. Chaque discipline a donc adopté sa propre définition de la résilience.

Enfin, *Resilience Alliance*, groupe de recherches multidisciplinaires qui étudie les dynamiques des systèmes complexes adaptatifs, a particulièrement fait évoluer le concept de résilience en développant celui de résilience systémique. La résilience systémique dépasse la seule idée de résistance au changement et de conservation des structures existantes pour préférer les notions de renouvellement du système, de re-organisation, d'émergence de nouvelles trajectoires. Là encore cette définition ne s'oppose pas clairement à celle de la vulnérabilité. Étudier la vulnérabilité d'une population ou d'un système, c'est aussi analyser sa capacité à se remettre d'une situation, à récupérer. Et le re-nouvellement du système, sa re-organisation, voire l'émergence de nouvelles trajectoires sont des propriétés de récupération.

La résilience semble parfois se substituer au terme de vulnérabilité. Pourtant, ces deux mots ne sont pas synonymes. Nous avons donc pris le parti d'identifier dans un premier temps les déterminants de ces deux concepts. Puis, dans la continuité des travaux de Gallopin (2006), nous nous basons sur la démarche systémique pour appréhender les relations entre les concepts de vulnérabilité et de résilience. Nous montrerons que la résilience, de même que l'exposition à une menace et la sensibilité des systèmes sont des déterminants de la vulnérabilité.

---

## Références bibliographiques

- Adger W.N., 1999, Social vulnerability to climate change and extremes in coastal Vietnam, *World Development*, 27 (2), 249-269.
- Adger W.N., Kelly, P.M., 1999, Social vulnerability to climate change and the architecture of entitlements, *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 4, 253-266.
- Blaikie P., Cannon T., Davis I., Wisner B., 1994, At risk: natural hazards, people's vulnerability and disasters, London, Routledge.
- Berkes F., Folke C. (eds.), 1998, Linking Social and Ecological Systems. Management Practices and Social Mechanisms for Building Resilience. Cambridge University Press, Cambridge.
- Dauphiné A., Provitolo D., 2007, La résilience : un concept pour la gestion des risques, *Annales de Géographie*, 115-125.
- Doyers, S., Handmer J., 1992, Uncertainty, sustainability and change, *Global Environmental Change*, 2, 262-76.
- Gallopin G.C., 2006, Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity, *Global Environmental Change*, 16, 293-303.
- Gordon J.E., 1978, Structures, Penguin Books, Harmondsworth, UK.
- Gunderson L.H., Holling C.S. (eds.), 2002, Panarchy: Understanding Transformations in Human and Natural Systems, Island Press, Washington, DC. Wilson E.O.
- Holling C.S., 1973, Resilience and stability of ecological systems, *Ann. Rev. of Ecol. and Syst.*, 4, 1-23.
- Holling C.S., 2001, Understanding the complexity of economic, ecological and social systems, *Ecosystems*, 4, 390-405.
- Janssen M. A., Ostrom E., 2006, Resilience, vulnerability, and adaptation: a cross-cutting theme of the International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change, *Global Environmental Change*, 16, 237-239.
- Klein R.J., Nicholls R.J., Thomalla F., 2003, Resilience to natural hazards: how useful is this concept ? *Global Environmental Change*, 5, 35-45.
- Klein R.J., Smit M., Goosen N.H., Hulsbergen C. H., 1998, Resilience and Vulnerability: Coastal Dynamics of Dutch Dikes, *The Geographical Journal*, 259-268.
- Manche Y., 1997, Propositions pour la prise en compte de la vulnérabilité dans la cartographie des risques naturels prévisibles, *Revue de Géographie Alpine*, 2, 85, 49-62.
- Mathieu J.P., 1991, Dictionnaire de physique, Paris, Masson.
- Van Der Leeuw S.E., Aschan Leygonie C., 2000, A long-term perspective of resilience in social-natural systems, *Abisko*.
- Veyret Y., 2004, Les risques, Paris, Breal.
- Vis M., Klijn F., Van Buuren M. (eds.), 2001, Living with floods. Resilience strategies for flood risk management and multiple land use in the lower Rhine River basin, NCR-publication 10-2001. NCR, Delft, The Netherlands.
- Walker B.H., Holling C.S., Carpenter S.T., Kinzig A., 2004, Resilience, adaptability and transformability in social-ecological systems, *Ecology and Society*.
- Wisner B., 1998, Marginality and vulnerability: why the homeless of Tokyo don't count in disaster preparations, *Applied Geography*, 18 (1), 25-33.



Neuvièmes Rencontres de Théo Quant

Besançon, 4-6 mars 2009

[www.thema.theoquant.fr](http://www.thema.theoquant.fr)

---

# Atelier 2

## Téledétection

# Détection de changements dans des images à très haute résolution spatiale par analyse de texture : application en milieu périurbain

**Antoine Lefebvre, Thomas Corpetti, Laurence Hubert Moy**

UMR 6554 COSTEL, Université de Rennes 2

[lefebvre.antoine@gmail.com](mailto:lefebvre.antoine@gmail.com)

## 1. Contexte et objectif

Dans le domaine du suivi des surfaces continentales, les images satellitales s'avèrent être une source de données précieuse pour suivre les changements d'occupation et de d'usage des sols d'origine naturelle ou anthropique et en évaluer les impacts. Ces changements sont caractérisés par des intensités, des rythmes et des formes très variés, allant de mutations brusques ayant une grande emprise spatiale générées par exemple par des catastrophes naturelles à des modifications subtiles et régulières affectant de petites surfaces, telles que des changements de pratiques sur des parcelles agricoles, en passant par des changements brusques et irréguliers touchant de petites superficies, comme l'étalement urbain.

La majorité des méthodes couramment utilisées pour détecter des changements ont été élaborées pour mettre en évidence des changements abrupts d'occupation du sol à partir d'images de télédétection à basse ou moyenne résolution en utilisant quasi-exclusivement la réponse spectrale des pixels (Copin et al., 2004 ; Le Du et al., 2004). Aujourd'hui avec le développement des capteurs à Très Haute Résolution Spatiale (THRS) tels que Quickbird, Geoeye, ou Worldview, il devient possible d'identifier et de caractériser des changements de moins grande amplitude, et touchant des espaces de petite superficie, en exploitant les propriétés de la texture des objets géographiques composant l'image. Toutefois, les méthodes de détection de changement généralement utilisées pour traiter les images à basse et moyenne résolution ne sont pas adaptées aux images issues de capteurs à THRS (Blaschke, 2005). Ainsi, il est nécessaire de développer de nouvelles approches qui prennent en compte la texture des images à THRS. En outre, ces approches doivent prendre en compte l'hétérogénéité des données utilisées pour détecter des changements puisqu'elles sont généralement acquises à plusieurs années d'intervalle, à différentes saisons et au moyen de capteurs ayant des propriétés spatiales et spectrales différentes. Enfin, elles doivent considérer l'évolution de la forme des objets qui est susceptible d'évoluer au cours du temps.

L'objectif de cette étude est donc de développer une méthode capable d'identifier et de caractériser des changements affectant de petites surfaces à partir de données à THRS acquises à différentes dates et provenant de différentes sources.

Pour faire face à ces contraintes, l'originalité de la méthode proposée est de comparer des propriétés de texture des objets observés, afin de ne pas utiliser exclusivement ou essentiellement l'information spectrale de l'image mais à se focaliser davantage sur l'information spatiale qu'elle contient. En effet, le contenu des objets composant l'image constitue une texture qui peut être définie comme une région cohérente et homogène, formant un tout pour un observateur (Puissant et al., 2005). Il est alors possible de décrire une texture selon la distribution de sa fonction de luminance et selon l'échelle associée aux motifs qui la composent (Maître, 2003). Un même objet peut comporter plusieurs distributions en fonction des échelles d'analyse. Par exemple, un champ de céréales observé à partir d'une image à THRS possède à petite échelle une texture homogène qui représente l'organisation du feuillage tandis qu'à grande échelle, on observe une texture orientée qui représente les traces de passage d'engins agricoles et les surfaces cultivées.

## 2. Méthodes

Dans un premier temps, la méthode proposée extrait les objets à partir d'une segmentation par croissance de région qui produit de bons résultats pour des données à THRS (Benz et al., 2004 ; Schiwe et al., 2001 ; Aguejdad et al., 2006 ; Lefebvre et al., 2008). Les régions homogènes de l'image qui ont des propriétés communes tels que la luminance, texture et forme sont alors segmentées en objets. L'étape de segmentation est réalisée sur les images acquises à deux dates puis les objets segmentés sont fusionnés.

Dans un deuxième temps, la méthode consiste à comparer les différentes textures contenues dans les objets segmentés. Parmi les nombreuses approches existantes pour caractériser des textures (Haralick, 1979 ; Materka et al., 1998 ; Red et du Buf, 1993 ; Tuceryan et Jain, 1998), nous nous appuyons ici sur une analyse des coefficients issus d'une décomposition en ondelettes des images, car cette approche s'est révélée fructueuse (Aujol et al., 2003 ; Laine et Fan, 1993 ; Randen et Husoy, 1999 ; Scheunders et al., 1998), en particulier pour la détection de changements à partir d'images satellitaires (Luo et al., 2008). Plus précisément, la technique que nous proposons repose sur des indicateurs issus de mesures de similarité entre les distributions des coefficients d'ondelettes.

### 3. Résultats

Cette méthode a été appliquée dans un milieu périurbain, celui de l'agglomération rennais. Les espaces périurbains sont très hétérogènes et soumis à des changements brusques et irréguliers dans le temps et dans l'espace ; De ce fait, ils constituent un milieu particulièrement intéressant pour notre étude. Une zone

test de 1 km de côté a été retenue pour détecter des changements d'occupation et d'utilisation des sols à partir d'une photographie aérienne noir et blanc de 1978 et d'une image panchromatique de 2003 acquise par le capteur Quickbird. Une étape de ré-échantillonnage des images a préalablement été effectuée pour restituer une résolution spatiale commune fixée à 1 mètre.

Les premiers résultats obtenus présentent les changements ayant affecté les objets en fonction des paramètres caractérisant la texture : échelle, distribution, et intensité. Ils montrent qu'il est possible de détecter automatiquement un changement à grande et/ou à petite échelle, de discriminer un objet ayant une texture homogène d'un objet à texture orientée et de mesurer la ressemblance moyenne entre deux objets. Il est alors possible de caractériser chaque passage d'un type d'occupation du sol vers un autre en évaluant les caractéristiques des changements observés. La méthode permet ainsi de détecter les changements de pratiques culturales dans les parcelles agricoles périurbaines ce qui traduit des changements d'usages de ces espaces sous la pression urbaine.

### 4. Références bibliographiques

- Aguejdad R., Hubert-Moy L., Clergeau P., 2006, Object-oriented image analysis for mapping urban expansion in western France, *International Geoscience and Remote Sensing Symposium, IGARSS '06 Conference, 2006 IEEE International, 31 July- 4 August 2006, Denver, USA*, 2317-2320.
- Aujol J. F., Aubert G., Blanc-Féraud L., 2003, Wavelet-based level set evolution for classification of textured images. *IEEE Trans. Image Processing*, 12, 1634-1641.
- Benz U. C., Hofmann P., Willhauck G., Lingenfelder I., Heynen M., 2004, Multi-resolution, object-oriented fuzzy analysis of remote sensing data for gis-ready information, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 58(3-4), 239-258.
- Blaschke T., 2005, Towards a framework for change detection based on image objects, *Göttinger Geographische Abhandlungen*, 113, 1-9. Göttingen.
- Coppin P., Jonckheere I., Lambin E., 2004, Digital change detection methods in ecosystem monitoring: A review, *International Journal of Remote Sensing*, 25, 1565-1596.
- Haralick R. M., 1979, Statistical and structural approaches to texture, *Proceedings of the IEEE*, 5, 786-804.
- Laine A., Fan J., 1993, Texture classification by wavelet packet signatures, *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, 15(11), 1186-1191.
- [8] A. Lefebvre, T. Corpetti, and L. Hubert-Moy. Object-oriented approach and texture analysis for change detection in very high resolution images, In *International Geoscience and Remote Sensing Symposium, IGARSS '08 Conference, 2008 IEEE International, 6-11 July 2008, Boston, USA*, pages 663-666, 2008.
- Lu D., Mausel P., Brondizio E., Moran E., 2004, Change detection techniques, *International Journal of Remote Sensing*, 25, 2365-2407.
- Luo B., Aujol J.-F., Gousseau Y., Ladjal S., 2008, Indexing of satellite images with different resolutions by wavelet features, *IEEE Trans. Image Processing*, 17(8), 1465-1472.
- Maitre H., 2003, *Le traitement des images*, Paris, Lavoisier.
- Materka A., M. Strzelecki M., 1998, Texture Analysis, Methods A Review, A review. Technical report, Institute of Electronics, Technical University of Lodz.
- Puissant A., J. Hirsch J., Weber C., 2005, The utility of texture analysis to improve per-pixel classification for high to very high spatial resolution imagery, *International Journal of Remote Sensing*, 26(4), 733-745.
- Randen T., Husoy J. H., 1999, Filtering for texture classification : A comparative study, *IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell.*, 21(4), 291-310.
- Reed T.R., du Buf J.M.H., 1993, A review of recent texture segmentation and feature extraction techniques, *CVGIP : Image Understanding*, 57, 359-372.
- Scheunders P., Livens S., Wouwer G. van de, Vautrot P., Van Dyck D., 1998, Wavelet-based texture analysis, *Journal of Computer Science and Information Management, Special issue on Image Processing*, 1, 22-34.
- Schiewe J., Tuftel L., Ehlers M., 2001, Potential and problems of multi-scale segmentation methods in remote sensing, *GeoBIT/GIS*, 6, 34-39.
- Tuceryan M., Jain A. K., 1998, *The Handbook of Pattern Recognition and Computer Vision (2nd Edition)*, In C.H. Chen C. H., Pau L.F., Wang P. S. P. (eds.), chapter Texture Analysis, 207-248.

# Nouveaux medias, nouveaux outils : pertinence et limites de l'exploitation d'images *Google Earth* pour l'analyse du bâti à l'aide d'un SIG

**Hiba Alawad, Loïc Grasland**

UMR 6012 ESPACE, CNRS/université d'Avignon et des pays du Vaucluse

[hibaalawad@yahoo.fr](mailto:hibaalawad@yahoo.fr)

## 1. De la visualisation de nouvelles sources d'information géographique à leur exploitation

De nombreuses analyses thématiques nécessitent de travailler sur le bâti, notamment pour l'aide à la décision dans les localisations de nouveaux équipements ou plus largement dans le cadre de politiques locales d'aménagement. Les exemples ne manquent pas: implantation de commerces, services, politiques de logement, analyse de l'étalement urbain, infrastructures en réseaux,... Ces analyses nécessitent des données de localisation précise sur ce qui est déjà aménagé et construit, ce qui est constructible, ce qui doit être préservé,... Une grande proportion de collectivités et d'administrations françaises s'est ainsi dotée des outils informatiques appropriés - des systèmes d'information géographique - pour gérer l'information géographique relative à leur territoire. Si dans le cas français, d'importants efforts sont faits par les administrations pour rendre l'information géographique plus accessible à tout public, notamment au niveau cadastral, il reste encore beaucoup à faire pour que cette information ne consiste pas seulement en une visualisation d'un ensemble de données sur un territoire, mais permette des exploitations qui croisent des données à des fins d'analyse, de diagnostic ou de prospective. Si l'on considère plus largement le problème, on peut constater :

- un sous-équipement en outils SIG associé à une sous-utilisation de bases de données géographiques géoréférencées, proportionnel à la taille des petites collectivités ;

- des besoins mal comblés et croissants de traitements de l'information localisée dans le secteur privé;

- surtout dans de nombreux pays du sud, des attentes fortes et croissantes pour accéder à des sources d'informations géographiques géoréférencées et traiter l'information avec des outils accessibles, sauf à se satisfaire d'images à faible ou moyenne résolution. Dans les pays du sud, l'accès difficile à des applications logicielles très majoritairement propriétaires et le coût élevé des images sont des freins considérables à l'utilisation des méthodes de traitement informatisées de l'information géographique.

Parallèlement à ces difficultés, un nouveau média comme Internet permet de diffuser facilement de l'information et plus particulièrement des images. Plus précisément la visualisation de l'espace à toutes les échelles et partout dans le monde est très facile à partir de sites internet tels que *Google Earth*, *Microsoft Virtual Earth*. Comment ne pas tenter de faire le lien entre les besoins de nombreux publics d'exploitation de données géographiques et une apparente facilité d'accès à leur visualisation ? La question est ainsi de savoir si les images géographiques grand public des grands producteurs/serveurs d'images géographiques sont facilement exploitables à des fins d'analyse et de gestion de l'espace et sous quelles conditions. Nous proposons de prendre le cas d'une analyse du bâti en France pour faire cette exploration, de tester une méthode d'extraction de ce bâti à partir de *Google Earth* et de comparer la qualité des résultats avec ceux, très fiables, de l'IGN français, pour en montrer l'intérêt et les limites.

Des recherches ont été envisagées pour élaborer des méthodes automatisées d'extraction du bâti à partir de données de télédétection. Néanmoins, la qualité des résultats est encore loin d'être satisfaisante, en particulier en milieu urbain où l'hétérogénéité est forte (Alkalifeh, 2008).

La *classification* est considérée comme un des résultats majeurs des traitements d'images de télédétection et peut être envisagée à partir de nombreux logiciels (*Erdas*, *Idrisi*, *ImageIn*, *PhotoFiltre*, *Gimp*, *Imagemagick*, *Wiselimage*...). Si plusieurs méthodes d'analyse sont possibles pour faire des classifications de pixels, l'objectif est ici de proposer une méthode d'extraction de données du bâti à partir d'une nouvelle source et d'évaluer sa pertinence et sa qualité. Il s'agit d'une méthode simple et automatique d'extraction à partir d'images facilement accessibles et libres d'accès sur le site de *Google Earth* en ayant recours à un système d'information géographique (ARC-GIS). Cette méthode permettrait de s'affranchir de coûts commerciaux élevés d'achat de données (de l'ordre de 500 \$ pour une surface inférieure à 100 km<sup>2</sup> pour la BD-TOPO en France), mais aussi de faire face à l'absence de données géoréférencées numérisées dans de nombreux régions du monde. Elle ouvre la porte à de nouveaux champs de recherche et à un potentiel important de nouveaux utilisateurs.

Techniquement, la diversité du milieu urbain pose beaucoup de difficultés dans le processus d'extraction automatique (la classification) de données d'occupation du sol (Davis et Schaub, 2005 ; Martinuzzi *et al.*, 2007 ; Puissant et Weber, 2004 ; Ackermann *et al.*, 2004 ; Gadal, 2001 ; Gadal, 2003). En effet, par rapport au milieu rural ou forestier, la qualité de la classification reste pauvre (Donnay *et al.*, 2001). L'extraction est envisagée à partir de la spectroscopie, technique qui permet d'élaborer rapidement une nomenclature de l'occupation du sol à partir des pixels constituant l'image. La classification permet de distinguer les grandes catégories d'occupation du sol : l'espace bâti (habitat, commerces, industrie, agriculture...) ; les espaces verts (jardins, arbres, herbes...) ; l'espace agricole et des champs non cultivés ; les réseaux routiers ; l'espace hydrologique (lacs, rivières, piscines,...). Les résultats obtenus peuvent être croisés avec des limites administratives (communes,...) et permettent de disposer de statistiques sur les types d'occupation du sol selon les unités administratives. La connaissance de terrain, mais aussi l'expérience de l'outil ARC-GIS jouent néanmoins un rôle important, tant pour l'identification des étiquettes thématiques (nomenclature) qui définissent les classes spectrales que pour la validation des résultats obtenus. Cette opération permet donc de sélectionner par exemple les objets « bâti » et certains attributs comme la localisation et la surface occupée, mais pas le type d'occupation ou la hauteur du bâti.

La qualité de la classification est déterminée par la signature spectrale de l'image. La méthode est dépendante de la résolution de l'image de *Google Earth*. Plus la résolution spatiale originelle est forte, meilleure est la qualité d'une classification pixel par pixel (Robin, 1999) et plus le résultat est satisfaisant. Pour minimiser les erreurs dans le cas de résolutions moyennes, l'utilisateur peut procéder à des améliorations manuelles sur les résultats ou faire des généralisations de classes, mais la méthode perd de son intérêt si les erreurs et approximations sont nombreuses.

---

## 2- Une méthodologie basée sur des outils simples de traitement d'image

Les outils de travail nécessaires consistent à disposer d'une connexion Internet permettant d'accéder à *Google Earth* et du logiciel ARC-GIS (Spatial Analyst)

La première étape est d'afficher une image de la zone d'étude à partir de *Google Earth* sur un écran VGA basique (14 pouces, 640 x 480 px). Dans notre exemple, il s'agit de la périphérie du village de Buis-les-Baronnies dans le département de la Drôme. Ce choix a été fait pour tester une zone de bâti plutôt dispersé avec une résolution moyenne (35 m environ) de l'image. Il s'agit donc d'un test de la qualité d'une extraction du bâti dans un petit pôle de milieu rural à partir d'une image satellite.

Dans une deuxième étape, l'image est enregistrée dans un format raster (JPG), pour être affichée ensuite sous Arc-GIS ;

L'image doit alors être géoréférencée à partir des coordonnées d'au moins 3 points (l'image originale de *Google Earth* peut fournir cette information) ;

L'extraction du bâti peut être réalisée à partir de la bande infrarouge de l'image, où l'image comporte trois bandes

(rouge, bleu et vert), en exportant le fichier des pixels de la table attributaire qui représente le bâti ;

Le fichier raster est mis au format vecteur avec l'option « **convertir** » d'ARC-GIS pour envisager ensuite, avec l'option « **fusionner** », les regroupements de polygones de pixels homogènes et contigus qui correspondent aux ensembles de pixels de bâti contigus sur l'image d'origine. Des corrections mineures peuvent être envisagées pour minimiser les erreurs d'extraction en comparant ce fichier « résultat » avec l'image originelle de *Google Earth*.

La bande spectrale rouge est celle qui permet d'identifier le bâti et se présente sous la forme d'un tableau de données. Ce tableau présente les valeurs de rayons infrarouges pour chaque pixel selon la résolution de l'image (les longueurs d'onde auxquelles l'œil est sensible dans le domaine de visibilité). La télédétection infrarouge thermique consiste à mesurer l'énergie radiative émise par la surface terrestre, ce qui permet de déduire la température de surface (Jensen, 2000). Ces données en valeur absolue sont incluses entre deux degrés de rayon, le degré 0 qui est la valeur maximale d'absorption (correspondant à la couleur noire) et le degré 255 qui en est la valeur minimale (*réflectance* totale traduite par la couleur blanche), avec des degrés intermédiaires donnant des valeurs de gris proportionnelles (Robin, 1995). L'exploitation de ces valeurs est possible parce que le satellite qui a conduit à la fabrication de l'image n'est pas un appareil photo, mais bien un *scanner* qui balaie une zone terrestre et enregistre la quantité de lumière que la zone renvoie dans l'espace. Ce *scanner* « retient » des quantités de lumière sous forme de chiffres entre 0 et 255. De cette manière, il peut donner une mesure, par exemple 40, pour une zone, et 80 pour une autre. Cela signifie que la quantité de lumière mesurée dans la deuxième zone est deux fois plus importante que dans la première zone. Plus la quantité de lumière enregistrée par le *scanner* est importante, plus la valeur est élevée.

La méthode de classification par pixels est basée sur des ressemblances spectrales qui permettent de regrouper les pixels et de réaliser des classifications thématiques. Pour arriver à traiter facilement l'image, il est nécessaire de passer du format raster au format vecteur : cette opération transforme les pixels identiques en polygones (vecteur) et aide à distinguer les valeurs des pixels correspondant à l'objet du terrain qui l'on souhaite d'extraire (le bâti). Ce changement de format (vectorisation) se fait dans le module d'analyse spatiale d'ARC-GIS avec l'option « **convertir** ». En plus d'une image raster à l'origine, on dispose donc ainsi du fichier vecteur correspondant au bâti qui peut alors lui être superposé, mais aussi être croisé avec d'autres couches d'information.

Chaque élément de la nomenclature apparaît dans l'image satellite dans une certaine structure d'ondes infrarouges (signatures spectrales associées à chaque classe thématique). Cette structure de degrés représente un type d'occupation de l'espace qui est cependant sensible à la résolution de l'image, à la position du soleil (moment de la prise de vue), à l'angle du capteur, ou encore à l'hétérogénéité de l'occupation du sol. Plus la résolution est bonne, plus la bande sera courte et déterminante. Plus l'objet est clair sur l'image, plus le degré de lumière est élevé (la résolution spectrale est une longueur d'onde visible qui varie en fonction de la nature physique de l'objet).

---

### 3. Une pertinence liée à la résolution de l'image et à l'objectif de recherche

La principale difficulté dans cette méthode est bien sûr de minimiser les écarts entre les résultats de la classification et l'occupation du sol. Le fichier infrarouge indique le bâti par des ondes claires : ces degrés doivent être proches de 255 et loin de 0. Les parties les plus lumineuses de l'image sont les espaces bétonnés et les portions de bâti exposées au soleil et prennent les valeurs maximales. Si, dans cet exemple, les valeurs retenues se situent entre 168 et 186, elles peuvent varier sensiblement ailleurs.

La méthode d'évaluation retenue consiste à comparer ces résultats avec le bâti de la BD TOPO de l'IGN. Dans notre exemple, pour un paramètre très sensible comme celui de la surface bâtie, l'écart entre les 2 fichiers vecteurs est de 1,35 % pour la surface bâtie après quelques corrections manuelles faciles à détecter visuellement. L'échelle était celle du 1/5000 (7cm = 350 m sur *Google Earth*). A la même échelle, ce très bon résultat ne se retrouve pas dans le décompte du nombre d'unités de bâti à cause de la contiguïté des polygones de pixels qui ont été « fusionnés » pour représenter le bâti en continu dans la partie agglomérée sur l'image vectorisée de *Google Earth*, alors que la BD-TOPO peut faire la distinction (écart de 30 %). Dans ce cas précis, il est alors préférable d'envisager l'application de la méthode à une échelle plus fine (1/2500 ou moins).

La comparaison des deux fichiers donne en fait des résultats très variables au regard des objectifs de recherche. Si on peut souligner a priori que l'intérêt majeur de cette méthode consiste à pouvoir extraire des données

facilement accessibles et en dégager une couche d'information vectorisée pour la croiser avec d'autres, il faut cependant tenir compte d'au moins trois autres paramètres d'analyse pour en juger plus précisément. Dans le cas présent, il s'agit de savoir :

- s'il y a nécessité ou non de distinguer des espaces continus (nombre d'unités de bâti, voire de logements par exemple) ;
- si la disposition générale des objets importe : dispersée, allongée, compacte, etc. ;
- s'il faut mesurer les surfaces de façon précise ou non.

Selon les objectifs recherchés, l'évaluation peut être résumée ainsi. Pour le repérage du nombre d'unités de bâti, les résultats sont très satisfaisants en habitat dispersé, mais beaucoup moins pertinents en zone d'habitat urbain continu pour des échelles inférieures au 1/5000. Dans le cas de mesures de surfaces bâties, les résultats sont également très bons jusqu'à l'échelle du 1/5000, mais pour des calculs de surface de logements, la pertinence diminue très fortement en milieu urbain dense à cause du problème du nombre d'étages. Les images de Géoportail n'en fournissent pas non plus (contrairement à la BD-TOPO). Quant à la disposition générale des objets dans l'espace, les échelles très fines nuisent à l'interprétation des objets dans des espaces insuffisamment étendus.

Les paramètres d'analyse doivent donc être croisés avec la résolution de l'image à l'origine pour estimer la qualité d'une image *Google Earth*. Cette source de données géographique est donc pertinente pour l'extraction « d'objets géographique » relativement faciles à isoler, mais nécessite néanmoins quelques compétences en méthodes de traitement d'image.

---

### 4. Références bibliographiques

- Ackermann G., Tournaire O., Mering C., 2004, Etude de l'extension du bâti sur le littoral sénégalais à partir des paramètres texturaux de Haralick, *Revue française de Photogrammétrie et de Télédétection (SFPT)*, 173-174, 104-112.
- Alkalifeh S., 2008, *L'apport de la télédétection dans l'observation de l'étalement urbain l'exemple de l'agglomération d'Avignon, France*. Thèse de doctorat en Géographie, Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse.
- Davis C., Schaub T., 2005, A transboundary study of urban sprawl in the Pacific Coast region of North America: The benefits of multiple measurement methods, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 7, 268-283.
- Donnay J.P., Barnsley M.J., Longley P., 2001, Remote sensing and urban analysis, in Donnay J.P., Barnsley M.J., Longley P. (dir.) *Remote sensing and urban analysis*, New York, Taylor and Francis, 3-18.
- Gadal S., 2004, Méthodes de reconnaissance symbolique intermédiaire pour l'identification et la représentation des formes de bâtis, *Bulletin de la Société française de photogrammétrie et télédétection*, 173-174, 39-59.
- Gadal S., 2001, *L'identification des formes spatiales de métropolisation par télédétection*, Thèse de doctorat en Géographie, Université de Marseille 1.
- Jensen J.R., 2000, *Remote sensing of the environment: An earth resource perspective*, Prentice Hall, Upper Saddle River (NJ).
- Martinuzia S., William A G., Ramos González O. M., 2007, Land development, land use, and urban sprawl in Puerto Rico integrating remote sensing and population census data, *Landscape and Urban Planning*, 79, 288-297.
- Puissant A., Weber C., 2004, Vers une démarche orientée-objets pour extraire les objets urbains sur des images THR, *Bulletin de la Société française de photogrammétrie et télédétection*, 173-174, 123-134.
- Robin M., 1999, *La télédétection : des satellites aux systèmes d'information géographiques*, Paris, Nathan.

# Le croisement d'information en remote et in situ sensing pour suivre la dynamique hydrologique d'un glacier polaire : exemple de la crue d'automne 2008, Loven Est, Spitsberg (79°N)

**Madeleine Griselin<sup>1</sup>, Christelle Marlin<sup>2</sup>, Dominique Laffly<sup>3</sup>, Eric Bernard<sup>1</sup>, Emeric Delangle<sup>2</sup>, Jean-Michel Friedt<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> UMR 6049 TheMA, CNRS/université de Franche-Comté

<sup>2</sup> UMR IDES, CNRS/université Paris Sud

<sup>3</sup> UMR SET, CNRS/université de Pau et des Pays de l'Adour

<sup>4</sup> UMR FEMTO, CNRS/université de Franche-Comté

[madeleine.griselin@univ-fcomte.fr](mailto:madeleine.griselin@univ-fcomte.fr)

## 1. Contexte et problématique

Représentatif des petits glaciers de types alpins du Spitsberg, le bassin du Loven Est (10 km<sup>2</sup>, presqu'île de Brøgger, 79°N) est placé sous surveillance depuis fin 2006. Deux stations météorologiques, 22 capteurs de température de l'air, 7 pluviomètres et 7 anémomètres permettent de mesurer en continu (1 donnée par heure) les paramètres météorologiques influant sur la réponse hydrologique du glacier.

Un réseau de 40 balises plantées dans la glace permet de quantifier l'accumulation de précipitation solide et l'ablation du manteau neigeux et de la glace, le tout complété par des carottages de la neige donnant l'équivalent en eau des différentes lames d'eau entrant dans l'équation hydrologique du bassin.

Huit stations photo automatiques, donnant chacune trois clichés par jour, couvrent l'ensemble du bassin, tandis que onze images Formosat sont acquises de mars à octobre pour une observation synoptique de la presqu'île de Brøgger.

Aux exutoires du Loven Est, des stations hydrologiques permettent de mesurer pendant l'été arctique les écoulements liquides du bassin glaciaire, tandis que des prélèvements automatiques sont réalisés quotidiennement sur chaque émissaire.

Deux années hydrologiques (1<sup>er</sup> octobre - 30 septembre) se sont écoulées depuis le début de l'instrumentation du Loven Est, années très différentes : 2006-2007, marquée par un été chaud et sec (T°C moyenne annuelle, -3,61°C ; précipitation totales, 361 mm) ; 2007-2008 plus froide (T°C moyenne -3,95°C), très enneigée en altitude, caractérisée par un été « froid », peu arrosé, sauf tout à la fin (précipitations totales 416 mm).

Deux années certes plus chaudes que la normale 1969-1999 (-5,77°C), mais marquant un ralentissement net de la hausse des températures moyenne inexorable depuis 1998. Des années autour de la norme en ce qui concerne les précipitations totales (391 mm de moyenne annuelle pour 1961-999) mais dont la répartition temporelle et le ratio neige/pluie diffèrent énormément entre les deux années étudiées.

## 2. Résultats

Sur le plan hydrologique, l'année 2007 est totalement dominée par la fonte, forte, liée à des températures de l'air élevées jusqu'au plus haut du glacier. La température moyenne de l'air à la surface du glacier atteignait +10°C en août 2007.

L'hiver 2007-2008 a été particulièrement neigeux et fut suivi d'un été « froid » égal à la normale 1969-1999 : la ligne d'équilibre (ablation/accumulation) était donc très basse lors des relevés d'automne 2008. Pour la première fois depuis de nombreuses années, le glacier se trouvait en situation d'engraissement.

Au cours du mois de septembre 2008, alors que nous étions présents sur le terrain, de fortes précipitations et des températures élevées sur l'ensemble du bassin ont provoqué un bouleversement total du bilan annuel du glacier. La pluie abondante sur l'ensemble du glacier a découpé (mécaniquement et thermiquement) le manteau neigeux resté en place depuis l'hiver. En huit jours sont tombés sous forme liquide 25 % des précipitations totales de l'année, tandis que s'écoulait dans les rivières 40 % des écoulements de l'été.

Des deux émissaires (Goule et Diable) seule la Goule drainait les eaux en provenance du glacier en 2008, le

Diable étant exclusivement alimenté par la moraine et le permafrost.

Lors de cette crue d'automne 2008, le permafrost dégelé sur plus d'un mètre d'épaisseur a fait tampon, absorbant comme une éponge la première partie de la crue. Lors de la seconde partie de l'événement, la moraine et le permafrost, saturés, ont commencé à restituer une partie de la lame d'eau précipitée sur la moraine.

Au total donc, après deux semaines de pluies intenses, le bilan glaciaire était totalement différent, la ligne d'équilibre remontait de plus de 100 m, les balises d'accumulation-ablation montraient une disparition presque totale de la neige accumulée.

---

### 3. Discussion

Les clichés des stations photos automatiques attestent de la violence de l'événement que nous avons pu suivre en direct. Les photos confirment l'irrégularité spatiale de l'ablation pendant les crues pluviales.

Durant cette période, seule une image satellite Formosat est disponible, celle du 30 septembre, quand la neige a de nouveau recouvert l'ensemble du bassin : elle est identique à la précédente disponible fin août 2008 !

Cet exemple de crue pluviale, déjà observé en août et septembre 1980, montre combien la multiplication des capteurs et des différentes sources d'information est nécessaire pour décrypter le schéma de circulation des eaux, mais aussi combien la présence sur le terrain est capitale pour suivre et comprendre la complexité des processus.

---

### 4. Références bibliographiques

- Braithwaite R. J., 2009, Calculation of sensible-heat flux over a melting ice surface using simple climate data and daily measurements of ablation, *Annals of Glaciology* 50, 9-15.
- Elder K., Dozier J., 1990, Improving methods for measurement and estimation of snowstorage in alpine watersheds, *Hydrology in Mountainous Regions. I - Hydrological Measurements; the Water Cycle*, Proceedings of two Lausanne Symposia, August 1990. IAHS Publ., 193, 147-156.
- Eraso A., Dominguez C., 2004, Subpolar glaciers and global warming, *Scientific and Public Journal; Russian Academy of Natural Sciences*, 4(1), 53-57, Moscow, Russia.
- Etzelmüller B., Vatne G., Odegard R. S., Sollid J. L., 1993, Mass-balance and changes of surface slope, crevasse and flow pattern of Erikbreen, Northern Spitsbergen: An application of a geographical information system (GIS), *Polar Research*, 12, 131-146.
- Francou B., Vincent C., 2007, *Les glaciers à l'épreuve du climat*, IRD Edition, Paris.
- Gardner A.S., Sharp M., 2009, Sensitivity of net mass-balance estimates to near -surface temperature lapse rates when employing the degree-day method to estimate glacier melt, *Annals of Glaciology* 50, 80-86.
- Friedt J.-M., Ferrandez C., Martin G., Moreau L., Griselin M., Bernard E., Laffly D., Marlin C., 2008, Automated High Resolution Image Acquisition in Polar Regions, *European Geosciences Union*, Vienna, Austria, 13-18 April 2008.
- Griselin M., Marlin C., 1999, Approche quantitative et géochimique du gradient altitudinal des précipitations sur un bassin versant partiellement englacé de la côte occidentale du Spitsberg, *La Houille Blanche*, revue de la Société hydrotechnique de France, 5-1999, 125-136.
- Griselin M., Holmén K., Laffly D., Ormaux S., 2006, La photographie oblique pour une veille environnementale en milieu arctique (webcam du Zeppelin Fjellet, 79°N, Spitsberg), actes des 7<sup>es</sup> rencontres de ThéoQuant, Besançon 26-27 février 2005.
- Griselin M., Marlin C., Laffly D., Bernard E., Delangle E., 2009, Fourty Years of Weather Data to Understand Recent Climate Change in the Arctic (Svalbard, 79°N), *Climate Change, Global Risks, Challenges & Decisions*, Copenhagen 2009 10-12 March.
- Griselin M., Bernard E., Laffly D., Marlin C., Friedt J.-M., 2008, Géomatique, image au sol et image satellite pour suivre l'évolution du manteau neigeux d'un glacier polaire (Loven Est, Spitsberg, 79°N), *Colloque de la Société Hydrotechnique de France (SHF)*, Section de Glaciologie-Nivologie Chamonix 5-7 Mars 2008.
- Hansen S., 1999 : *A photogrammetrical climate-statistical and geomorphological approach to the post Little Ice Age changes of the Middre Lovénbreen glacier, Svalbard*. Master thesis, University of Copenhagen.
- Hagen J.O., Kohler J., Melvold D K., Winther J.G., 2003, Glaciers in Svalbard: mass balance, runoff and freshwater flux, *Polar Research* 22(2), 145.
- Hodgings R., 1997, Glacier Hydrology in Svalbard, *High Arctic Quaternary Science Reviews*, 16(9), 9-57.
- Humlum O., 2004, Mapping Snow Cover Duration, Avalanches and Other Geomorphic Processes by Automatic Digital Cameras, Longyearalen, Svalbard. A project funded by the University Courses on Svalbard (UNIS) 2000-2005, UNIS, Department of Geology, Svalbard, [http://www.unis.no/research/geology/Geo\\_research/Ole/mapping\\_snow\\_cover\\_duration.htm](http://www.unis.no/research/geology/Geo_research/Ole/mapping_snow_cover_duration.htm)
- Kohler J., James T.D., Murray T., Nuth C., Brandt O., Barrand N.E. Aas H.F., Luckman A., 2007, Acceleration in thinning rate on western Svalbard glaciers, *Geophysical Research Letters*, vol. 34.
- Marlin C., Griselin M., Bernard E., Delangle E., Laffly D., Friedt J.-M., 2009, Impact of warm events during cold seasons on the hydrological response of a polar glacier system, *Climate Change, Global Risks, Challenges & Decisions*, Copenhagen 2009 10-12 March.
- Palli A. Moore J.C., Jania A.J., Glowacki P., 2003, Glacier changes in southern Spitsbergen, Svalbard, 1901-2000, *Annals of Glaciology*, 37, 219.
- Rippin D., Willis J., Arnold N., Hodson A., Moore J., Kohler J., Björnsson H., 2003, Changes in geometry and subglacial drainage of Midre Lovénbreen, Svalbard, determined from digital elevation models, *Earth Surface Process, Landforms*, 28, 273-298.
- Sicart J. E., Rinstein P., Francou B., Pouyaud B., Condom T., 2007, Glacier mass balance of tropical Zongo glacier, Bolivia, comparing hydrological and glaciological methods, *Global and Planetary Change*, 59, 27-36.
- Soruco A., Vincent C., Francou B., Ribstein P., Berger T., Sicart J.E., Wagnon P., Arnaud Y., Favier V., Lejeune Y., 2009, Mass balance of Glacier Zongo, Bolivia, between 1956 and 2006 using glaciological, hydrological and geodetic methods, *Annals of Glaciology* 50, 1-8.

# La spatialisation des fonctions des zones humides à l'échelle d'un bassin versant. Application à la basse vallée de la Dordogne

**Sébastien Rapinel\*, Bernard Clément\*\*, Laurence Hubert-Moy\***

\* UMR 6554 COSTEL LETG CNRS/Université de Rennes II

\*\* UMR 6553 ECOBIO, CNRS/Université de Rennes I

[sebastienrapinel@gmail.com](mailto:sebastienrapinel@gmail.com)

## 1. Contexte et objectif

Aujourd'hui, les fonctions des zones humides sont souvent évaluées à partir d'une approche terrain qui nécessite des moyens humains et techniques conséquents. Ces évaluations sont réalisées à l'échelle de sites de quelques hectares à quelques km<sup>2</sup> et privilégient une fonction donnée sans considérer les autres fonctions de la zone humide d'une part et le contexte dans lequel elles se situent d'autre part. Pourtant les acteurs territoriaux ont un réel besoin d'outils leur permettant d'avoir une vision globale des fonctions des zones humides (Fustec, Lefeuvre, 2000) et de la façon dont elles s'inscrivent dans les problématiques locales (lutte contre les étiages, soucis phytosanitaires, maintien de la biodiversité...).

Dans ce contexte, l'objectif de cette étude est de spatialiser les fonctions hydrologiques, biogéochimiques et écologiques des zones humides sur des sites expérimentaux de la basse vallée de la Dordogne à l'aide de données de télédétection à très haute résolution spatiale. Pour cela, nous avons choisi de développer avec une approche basée sur le couplage des approches PEEW (Potential Existing Efficient Wetland, Mérot *et al.*, 2006) et HGMU (Hydrogeomorphic Unit, Brinson *et al.*, 1993, Maltby *et al.*, 1996). Plus précisément, nous cherchons à élaborer des indicateurs permettant d'évaluer les fonctions des zones humides afin d'identifier des secteurs où les actions d'aménagement doivent être entreprises prioritairement. Les sites d'étude retenus situés en Basse Dordogne, présentent deux contextes hydrogéomorphologiques différents : un secteur de plaine alluviale et des secteurs de petites vallées encaissées.

## 2. Méthodes

Dans un premier temps, des descripteurs des zones humides sont détectés à partir de données de télédétection (une scène Quickbird, un orthophotoplan) et d'une

cartographie des zones potentiellement humides (I-MAGE CONSULT, 2006). Les fonctions potentielles des zones humides sont évaluées grâce à un croisement d'indicateurs sous SIG. Ainsi, chaque descripteur dérivé des données de télédétection a d'abord été seuillé en cinq classes d'intervalles égaux. L'intérêt de chaque classe vis-à-vis de chaque fonction varie de très négatif (-2) à très positif (+2). Ensuite, des indicateurs fonctionnels ont été calculés en faisant la moyenne des descripteurs. Enfin, chaque HGMU s'est vue attribuer un score global pour chaque processus fonctionnel, correspondant à la moyenne des valeurs des indicateurs fonctionnels. Par exemple, les haies et leur connectivité participent à l'évaluation de la biodiversité potentielle.

## 3. Résultats

Les premiers résultats pour les fonctions biogéochimiques et écologiques semblent globalement cohérents au vu des observations effectuées sur le terrain (Clément *et al.*, 2008). Néanmoins, ces évaluations nécessitent des calibrations et des validations avec des mesures de l'efficacité réelle de la zone humide effectuée *in situ*. Les fonctions hydrologiques, très corrélées au chemin de l'eau et donc à la micro topographie, n'ont pas encore été évaluées dans cette approche. Cependant des démarches sont actuellement en cours pour acquérir des données Lidar afin d'obtenir un MNT de précision centimétrique.

La méthodologie proposée se veut générique. Elle est actuellement menée parallèlement dans le Massif Armoricaïn, sur la basse vallée du Couesnon. De futures études vont s'appuyer sur des données multi-temporelles afin de prendre en compte les variations temporelles de l'intensité des fonctions des zones humides.

---

#### 4. Références bibliographiques

- Brinson M., 1993. *A Hydrogeomorphic Classification for Wetlands*, Wetlands Research Program. Technical Report WRP-DE-4, US Army Corps of Engineers.
- Clément B., Hubert Moy L., Rapinel S., 2008. *Evaluation des fonctions des zones humides à partir de données à très haute résolution spatiale. Application expérimentale à la Basse Vallée de la Dordogne*, Rapport final, EPIDOR.
- Fustec E., Lefeuvre J.C., 2000. *Fonctions et valeurs des zones humides*, Dunod, Paris.
- I-MAGE CONSULT, 2006. *Cartographie des zones à dominante humide du bassin versant de la Dordogne*, Rapport final, EPIDOR.
- Maltby E., Hogan D.V., McInnes R., 1996. *Functional analyses of European wetland ecosystems-Phase I (FAEWE)*, European Commission.
- Merot P., Hubert Moy L., Gascuel C., Clement B., Durand P., Baudry J., Thenail C., 2006. A method for improving the management of controversial wetland, *Environmental management*, 37(2), 258-270.



Neuvièmes Rencontres de Théo Quant

Besançon, 4-6 mars 2009

[www.thema.theoquant.fr](http://www.thema.theoquant.fr)

---

# Atelier 3

## Données statistiques en géographie

# Spécificités de l'information foncière : le sens géographique des valeurs statistiques courantes et extrêmes

**Laure Casanova**

UMR 6012 ESPACE, CNRS/Université d'Avignon et des Pays du Vaucluse

[laure.casanova@univ-avignon.fr](mailto:laure.casanova@univ-avignon.fr)

## 1. Contexte et objectif

Information aux multiples facettes, le *foncier* et ses *dynamiques* renseignent sur les dimensions temporelle, fonctionnelle, spatiale et perceptive, qui font territoire, qui font système (Le Berre, 1995 ; Moine, 2006). En effet, le flux des transactions foncières révèle la dynamique de transformation des territoires ; l'usage prévu des biens acquis indique la dimension fonctionnelle attribuée aux lieux ; les caractéristiques du terrain vendu renseignent sur les mutations d'ordre morphologique qui affectent l'espace ; enfin, le prix de la transaction informe sur la valeur symbolique attribuée aux lieux dont on fait l'hypothèse qu'elle peut rendre compte de la définition/redéfinition dans le temps des polarités spatiales.

Par ces filtres, le foncier se révèle comme indicateur clé de toute démarche de *prospectivité spatiale* : il rend compte de certains des mécanismes élémentaires de fabrication (Renard, 1998), de structuration et d'évolution du territoire ; ces derniers étant susceptibles de renseigner sur la *sensibilité des espaces au changement*, principal enjeu de cette recherche.

L'information foncière, observée en Provence rhodanienne, littorale et durancienne, est présentée depuis la phase de collecte jusqu'à son organisation en base de données. Cette contribution propose qu'une connaissance fine des spécificités de l'information géographique employée, est déterminante lors de l'étape d'exploitation statistique des données : une masse non négligeable de transactions foncières peu fréquentes présentent en effet un caractère hors normes soit par le niveau du prix de vente, soit par la taille de la superficie de terrain cédée. Ces événements sont à la fois rares, au sens probabiliste du terme, c'est-à-dire, que leur probabilité de réalisation est très faible (ce qui est relatif à l'échelle considérée). Ils sont aussi extrêmes (Zajdenweber, 2000) du point de vue de leur valeur (sur une échelle de grandeur absolue) et ceci, sur les minima comme sur les maxima.

Cette donnée statistique est prise en compte à travers l'étude simultanée des catégories d'événements courants et

extrêmes. L'enjeu est de montrer en quoi le rapport entre ces deux types d'événements et, son évolution au cours des périodes 1995-2000 et 2001-2006, sont porteurs de sens dans la compréhension de la mécanique du changement spatial (Elissalde, 2000).

Enfin, la sensibilité, des espaces et des trajectoires (établies à partir des valeurs prises par les transactions courantes), aux mutations foncières extrêmes est explorée. L'enjeu d'un tel travail est de déterminer ce qui, dans l'espace, est force de régulation et fournit des indications sur ses modes d'évolution à venir.

La collecte de douze années (1995-2006) de transactions foncières en terrains à bâtir sur près de quatre départements du Sud-est français (Bouches-du-Rhône, Var, Vaucluse et les vingt-six communes des Alpes de Haute Provence dont le marché est le plus actif) a constitué le point départ. La masse d'informations obtenue, issue du fichier domanial Œil<sup>i</sup> (Observatoire des Evaluations Immobilières Locales), est convertie en une base de données géographiques dont l'organisation est inspirée de la typologie proposée par Joseph Comby (2003). Des « six marchés fonciers [qu'elle différencie], sur lesquels les prix se forment selon des logiques différentes », est retenu le quatrième marché des nouveaux terrains d'habitation à bâtir. Sont ensuite seulement sélectionnées les transactions échangées par les particuliers<sup>ii</sup>. Par là, on cherche à saisir les relations les plus « directes » (au sens d'inaltérées par les logiques spéculatives ou par celles des politiques publiques) entre les hommes et le territoire, susceptibles d'être révélées par cette catégorie de transactions foncières.

Au terme d'une phase d'harmonisation, de vérification et de structuration de l'information, la base de données relative aux mutations du foncier constructible recense près de 50 000 transactions au sein du seul marché des terrains à bâtir en habitat individuel par des particuliers.

## 3. Méthodes et résultats

L'accès à une telle information, désagrégée en événements discrets, révèle une structure asymétrique (positive) des

distributions statistiques des indicateurs fonciers d'effectif, de prix/transaction et de superficie de terrain.

Les outils statistiques utilisés dans ces cas d'anormalité (raisonnements par les quantiles et fréquences notamment) rendent compte de l'existence d'événements extrêmes positifs à chacune des périodes observées et pour chaque variable étudiée. La méthode généralement employée pour isoler ces individus statistiques est fondée sur l'intervalle interquantile (intercentile notamment, soit 2% des observations). Ici, elle est adaptée en fonction des caractéristiques propres de l'information recueillie – comme par exemple, l'existence d'un seuil minimum de prix de 15000 € dans la saisie des transactions – ainsi que des exigences de l'analyse statistique et géographique – seuil de pertinence du nombre d'individus par unité spatiale – (Charre, 1995). Les individus auxquels renvoie cette catégorie de transactions (petits terrains situés dans un hyper-centre urbain ou au contraire, grands domaines d'habitation situés dans des campagnes isolées etc.) et qui représentent au final 10% du total recensé entre 1995 et 2000 puis, entre 2001 et 2006, sont incontestablement d'une toute autre nature que celle de l'essentiel de la population étudiée. En ce sens, ils se révèlent intéressants à étudier en tant que tels.

L'étude conjointe et croisée de ces sous-populations d'événements courants et extrêmes a déjà révélé sa pertinence au sein d'une analyse multivariée. Ici, on cherche à déterminer le sens géographique de ces transactions à partir de l'évolution du rapport entre les deux catégories de mutations foncières. La dimension perceptive du territoire (Guerin-Pace, 2006) qu'elles renseignent en fait des révélateurs de l'image des lieux : hauts lieux résidentiels et espaces de résidence se différencient. Ces constats nuancent par ailleurs les classiques hiérarchies urbaines basées sur les critères de poids des villes.

On focalise enfin sur les modalités d'apparition des événements courants et extrêmes sur le territoire. L'objectif est de comprendre pourquoi certains espaces voient leur trajectoire affectée, modifiée, par les événements qui se réalisent sur leur territoire, alors que d'autres ont des comportements résilients. Les recherches en cours ont pour objet d'évaluer les effets, dans l'espace et dans le temps, de l'apparition des événements extrêmes. On pressent que cette piste de travail est susceptible d'informer sur la sensibilité des espaces au changement.

---

#### 4. Références bibliographiques

- Le Berre M., 1995 (1<sup>ère</sup> éd. 1992), Territoires, in Bailly A., Ferras R., Pumain D. (dir.) *Encyclopédie de Géographie*, 601-617.
- Charre J., 1995, Statistique et territoire, GIP Reclus.
- Comby J., 2003, La formation de la valeur sur les six marchés fonciers, *Etudes foncières*, 101, 18-23.
- Donzel A., 2006, Marseille - 50 ans d'évolution des prix fonciers, *Etudes foncières*, 124, 26-29.
- Elissalde, B., 2000, Géographie, temps et changement spatial, *L'Espace géographique*, 3, 24-236.
- Fujita M., 1989, *Urban Economic Theory: land use and city size*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Guerin-Pace, 2006, Lieux habités, lieux investis : le lien au territoire, une composante identitaire ? *Economie et statistique*, 393-394.
- Hatem, F., 1993, *La prospective : pratiques et méthodes*, Paris, Economica.
- Moine A., 2006, Le territoire comme système complexe, un concept opératoire pour l'aménagement et la géographie, *L'Espace Géographique*, 2, 115-132.
- Renard V., 1998, Marchés fonciers, marchés immobiliers et production de la ville in Pumain D. (eds), *Données urbaines*, 2, 9-17.
- Zajdenweber D., 2000, *Economie des extrêmes*, Flammarion.

---

<sup>i</sup> Pour lequel des autorisations ont été obtenues auprès de chacun des services départementaux.

<sup>ii</sup> Celles mobilisant les professionnels de l'immobilier et les acteurs publics sont écartées car elles font intervenir des logiques autres (spéculatives ou au contraire « sociales ») que celles du rapport des hommes au territoire révélées par l'acquisition individuelle d'un terrain.

# L'Assemblée Générale de l'ONU : un objet géographique

**Laurent Beauguitte**

UMR Géographie-cités, CNRS/Université de Paris 7  
[beauguittelaurent@hotmail.com](mailto:beauguittelaurent@hotmail.com)

## 1. Contexte

Dans le cadre d'une thèse en cours portant sur la visibilité de l'Union européenne dans le système monde, je me suis intéressé aux votes à l'Assemblée Générale de l'ONU. C'est un thème très prisé, et ce depuis des décennies, par les chercheurs anglophones. Le sujet est, à notre connaissance, peu traité en France que ce soit par la géographie, les relations internationales ou les sciences politiques. Or il s'agit d'un objet passionnant pour la géographie et qui se prête à merveille aux techniques quantitatives. En effet, le fait que des blocs de pays adoptent des attitudes communes lors des votes est susceptible de contribuer à une régionalisation politique du monde. L'objectif principal de cette communication est de proposer des pistes d'analyse et de représentations des résultats. Pour illustrer la richesse des pistes offertes à l'exploration géographique, la 59<sup>ième</sup> session (septembre 2004-septembre 2005) de l'Assemblée Générale a été retenue<sup>1</sup>.

## 2. Des données accessibles, pléthoriques et (parfois) redondantes

Le site Internet de l'ONU est d'une richesse étonnante. Pour se limiter à l'Assemblée Générale, quelques clics de souris permettent d'accéder à tous les textes de résolutions ainsi qu'aux procès verbaux des séances depuis la création. Comme toutes les grandes institutions internationales, l'ONU produit beaucoup de documents. Ainsi, les seuls procès verbaux pour la 59<sup>ième</sup> session comptent au total plus de 2700 pages.

Quatre possibilités s'offrent aux Etats lorsque qu'un vote a lieu : voter pour, voter contre, s'abstenir, ne pas prendre part au vote. Si les deux premières options sont sans ambiguïté, les deux dernières posent problème. Il est rarement possible, à la lecture des procès-verbaux et des résolutions, de savoir pourquoi un pays choisit l'abstention ou la non participation.

Certains auteurs anglophones considèrent qu'une abstention est un non qui n'ose être avoué publiquement, ce qui leur permet un codage à deux modalités -1 / 1. Cette hypothèse peut être à la rigueur admise quand un « petit » pays n'ose pas contredire une grande puissance ; mais elle paraît très discutable quand ce sont la Chine ou les Etats-Unis qui choisissent l'abstention.

La non participation aux votes n'est à ma connaissance jamais prise en compte. Il s'agit le plus souvent de « petits » Etats dont on peut supposer qu'ils n'ont pas en permanence de délégués à l'ONU. Mais il arrive qu'une grande puissance décide de ne pas prendre part à un vote...

Tous les votes ne doivent sans doute pas être pris en compte. Quand tous les pays condamnent l'esclavage, l'enjeu est faible (quel pays osera soutenir l'esclavage ?). Quand le vote est plus disputé, l'intérêt pour le chercheur paraît plus évident (quelles fractures révèlent ces votes ?). Un autre argument en faveur d'une sélection est la présence dans les procès-verbaux de série de votes portant sur des mots, un alinéa, un ou plusieurs paragraphes avant qu'enfin la résolution dans son ensemble soit votée.

Une tendance récente chez les anglophones consiste à retenir les votes jugés importants par le gouvernement américain. Ce dernier dresse et rend publique chaque année la liste des votes importants. Ce critère est simple et il rend les travaux comparables, il paraît cependant discutable pour deux raisons complémentaires. Il entraîne un déplacement de l'objet d'étude qui n'est plus le système de relations au sein de l'ONU mais l'ONU vue par le gouvernement américain. De plus, l'attitude des Etats-Unis à l'ONU est tout à fait atypique ; il s'agit par exemple de l'Etat qui vote le plus souvent seul contre tous (avec Israël : voir graphique un59\_95% désaccord). Prendre comme référence le comportement d'un Etat exceptionnel – au sens strict – ne nous paraît pas sérieux.

## 3. Les ensembles supranationaux à l'ONU : le test de l'Union européenne.

Il est possible de considérer que les votes des Etats membres de l'ONU permettent de dessiner une carte politique du monde. Si deux pays votent toujours de la même façon, ils sont politiquement très proches l'un de l'autre. A l'inverse, la distance entre deux pays dont les choix seraient systématiquement opposés est maximale. Ce postulat basique peut être étendu à des blocs politiques. Ainsi, l'Union européenne cherche depuis 1973 à ce que les Etats membres adoptent des positions communes à l'ONU, partant du postulat que plus l'UE est unie, plus elle est audible<sup>2</sup>.

Les 118 procès-verbaux de la 59<sup>ième</sup> session ont été parcourus afin de repérer tous les votes. Il s'agit en effet du seul moyen de repérer ces derniers. La session 2004-2005

a donné lieu à 92 votes. Lorsque le pourcentage des suffrages exprimés atteint 95% (en faveur du oui ou du non), le vote n'a pas été saisi. On peut en effet considérer que lorsque plus de 180 pays adoptent une position commune, le pouvoir explicatif de l'appartenance à un ensemble politique est proche de zéro<sup>3</sup>. 65 votes ont été saisis dans un fichier Excel (pays en ligne, référence du vote en colonne). Les votes ont été codés de la façon suivante :

1 : oui ; -1 : non ; 0 : abstention ; case laissée vide : ne participe pas au vote.

Le problème des cases vides a été résolu en transformant le tableau obtenu à l'aide d'un codage alphanumérique. La matrice de similarité a été obtenue à l'aide du logiciel XLStat. Enfin, des essais de représentations graphiques ont été construits avec les logiciels Ucinet et Pajek.

L'étude de la matrice et des graphes obtenus ne permet pas la mise en évidence d'un bloc cohérent Union européenne au sein de l'Assemblée Générale de l'ONU. Les deux puissances nucléaires membres du Conseil de sécurité se distinguent des autres pays membres de l'UE, notamment en ce qui concerne les votes liés aux questions de désarmement. Des Etats proches mais non membres (Liechtenstein, Monaco, Suisse) apparaissent plus « européens » dans leurs comportements que la France et le Royaume-Uni.

Le comportement des 10 Etats qui deviennent membres de l'UE lors de cette session est très proche des 15 autres Etats membres. Il est possible que cette convergence des votes date de plusieurs années déjà. Mais considérer un bloc géographique ne peut pas se faire sans étudier d'abord l'ensemble des relations. Etudier l'UE dans l'ONU en se focalisant uniquement sur les Etats-membres (cf Laatikainen et Smith, 1993) suppose a priori que l'UE est identifiable en tant que telle. Une hypothèse demandant à être démontrée devient alors un postulat de départ.

Deux Etats se détachent nettement de tous les autres : les Etats-Unis et Israël. Cette exceptionnalité est liée au

contenu même des votes dont un tiers concerne le problème palestinien, et ce depuis des décennies.

Garder les 4 modalités de vote paraît essentiel. Lorsqu'un Etat s'abstient, il n'est pas possible de considérer qu'il vote contre. Certes, cela facilite grandement la saisie des données et cela multiplie les possibilités de traitements statistiques, mais la perte d'informations nous paraît trop importante.

---

## 4. Conclusion

Ces quelques résultats souffrent d'un défaut majeur, ils proposent un instantané sans rien révéler des tendances. Il est nécessaire d'introduire une dimension diachronique dans l'étude des votes (la saisie et le traitement des données sont en cours). Il serait ainsi intéressant d'étudier par exemple l'effet de l'élargissement de l'UE sur sa cohésion en terme de votes. Mais il convient d'étudier cet aspect en considérant l'ensemble du système onusien.

Des techniques statistiques plus élaborées sont mobilisables pour ce type d'études (analyse factorielle, modèle logit, MDS, régression multiple...).

Un aspect particulier mériterait des travaux complémentaires, celui de la représentation des résultats obtenus. Il s'agit en effet du point faible de la littérature anglophone sur le sujet qui se contente le plus souvent de tableaux, parfois de nuages de points (l'analyse factorielle est souvent utilisée) et très rarement d'autres modes de représentations (l'article de Newcombe *et al.* étant l'exception qui confirme la règle). Or le graphe se prête à merveille à cet exercice.

Enfin, l'étude des votes n'est qu'un des outils possibles. Il serait tout à fait utile d'observer qui propose les résolutions et les motions, d'observer dans quelles circonstances un Etat s'exprime au nom de l'Union européenne. Il pourrait aussi être d'intéressant de se livrer à une étude lexicologique des discours prononcés au début de chaque session par les représentants des Etats membres de l'UE.

---

## 5. Références bibliographiques

Holloway S. K., Tomlinson R., 1995, The New World Order and the General Assembly: Bloc Realignment at the UN in the Post-Cold War World, *Canadian Journal of Political Science / Revue canadienne de science politique*, 28, 2, 227-254.

Laatikainen K. V., Smith K. E. (eds.), 2006, *The European Union at the United Nations. Intersecting Multilateralisms*, Baginostoke, Palgrave Mac Millan, collection "Palgrave Studies in European Union Politics", xiii-232 p.

Lijphart A., 1963, The Analysis of Bloc Voting in the General Assembly: A Critique and a Proposal, *The American Political Science Review*, 57, 4, 902-917.

Newcombe H., Ross M., Newcombe A., 1970, United Nations Voting Patterns, *International Organization*, 24, 1, 100-121.

Sites Internet

Résolutions de l'ONU : <http://www.un.org/french/documents/ag/resolutions.shtml>

Représentation de l'UE à l'ONU : [http://www.eu-un.europa.eu/home/index\\_fr.htm](http://www.eu-un.europa.eu/home/index_fr.htm)

Gouvernement américain : Voting practices in the United Nations : <http://www.state.gov/p/io/rls/rpt/index.htm>

---

<sup>1</sup> Le choix de cette session est lié à l'élargissement de l'UE qui se produit alors.

<sup>2</sup> 2<sup>ème</sup> rapport Davignon, novembre 1973.

<sup>3</sup> Voir par exemple la résolution votée le 20 décembre 2004 et condamnant l'intolérance : 186 voix pour, 0 contre, 0 abstention.

# Retour sur une expérience d'échantillonnage spatial

## Choix de lieux d'enquêtes dans l'agglomération dakaraise

**Sébastien Oliveau\*, Frédéric Audard\*, Jean-Luc Bonnefoy\*, A. N'Donky\*\***

\*UMR 6012 ESPACE, CNRS/Université de Provence

\*\* UMR 151 LPED, IRD, Dakar

[sebastien.oliveau@univ-provence.fr](mailto:sebastien.oliveau@univ-provence.fr)

### 1. Contexte

Le papier proposé revient sur un travail intégré dans un programme de recherche portant sur l'étude du paludisme à Dakar. Ce programme a amené à la réalisation d'une enquête auprès de la population dakaraise. Notre rôle, dans ce cadre, était de réaliser un plan de sondage adapté aux objectifs de la recherche. Ce travail soulève des dimensions méthodologiques qui peuvent amener des réflexions nouvelles, la mise en pratique de positionnements théoriques amenant généralement des modifications de la position initiale du chercheur.

Par ailleurs, ce travail repose sur une base de données inédite et contribue à la connaissance d'un espace : l'ensemble des îlots de recensement de l'agglomération dakaraise a été numérisée pour l'occasion. Notre présentation s'articule en 4 points : la présentation des contraintes, les choix méthodologiques effectués, les résultats de ces choix et enfin une discussion générale.

### 2. Contraintes

La principale motivation qui a guidé l'élaboration du plan de sondage a été le respect de la diversité des caractéristiques sociales de la population dakaraise, tout en intégrant la dimension géographique propre de l'espace de la ville. Contraintes sociales et spatiales ont donc été mise en avant pour élaborer l'échantillon à enquêter. Au final, 4 contraintes ont été définies qui ont amené aux choix méthodologiques présentés après.

*1° Respecter la diversité socio-économique de l'agglomération dakaraise.*

Un rapide travail de terrain dans l'espace dakarais suffit à noter la grande diversité du tissu urbain (loti/non loti ; habitat collectif/individuel ; etc.) qui reflète en partie l'hétérogénéité sociale (riches/pauvres ; activités formelles /informelles ; etc.). Il était donc nécessaire de s'appuyer sur une analyse statistique permettant la prise en compte de cette diversité sociale.

*2° Prendre en compte l'espace dans l'échantillonnage pour pouvoir ensuite envisager une cartographie à l'échelle de la ville.*

A cette diversité sociale s'ajoute une segmentation spatiale elle aussi très marquée, et l'extrapolation des résultats de l'enquête à l'ensemble de la ville demandait de représenter toutes les populations dans leur diversité de lieu d'habitat. Ainsi, aux caractéristiques sociales s'ajoutent la question de la localisation des individus. Pour une même catégorie sociale d'individus, les pratiques spatiales (et donc le recours au soin) ne seront pas les mêmes selon la localisation dans la ville.

*3° Intégrer une réflexion au niveau des quartiers.*

Comme dans beaucoup de villes, l'habitat à Dakar s'organise autour des « quartiers ». Niveau géographique flou mais socialement structurant, présent partout mais de taille variable, le quartier n'est pas réellement une unité administrative et ne dispose pas de données censitaires. Néanmoins, il constitue un repère géographique important pour les populations.

*4° Mettre l'accent si possible sur des zones que l'on sait être plus fragiles.*

Si le projet s'intéresse à l'ensemble de l'agglomération, deux axes semblent néanmoins devoir être privilégiés. Le premier concerne les populations les plus vulnérables et pour lesquels le recours au soin est plus problématique, particulièrement pour des raisons économiques. Le second concerne des espaces que l'on sait être plus à risque.

### 3. Choix méthodologiques

Pour répondre à ces contraintes, le travail s'est orienté vers différents choix méthodologiques que l'on peut résumer en 6 étapes.

*1° utilisation du niveau le plus fin pour définir les espaces (choix des districts de recensements).*

Pour caractériser la population dakaraise, le premier choix a été d'utiliser la maille la plus fine que proposait le recensement (seule source statistique permettant un traitement exhaustif de la ville). Il s'agit des districts de recensement (DR), que l'on peut comparer aux IRIS<sup>i</sup> du recensement français. Les DR comprennent en moyenne 1000 habitants, contre 2000 pour les IRIS. Ils offrent une couverture complète de l'agglomération dakaraise, à l'exception de quelques zones inhabitées ou classées à part.

L'ensemble des DR a été géoréférencé par A.Ndonky pour intégrer une base de données SIG. Pour mémoire, Dakar est constituée d'environ 2000 DR dont la population moyenne est de 1037 habitants (141 ménages et 86 concessions).

### 2° factorisation pour réduire l'information censitaire.

Pour traiter l'information censitaire au niveau des DR le choix de l'analyse en composante principale s'est imposé car il permet de traiter un nombre important de variables sans établir de choix a priori des variables discriminantes par degré d'importance. De plus, l'ensemble des individus de la population statistique ne présentaient pas de fortes dissemblances, ce qui renforçait la méthode.

Le résumé de l'information a été réalisé en deux temps. Nous avons tout d'abord regroupé différents ensembles de variables présentant une cohérence. Puis nous avons réalisé, pour chacun de ces groupes, une analyse en composantes principale afin d'extraire une (ou deux) variable synthétique résumant l'information de chaque groupe (les deux premiers axes de la factorisation).

Enfin, une analyse en composantes principales a été réalisée sur l'ensemble des facteurs ainsi retenus pour construire un plan factoriel.

### 3° Catégorisation.

Ce plan factoriel a ensuite servi de base pour opérer une classification des DR. Si la méthode de classification ascendante hiérarchique (CAH) est connue et performante, nous avons préféré opter pour une classification à partir de nuées dynamiques (*k-means*). Une analyse comparative de ces deux méthodes a néanmoins été réalisée et les résultats comparés sont proches. Par la suite, nous avons considéré la distance de chaque DR au centre de la classe créée, autrement dit leur qualité de représentation vis-à-vis du type auquel ils se réfèrent. La cartographie montre cette nuance, indiquant à la fois le type de catégorie et la distance au centre de chaque individu.

Cinq classes sont ressorties de l'analyse :

- Type 1 : 307 DR, situés en majorité dans la commune de Dakar.
- Type 2 : 274 DR, situés en majorité dans la commune de Dakar.
- Type 3 : 335 DR que l'on retrouve regroupés à divers endroits.
- Type 4 : 528 DR que l'on retrouve regroupés à divers endroits dans l'agglomération, et de façon marquée à l'ouest de Pikine.
- Type 5 : 526 DR que l'on retrouve regroupés à divers endroits dans l'agglomération, et de façon marquée à l'est.

### 4° détermination des DR à partir des résultats de l'analyse statistique et intégration de la contrainte spatiale et "quartiers".

Nous avons par la suite fait le choix d'une représentation spatiale contrainte à l'échelle des communes d'arrondissement. Ainsi, le DR le plus représentatif de la classe majoritaire de chaque commune d'arrondissement a été sélectionné pour figurer dans l'échantillon final. 42 DR ont ainsi été sélectionnés.

### 5° Choix des DR supplémentaires

Le programme ayant prévu 50 zones d'enquêtes, il restait à déterminer 8 lieux d'enquêtes supplémentaires. Ces lieux ont été choisis en fonction d'un choix raisonné. Ont été pris en compte leur localisation (à proximité d'un bas fond) et leurs caractéristiques sociales (type X, Y et Z de l'analyse statistique), toujours contraint par "l'effet quartier".

### 6° Choix des DR "binômes"

Finalement, aux 50 DR sélectionnés pour mener les enquêtes ont été adjoints 50 DR binômes pour permettre d'avoir un réservoir de ménage suffisant pour l'enquête (et à 2 reprises un troisième DR pour obtenir un taux de sondage inférieur au 1/3). En effet, avec environ 80 concessions par DR à l'échelle de Dakar, l'enquête de 60 ménages pourrait s'avérer difficile. Il a semblé plus judicieux de choisir 2 DR pour chaque lieu. Ce choix de DR binôme s'est fait avec les contraintes suivantes : être directement contigu du DR choisi par l'analyse, appartenir au même type statistique, être situé dans le même quartier. Lorsque cela n'était pas possible, le DR d'origine a été changé (choix d'un nouveau DR aux mêmes contraintes) pour pouvoir avoir un DR binôme répondant à ces critères.

---

## 4. Résultats

Ce sont finalement 102 DR, situés dans 52 quartiers et représentant donc 50 lieux d'enquêtes qui ont été sélectionnés. Ces DR sélectionnés se déclinent en 6 types de choix :

- Type 1 : DR choisi par l'analyse statistique
- Type 2 : Binôme du type 1
- Type 3 : DR choisi par l'analyse statistique mais ayant du être changé pour répondre au critère "quartier"
- Type 4 : Binôme du type 3
- Type 5 : DR issu du choix raisonné
- Type 6 : Binôme du type 5

L'existence de 2 "triplettes" au lieu de binôme (pour des questions de nombre de ménages) explique le total de 102 et les décalages entre les totaux des types 3 et 4 (3 DR à Darou Rahmane 1), de même qu'entre les types 5 et 6 (3 DR à Diecko ; mais les DR 1208041 et 1208042 sont de type 5 tous les deux).

---

## 5. Discussion

La plupart des choix ont été (parfois âprement !) discutés et peuvent l'être encore. Le choix d'un échantillonnage spatial peut difficilement être remis en cause, mais la méthodologie choisie a été négociée et peut amener notamment 4 grands thèmes de réflexion :

- Le choix de l'échelle. Travailler au niveau le plus fin peut ne pas être optimal, et une échelle intermédiaire (incluant plus de DR) aurait pu donner des résultats intéressants.

- Le choix de l'ACP nous a paru le plus raisonnable, mais peut être y-aurait-il eu des méthodes plus performantes, notamment avec des approches plus sélectives en amont ?

- Les nuées dynamiques sont d'une efficacité remarquable, mais il existe d'autres modes de classifications qui auraient peut être pu être adaptés ?

- Le choix final des DR, dont une partie s'est faite "à la main", rappelle que les méthodologies proposées participent d'un jeu d'acteur plus vaste qui met en relation des chercheurs de différentes disciplines et ayant des points de vue particuliers sur les résultats à obtenir. La connaissance du terrain constitue-t-elle alors une faiblesse statistique ou un atout scientifique ?

---

<sup>i</sup> îlots regroupés pour l'information statistique.

# Le nouveau recensement de l'INSEE et l'analyse infra-communale

**Jean-Michel Floch**

INSEE, Paris

[jean-michel.floch@insee.fr](mailto:jean-michel.floch@insee.fr)

---

## 1. Contexte

Le nouveau mode recensement de la population mis en place par l'INSEE - et dont les résultats vont être diffusés à partir de 2009 - va avoir des répercussions importantes sur les études, tout particulièrement sur celles qui traitent de petites zones géographiques. Les données sont collectées sur environ 40% des logements dans les villes de plus de 10000 habitants, cette collecte s'échelonnant sur une période de cinq ans. Le plan de sondage n'est équilibré (« représentatif ») qu'au niveau de l'IRIS (quartiers d'environ 1000 logements).

---

## 2. Objectif

Après avoir rappelé brièvement (première partie de l'exposé) les grandes caractéristiques du tirage de l'échantillon dans les communes de plus de 10000 habitants, cette communication visera à présenter quelques-uns des problèmes relatifs à l'utilisation des données de population dans les études infra communales.

Aux problèmes de précision liés à l'échantillon s'ajoutent les difficultés liées à la prise en compte de cinq années de collecte. Par contre, la mise en place, pour les besoins de la collecte du recensement d'un répertoire d'adresses localisées permet, par rapport aux recensements antérieurs, d'avoir une géolocalisation plus fine des données collectées.

Cette meilleure spatialisation de l'information va permettre d'utiliser les techniques de statistique spatiale pour « faire parler » les données collectées, y compris sur des zones de petite taille. La localisation, à côté des données du recensement de nouvelles sources, d'origine administrative va permettre d'utiliser de façon conjointe plusieurs sources et d'améliorer la précision des données du recensement.

La deuxième partie de l'exposé sera consacrée à quelques-unes des méthodes statistiques, reposant sur les techniques d'analyse spatiale et les méthodes de sondage, qui ouvrent des pistes pour utiliser ces données de

recensement, les exemples étant pris dans le domaine des études urbaines. Les méthodes statistiques privilégiées sont la régression géographique pondérée et l'estimation de densité, utilisées sur des données issues d'échantillon.

Cet exposé visera donc à informer un public manipulant dans son quotidien des données de population des conséquences de la nouvelle méthode de recensement ainsi que des possibilités ouvertes pour une recherche en vue de meilleure utilisation sur de petits domaines d'étude.

---

## Bibliographie sommaire

Ardilly P., 2007, Les méthodes de sondage, Paris, Technip.

Tillé Y., 2001, Les techniques de sondage, Paris, Dunod.

Diggle P., 2003, Spatial analysis of point patterns Arnold.

Bayley, Gattrell, 2001, Interactive spatial data analysis, Prentice & Hall, New York.

INSEE Méthodes, Pour comprendre le recensement de la population 2005.



Neuvièmes Rencontres de Théo Quant

Besançon, 4-6 mars 2009

[www.thema.theoquant.fr](http://www.thema.theoquant.fr)

---

# Atelier 4

**Réseau, transport et accessibilité**

# L'accessibilité : du concept à l'outil d'évaluation des politiques de mobilité urbaine durable

**Yves Crozet, Nicolas Ovtracht, Valérie Thiébaud**

UMR 5593 Laboratoire d'Économie des Transports (LET), Lyon

[yves.crozet@let.ish-lyon.cnrs.fr](mailto:yves.crozet@let.ish-lyon.cnrs.fr)

## 1. Introduction

*Comment l'accessibilité détermine les usages du sol ? (How accessibility shapes land use ?)*, En donnant ce titre à son article fondateur de 1959, Hansen n'a pas seulement proposé un outil d'analyse particulièrement fécond de la dynamique des formes urbaines. Il a aussi ouvert la voie à la mobilisation d'outils, inexistant il y a cinquante ans, les systèmes d'information géographiques (SIG), pour aider les politiques publiques de mobilité urbaine à traiter la question urbaine dans une perspective elle aussi nouvelle, celle de la ville durable, dans toutes ses dimensions. Pour le montrer, nous rappelons d'abord en quoi la problématique déjà ancienne de l'accessibilité s'inscrit pleinement dans la perspective de la ville durable (1). Puis nous présentons un outil de modélisation et simulation, MOSART (MODélisation et Simulation de l'Accessibilité aux Réseaux et aux Territoires), qui, en visualisant l'accessibilité gravitaire, éclaire la délicate combinaison des dimensions économiques, écologiques et sociales de la mobilité durable (2).

## 2. Problématique

*De la vitesse à la densité, ou comment les politiques de mobilité sont passées d'une approche « transport », essentiellement économique, aux dimensions environnementales et sociales de la ville durable.*

La ville est parfois présentée comme la « proximité organisée » (Huriot 1998)<sup>1</sup>. Raisonner ainsi permet de souligner la façon dont la notion même de proximité a évolué en quelques décennies. De la ville pédestre, à la ville motorisée, la progression n'a pas seulement été celle du nombre, la ville s'est aussi étendue en surface (R. Bussièrè) tout en réduisant sa densité moyenne. Cela a été rendu possible par l'avènement des transports collectifs (fin du XIX<sup>ème</sup> siècle) mais surtout par le développement de l'automobile qui a fait progresser de façon significative la vitesse moyenne des déplacements. Or, les gains de temps issus d'une vitesse accrue de déplacement, qui tiennent un rôle si important dans l'évaluation économique des projets

d'infrastructure de transport (Maurice et Crozet 2007) ont été en quelque sorte « réinvestis » dans un allongement de la portée moyenne des déplacements qui est devenu le moteur principal de l'étalement urbain. C'est ce qu'a montré Hansen dès 1959 avec son concept d'accessibilité.

Hansen définit l'accessibilité d'une zone  $A_i$  d'une agglomération donnée en tenant compte de l'ensemble des opportunités (emplois, commerces, logements...)  $D_j$  présentes dans chacune des autres zones  $j$  de l'agglomération. La densité des opportunités dans chaque zone est donc décisive, mais le coût du déplacement l'est aussi. Ce coût exprimant une fonction de résistance (l'accessibilité diminue quand le coût augmente) il est représenté par une exponentielle négative dont l'exposant est donné par le coût généralisé de déplacement, lequel tient compte du coût monétaire et du temps de déplacement, donc de la vitesse.

On peut donc écrire :

$$A_i = \sum_j D_j \exp(-\beta C_{ij})$$

Se référant implicitement à ce concept, et cherchant à améliorer l'accessibilité des résidents des agglomérations, les politiques de mobilité se sont polarisées sur l'organisation des transports et sur l'amélioration de la vitesse moyenne des déplacements. Ce faisant, les politiques des années 60-80 ont oublié ce qui se cachait derrière la promotion d'une vitesse accrue de déplacement : la mise en place d'une distance spatiale et sociale. L'intérêt de l'accroissement de la portée des déplacements, essentiellement grâce à l'automobile, réside en effet dans la possibilité de segmenter (voire de ségréguer) les fonctions urbaines. On constate aujourd'hui les limites de ce type de raisonnement, également développé dans la Charte d'Athènes.

En acceptant de dissocier habitat et emploi, habitat et loisirs, ou habitat et achats, on ne met pas seulement les fonctions urbaines à distance les unes des autres, on ouvre la possibilité de mettre aussi à distance les groupes sociaux. Comment faire en sorte que les habitants de l'aire métropolitaine, quelle que soit leur position sociale, continuent à avoir accès à l'ensemble des aménités urbaines ? Et comment peuvent-ils le faire sans que

<sup>1</sup> Jean-Marie Huriot (dir.), La ville ou la proximité organisée, *Anthropos*, 1998

progressent simultanément les coûts externes de la mobilité (congestion, pollution, consommation d'espace...)?

La ville durable ne serait-elle pas une ville où l'amélioration, ou à tout le moins le maintien de l'accessibilité ne passerait plus par les gains de vitesse mais par une action sur la densification, par une redécouverte de la proximité dans son sens le plus classique ?

*La modélisation de l'accessibilité : un outil au service d'un « contrat social urbain » ?*

Pour donner des éléments de réponse aux questions ci-dessus, nous avons développé un outil d'aide à la décision MOSART - MODélisation et Simulation de l'Accessibilité aux Réseaux et aux Territoires - permettant, grâce à un modèle d'affectation de trafics et à un Système d'Information Géographique (SIG), la construction de cartes d'indicateurs d'accessibilité gravitaire. L'intérêt de MOSART est justement d'aller au-delà d'une présentation de l'accessibilité spatiale réduite à la constitution de zones isochrones.

Nous pouvons ainsi conduire des évaluations a priori et a posteriori de projets alternatifs d'amélioration de l'offre de transports (Bus, Tramways, métro, projets routiers). Nous nous sommes particulièrement intéressés aux projets de tramway déjà mis en place ou en cours de construction dans l'agglomération lyonnaise. Nous pouvons ainsi montrer que les gains d'accessibilité sont notables pour les zones centrales desservies par les nouvelles lignes. Il s'agit donc de politiques d'abord orientées vers la protection et la

promotion du centre ville, voire de la ville centre. Comme si la ville durable ne pouvait se construire qu'autour d'une partie centrale dense et offrant une bonne accessibilité aux résidents. Raison pour laquelle ces zones centrales ont connu un regain d'attractivité comme le montre une certaine « gentryfication ».

Mais MOSART permet aussi de montrer que les nouvelles lignes de tramways, ont aussi amélioré sensiblement l'accessibilité pour les quartiers périphériques où dominent les logements sociaux. En croisant la répartition spatiale des diverses professions et catégories socioprofessionnelles (PCS) et l'évolution des cartes d'accessibilité avant et après la mise en service des nouvelles lignes, il apparaît clairement qu'un compromis a été établi entre le centre de l'agglomération et certaines périphéries. Une sorte de « contrat social urbain » a été établie à l'échelle de l'agglomération qui cherche à réduire les inégalités sociales d'accessibilité, mais que l'on peut aussi présenter comme une façon d'accroître la densité dans les zones desservies, tout en offrant aux populations une alternative crédible au déplacement automobile, au moins sur certains axes de transport.

L'outil MOSART permet aussi de s'interroger sur les limites de certains projets, notamment quand les gains d'accessibilité sont faibles. Il invite enfin à ne pas faire preuve de naïveté. Le jeu de la rente foncière étant ce qu'il est, toute amélioration de l'accessibilité aiguise la concurrence entre les utilisateurs potentiels du sol ce qui peut changer la composition sociale d'une zone devenue plus accessible !

---

### 3. Références bibliographiques

- Bonnafous A., Masson S., 2003, Evaluation des politiques de transports et équité spatiale, *Revue d'Economie Régionale et Urbaine*, 4, 547-572.
- Bussière R., 1972, Modèle urbain de localisation résidentielle, Paris, Annales du CRU.
- Crozet Y., 2007, *Strategic issues for the Future Fundings and Operation of Urban Public Transport Systems*, in « Infrastructure to 2030, Volume 2, Mapping Policy For Electricity, Water and Transport », OECD publishing, 413-462.
- Crozet Y., Joly I., 2006, Budget temps de transport et vitesses : les nouveaux enjeux pour les politiques de mobilité urbaine, in Bonnet M., Aubertel P., *La ville aux limites de la mobilité*, PUF, Paris, 287-296.
- Hansen W.G., 1959, How accessibility shapes land use, *Journal of the American Institute of Planners*, 25, 73-76.
- Geurs K. T., Van Wee B., 2004, Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: review and research directions, *Journal of Transport Geography*, 12(2), 127-140.
- Maurice J., Crozet Y., 2007, Le calcul économique dans le processus de choix collectif des investissements de transport, *Economica*, Paris.
- Raux C., Mercier A., Ovtracht N., 2007, La pertinence des mesures d'accessibilité gravitaire aux aménités urbaines, Colloque SAGEO 2007.
- Tabourin E., Bonnafous A., 1998, *Modélisation de l'évolution des densités urbaines*, Données urbaines, tome2 sous la direction de D. Pumain et M.F. Mattei, ed. *Economica Anthropos*, coll. Villes, 167-180.

# La performance adaptative des systèmes de transports collectifs

## Modélisation, mesures de vulnérabilité et évaluation quantitative du rôle de l'information des voyageurs dans la régulation des situations perturbées

**Julien Coquio**

SNCF et Université de Tours

[julien.coquio@sncf.fr](mailto:julien.coquio@sncf.fr)

### 1. Contexte et objectif

Cette recherche a pour vocation générale d'aborder la question de la performance adaptative des transports en commun, facteur important de leur développement. En étudiant en particulier la question de leur vulnérabilité, elle vise notamment à mieux comprendre les articulations entre l'Aménagement des transports et leur exploitation. En effet, les choix d'Aménagement (création d'une nouvelle ligne, renforcement de pôles d'échanges, modification de la structure horaire...) ont des conséquences à long terme sur le fonctionnement des systèmes de transport (adaptation à des perturbations, gestion des flux des voyageurs, etc.). Comment mesurer les conséquences de ces choix sur l'adaptabilité à des perturbations au niveau de la structure du réseau et du fonctionnement du système ?

De manière progressive et grâce aux progrès technologiques, l'information a trouvé sa place dans le fonctionnement des transports collectifs. Elle est devenue un élément fondamental de la qualité de service et l'amélioration de l'information en situation perturbée est actuellement une des priorités majeures pour les opérateurs. Dans quelle mesure l'information des voyageurs contribue-t-elle à la régulation de situations perturbées ?

- quel apport pour les voyageurs et les opérateurs de transport ?

- dans quelle mesure ces apports sont-ils compatibles ?

Notre travail porte sur la vulnérabilité structurelle et fonctionnelle du système de transport et non sur les perturbations du système urbain liées à des perturbations de l'offre de transport. L'approche structurelle a pour but d'étudier les dommages potentiels structurels et la vulnérabilité associée, c'est-à-dire les modifications des potentialités relationnelles du réseau compte tenu de sa nouvelle configuration. La vulnérabilité fonctionnelle mesure « la dégradation des services assurés par le réseau » en fonction des endommagements. Elle intègre la demande, l'utilisation du réseau par les voyageurs (Gleyze, 2005), mais aussi les moyens de régulation. Nous travaillons ici sur deux types de perturbations :

- interruptions de trafic sur des tronçons du réseau ;
- mouvements sociaux entraînant la mise en place de Plans de Transport Adaptés.

La régulation des situations perturbées est de manière large relative à la limitation de l'écart entre une situation normale, de référence, et la situation perturbée grâce à des actions pouvant s'exercer à la fois au niveau de l'offre et de la demande de transport. Dans le domaine ferroviaire, le terme de régulation est employé pour la gestion des circulations et donc de l'offre. Néanmoins, inclure les voyageurs et l'information qui leur est diffusée nous semble fondamental. Nous nous focalisons sur les effets potentiels de l'information, liés aux changements de comportements induits des voyageurs, et notamment leur réorientation lors de situations perturbées grâce à des itinéraires de substitution. De nombreux travaux de recherches portent sur les choix faits avant le déplacement (mode, heure de départ, itinéraire...) mais peu d'entre eux portent sur les choix au cours de la séquence de déplacement. Or, le développement des technologies contribuant à une meilleure diffusion de l'information a pour conséquence la nécessité de mieux connaître leurs effets.

Quantifier le rôle de l'information est fondamental car l'information est généralement abordée à travers ses aspects qualitatifs dans le service proposé (ex : confort du voyageur, image du transporteur) alors que des réorientations facilitées des voyageurs peuvent avoir des influences non négligeables sur les temps de parcours (critère quantitatif).

Le modèle PERTURB et la plate-forme de simulation ont pour objet de mesurer la vulnérabilité structurelle et fonctionnelle des transports en commun ainsi que le rôle spécifique de l'information des voyageurs dans la régulation de situations perturbées. L'analyse est multi-niveaux : ensemble du réseau, ligne, voyageur(s), etc. Elle intègre les spécificités des transports en commun. Trois champs théoriques sont mobilisés :

- la théorie des systèmes qui fournit les clés méthodologiques facilitant l'identification des éléments importants du système et les relations internes et externes à celui-ci (niveau = système de transport) ;

- la théorie des graphes pour modéliser le réseau de transport (niveau = offre de transport) ;

- les systèmes multi-agents, afin de représenter les voyageurs par des agents possédant diverses caractéristiques et règles de comportement (niveau = individu dans le système de transport).

Après avoir modélisé le système de transport (grâce à des hypothèses de travail), il est possible d'effectuer des simulations en faisant varier plusieurs paramètres :

- offre de transport (initiale et liée à des dysfonctionnements du système) ;

- caractéristiques des agents (origine, destination, heure de départ/d'arrivée...);

- information diffusée (sur le plan spatial et temporel).

Nous travaillons sur la région Île-de-France, qui offre des degrés de maillage variable, ainsi que sur des systèmes théoriques de transport afin de faire varier les paramètres d'entrée du modèle PERTURB et montrer l'adaptabilité de l'outil à différents cas.

---

## 2. Résultats

Les simulations effectuées ne permettent d'émettre que des conclusions partielles et provisoires. Les éléments que nous apportons seront ou non confortés par d'autres études et simulations et avec d'autres modèles. Néanmoins, nous mettons en évidence les principaux points suivants :

Des augmentations du maillage peuvent conduire à de plus fortes vulnérabilités à certaines perturbations, notamment lorsque des nouvelles lignes renforcent la dépendance à des lignes déjà existantes. L'obligation d'adaptabilité semble toutefois se concrétiser le plus souvent par la nécessaire redondance (même partielle) des éléments. L'absence de maillage et de surcapacité peut être très contraignante pour l'opérateur comme pour les voyageurs lorsque certaines parties du réseau connaissent des dysfonctionnements car il n'y a pas de report possible sur des itinéraires de contournement. Les liens entre maillage et vulnérabilité doivent être approfondis.

Les conséquences des perturbations varient fortement en fonction de la situation des nœuds du réseau : situation par rapport à la perturbation, nombre et caractéristiques des lignes desservant.

Les conséquences des perturbations varient sensiblement dans le temps et sont donc dépendantes du moment où intervient la perturbation (heure de la journée, période de l'année...), ainsi que de sa durée. Les variations sont très rapides en fonction des horaires de circulation et sont d'autant plus importantes que les fréquences de circulations sont faibles.

La sensibilité liée aux paramètres de diffusion de l'information est très variable et dépend des caractéristiques de l'offre de transport et de la perturbation, ainsi que de la situation du voyageur. La situation de chaque voyageur est spécifique dans l'espace comme dans le temps. Le maillage (et donc la redondance possible) et la structure horaire sont différents selon les lieux et principalement entre la périphérie et le centre, même sans prise en compte des contraintes de capacité. En conséquence, les perturbations affectent différemment les individus et le rôle de l'information est très variable.

Néanmoins, les gains de temps liés à une bonne diffusion de l'information peuvent être importants car les réorientations en amont d'une perturbation permettent de contourner celle-ci et de limiter la gêne occasionnée.

Les problèmes de capacité du réseau conduisent à des situations où une diffusion rapide et transparente de l'information entraîne des temps de parcours supplémentaires pour certains voyageurs, comparativement à une diffusion moins performante.

Les intérêts de l'opérateur et des voyageurs peuvent parfois être divergents. L'opérateur a comme objectif d'assurer le meilleur fonctionnement possible du réseau de transport, y compris en cas de perturbation, ce qui implique un raisonnement en terme de flux favorisant la majorité des voyageurs transportés aux dépens éventuels de quelques uns. La conséquence peut être un accroissement des inégalités de traitement et l'incapacité éventuelle pour certains d'obtenir une solution satisfaisante.

A la lumière des résultats obtenus, il est possible d'effectuer des préconisations générales. Même si nos expérimentations sont en grande partie de nature exploratoire, elles permettent ainsi de tirer quelques enseignements et d'apporter une contribution plus opérationnelle. Ceci constitue un objectif de toute recherche se situant dans le domaine de l'Aménagement-Urbanisme, discipline n'étant par nature pas uniquement descriptive.

Elles suscitent également de nouvelles interrogations. Comment intégrer l'information des voyageurs dans l'optimisation du traitement des situations perturbées ? Quels critères d'optimisation doivent être choisis ? Comment concilier une transparence de l'information et éviter des reports trop massifs de flux de voyageurs ?

Une thèse correspond à un travail cadré, finalisé, mais elle s'inscrit dans une démarche de recherche, toujours en mouvement. Ce travail offre un certain nombre de perspectives au niveau de la modélisation et des applications possibles en Aménagement-urbanisme. Les enjeux liés à la performance adaptative des transports collectifs nécessitent en effet la poursuite des recherches dans ce domaine.

---

## 3. Références bibliographiques

- Demoraes F., 2004, Mobilité, enjeux et risques dans le District Métropolitain de Quito, Thèse de Doctorat, Université de Savoie.
- Ferber J., 1995, Les systèmes multi-agents : vers une intelligence collective, InterEditions, Paris.
- Gleyze J.-F., 2005, La vulnérabilité structurelle des réseaux de transport dans un contexte de risques, Thèse de Doctorat, Université Paris 7.
- Mathis P. (dir.), 2003, Graphes et réseaux, Lavoisier, Paris.
- Sanders L. (dir.), 2001, Modèles en analyse spatiale. Hermès, Paris.
- Stathopoulos N., 1997, La performance territoriale des réseaux de transport, Presses de l'Ecole Nationale des Ponts et chaussées, Paris.
- Thévenin T., 2002, Quand l'information géographique se met au service des transports publics urbains. Une approche spatio-temporelle appliquée à l'agglomération bisontine. Thèse de Doctorat, Université de Franche-Comté.
- Uster G., 2008, Service de mobilité et d'information : innovation et recherche, La documentation française, Paris.

# Proposition et mesure d'une affectation spatiale aléatoire. Application à l'enquête « Frontaliers » du Luxembourg

**Philippe Gerber, Olivier Klein, Marc Schneider**

CEPS/Instead, département GEODE, Differdange, Luxembourg  
[philippe.gerber@ceps.lu](mailto:philippe.gerber@ceps.lu)

## 1. Contexte et objectif

Depuis plus de 40 ans, le développement de l'économie luxembourgeoise a bénéficié de l'apport de deux sources de main-d'œuvre complémentaires : l'immigration, essentiellement italienne puis portugaise, et le travail frontalier (Allegrezza *et al.* 2007). Ces deux sources de main-d'œuvre ont fortement évolué depuis une vingtaine d'années pour laisser davantage la place aux travailleurs frontaliers des régions limitrophes de Lorraine, de Wallonie, de Sarre et de Rhénanie-Palatinat. Ainsi, leur part dans l'emploi luxembourgeois a fortement progressé depuis le milieu des années 90 (Collectif, 2005). Alors qu'ils constituaient moins du quart de l'emploi intérieur en 1995, les frontaliers en représentent aujourd'hui près de 44%, soit plus de 144 000 personnes. L'importance de ce phénomène suppose nécessairement un accroissement des flux aux frontières du Grand-Duché, ainsi que le développement de flux transfrontaliers dont l'origine s'éloigne de plus en plus des frontières luxembourgeoises (Pigeron-Piroth, Schneider, 2009). Son aire métropolitaine transfrontalière ne cesse donc de s'étaler, entraînant des bassins de vie de plus en plus étirés (Enaux, Gerber, 2008), un allongement indéniable des distances/temps de déplacement domicile travail, ce qui engendre évidemment des difficultés au niveau de l'accessibilité des lieux d'emploi.

La problématique principale peut alors être la suivante : au niveau de la Grande Région, quelles sont les différences de temps de déplacement domicile travail des frontaliers vivant en France, en Belgique ou en Allemagne, selon leur partage modal ? Pour y répondre, il s'agira plus précisément, dans cette communication, de mobiliser l'analyse spatiale et le système d'information géographique pour reconstituer, le plus exhaustivement possible, la répartition géographique de l'ensemble des résidents frontaliers à partir d'une enquête menée auprès d'un échantillon de cette population en 2007. Il s'agit donc de proposer et de valider une méthode de « reconstitution spatiale de données d'enquête », à l'aide d'une affectation spatiale aléatoire, afin d'en analyser les résultats. Nous reviendrons sur ces aspects dans la partie suivante. Cette démarche d'analyse spatiale s'accompagnera ensuite d'une

cartographie des temps de déplacements des frontaliers, tenant compte des modes de déplacement et des principaux lieux de destination : la ville de Luxembourg, son agglomération et le reste du pays. L'analyse de ces sorties cartographiques constituera les principaux résultats de notre présentation.

## 2. Données et méthode proposée

La population cible considérée est celle des frontaliers exerçant une activité professionnelle au Luxembourg et affiliés au système de sécurité sociale luxembourgeois en 2007, ce qui constitue un total de 116 136 frontaliers. Nous souhaitons confronter ces chiffres observés avec la répartition des frontaliers obtenue à travers une enquête menée auprès de cette population entre juin et octobre 2007 par voie postale. Sans entrer dans les détails de l'échantillonnage effectué, signalons toutefois qu'un échantillon stratifié a été constitué en fonction des critères socio-économiques que sont les classes de salaires et le statut d'occupation ; le caractère géographique pris en considération étant uniquement lié au pays de résidence. Ainsi, sur une base échantillonnée stratifiée de 19 700 salariés frontaliers, 5 786 d'entre eux ont participé à l'enquête, soit un taux de réponse global de près de 30%. Ces caractéristiques ont été exploitées afin d'extrapoler et de pondérer cet échantillon selon les méthodes de calage sur marges (Deville, Sarndal, 1993, Gerber, Bienvenue, 2004) ; on obtient ainsi une population de frontaliers représentative de la totalité de ces travailleurs.

Cependant, cette pondération, du fait d'une représentativité limitée au niveau des régions administratives des trois pays de résidence, ne peut être exploitée à l'échelle locale, en Nuts4 par exemple (Schneider, 2005). Afin de visualiser les résultats d'enquête à cette échelle, notamment en ce qui concerne les temps de déplacement déclarés, il est possible de proposer une méthode d'affectation spatiale aléatoire des frontaliers tenant compte, d'une part, de la première loi de Tobler (1970), où toute chose est reliée à toute chose, les choses proches l'étant plus que les distantes, et, d'autre part, de la non simplification cartographique de Grasland *et al.* (2000). Cette méthode s'effectue en plusieurs étapes. La

première consiste en la détermination de couronnes de distribution des travailleurs en fonction 1) du pays de résidence ; 2) de la distance du lieu de résidence à Luxembourg-Ville (ce lieu étant le pôle principal d'emploi) ; 3) de la localisation (à l'échelle Nuts 4) des frontaliers enquêtés. Ces couronnes constituées, la deuxième étape repose sur la création de buffers, ayant pour centroïde l'unité spatiale à l'échelle Nuts 4 des frontaliers enquêtés. Le rayon des buffers est calculé selon une fonction de la distance au lieu de travail et de l'inverse de la densité de la population totale des frontaliers. Une troisième étape suppose ensuite la création des futures zones d'affectation spatiale aléatoire grâce à l'intersection des couronnes de distribution (étape 1), des buffers (étape 2) et des surfaces artificialisées, contrainte supplémentaire afin de ne pas affecter des frontaliers dans des zones agricoles ou forestières. Enfin, la dernière étape méthodologique est l'affectation spatiale des poids issus de l'extrapolation de l'enquête dans les zones définies à l'étape 3, selon un procédé de diffusion aléatoire.

La phase de validation repose à la fois sur des tests statistiques classiques et sur une comparaison, concluante, entre cette nouvelle répartition et celle de la population totale des frontaliers. Il est dorénavant possible de bénéficier des résultats d'enquête des frontaliers

(caractéristiques sociales, spatiales ou économiques) à une échelle spatiale fine, et d'observer les différences de temps de déplacement, par exemple.

---

### 3. Principaux résultats

Les étapes d'analyse spatiale précédentes fournissent une fine répartition géographique des frontaliers. En nous concentrant sur des mesures d'accessibilité classique, nous remarquons par exemple qu'il existe une nette différenciation cartographique des temps de déplacement selon le partage modal, distingué ici en trois catégories (voiture seule, voiture plus autres modes de déplacement, autres). L'automobilité reste encore largement dominante car elle offre toujours une accessibilité élevée par rapport aux autres modes de transport, malgré les problèmes évidents de congestion qui existent pour rejoindre notamment la ville de Luxembourg ou son agglomération. Les cartes obtenues nous permettent d'abonder en ce sens, quelle que soit la destination du lieu de travail. Par ailleurs, il est possible d'affiner les résultats cartographiques selon certaines caractéristiques thématiques (catégories socioprofessionnelles, classes d'âge, genre...) pouvant afficher des différences d'accessibilité.

---

### 4. Références bibliographiques

- Allegrezza S. Hirsch M. Von Kunitzki N., 2007, (eds.), *L'immigration au Luxembourg, et après ?* Ed. Institut d'Etudes européennes et Internationales du Luxembourg.
- Collectif, 2005, Les salariés frontaliers dans l'économie luxembourgeoise. *Cahier Economique du Statec*, 100.
- Deville J.-C. Sarndal C.-E., 1993, Calibration estimators in survey sampling, *Journal of the American statistical Association*, 87, 376-382.
- Eaux C. Gerber P., 2008, Les déterminants de la représentation transnationale du bassin de vie. Une approche fondée sur l'attachement au lieu des frontaliers luxembourgeois, *Revue d'Economie Régionale et Urbaine (RERU)*, 5, 725-753.
- Gerber P., Bienvenue J.-Y., 2004, Ville de Luxembourg et personnes âgées vivant à domicile : échantillonnage spatial et production de données d'enquêtes à l'échelle intra-urbaine, *Population & Territoire*, 2.
- Grasland C. Mathian H. Vincent J.M., 2000, Multiscalar Analysis and map generalisation of discrete social phenomena: Statistical problems and political consequences, *Statistical Journal of the United Nations ECE*, 17, IOS Press, 1-32.
- Pigeron-Piroth I. Schneider M., 2009, Aire résidentielle des travailleurs frontaliers occupés au Luxembourg (Evolution 1991 - 2005), In Bousch P. Gerber P. Schultz C. Sohn C. (eds.) : *Atlas du Luxembourg*, Edition Emmons, Cologne. A paraître.
- Schneider M., collaboration Ramm M., 2005, Essai de cartographie du bassin d'emploi transfrontalier luxembourgeois à partir de données administratives, *Population & Territoire*, 5.
- Tobler W., 1970, A computer movie simulating urban growth in the Detroit Region, *Economic Geography*, 46(2), 234-240.

# Un cadre formel pour l'exploration de réseaux pour l'analyse quantitative des réseaux

**Eric Mermet**

Laboratoire COGIT, IGN

[eric.mermet@ign.fr](mailto:eric.mermet@ign.fr)

## 1. Contexte

Un réseau de transport repose sur la trame d'un système spatial dont le rôle est de mettre en relation des lieux sur un territoire. Il est le support sur lequel s'inscrivent les déplacements de personnes et de marchandises. Il permet également le développement d'activités économiques sur ce territoire ou encore d'accompagner des plans d'urbanisation et de l'espace public. Un tel système est complexe car il regroupe à fois des propriétés spatiales, structurelles et fonctionnelles. Il est alors nécessaire de mettre au point des outils permettant d'isoler ces différentes caractéristiques afin d'en faire des analyses plus ciblées.

La littérature en géographie des réseaux propose des études appliquées aux réseaux routiers (Muraco, 1972 ; Chapelon, 1996), aux réseaux ferroviaires (Chapelon et al, 2003) ou de métro (Gleyze, 2005), aux réseaux aériens (Amiel et al, 2005), aux réseaux fluviaux (Pitts, 1965 et 1979) et plus généralement à tous les réseaux d'infrastructures comme l'eau ou l'électricité (Zimmerman, 2002), etc. Ces travaux présentent le point commun d'évaluer les réseaux par des indicateurs, permettant d'analyser un phénomène et d'en quantifier les différents aspects. Les indicateurs mis en oeuvre dans ces travaux permettent entre autre de mesurer un gain entre deux configurations différentes du réseau, d'évaluer une performance quant aux différentes localisations spatiales que peuvent occuper une gare, d'identifier des vulnérabilités afin d'appréhender de possibles perturbations sur un réseau de transport, de mesurer l'influence d'un réseau dans le développement économique d'une capitale, etc. Les phénomènes décrits relèvent conjointement des propriétés intrinsèques des réseaux et de la thématique d'étude. Par exemple, l'accessibilité aux soins dans une ville est évaluée par un indicateur combinant l'offre en déplacement du réseau et la distribution spatiale des centres médicaux.

Ainsi, ces indicateurs ne permettent pas de discerner le rôle du réseau des facteurs thématiques dans l'explication du phénomène étudié. Il est alors nécessaire d'identifier en quoi les réseaux prédisposent aux phénomènes par une approche structurelle. Cette dernière, déjà entreprise par Gleyze (2005), consiste à analyser la trame et l'arrangement des composantes au sein du réseau.

L'approche structurelle permet de mettre en évidence les potentialités relationnelles induites par la trame du réseau, c'est à dire les chemins que le réseau offre pour mettre en relation des lieux sur le territoire compte-tenu de sa topologie, sa métrique et sa géométrie.

En pratique, il est assez difficile de mettre en évidence l'offre relationnelle d'un réseau, car celle-ci nécessite d'envisager l'ensemble de toutes les relations Origine-Destination sur le réseau et d'analyser pour chacune d'elles les chemins que le réseau met à disposition, c'est-à-dire non seulement les plus courts chemins, mais également différentes classes de chemins alternatifs (Leurent, 2006). Ce problème est rendu d'autant plus difficile que les informations à mettre en évidence et à visualiser sur le réseau sont en nombre exponentiel.

Il paraît donc nécessaire de mettre au point des méthodes d'analyse et de simplification quant à la visualisation des informations par l'exploration de réseaux. Face à la multitude de mesures existantes, l'exploration de réseaux demande une analyse arborescente descendante. Les feuilles successives de cet arbre sont des étapes de l'exploration. Ces différentes étapes sont autant de représentations cartographiques d'un indicateur. Ces étapes itératives utilisent à la fois les résultats précédemment obtenus ainsi que de nouveaux paramètres définis par l'utilisateur.

L'observation de propriétés réticulaires selon cette démarche pose plusieurs questions :

- quelle est l'information à extraire de ces chemins et comment traiter mathématiquement cette information ?
- quelles sont les relations Origine-Destination dont on doit analyser les chemins ? Pour ces relations Origine-Destination, quel mode de cheminement doit-on prendre en considération ?
- à quel niveau de détail doit-on observer le réseau ? Est-il pertinent de varier les échelles en fonction des différentes zones du réseau ?
- quelle légende adopter pour mettre en valeur les informations et faire émerger les singularités du réseau ?

---

## 2. Objectif

En partant de ce questionnement, l'objectif de cet article propose un cadre formel pour l'exploration structurelle de réseaux.

Dans la première partie de l'article, nous poserons les difficultés relatives à une exploration de réseaux en proposant un exemple d'exploration sur un réseau simple. Cet exemple permettra de mettre en évidence les problèmes décrits plus haut.

En nous fondant sur cette première analyse, nous proposerons dans la deuxième partie de formaliser l'exploration des réseaux autour du concept central de **carte**. La carte est une représentation visuelle d'information géographique représentant les valeurs d'un indicateur à une étape de l'exploration. Nous définissons la carte autour de quatre notions, qui répondent point pour point aux problèmes identifiés dans la première partie :

- **l'indicateur**, quantifie la propriété d'intérêt par une formule mathématique synthétisant les informations collectées au niveau des chemins ;

- **l'espace**, correspond aux relations origine-destination considérées ;

- **la vue**, est la représentation graphique du réseau permettant la variation des niveaux de détails par agrégation de sommets ;

- **la légende**, permet de segmenter les valeurs de l'indicateur calculées sur les composantes du réseau afin, entre autre, de mettre en évidence parmi elles celles qui présentent des valeurs singulières.

Ces quatre notions, combinées entre elles au cours des étapes de l'exploration, vont nous servir de leviers afin de remédier aux problèmes multiples posés par l'analyse exploratoire de réseaux.

Enfin, dans une troisième partie, nous présenterons comment organiser ces notions entre elles en termes de

modélisation UML. Cette dernière est la base sur laquelle s'appuie l'exploration assistée de réseaux de transport. A terme, cette modélisation va permettre d'aller plus loin dans l'exploration et l'analyse de réseaux en mettant en oeuvre un langage graphique adapté, qui permette une exploration ergonomique et modulaire des propriétés intrinsèques du réseau.

Ce langage graphique d'exploration sera composé de blocs-opérations agencés entre eux par l'utilisateur afin de l'assister visuellement dans l'analyse arborescente du réseau étudié. Un de ces blocs représente une requête sur le réseau que l'on sollicite afin de mieux en analyser le fonctionnement. Ces différentes combinaisons de blocs entre eux permettront d'extraire de nouvelles informations. Ainsi, un bloc correspond à une étape de l'exploration et donc à un quadruplet indicateur-espace-vue-légende. Il sera possible de lier ces blocs entre eux par des liens sur lesquels transitent des résultats. Ces derniers pourront être stockés afin d'observer précisément les résultats d'une opération (visuellement par des cartes ou par des listes ou des tableaux).

Les avantages d'un langage graphique pour l'exploration sont multiples :

- la constitution d'un historique arborescent d'exploration ;

- une ergonomie visuelle, une souplesse des opérations possibles par modularité ;

- la combinaison de requêtes ;

- la création de nouveaux indicateurs (par combinaison de requêtes).

A cette occasion, nous présenterons, dans une syntaxe encore non formalisée, comment un langage graphique peut permettre de manière significative la simplification de l'exploration manuelle d'un réseau, telle que nous l'avons introduite en première partie.

---

## 3. Références bibliographiques

- Amiel M., Melançon G., Rozenblat, C., 2005, Réseaux multi-niveaux : l'exemple des échanges aériens mondiaux de passagers, *Mappemonde*, 79, 2005.3.
- Chapelon L., 1996, Modélisation multi-échelles des réseaux de transport : vers une plus grande précision de l'accessibilité, *Mappemonde*, 3/96, 28-36
- Chapelon L., Jouvaud B., Ramora S., Appert M., 2003, Localisation de la gare TGV de Nîmes : évaluation spatiale et temporelle des scénarios d'aménagement, UMR ESPACE, université de Montpellier.
- Gleyze J-F., 2005, La vulnérabilité structurelle des réseaux de transport dans un contexte de risques, thèse de doctorat.
- Leurent F., 2006, Structures de réseau et modèles de cheminement, Lavoisier, Editions TEC&DOC, Paris.
- Muraco W A., 1972, Intraurban accessibility, *Economic Geography*, 48, 388-405.
- Pitts F R., 1965, A Graph Theoretic Approach To Historical Geography, *The professional geographer*, 17, 15-20.
- Pitts F R., 1979, The Medieval River Trade Network of Russia Revisited, University of Hawaii, *Social Networks*, 79(1), 285-292.
- Zimmerman R., 2002, Enjeux et gestion des interactions entre les différents réseaux d'infrastructure, *Flux*, 47, Le développement durable des réseaux techniques , 54-68.





Neuvièmes Rencontres de Théo Quant

Besançon, 4-6 mars 2009

[www.thema.theoquant.fr](http://www.thema.theoquant.fr)

---

# Atelier 5

**Epidémiologie, géographie de la  
santé**

# L'influence du contexte de résidence sur la santé à Vientiane (Laos) : une influence variable selon les individus

**Julie Vallée**

UMRS 707 INSERM/Université Paris 6, UMR 190 IRD, Université Paris 10  
[valleej@yahoo.fr](mailto:valleej@yahoo.fr)

## 1. Contexte et objectif

L'espace - et notamment le lieu de résidence - exerce une influence sur la santé des individus à travers l'environnement et les équipements qu'il présente et les différents groupes sociaux qu'il met en contact. Toutefois, il convient de se méfier de l'approche déterministe lorsqu'on étudie l'influence du contexte de résidence sur la santé. Différents auteurs soulignent en effet que cette influence est souvent considérée à tort, comme opérant de façon identique sur tous les individus (Stafford et al., 2005). Certains individus pourraient être plus sensibles que d'autres à leur environnement, aux équipements à leur disposition, aux normes sociales en vigueur. Pour que l'espace puisse exercer une influence sur l'état de santé des individus, il faut en effet que celui-ci soit vécu, pratiqué : on peut supposer que celui qui demeure étranger à son espace, ne se laisse guère influencer par lui.

Dans cette communication, je souhaite étudier l'influence variable du contexte de résidence sur la santé de la population de Vientiane, la capitale du Laos, en identifiant les individus qui du fait de leur pratique particulière de l'espace pourraient être particulièrement (in)sensibles à leur contexte de résidence.

## 2. Données

Les données de santé utilisées proviennent d'une enquête réalisée à Vientiane en février et mars 2006. Dans le plan d'échantillonnage de l'enquête, trois types d'espaces urbains ont été distingués selon un gradient décroissant d'urbanisation : la zone centrale, la première couronne et la seconde couronne d'urbanisation (Vallée, sous-presse). Au sein de chacun de ces 3 sous-espaces, 9 « villages » (l'unité spatiale au sein de laquelle s'expriment fortement la cohésion sociale et le contrôle politique au Laos) ont été sélectionnés (Vallée et al., 2007). Dans chacun des 27 villages, environ 75 adultes de plus de 35 ans ont été tirés au sort et enquêtés, soit 2042 adultes au total.

Un examen médical et biologique a été réalisé par des médecins afin de déterminer si les individus souffrent d'hypertension, d'obésité ou d'anémie. Pour chacune de ces maladies, les individus sont classés en deux catégories :

malade ou non malade. Ont également été collectées, par l'intermédiaire d'un questionnaire, des informations concernant l'individu (âge, sexe, niveau d'instruction, profession, pays de naissance, nationalité, ethnie, durée de résidence à Vientiane et dans le village, trajets dans la ville, conditions et niveau de vie etc.).

## 3. Méthodes

Les analyses classiques de régression logistique permettent d'estimer l'effet propre du contexte de résidence sur une maladie, indépendamment des variables sociodémographiques individuelles. Toutefois, la structure hiérarchique d'un échantillon issu d'un sondage par grappe (par village) nécessite de recourir à des méthodes spécifiques de régression si on veut obtenir résultats non biaisés (Chaix et Chauvin, 2002). Pour contrôler cet « effet grappe » (c'est-à-dire l'homogénéité fréquente des individus composant les grappes) et pour éviter des inférences statistiques incorrectes, il est indispensable d'utiliser un modèle statistique multiniveaux qui permet de considérer les différents niveaux sur lesquels est construit l'échantillon de population (à savoir ici l'individu et le village).

Dans cette recherche, l'idée est d'identifier les possibles interactions inter-niveaux qui existent entre le contexte urbain du village de résidence (selon que le village où réside l'individu appartient à la zone centrale la première couronne ou la seconde couronne d'urbanisation) et les différentes caractéristiques sociodémographiques de l'individu (le sexe, l'âge et le niveau de vie de l'individu).

La recherche d'une interaction consiste à introduire le terme d'interaction  $X*Y$  dans le modèle de régression afin de connaître sa relation avec la maladie étudiée. La valeur des différents odds ratios permet de définir cette interaction : le sous-groupe défini par la présence de  $Y$  présente-il des odds ratios de  $X$  différents du sous-groupe défini par l'absence de  $Y$  ? Le constat d'une interaction est intéressant car il permet d'identifier des sous-groupes au sein desquels l'effet d'un facteur (en l'occurrence le contexte urbain du village de résidence) sur une maladie est plus ou moins marqué.

---

## 4. Résultats

Le contexte urbain du village de résidence s'avère lié à Vientiane aux maladies qui affectent les adultes. Même une fois ajusté sur les caractéristiques sociodémographiques des individus, on s'aperçoit qu'il demeure significativement associé à la santé de la population : les adultes sont d'autant plus touchés par l'hypertension et le surpoids et d'autant moins touchés par l'anémie qu'ils résident dans un village plus urbanisé.

Toutefois, l'association entre le contexte urbain du village de résidence et les maladies n'agit pas avec une force constante sur tous les individus : les interactions qui existent entre le contexte urbain du village de résidence et les caractéristiques sociodémographiques sont statistiquement significatives. On observe ainsi une augmentation des valeurs des odds ratios associés au contexte urbain du village de résidence quand on passe :

1) de la sous-population des femmes à celle des hommes :

- le risque d'être affecté par l'hypertension est multiplié plus important pour les hommes à mesure que le niveau d'urbanisation du village de résidence augmente, tandis qu'il reste stable pour les femmes ;

- le risque d'être affecté par le surpoids est multiplié par 2,3 pour les hommes qui résident dans un village de la zone centrale plutôt que dans un village de la seconde couronne, tandis que ce risque n'est multiplié que par 1,3 pour les femmes ;

2) de la sous-population des personnes âgées à celle des jeunes adultes :

- le risque d'être affecté par le surpoids et l'obésité augmente pour les adultes entre 35 et 54 ans à mesure que le niveau d'urbanisation du village de résidence augmente, tandis qu'il reste stable pour les adultes de plus de 55 ans ;

3) et de la sous-population des riches à celle des pauvres :

- le risque d'être affecté par l'hypertension et l'obésité augmente pour les pauvres à mesure que le niveau d'urbanisation de leur village de résidence augmente, tandis qu'il reste stable pour les riches ;

- le risque d'être affecté par l'anémie diminue pour les pauvres à mesure que le niveau d'urbanisation du village de résidence augmente, tandis qu'il reste stable pour les riches ;

Quelque soit la maladie considérée, ce sont donc les mêmes catégories de personnes (les hommes, les jeunes, les pauvres) qui présentent une sensibilité accrue face à leur contexte de résidence. Cette cohérence des résultats n'est sans doute pas le fruit du hasard : elle est liée à la pratique spécifique de l'espace par ces individus.

---

## 5. Discussion et conclusion

Il semble insuffisant d'expliquer la sensibilité différentielle des individus au contexte de leur village de résidence par leur simple mobilité : se déplacer ne veut pas dire connaître son espace ou le maîtriser. Il est nécessaire d'intégrer dans notre raisonnement la notion de « capital spatial » qui est défini par J. Lévy, comme « l'ensemble des ressources, accumulées par un acteur, lui permettant de tirer avantage, en fonction de sa stratégie, de l'usage de la dimension spatiale de la société » (Lévy et Lussault, 2003). Il est, bien sûr, lié à la mobilité car le « portefeuille spatial » d'un individu est constitué de l'ensemble des espaces sur lesquels il a acquis une capacité d'usage, grâce

notamment à ses déplacements, qui lui permettent de s'en imprégner. Toutefois, le capital spatial d'un individu n'est pas uniquement dépendant de la fréquence de ses déplacements ; il résulte également de la faculté d'utiliser, de manière complémentaire, les différents espaces qu'un individu connaît, en fonction des avantages que ce dernier peut en tirer (Lévy et Lussault, 2003).

La mobilisation du concept de capital spatial pourrait permettre d'améliorer la compréhension de l'influence différentielle du contexte sur la santé des individus. En effet, on peut supposer :

(1) que le contexte de résidence ne peut pas influencer la santé des individus dont le capital spatial est nul, puisque ceux-ci ont une pratique insuffisante de l'espace pour pouvoir en subir l'influence ;

(2) qu'il ne peut également pas influencer la santé de ceux dont le capital spatial est très fort, puisque ceux-ci sont alors capables de s'affranchir des contraintes spatiales.

Ce serait donc les individus disposant d'un capital spatial « intermédiaire » qui seraient les plus sensibles à l'influence du contexte. En suivant ce raisonnement, on peut expliquer la faible influence du contexte sur la santé des femmes et des personnes âgées par le fait qu'elles ne disposent pas d'une pratique suffisante de l'espace pour en subir l'influence. En revanche, les riches de par les ressources qu'ils peuvent mobiliser, sont capables de s'affranchir des contraintes spatiales de leur lieu de résidence et ne pas en subir l'influence. On peut donc penser que les jeunes adultes, les hommes et les pauvres sont globalement dotés d'un capital spatial « ni trop faible, ni trop fort », ce qui explique pourquoi ils sont particulièrement sensibles au contexte urbain de leur village de résidence.

Cette recherche souligne l'influence du lieu de résidence sur la santé des individus sans toutefois céder à un quelconque déterminisme géographique. La question de la sensibilité variable des individus face à leur contexte de résidence n'est pas spécifique aux phénomènes de santé ; elle concerne l'ensemble des phénomènes sociaux. Plus généralement, elle renvoie à la question de l'impact du spatial sur le social. A ce sujet, A. Vant notait que « l'espace ne pèse pas du même poids sur les couches sociodémographiques » (Vant, 1986).

---

## 6. Références bibliographiques

- Chaix B., Chauvin P., 2002, L'apport des modèles multiniveaux dans l'analyse contextuelle en épidémiologie sociale : une revue de la littérature, *Rev Epidemiol Sante Publique*, 50, 489-499.
- Lévy J., Lussault M., 2003, Dictionnaire de géographie et des sciences de l'espace social. Belin, Paris.
- Stafford M., Cummins S., Macintyre S., Ellaway A., Marmot M., 2005, Gender differences in the associations between health and neighbourhood environment, *Social Science & Medicine*, 60, 1681-1692.
- Vallée J. (sous-presse), Espace urbanisé et périmètres urbains à Vientiane : une délimitation complexe" in Aphaylat K., Clément P., Goldblum C., Taillard C. (ed.), *Vientiane, développement urbain et patrimoine*, Les Cahiers de l'Ipraus, Editions Recherches.
- Vallée J., Souris M., Fournet F., Bochaton A., Mobillion V., Peyronnie K., Salem G., 2007, Sampling in health geography: reconciling geographical objectives and probabilistic methods. An example of a health survey in Vientiane (Lao PDR). *Emerging Themes in Epidemiology* 4(6).
- Vant A., 1986, A propos de l'impact du spatial sur le social, in Auriac F., Brunet R. (ed.), *Espaces, jeux et enjeux*, Fayard, Paris, 99-111.

# Méthode de typologie de l'espace adaptée à l'étude environnementale des phénomènes épidémiologiques relatifs à l'obésité et au surpoids

**Paul Salze, Dominique Badariotti, Arnaud Banos, Christiane Weber**

UMR 7011 Images et ville, CNRS/Université de Strasbourg

[dominique.badariotti@lorraine.u-strasbg.fr](mailto:dominique.badariotti@lorraine.u-strasbg.fr)

## 1. Contexte et objectif

Aujourd'hui, les problématiques de santé tendent de plus en plus à prendre en compte les données environnementales. Ceci est particulièrement vrai pour les questions de surpoids et d'obésité (Catford, 2003), où le rôle combiné des comportements individuels (alimentaires et d'activité physique) et des déterminants de l'environnement dans le maintien de l'état de santé et du bien-être des individus est maintenant reconnu (OMS, 2003).

Les modes de vie et les comportements des individus ont évolué, entraînant une adaptation de l'homme occidental à la pléthore alimentaire, à l'omniprésence de la télévision, des moyens de communication modernes et de l'automobile, au développement des services et des loisirs passifs, et à la diminution des activités physiques. L'obésité et le surpoids sont indissociables des aspects structurels, sociologiques et culturels de nos sociétés modernes, et leur explication ne peut être réduite uniquement à l'assiette. Le rôle des déterminants comportementaux, sociaux et environnementaux a ainsi été largement démontré dans le développement du surpoids (Matthews 1999 ; Popkin 1999 ; Vandegrift 2004).

Pourtant, la prise en compte des aspects environnementaux et paysagers est généralement faite de façon fort subjective, en se basant sur les déclarations des enquêtés. L'évolution des outils d'analyse spatiale et des ressources actuelles en bases de données permet de définir cet environnement de façon plus objective, grâce à l'intervention des géographes dans ce domaine. Leur tâche revient à géolocaliser les pathologies et à caractériser leurs environnements pour y identifier les facteurs de risque.

Cet aspect des recherches géographiques, mais aussi épidémiologiques, est actuellement en plein essor. De fait, pour ce qui concerne l'obésité et le surpoids, la part de la variance interindividuelle des comportements alimentaires et d'activité physique expliquée par les déterminants connus reste faible, d'où l'intérêt de développer des méthodes d'approche et des études pour améliorer cette connaissance.

Le consortium ELIANE, rassemble autour d'un même projet scientifique des médecins, épidémiologistes, sociologues, géographes et urbanistes. Son objectif est

d'évaluer les relations entre les comportements alimentaires et d'activité physique d'une population enquêtée et certaines caractéristiques de l'environnement matériel de résidence de ces sujets. Le projet propose de croiser des données environnementales avec des données comportementales individuelles (alimentation, activité physique) disponibles dans le cadre d'études épidémiologiques en cours. Il s'agit d'identifier les éléments de l'environnement (« environnement sain ») qui facilitent une alimentation variée et équilibrée et une activité physique régulière (« mode de vie sain »).

Les données environnementales que le projet ELIANE veut mobiliser concernent l'environnement construit et les infrastructures (type d'habitat, réseau routier et transports, espaces verts...) ainsi que les équipements et services à proximité (commerces d'alimentation, restaurants, équipements récréatifs et sportifs...). Dans ce cadre, une distinction entre environnement rural et environnement urbain semble essentielle. Pourtant, aucune base de données actuelle ne propose une définition et une délimitation univoque de cette notion, en y intégrant des critères démographiques et des critères d'occupation du sol.

Notre proposition est donc de développer une méthode de définition de cette différenciation spatiale fondamentale, bien que triviale pour le géographe, à partir d'un enrichissement mutuel de données existantes. Il convient de développer de nouvelles approches, à partir des bases de données actuelles, ouvrant à une meilleure description et caractérisation de l'espace conformément à notre problématique : l'objet de cet article est de présenter cette démarche.

## 2. Données et méthode

Notre zone d'étude concerne l'ensemble du Bas-Rhin, où l'enquête épidémiologique ICAPS a été menée en 2000-01 auprès d'une population de collégiens répartis sur l'ensemble du département (ICAPS, C. Simon). Nous proposons de partir d'une double description de l'espace, démographique et paysagère, pour mieux caractériser les environnements des enquêtés et compléter leurs déclarations.

Nos données sont constituées du zonage en aires urbaines (ZAU, 2001) de l'INSEE, pour les aspects démographiques et fonctionnels, et d'une base de donnée d'occupation du sol développée par les collectivités locales en Alsace : la BDOCS 2000 CIGAL (Coopération pour l'Information Géographique en Alsace). Cette base de données présente une classification de l'occupation du sol en 63 classes sur 5 niveaux, exploitables du 1/500 000 (niveau 1) au 1/15 000 (niveau 5). Les données sources proviennent d'images de télédétection (images satellitaires IRS, Landsat et orthophotographies principalement), de données IGN et de données exogènes, couvrant l'ensemble de l'espace régional.

Les données choroplètes du ZAU étant trop grossières pour bien rendre compte de l'urbanité, et les données dasymétriques de la BDOCS 2000 trop précises pour bien décrire l'environnement, la méthode consiste à croiser à l'aide d'un SIG ces deux sources d'informations afin de différencier l'espace urbain de l'espace rural à l'échelle départementale. Ce type d'approche a été déjà utilisé dans le cadre du projet européen ESPON 1.1.2., pour aboutir à une typologie « urbain-rural » des unités spatiales NUTS 3 selon le « degré d'influence urbaine » (densité de population et statut du centre urbain) et le « degré d'intervention humaine » (part relative des différents types d'occupation du sol issue des données Corine Land Cover) (ESPON 2005). Cependant, cette méthode souffre du choix du découpage géographique utilisé (ESPON 2006, p.86), et se confronte ainsi au problème du MAUP « Modifiable Areal Unit Problem » (Oppenshaw & Taylor, 1981) pour le calcul des densités de population ou encore pour celui des proportions des différents types d'occupation du sol.

Notre proposition méthodologique consiste donc à aborder cette problématique en s'affranchissant des limites administratives, susceptibles de créer ou de masquer des discontinuités spatiales. L'idée est d'utiliser une fonction de densité de probabilité, la densité de noyaux (ou kernels) (Silverman 1986), qui nous permet d'estimer, en tout point de l'espace, une intensité d'occupation du sol en tenant compte non-seulement de la présence des différents types de surfaces mais aussi de leur proximité. En effet, un individu habitant près d'une forêt par exemple, et non dans la forêt, compte à juste titre ce type d'occupation du sol dans son environnement

Pour cela, un maillage relativement fin (100 m x 100 m) est appliqué sur le premier niveau d'interprétation de la BDOCS 2000 (4 types de surfaces : artificielles, agricoles, forestières et hydrologie). La présence ou l'absence de chaque type d'occupation du sol est ensuite relevée pour chacun des centroïdes de mailles à partir desquels la densité de noyaux est calculée. La superposition des 4 surfaces continues obtenues nous permet ainsi de caractériser le type de paysage dominant dans le voisinage de tout point du département.

Par la suite, la méthode est mise en application afin d'établir une typologie des communes du département : les résultats du modèle d'intensité d'occupation du sol sont extraits pour chaque centre administratif (mairies) de commune, puis une classification multicritères est réalisée : selon ces résultats, et selon le degré d'urbanisation reconnu par l'INSEE (ZAU).

---

### 3. Résultats

La classification obtenue permet d'identifier, selon le degré d'urbanisation et le mode d'occupation du sol dominant, les communes fortement urbanisées et les communes moyennement ou faiblement urbanisées ayant un caractère plutôt agricole, forestier ou mixte. Le nombre de classes résultantes (10) étant trop élevé pour autoriser une représentation cartographique lisible, un regroupement de classes supplémentaire est réalisé afin de ne conserver que 5 types de communes. La typologie établie rend compte à la fois de critères paysagers relativement fidèles à la réalité du terrain et de critères démographiques et fonctionnels qui structurent l'ossature urbaine globale de notre zone d'étude, tout en y apportant certaines nuances.

Nous avons ainsi pu répondre à un problème d'insuffisante caractérisation de l'espace par les bases de données géographiques actuelles, en accord avec une problématique géographique de type santé/environnement. La typologie résultante est plus conforme au questionnement suivi, et utilise des sources de données récentes et complémentaires. Si la mise en application de la méthode n'a pour le moment porté que sur les centres administratifs de communes, son avantage est d'être transférable à d'autres types de données.

---

### 4. Références bibliographiques

- Catford J. C., Caterson I.D., 2003, Snowballing obesity: Australians will get run over if they just sit there, *Medical Journal of Australia*, 179, 577-579
- CIGAL –Coopération pour l'Information Géographique en Alsace. Base de données d'occupation du sol BDOCS 2000.
- ELIANE Etude des Liens entre Activité physique, Nutrition et Environnement, 2007, Projet de recherche ANR 2007, INRA - Programme PNRA-004.
- ESPON Project 1.1.2., 2005, Final Report, Bengs C., Schmidt K. (eds.) – Thomé. Centre for Urban and Regional Studies. Helsinki University of Technology.
- ESPON (2006) The Modifiable Areas Unit Problem.
- ESPON Project 3.4.3., 2001, Final Report. ICAPS Intérêt d'une intervention dans les collèges centrée sur l'activité physique et le comportement sédentaire. Enquête des collégiens de 6ème du Bas-Rhin. Etude épidémiologique transversale, réalisée en 2000-2001, portant sur un échantillon départemental représentatif d'adolescents en classe de 6ème.
- INSEE, 2001, Le zonage en aires urbaines en 1999. 4 millions d'habitants en plus dans les aires urbaines, *Insee Première*, 765.
- Matthews S., Manor O., Power C. (1999) Social inequalities in health: are there gender differences? *Social science and medicine*, 48, 49-60
- OMS, 2003, Régime alimentaire, nutrition et prévention des maladies chroniques : rapport d'une consultation d'experts OMS/FAO. Genève, OMS : Série de rapports techniques, 916.
- Oppenshaw S., Taylor P.J., 1981, The modifiable areal unit problem. In Wrigley N., Bennett R., *Quantitative Geography: A British View*, Routledge and Kegan Paul, London, 60-69.
- Popkin B.O., 1999, Urbanization, lifestyle changes and the nutrition transition, *World Development*, 27, 11, 1905-1916.
- Silverman, B.W, 1986, Density estimation for statistics and data analysis. Chapman and Hall, London.
- Vandegrift D., Yoked T., 2004, Obesity rates, income, and suburban sprawl: an analysis of US states, *Health and place* 10, 221-229.

# Méthode de typologie de l'espace adaptée à l'étude environnementale des phénomènes épidémiologiques relatifs à l'obésité et au surpoids

**Sophie Pujol<sup>1</sup>, Hélène Houot<sup>2</sup>, Marc Berthillier<sup>3</sup>, Jérôme Defrance<sup>4</sup>, Joseph Lardies<sup>3</sup>, Jean-Pierre Levain<sup>5</sup>, Cyril Masselot<sup>2</sup>, Rémy Petit<sup>6</sup>, Frédéric Mauny<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> UMR 6249 Chrono-Environnement, CNRS/Université de Franche-Comté

<sup>2</sup> UMR 6049 ThéMA, CNRS/Université de Franche-Comté

<sup>3</sup> UMR 6174 FEMTO, CNRS/Université de Franche-Comté

<sup>4</sup> CSTB, Grenoble

<sup>5</sup> Laboratoire de Psychologie, Université de Franche-Comté

<sup>6</sup> Inspection académique du Doubs

[frederic.mauny@univ-fcomte.fr](mailto:frederic.mauny@univ-fcomte.fr)

## 1. Contexte et objectif

Depuis une trentaine d'années, les préoccupations d'éventuels effets sur la santé liés à l'exposition sonore environnementale n'ont cessé de croître (Passchier-Vermeer et Passchier, 2000). Pour autant, il est assez difficile de quantifier le niveau sonore auquel les individus sont exposés. Ce niveau est modulé par un nombre important de paramètres, dont l'activité, le lieu, les caractéristiques acoustiques du lieu, sa propre attitude vis à vis du bruit. L'exposition au bruit peut varier de façon très importante, notamment en milieu urbain, à l'intérieur d'un même logement, au sein du même quartier, entre un logement muni d'une isolation phonique et un autre n'en possédant pas. Déterminer le niveau d'exposition au bruit nécessite donc de réaliser un ensemble de mesures ou d'évaluer l'exposition de façon indirecte au moyen de questionnements individuels ou de modélisation des niveaux sonores.

La réalisation de mesures acoustiques individuelles est la solution de loin la plus satisfaisante, mais pose des problèmes d'échantillonnage, de représentativité dans l'espace et dans le temps, mais également de logistique (appareillage, distribution et traitement des données). De plus, cette approche devient rapidement irréaliste avec l'augmentation du nombre de sujets suivis. Or, les niveaux d'exposition environnementale sont généralement plus faibles, la relation avec un effet sur la santé plus modeste. Les études épidémiologiques incluent donc un nombre important de sujets afin d'assurer la puissance statistique nécessaire à la mise en évidence d'un effet.

Une solution possible consiste à utiliser un outil de cartographie sonore permettant d'obtenir, au niveau de l'adresse postale, une estimation de l'exposition sonore chronique. Le principe consiste à produire, par modélisation à partir des différentes sources sonores, un

indice synthétique de bruit cumulé reçu en façade des habitations. Cet outil permet de produire les données d'exposition individuelle nécessaires aux études épidémiologiques en estimant, en tout point d'une ville (une adresse précise incluant l'étage ou un trajet piéton par exemple) le niveau d'exposition sonore modulé par période journalière. Cependant, une telle modélisation pose une double contrainte :

- une contrainte d'échelle, puisqu'il peut être nécessaire de modéliser l'exposition au bruit de l'ensemble de la population d'une agglomération urbaine ;

- une contrainte relative au niveau d'analyse puisque la valeur d'exposition doit être connue pour chaque logement et avec une précision élevée ;

Or, les modèles de cartographies sonores existants (MITHRA©, CADNA©...) sont capables de modéliser très précisément une situation complexe mais ils sont alors destinés à couvrir un espace de taille restreinte (étude d'impact par exemple), ou lorsqu'ils sont utilisés à plus petite échelle (réalisation d'une cartographie sonore d'agglomération), les paramètres intégrés au modèle sont généralement limités en nombre (sources routières et ferroviaires en général) et la modélisation est de ce fait moins précise.

Il s'agit donc de trouver un compromis entre ces deux types de modélisation, en proposant un modèle permettant de disposer d'un grand nombre de points de réception (lié à l'échelle spatiale à laquelle on souhaite obtenir de l'information) et de valeurs de bruit modélisées relativement précises. Quelles sources de bruit doit-on prendre en compte et comment les caractériser pour effectuer une telle modélisation, comment calibrer le modèle ?

## 2. Données et méthodes

Dans un premier temps, une carte de bruit pour la commune de Besançon a été réalisée à l'aide du logiciel de modélisation du bruit environnemental Mithra©, avec l'appui du travail d'expertise d'un ingénieur en acoustique environnementale et selon les recommandations proposées par le guide édité en 2006 par le Certu. Ont été pris en compte par le modèle, le bruit émis par le trafic routier et ferroviaire, mais aussi certaines variables conditionnant le champ de propagation acoustique des ondes sonores. Les sources de données suivantes ont été utilisées : topographie, voirie, bâti (BD Topo© de l'IGN), complément du bâti (plan cadastral, 2007), points adresses géo-référencés (service du plan, mairie de Besançon, juillet 2006), trafic ferroviaire (SNCF, septembre 2006) et trafic routier (direction départementale de l'équipement et service voirie de la mairie de Besançon, juillet 2006).

Parallèlement, une campagne de mesurage a été conduite sur un échantillon de 50 logements d'enfants scolarisés en 2007 en classe de CE2 à Besançon, les élèves de CE2 ayant fait l'objet, à l'échelle de la commune, d'une vaste campagne de recueil d'information concernant les nuisances sonores intra-domiciliaires. L'échantillon a été constitué à partir d'une liste d'enfants tirés au sort, stratifié par école. Les critères de sélections appliqués étaient l'obtention d'un consentement libre et éclairé, la compatibilité technique (contraintes liées à l'équipement acoustique) et logistique. Les mesures acoustiques ont été réalisées à l'aide d'appareils homologués de classe 1 permettant une mesure en continu sur une semaine. Parmi les trois séries de mesures effectuées en parallèle, une a été réalisée à l'extérieur en façade du bâtiment d'habitation, totalisant près de 300 jours cumulés d'enregistrement.

Des analyses de corrélation/régression entre exposition simulée et exposition mesurée pour les 50 logements d'enfants présentaient une validité globale relativement satisfaisante (coefficient de corrélation variant de 0,64 à 0,73 en fonction de la période), mais localement, plusieurs observations atypiques sont apparues à la lecture de la carte de bruit.

Suivant un processus itératif, d'autres sources d'émission de bruit ont donc été implémentées, après caractérisation de leur spectre acoustique d'émission. L'objectif était d'améliorer le pouvoir de prédiction du modèle, au regard de l'échantillon de données mesurées. La méthode de corrélation/régression est une fois de plus appliquée afin de calibrer le modèle.

---

### 3. Résultats

Parmi les sources environnementales urbaines implémentées, quatre types ont été finalement retenus : l'une était linéaire (voies piétonnes du centre ville) et trois étaient ponctuelles : fontaines à vasque, cours d'école et arrêt de bus.

Les caractéristiques acoustiques de ces sources ont été mesurées et leurs temps de fonctionnement (car s'agissant de sources intermittentes) ont été calculés. Seuls les arrêts de bus dont le pourcentage de temps de fonctionnement dépassait 12% ont été implémentés, soient 112 sources ponctuelles supplémentaires. Ce seuil a été déterminé sur un critère de pertinence spatio-temporelle, défini à l'aide de courbes d'évolution du niveau sonore en fonction de la distance à la source et de son temps de fonctionnement.

La prise en compte de ces sources a conduit à l'élimination des observations atypiques et à l'amélioration de la corrélation mesure/carte (coefficient de corrélation variant de 0,77 à 0,81 en fonction de la période).

Trois modèles de régression linéaire (un par période journalière) ont été construits dans la dernière étape de calibration du modèle (adéquation allant de  $R^2=0,69$  à 0,73).

---

### 4. Discussion

La modélisation par cartographie sonore est une réponse au besoin de quantification de l'exposition d'un nombre élevé de sujets, et donc nécessaire aux approches épidémiologiques.

Les sources sonores imposées par la réglementation européennes (infrastructures de transports terrestres, aéroports et industries, cf. Directive 2002/49/CE du parlement européen), sont facilement prise en compte dans les cartographies sonores, même sur des projet géographiquement étendu. Elles autorisent une estimation du niveau d'exposition à l'échelle d'une population. Cependant, les sources sonores de faible intensité mais nombreuses peuvent être à l'origine d'une hétérogénéité spatiale responsable d'erreur estimation du niveau d'exposition, dès lors que l'on se focalise sur l'échelon individuel.

---

### 5. Références bibliographiques

- Passchier-Vermeer W., Passchier W. F., 2000, Noise Exposure and Health, *Env Health Perspect*, S-1, 123-131.  
Certu, 2006, Comment réaliser les cartes de bruit stratégiques en agglomération.  
Directive 2002/49/CE du parlement européen du 25 juin 2002.

# Comportements de prédation du Renard roux (*Vulpes vulpes*) et processus épidémiologiques en contexte paysager à matrice inhospitalière. Approche éthologique et spatiale

**Aurélie Coussement<sup>1</sup>, Florian Tolle<sup>2</sup>, Vincent Godard<sup>3</sup>, Luc Barruel<sup>4</sup>, Hammadi Ben Mhenni<sup>5</sup>**

<sup>1</sup> UMR 6249 Chrono-Environnement, CNRS/Université de Franche-Comté

<sup>2</sup> UMR 6049 ThéMA, CNRS/Université de Franche-Comté

<sup>3</sup> UMR 8185 ENEC, CNRS/Universités de Paris 4 et Paris 8, MSH Paris Nord

<sup>4</sup> UMR 8591 LADYSS, CNRS/Universités de Paris 1 et Paris 10, MSH Paris Nord

<sup>5</sup> Université de Paris 8

[aurelie.coussement@wanadoo.fr](mailto:aurelie.coussement@wanadoo.fr)

## 1. Contexte et problématique

*Echinococcus multilocularis* (*E.m*) est un parasite (cestode) dont le cycle naturel passe par un hôte intermédiaire : les micromammifères (principalement les campagnols des champs, *Microtus arvalis* et campagnols terrestre, *Arvicola terrestris*) qui abritent la larve dans leur foie (Giraudoux, 1991). L'hôte définitif est le renard roux (*Vulpes vulpes*), qui se contamine en se nourrissant de micromammifères infectés. La larve se transforme alors en adulte qui vit dans son tube digestif. Il s'y reproduit, ses œufs sont répandus dans l'environnement par le biais des fèces de renards. Enfin, le cycle parasitaire est bouclé lorsqu'un micromammifère ingère des aliments contaminés par des œufs et s'infecte (Deplazes et al., 2004).

La contamination accidentelle de l'Homme est responsable de l'échinococcose alvéolaire, une maladie grave et souvent létale pour ce dernier. L'Homme se contamine en ingérant les œufs du parasite (par le biais des animaux domestiques (chien, chat), aliments souillés...) (Eckert et al., 2001). La dispersion de l'agent pathogène dans l'environnement est liée aux comportements des renards et à l'utilisation qu'ils font de l'espace et des ressources alimentaires disponibles dans le paysage qu'il fréquente. La contamination humaine est donc liée à la fois aux facteurs de risque liés aux comportements individuels (jardinage, cueillette...) et à l'intensité de la contamination environnementale. La maladie se manifeste par le développement de la larve dans le foie des personnes créant des pseudotumeurs qui restent longtemps asymptomatiques. La maladie peut mettre plusieurs années avant de se déclencher (5 à 20 ans) ce qui rend difficile l'identification du lieu de contamination des patients (Pawlowski et al., 2001).

Cette maladie est assez répandue dans les régions très rurales comportant de grandes zones de prairies comme c'est le cas dans le massif du Jura (Giraudoux et al., 1997).

Un programme d'épidémiosurveillance a été mis en place par l'ERZ (Entente interdépartementale de lutte contre la Rage et autres Zoonoses) et vise à connaître la répartition spatiale et l'intensité du phénomène parasitaire en France. En 2004, ces travaux ont permis de mettre en évidence la présence d'*E.m.* dans le département de la Seine et Marne. Or les caractéristiques paysagères de cette zone de l'Est parisien ne laissaient pas présager d'une présence parasitaire. En effet, la région est principalement composée de zones plus ou moins densément urbanisées et de zones de céréaliculture intensive, très peu propices au développement des communautés de micromammifères. A ceci s'ajoute une très faible proportion de surfaces toujours en herbe très favorables aux espèces de micromammifères hôtes du parasite (Giraudoux, 1991). Pourtant, les autopsies réalisées par l'ERZ ont révélé que 30 % des renards étudiés étaient porteurs du parasite, ce qui correspond à des prévalences moyennes, signes d'un cycle parasitaire établi de manière pérenne et ayant un contexte environnemental tout à fait favorable à son maintien. Ces observations ont donc conduit à remettre en question les hypothèses établies à partir d'études menées dans des zones d'endémie connues du nord-est de la France. La présence, dans le paysage, d'une proportion importante d'habitats favorables aux micromammifères, ne semble pas être un facteur déterminant pour l'établissement des conditions nécessaires au cycle de vie du parasite.

Un travail de terrain a donc été mené visant à comprendre et évaluer les mécanismes de perpétuation des processus de transmission parasitaire dans un cadre paysager où la mise en valeur des sols rend les habitats indispensables aux hôtes d'*E.m.* ultra-minoritaires.

La présence d'*E.m.* dans cette zone proche de la première agglomération française présente un réel risque sanitaire. Il est donc important de comprendre comment le cycle

parasitaire peut s'y maintenir. Pour cela, il faut déterminer et faire le lien entre :

- la composition des populations de micromammifères ;
- la densité des populations de micromammifères ;
- les milieux qui sont les plus favorables aux micromammifères ;
- les mesures de prévalence vulpine par coprotests génétiques (PCR) ;
- les mesures de prévalence des micromammifères par dissection et observation du foie ;
- le régime alimentaire des renards (étude des fèces).

---

## 2. Données et méthodes

En 2004 une première campagne de terrain a mis en évidence la présence de renards contaminés par *E.m.* grâce à des autopsies et des coprotests en Seine et Marne. Les fèces ramassées en 2007 ont été ramassées sur différentes placettes de 2km de côtés réparties de manière homogène sur la zone d'étude selon un gradient croissant d'urbanisation d'une part, et selon un gradient croissant de présence de zones prairiales d'autre part. Sur chaque placette, 5 laissées de renard ont été récoltées et analysées. On distingue ainsi trois types de placettes : les placettes (i) négatives (pas de fèces positives), (ii) avec un positif, (iii) avec deux positifs (maximum observé).

En 2008 une nouvelle campagne de terrain a eu lieu. Nous avons sélectionné 4 placettes parmi celles étudiées en 2007 en fonction de leur taux de prévalence : 1 négative, 2 à un positif et 1 à deux positifs. Sur ces placettes nous avons :

- réalisé des lignes de pièges pour capturer des micromammifères d'après la méthode mise en place par Spitz et al., (1969 et 1974). Les individus capturés ont ensuite été disséqués dans le but de déterminer s'ils étaient contaminés ou non par *E.m.*. Les lignes de piège ont été installées dans différents milieux présents dans le paysage, à l'exception des champs labourés. Les prairies, bandes enherbées, friches et forêts ont constitué les 4 milieux plus spécifiquement concernés.

- fait des relevés d'indices de présence de micromammifères (Delattre et al., 1990 ; Quéré et al., 2000 pour *Microtus arvalis* et Giraudoux et al., 1995 pour *Arvicola terrestris*) ;

- récolté des fèces de renards (10 par placettes). Ces dernières seront analysées par PCR.

---

## 3. Résultats

L'étude des résultats obtenus par les lignes de piège montre que les placettes n'ont pas le même succès de capture. En effet, 53% des micromammifères ont été capturés sur la placette A, 19% sur la D, 15% sur la B et 13% sur la C.

Les micromammifères capturés appartiennent à 3 grands groupes : les campagnols (Muridae), les mulots (Muridae), et les musaraignes (Soricidae). Les campagnols sont considérés comme les hôtes principaux de *E.m.* en Europe (Giraudoux, 1991) d'où le fort intérêt d'étudier la dynamique de leurs populations.

Se sont les mulots qui ont été les plus fréquemment capturés puisqu'ils représentent 55,77% des prises, puis les campagnols qui représentent 35,26% des prises et enfin les musaraignes qui sont très minoritaires puisqu'elles ne représentent que 0,64% des prises.

Lorsque l'on étudie le pourcentage d'espèces de micromammifères capturées par placette en fonction du nombre total de capture, on remarque qu'une fois de plus la placette A se démarque des autres. Elle fournit à elle seule 81% des campagnols et 43% des mulots (contre 4-25% pour la B, 13-10% pour le C, et 2-10% pour la D). La placette A s'avère être celle qui a présenté la plus forte prévalence vulpine (avec 2 renards contaminés sur 5). La présence nettement plus marquée de campagnols sur cette placette semble cohérente d'un point de vue épidémiologique.

Nous avons cherché à mettre en évidence les particularités paysagères propres à la placette A et susceptibles d'expliquer les fortes différences constatées avec les trois autres placettes. C'est une ligne de piège disposée dans une zone de friche agricole qui à elle seule a fourni 58 % des campagnols de la placette, révélant ainsi l'importance de ce type de milieu dans les dynamiques écologiques.

La dissection des micromammifères capturés n'a mis en évidence aucune contamination par *E.m.* On retrouve ces faibles prévalences chez les micromammifères dans la plupart des études portant sur l'échinococcose. Ceci peut s'expliquer par le fait qu'il faut au minimum 2-4 mois pour que les premières tumeurs apparaissent, ce qui rend difficile et rare le diagnostic de la zoonose chez les rongeurs. (Hanosset et al., 2007, Eckert et al., 2001)

L'analyse PCR des fèces de renards a permis d'établir de manière synchrone le taux de prévalence chez les renards et donc de suivre l'évolution de la contamination des renards depuis la dernière campagne.

Les fèces récoltées ont également fait l'objet d'une analyse de régime alimentaire du renard (proportion de campagnol et autres micromammifères, oiseaux, végétaux, invertébrés...).

Le traitement de ces données par régression logistique binaire nous a permis de mettre en relation la contamination des renards avec leurs comportements de prédation. Les proies consommées par les renards sont directement à l'origine des contaminations vulpines et ce sont donc les habitudes de fréquentation de l'espace et les choix de chasse effectués par les renards qui expliquent le taux de contamination.

Dans un second temps, c'est la mise en relation des densités de micromammifères présentes et des proportions de micromammifères consommés par les renards qui nous permet d'affiner les conclusions élaborées quant à son comportement de prédation (recherche spécifique des proies, comportement opportuniste...).

Enfin, la corrélation des densités de micromammifères présents avec le mode d'occupation des sols a été mise à profit pour établir un lien entre la disponibilité des habitats et les densités présentes. Dans un contexte paysager plutôt défavorable à l'établissement de fortes densités de micromammifères, ce sont des taches très localisées et ne représentant qu'une infime partie du territoire qui, par les habitudes comportementales des renards, sont responsables du maintien du cycle parasitaire.

---

## 4. Références bibliographiques

- Delattre P., Giraudoux P., Damage J.P., Quéré J.P., 1990, Recherche d'un indicateur de la cinétique démographique des populations de campagnols des champs (*Microtus arvalis*), *Revue d'écologie (Terre vie)*, 45, 375-384.
- Deplazes P., Hegglin D., Gloor S., Romig T., 2004, Wilderness in the city: The urbanization of *Echinococcus multilocularis*, *Trends in parasitology*, 20(2).
- Eckert J., Gemmell M., Meslin F., Pawlowski Z.S., 2001. WHO/OIE Manual on Echinococcosis in Humans and Animals: A Public Health Problem of Global Concern, World Health Organization, Paris.
- Giraudoux P., 1991. Utilisation de l'espace par les hôtes du ténia multiloculaire (*Echinococcus multilocularis*) conséquence épidémiologiques. Thèse Université de Bourgogne.
- Giraudoux P., Delattre P., Habert M., Quere J.P., Deblay S., Defaut R., Duhamel R., Moissenet M., Salvi D., Truchetet D., 1997, Population dynamics of fossorial water vole (*Arvicola terrestris scherman*): a land use and landscape perspective, *Agr. Ecosyst. Environ.*, 66, 47-60.
- Giraudoux P., Radier B., Delattre P., Deblay S., Salvi D., Defaur R., 1995. Estimation of water vole abundance by using surface indices, *Acta Theriologica*, 40, 70-96.
- Hanosset R., Seagerma C., Adant S., Massart L., Losson B., 2007, *Echinococcus multilocularis* in Belgium: Prevalence in red fox (*Vulpes vulpes*) and different species of potential intermediate hosts, *Veterinary parasitology*, 151, 212-217.
- Pawlowski Z.S., Eckert J., Vuitton D.A., Ammann R.W., Kern P., Craig P.S., Dar K.F., De Rosa F., Filice C., Gottstein B., Grimm F., Macpherson C.N.L., Sato N., Todorov T., Uchino J., Von Sinner W., Wen H., 2001, Echinococcosis in humans: clinical aspects, diagnosis and treatment. WHO/OIE Manual on Echinococcosis in humans and animals, 20-66 (Chapter 2).
- Quéré J.P., Raoul F., Delattre P., Giraudoux P., 2000, An index method applicable at landscape scale to estimate relative population densities of the common vole (*Microtus arvalis*), *Revue d'écologie (Terre vie)*, 55, 25-32.
- Spitz F., 1969, L'échantillonnage des populations de petits mammifères. In problème d'écologie : L'échantillonnage des peuplements d'animaux des milieux terrestres, Masson, Paris, 53-88.
- Spitz F., Le Louarn H., Poulet A., Dassonville B., 1974, Standardisation des piégeages en ligne pour quelques espèces de rongeurs, *Revue d'écologie (Terre vie)*, 28, 564-578.



Neuvièmes Rencontres de Théo Quant

Besançon, 4-6 mars 2009

[www.thema.theoquant.fr](http://www.thema.theoquant.fr)

---

# Atelier 6

**Comportements, représentations et  
cognition spatiale**

# Les quartiers sensibles sont-ils des espaces ouverts ?

## L'exemple d'une mesure de la mobilité quotidienne des habitants de deux quartiers havrais

**Mathias Boquet**

UMR 6266 IDEES / Cirtai, CNRS/Université du Havre

[boquetm@univ-lehavre.fr](mailto:boquetm@univ-lehavre.fr)

### 1. Contexte

Les quartiers sensibles sont bien souvent présentés comme des espaces en rupture avec la ville, que ce soit dans les discours politiques, dans les paroles d'acteurs mais aussi dans certaines études scientifiques. L'évocation de cette rupture est très souvent associée à l'immobilité quotidienne relative des populations qui résident dans ces quartiers de grande précarité, la mobilité d'une personne faisant alors figure de gage d'intégration à la ville et, par extension, à la société. Cette affirmation péremptoire, selon laquelle les quartiers sensibles seraient des espaces fermés et isolés, mérite cependant d'être questionnée de nouveau, notamment à partir des pratiques de mobilités de leurs habitants. Exploré dans le cadre d'un doctorat de géographie, l'espace havrais a constitué un terrain de recherche intéressant pour mettre en parallèle l'enclavement de quelques quartiers urbains et les pratiques de mobilité de leurs habitants qui en découlent.

### 2. Objectif et méthodes

Nous nous sommes d'abord intéressés à la maîtrise et à l'utilisation des modes de déplacements par les habitants des quartiers sensibles, en comparaison aux autres citadins. Pour cela, une analyse statistique de la motorisation des ménages et de la fréquentation du réseau de transport en commun a été réalisée. Cependant, cette approche par le mode de déplacement ne nous permettait pas d'aboutir à des résultats suffisamment convaincants pour démontrer avec certitude la sédentarité des habitants des quartiers sensibles qui semblait apparaître. Parallèlement, des entretiens furent menés auprès d'acteurs travaillant dans les quartiers sensibles havrais. Les discours recueillis abondaient d'exemples relatifs à la mobilité des personnes qui ne pouvaient être révélés dans nos analyses précédentes. À partir de ce constat, nous avons donc décidé de réaliser une enquête par questionnaire afin d'aboutir à une autre mesure de la

mobilité des habitants des Zones Urbaines Sensibles havraises, et d'identifier différents types de comportements selon les groupes sociaux présents dans ces quartiers.

Comme dans toute enquête, des contraintes liées à sa réalisation (coût et temps de l'enquête) ont pesé sur le contenu (la taille du questionnaire) et sur la qualité de l'échantillon (la taille de l'échantillon). L'enquête s'est déroulée sur deux quartiers voisins dont l'un est classé en ZUS (Caucraiuville) et l'autre non (Aplemont). La sélection de ces terrains a été réalisée à partir de plusieurs critères. D'abord, la distance au centre-ville devait être similaire pour les deux espaces, ainsi que leur accessibilité routière ou leur desserte en transport en commun. Ensuite, nous souhaitons éviter la proximité d'un équipement vis à vis des quartiers sélectionnés, comme un centre commercial, dont la présence aurait eu pour effet de modifier certaines pratiques de mobilité. Les populations résidant dans ces deux quartiers sont, par contre, socialement différentes. Toutefois elles ne sont pas strictement opposées puisque nous ne désirions pas comparer deux quartiers que tout sépare mais plutôt comprendre si la mobilité des habitants des quartiers sensibles leur était spécifique. Au total, 183 personnes majeures ont été enquêtées en porte à porte, selon la méthode des quotas.

Dans l'idée d'apporter une mesure comparative de la mobilité entre les deux quartiers étudiés, deux indicateurs principaux ont été élaborés :

- l'aire de déplacement moyenne autour du domicile (pour un certain nombre d'activité) ;
- la zone d'attractivité principale des mobilités (indicateur construit à partir de la fréquentation d'un certain nombre de lieux proposés dans notre questionnaire et appartenant à trois types d'espaces : le quartier, le centre-ville et l'agglomération).

### 3. Résultats

L'analyse comparative brute entre les quartiers au regard de ces deux indicateurs apporte alors un regard nouveau sur la mobilité des habitants des quartiers sensibles,

notamment parce qu'ils témoignent de l'existence de déplacements importants vers l'extérieur du quartier. Nous avons aussi souhaité compléter ces premiers résultats par une analyse des correspondances multiples afin de mettre à jour une structuration des mobilités selon d'autres facteurs (âge, situation au regard de l'emploi, possession d'un véhicule personnel...) et de pouvoir ensuite procéder à une typologie des individus des deux quartiers. Si l'âge apparaît effectivement comme le premier facteur de différenciation, le second axe factoriel oppose cette-fois-ci les individus selon leur appartenance à l'un des deux quartiers. Ces résultats légitiment alors l'utilisation des variables d'âge et de quartier pour analyser les résultats des indicateurs précédents.

Le quartier sensible de Caucriauville ne paraît alors pas aussi fermé sur lui-même qu'il n'y paraît dans de

nombreuses représentations, notamment dans celles d'acteurs qui, paradoxalement, témoignaient en même temps des formes de mobilités originales observées dans les ZUS. La plupart des politiques publiques menées en direction des quartiers sensibles reposent pourtant sur l'idée d'une immobilité de ces habitants, notamment celles relatives au développement des services de proximité. Cette étude relance alors le questionnement autour des réalités et des représentations de l'enclavement : la fermeture des quartiers sensibles relève-t-elle plutôt de la faible mobilité de leurs habitants ou des représentations que les acteurs de la ville en ont ? Et la distance sociale entre deux individus n'influence-t-elle pas le regard que chacun d'eux porte sur la distance spatiale qui les sépare ?

---

#### 4. Références bibliographiques

- Bonnet M., Desjeux D. (dir.), *Les territoires de la mobilité*, PUF, Paris, p.223-233.
- Caubel D., 2007, Réduire les disparités d'accès à la ville ? Une réponse concrète mais imparfaite par les transports collectifs, *Cahiers scientifiques du transport*, 51, 9-36.
- Dagnélie P., 1998, *Statistique théorique et appliquée. Tome 1 : Statistique descriptive et base de l'inférence statistique ; Tome 2 : Inférence statistique à une et à deux dimensions*. Paris et Bruxelles, De Boeck et Larcier.
- Kokoreff M., 1993, L'espace des jeunes : territoires, identités et mobilité, *Annales de la recherche urbaine*, 59-60.
- Le Breton E., 2005, *Bouger pour s'en sortir, mobilité quotidienne et intégration sociale*, Paris, Armand Colin.
- Orfeuill J.-P. (dir.), 2002, *Transports, pauvretés, exclusions : pouvoir bouger pour s'en sortir*, La Tour d'Aigues, éditions de l'Aube.
- Sanders L., 1989, *L'analyse des données appliquée à la géographie*, Montpellier, G.I.P. RECLUS.
- Viellard-Baron H., 1999, *Les banlieues : des singularités françaises aux réalités mondiales*, Paris, Hachette, Carré Géographie.

# Sur quelques méthodes cumulatives d'objectivation du rapport au temps et à l'espace

**Simon Borja, Anaïs Cretin, Thierry Ramadier**

UMR 7011 Images et villes, CNRS/Université de Strasbourg

[Anaïs.Cretin@lorraine.u-strasbg.fr](mailto:Anaïs.Cretin@lorraine.u-strasbg.fr)

## 1. Contexte

Nous proposons de revenir sur un ensemble de méthodes utilisées dans le cadre d'un programme de recherche regroupant des chercheurs, doctorants et étudiants en sociologie, géographie, psychologie et démographie ; programme soutenu par la Maison Interdisciplinaire des Sciences de l'Homme d'Alsace (MISHA), ayant pour objet La construction de l'espace social et le rapport au temps et à l'espace. Cette présentation est alors envisagée comme un moyen de revenir, de manière réflexive, sur l'épistémologie qui sous-tend la méthodologie pratique et la théorie méthodologique de ce travail collectif et cumulatif.

La construction sociale du rapport au temps et à l'espace s'organise dans un complexe de nécessités qui articule et combine un tripode de structures sociales : dimension symbolique, organisation physique des lieux et mode d'existence. Cette construction pousse à considérer « une relation d'application de type bijective » entre espace matériel et espace social qui n'est pas un simple décalque des faits ou un reflet des lieux, mais la résultante d'un système multi-référencé dont le support socio-cognitif est au fondement des dynamiques des manières différenciées d'apprécier, d'envisager et d'appréhender le rapport au temps et à l'espace.

## 2. Problématique

La problématique générique de la recherche est de (dé)montrer et de définir les logiques différenciées des investissements autant que des représentations par rapport au temps et à l'espace suivant la structure des capitaux (en volume et en distribution) et les dispositions associées des agents ou groupes d'agents (au travers de leur position dans l'espace social), c'est-à-dire revenir sur la structure de l'organisation interne du temps et de l'espace au regard de leur position dans les lieux, les déplacements, les professions exercées, etc. Nous posons que les représentations portées et supportées par les différents groupes sociaux seront d'autant plus perceptibles que les pratiques sociales du temps (en relation avec le temps des autres)

s'organiseront par et organiseront les investissements déclarés et à venir ; investissements impliquant un pouvoir plus ou moins important sur le temps, le pouvoir de gérer ou de remplir son temps ainsi que la capacité plus ou moins grande de dominer le temps des autres. Au rapport au temps, se cumule donc l'analyse du rapport à l'espace urbain dans la construction de l'espace social. Le rapport à ces deux objets permettra de saisir, d'une part les spécificités (temporelles d'un côté, et spatiales de l'autre) investies selon la position des individus dans l'espace social. L'objectif étant de décrire les processus auquel chacun d'eux participe dans l'élaboration d'écart de positions sociales et de construire l'espace social des positions sur la base d'un seul et même objet, à savoir l'espace-temps, afin de comprendre cette fois tout autant comment le temps se spatialise et comment l'espace devient du temps. Ce dernier niveau d'analyse est possible dans la mesure où les deux objets n'en font qu'un du point de vue de leur fonction sociale régulatrice.

On comprend qu'au regard des perspectives qui existent sur chacun des objets évoqués (temps, espace, ville, positions, etc.) l'association d'intérêts communs réunissant les compétences sociologiques, démographiques, psychologiques et géographiques apparaisse primordiale autant qu'heuristique dans cette recherche. En effet, la maîtrise de la « philosophie » propre à ces disciplines n'est possible que dans une agrégation collective où les outils développés par chacun des membres de l'équipe donnent une occasion de pouvoir effectuer des contrôles croisés ayant une valeur décisive dans la construction et l'analyse méthodique de l'objet. Il s'agit aussi ici d'échanges concertés autour d'apprentissages réciproques dans le maniement des outils théoriques et pratiques participant d'une cumulativité des moyens de recherche en Sciences Sociales dans la mesure où l'investigation scientifique engagée sur l'objet temps-espace participe à la constitution d'une base de donnée utile au développement, à plus ou moins long terme, de nombreuses recherches plus précises qui ne manqueront pas de toucher de très près aux programmes et aux axes de recherche des laboratoires engagés ainsi que des personnes qui les représentent.

Inscrite dans cette vaste perspective et au moyen de méthodes complémentaires et scientifiquement validées, après avoir replacé ces cadres génériques, l'intervention

proposée reviendra sur l'articulation et l'élaboration d'un ensemble d'outils scientifiques au sein de protocoles expérimentaux pour saisir les nécessités les plus fines et les plus précises qui agencent temps, espace et activité, dans une recherche portant sur une « communauté urbaine » donnée, la Communauté Urbaine de Strasbourg. Une telle démarche permet de décrire et de comprendre l'organisation des mobilités à l'échelle d'une agglomération urbaine, et plus particulièrement celles qui découlent de l'usage des lieux d'habitation au lieu de travail dans la zone urbaine et périurbaine proche, en passant par les espaces de transit. Les systèmes de différenciations des espaces, leurs utilisations et la gestion du temps semblent dépendre d'un rapport au monde induit par des référents incorporés qui tirent leurs origines d'un ensemble complexe redevable à une trajectoire spécifique, au milieu d'origine, à l'organisation de l'aménagement urbain, aux lieux de résidence, aux types d'activités engagées, aux modes d'utilisation des espaces, etc.

En partant des notions de temps et d'espaces, et pour démontrer nos hypothèses, nous avons mis en place un dispositif expérimental qui positionne les agents dans l'espace social tout en les localisant dans l'espace social réifié (ville de résidence, distance au lieu de travail, lieux de vacances, etc.) ; double localisation a priori corrélative qui contribue déjà à orienter les possibles rapports au temps et à l'espace précisant les temporalités des agents et leur pouvoir ou non-pouvoir sur la gestion du temps (souvent inséparablement le leur et celui des autres : activités principales et secondaires de la journée ou de la semaine,

moyens de transports utilisés, disposition d'une secrétaire, sentiment du temps qui passe, etc.), c'est-à-dire sur et dans l'espace (social et physique). En ce sens, la conception d'une dynamique spatiale est envisagée comme le produit d'un rapport entre structures mentales, structures sociales et structures physiques.

Pour synthétiser l'organisation de la communication proposée, outre le cadre théorique mis en introduction, nous insisterons dans les développements, sur la présentation de la technique d'échantillonnage socio-spatiale définie, consistant d'une part, à classer les quartiers IRIS 2000 en fonction de critères sociaux et, d'autre part, à opérer une division de l'espace géographique en tâchant de minimiser ces critères sociaux, pour cumuler ces deux classements dans un second temps ; technique ayant pour objectif d'isoler des effets de lieu. Ensuite, nous insisterons sur l'articulation des différentes méthodes utilisées dans cette enquête, en nous axant en particulier sur le questionnaire, et secondairement sur la méthode de modélisation de l'espace pour relever les représentations socio-cognitives de l'espace urbain (JRS), la grille d'entretien administrée à partir du JRS comme support, ainsi que sur le carnet de bord des déplacements pendant sept jours consécutifs. Dans la mesure où, pour reprendre Auguste Comte, « la méthode n'est pas susceptible d'être étudiée en dehors de la recherche dans laquelle elle est employée », nous présenterons dans ce cadre l'utilisation cumulée de ces différentes méthodes et quelques résultats exploratoires auprès d'une fraction de l'espace social : les agents producteurs d'espace d'une agence d'urbanisme.

# Spatialisation des représentations cognitives des risques par la population de Syracuse et Milazzo (Sicile, Italie)

**Elise Beck<sup>1</sup>, Pierpaolo Midi<sup>2</sup>, Séverine Novak<sup>3</sup>, Arnaud Banos<sup>4</sup>, Sandrine Glatron<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> UMR 5194 PACTE, IEP-UJF-UPMF-CNRS, Grenoble

<sup>2</sup> Organisation Mondiale de la Santé, Centre Européen pour l'Environnement et la Santé, Rome, Italie

<sup>3</sup> Université Joseph Fourier, Grenoble

<sup>4</sup> UMR 7011 Images et ville, CNRS/Université de Strasbourg

[elise.beck@ujf-grenoble.fr](mailto:elise.beck@ujf-grenoble.fr)

## 1. Contexte et problématique

Cet article présente les premiers résultats d'une enquête réalisée en 2008 par l'Organisation Mondiale de la Santé (Centre Européen pour l'Environnement et la Santé, division de Rome) auprès d'un échantillon de la population des régions de Syracuse et Milazzo (respectivement est et nord-est de la Sicile, Italie). Ces deux régions sont exposées à des risques pétrochimiques liés à la présence de raffineries classées Seveso II. Des études épidémiologiques ont montré l'augmentation des cas de mortalité et morbidité et malformations congénitales (Faber et Mudu, 2008).

Les objectifs de l'enquête étaient d'évaluer 1) la connaissance et la perception des risques par la population ; 2) la connaissance des consignes de sécurité, des moyens de gestion et de communication ; 3) la connaissance des effets des risques et pollutions industri-elles sur la perception<sup>1</sup> de la santé ; 4) la représentation spatiale des risques par la population par l'intermédiaire d'une carte mentale. Un second volet portait davantage sur la mobilité des individus, afin de modéliser les variations spatio-temporelles de leur exposition aux risques industriels (Banos et al., soumis). Seul le volet portant sur la représentation spatiale des risques est développé ici.

## 2. Méthodologie

Les enquêtes par questionnaire ont été réalisées auprès de 518 individus de la région de Milazzo et 703 à Syracuse. Le questionnaire était accompagné d'une carte sur laquelle l'individu devait localiser ses lieux de résidence et travail et entourer ou dessiner la zone qu'il considérait à risque (carte mentale des espaces à risques).

<sup>1</sup> Bien que le terme de « représentations cognitives » soit plus adapté à notre problématique que celui de « perception », pris dans sa définition des psychologues expérimentaux (Bloch, 1983), ce dernier est davantage employé, à mauvais escient cependant, dans la communauté scientifique et par les gestionnaires.

Cette méthode est inspirée des travaux de Bonnet (2002), qui s'était également intéressé à la spatialisation des représentations cognitives des risques, dans l'objectif de l'intégrer dans la cartographie de la vulnérabilité aux risques industriels. Plutôt qu'une page blanche, il suggérait d'utiliser un fond relativement peu détaillé, permettant aux individus de se repérer dans l'espace. Bien que cette méthode puisse être critiquée pour sa subjectivité (choix des détails à faire figurer) et par la difficulté de certaines personnes à se repérer dans l'espace sur une carte (Beck, 2006), elle possède l'avantage de disposer de repères communs, permettant une digitalisation des « dessins » réalisés par les individus et un traitement simultané des polygones ainsi obtenus. Dans le cas de Milazzo, une série de « focus groups » impliquant 24 adultes a réfléchi à la forme de cette carte, alors qu'à Syracuse, un panel d'experts travaillant dans la région a été interrogé. Ces réunions ont permis de définir l'échelle et les informations à faire figurer sur la version finale de la carte.

Une fois l'ensemble des polygones digitalisés dans un système d'information géographique, une grille a été créée (résolution spatiale de 440 m pour Syracuse, 250 m pour Milazzo). Puis, le nombre de polygones superposés au sein de chaque maille de cette grille a été comptabilisé, permettant d'obtenir des cartes du risque perçu.

Des cartes globales des résultats ont été effectuées, et des sous-groupes définis suivant différents critères socio-démographiques (âge, genre, niveau de formation, niveau de revenus...), afin d'identifier les variables explicatives des variations des représentations spatiales des risques par la population enquêtée.

## 3. Résultats

Le risque perçu a été confronté au risque cartographié par les autorités institutionnelles, afin d'identifier une éventuelle adéquation entre leurs extensions.

Concernant Milazzo, la quasi-adéquation entre les deux risques (périmètre officiel et zone perçue) est assez

frappante, malgré une surestimation du risque (extension spatiale du risque perçue plus grande que celle du risque officiellement cartographié) et un décalage vers le sud du risque perçue. En effet, on observe que le risque localisé dans le secteur maritime n'est pas reconnu comme tel, le risque étant davantage centré sur les infrastructures côtières.

Dans la zone de Syracuse, la situation est plus complexe, et cela provient principalement de la complexité du risque officiellement cartographié. En effet, alors qu'il était de forme « compacte » à Milazzo, il est beaucoup plus fragmenté dans le cas de Syracuse, ce qui le rend moins facile à identifier, y compris spatialement sur la carte. Certains secteurs ont été très peu identifiés comme étant à risque (secteur côtier à l'est, sud de la zone, nord-ouest...) alors que d'autres zones correspondent à une surestimation du risque (nord de l'étude, centres urbains de Mellili et Priolo-Gargallo). On peut faire l'hypothèse que ces deux villes sont connues comme étant le siège d'industries à risque, et que, en l'absence d'une connaissance précise de la localisation des sites dangereux et surtout de l'extension spatiale des risques, les noms des communes ont été entourés (cercle autour du mot sur la carte).

Parmi les cartographies de sous-échantillons qui ont été réalisées, on peut citer l'exemple des classes d'âge : moins de 25 ans, entre 25 et 60 ans et plus de 60 ans. Si l'on observe l'extension spatiale maximale du risque perçue, elle est à peu près semblable pour les différentes classes d'âge, mais plus restreinte pour les plus de 60 ans. L'expérience de l'espace vécu pourrait ici jouer pour conduire à une connaissance plus fine des risques. Il faudrait cependant pouvoir confronter ces résultats avec la date depuis laquelle les enquêtés habitent dans cette région.

Si l'on se concentre sur la zone de risque perçue maximal (correspondant à un nombre important d'individus qualifiant cette zone), elle est assez décousue pour les moins de 25 ans, elle dépasse très légèrement le sous-secteur à risque sud pour les 25-60 ans, alors que les plus âgés représentent assez fidèlement le sous-secteur sud. Ainsi, l'expérience de l'environnement à risque, éventuellement d'événements accidentels passés, semble favoriser la connaissance de l'extension spatiale des risques actuels. Les résultats obtenus à Syracuse sont du même ordre.

A noter également que les trois groupes d'âge perçoivent toujours assez mal l'espace maritime à risque. On peut supposer que cet espace jouit d'une représentation à part, car ses frontières sont moins facilement délimitables, étant donné son homogénéité morphologique.

Enfin, concernant l'influence du genre, on note que les hommes de Milazzo ont tendance à surestimer le risque par rapport au sous-groupe des femmes, alors que l'observation inverse est faite à Syracuse.

---

## 4. Discussion

Outre les facteurs socio-démographiques tels que l'âge, le niveau de formation ou le sexe, les premiers résultats issus de cette enquête font émerger l'influence des facteurs suivants dans les représentations cognitives de la spatialisation des risques par les individus :

- l'expérience d'un espace, d'un environnement pour qualifier le risque qui lui est lié : l'environnement dans lequel on évolue et que l'on fréquente au quotidien permet d'avoir une meilleure connaissance de celui-ci (Lynch, 1960, in Cauvin, 2007) ;

- la connaissance de l'extension spatiale des risques, souvent peu communiquée et surtout peu intégrée par la population (Beck et Glatron, 2008) : à partir du moment où les limites spatiales d'un risque sont complexes (elles dépassent le simple cercle construit autour d'une usine ou les limites du territoire industriel d'un site dangereux), le risque est plus difficile à identifier par la population. Ceci est renforcé lorsque cette même extension spatiale n'est pas communiquée, ce qui est souvent le cas en général. Il en résulte une mauvaise adéquation entre extension spatiale du risque perçue et extension spatiale du risque mesuré officiellement.

---

## 5. Conclusion

Cette enquête a permis d'évaluer la manière dont la population de Milazzo et Syracuse se représente les risques auxquels elle est soumise. Elle présente par ailleurs des résultats assez différents pour les deux zones, ce qui est riche d'enseignements, compte tenu des contextes différents dans lesquels ces régions s'inscrivent. Il reste à confronter ces résultats avec les réponses fournies aux questions de l'enquête, afin d'identifier d'autres éléments d'explication. Par ailleurs, des ateliers de discussion (focus group) organisés auprès des populations enquêtées et d'experts permettront de mieux comprendre les représentations spatiales de la perception des risques par la population.

*Remerciements* : Christophe Cancé, ingénieur d'études à l'Institut de Géographie Alpine, Grenoble, est remercié pour sa participation au traitement des cartes mentales.

---

## 6. Références bibliographiques

- Banos A., Beck E., Mudu P., Glatron S., soumis, GIS and Health: still invaluable but insufficient tools? AAG 2009 Annual Meeting in Las Vegas, NV, USA, 22-27 March, 2009.
- Beck E., 2006, Approche multi-risques en milieu urbain. Le cas des risques sismique et technologiques dans l'agglomération de Mulhouse (Haut-Rhin). Thèse de doctorat, Université Louis Pasteur, Strasbourg I.
- Beck E., Glatron S., 2008 : Vulnérabilité socio-spatiale aux risques majeurs : l'approche du géographe. Actes du colloque « Vulnérabilités sociétales, risques et environnement : comprendre et évaluer », 14-16 mai 2008, Toulouse.
- Bloch H., 1993, Le grand dictionnaire de la psychologie, Paris, Larousse.
- Bonnet E., 2002, Risques industriels : évaluation des vulnérabilités territoriales. Le cas de l'estuaire de la Seine, thèse de doctorat, Université du Havre.
- Cauvin C., 1999, Pour une approche de la cognition spatiale intra-urbaine, *Cybergeo*, 72.
- Faberi M., Mudu P., 2008, Risk assessment in highly polluted areas, from evidences to actions: lessons from the experience in Sicily. Paper presented at Geneva OMS, 26 nov. 2008.
- Lynch K., 1960, L'image de la cité, Paris, Dunod.

# Modélisation des préférences esthétiques en matière de paysages aquatiques de bras morts : vers la prise en compte des perceptions dans les projets de restauration écologique

**Marylise Cottet, Hervé Piégay, Anne Honegger**

UMR 5600 Environnement, Ville, Société, Université de Lyon 3

[marycottet@wanadoo.fr](mailto:marycottet@wanadoo.fr)

## 1. Contexte et problématique

Afin de pallier à la dégradation des écosystèmes, des politiques de restauration ont vu le jour au cours des deux dernières décennies. Compte tenu des modifications paysagères que ces opérations impliquent et des premiers retours d'expérience, il apparaît opportun de mieux comprendre la perception qu'en a le public (Cairns, 1995 ; Higgs, 1997 ; Donadiou, 2002 ; Charles et Kalaora, 2003). Il est en effet désormais bien admis que la sensibilisation du public à la restauration écologique des milieux et, en définitive, leur pérennité, dépend en partie du rendu visuel de ce milieu après travaux. L'expérience esthétique induit une motivation sociale à agir en faveur des écosystèmes : plus un environnement est jugé beau, plus il est estimé légitime d'être protégé. Le paysage apparaît comme un vecteur de diffusion des enjeux environnementaux auprès du public (Cairns, 1995 ; Nassauer, 1992 ; Nassauer et al., 2001 ; De Vanssay, 2003 ; Gobster et al., 2007 ; Junker et al., 2008). La qualité du paysage constitue donc un indicateur de succès des projets de restauration. Pourtant les connaissances relatives à la perception paysagère des écosystèmes sont encore limitées. Comprendre et anticiper cette perception du public sont deux enjeux majeurs afin de parvenir à une gestion durable des écosystèmes qui soit partagée par les acteurs (De Vanssay, 2003 ; Steinwender et al., 2008). Tel est le but de cette recherche, appliquée à un paysage particulier, celui des bras morts bordant de grands cours d'eau.

Le Haut-Rhône français et l'Ain, l'un de ses principaux affluents, se caractérisent par la présence de nombreux bras morts. Créés par une dynamique fluviale active, ces milieux offrent des conditions favorables au développement de nombreuses communautés aquatiques et terrestres, enrichissant ainsi la biodiversité de ces corridors fluviaux. Leur disparition, au cours du siècle dernier du fait de la stabilisation du lit par des infrastructures, a conduit à la mise en œuvre d'ambitieux projets de restauration écologique.

Dans ce contexte, il semble important d'être en mesure de prévoir les réactions du public face à un paysage aquatique de bras mort donné. La modélisation des préférences esthétiques, telle qu'elle a été réalisée dans le cadre de cette recherche, apporte des réponses concrètes sur l'appréciation ou non des écosystèmes aquatiques visés par les travaux de restauration. A partir d'une série de photographies de plan d'eau de bras mort, un modèle statistique a été calibré afin d'estimer la note moyenne d'esthétique susceptible d'être donnée par le public. La mise au point du modèle a procédé en trois étapes : la définition des variables utilisées dans le modèle, la construction du modèle proprement dite, et enfin la validation du modèle.

## 2. Définition des variables à inclure au modèle des préférences esthétiques

Afin de définir les variables utilisées dans la construction du modèle, un recueil de données de perception des écosystèmes aquatiques a été réalisé : une enquête par photo-questionnaires a été menée sur internet auprès de plus de 400 personnes, choisies pour leur connaissance ou leur absence de connaissance en matière d'écologie des milieux humides. Les photographies ont été choisies de manière à représenter le mieux possible les différents écosystèmes présents au sein des bras morts de l'Ain et du Rhône. Dans un premier temps, il a été demandé aux personnes enquêtées d'évaluer l'esthétique de 16 vues de plan d'eau à partir d'une échelle visuelle analogique. Dans un second temps, ces personnes devaient caractériser ces 16 plans d'eau par des termes de leur choix. Les différents termes mentionnés ont été traités par analyse thématique de contenu (logiciel modalisa) : les 5050 termes cités ont été classés en 58 catégories. Un traitement quantitatif a pu être envisagé à partir des effectifs de chacune de ces catégories. Les analyses statistiques mises en œuvre ont permis de mettre en évidence les variables visuelles qui exercent une influence – positive ou négative – sur la perception du public. Au total, 11 variables nominales ont servi à la construction du modèle : elles se rapportent à des couleurs (dominance de vert, de marron/gris, présence de

couleurs chaudes), à des objets environnementaux (algues, sédiments), à la transparence de l'eau, à la présence éventuelle de reflets ou de tâches de lumière, à la dynamique du milieu.

---

### 3. La construction du modèle

Le modèle des préférences esthétiques consiste à mettre en lien les notes d'esthétique avec la caractérisation visuelle des paysages aquatiques de bras morts (Cossin, 2008). A cette fin, une analyse de régression sur les axes factoriels d'une analyse des correspondances a été menée (Lebart et al., 2004, Stigter et al., 2008) : les 16 photographies utilisées dans le questionnaire ont été caractérisées en fonction des 11 variables définies plus haut et une analyse des correspondances multiples (ACM) a été effectuée afin de simplifier le jeu de données en soulignant les correspondances entre modalités et en transformant l'information discrète en données continues. Les variables de caractérisation visuelle les plus significatives ont ainsi pu être mises en évidence. Les coordonnées factorielles de chacune des photographies sur les trois premiers axes de l'ACM ont été calculées. Ces données ont ensuite été intégrées à une analyse de régression multiple en tant que variables indépendantes, la variable dépendante étant la moyenne des notes d'esthétique de chacune des 16 photographies attribuées par le groupe qui a été interrogé.

---

### 4. La validation et l'application du modèle à de nouvelles données

Afin d'évaluer la qualité du modèle produit, une validation croisée a été réalisée afin d'estimer l'erreur de généralisation. Un échantillon supplémentaire de personnes a été interrogé afin d'analyser la robustesse du modèle.

Un nouveau jeu de photographies a également été réalisé, chacune d'elles étant caractérisées à partir des variables discrètes retenues. Ces données ont été intégrées comme données supplémentaires dans l'ACM afin d'extraire les coordonnées factorielles permettant de calculer la préférence esthétique. Ces données prédites ont également été confrontées aux notes moyennes d'esthétique attribuées par le groupe enquêté lors de l'étape de validation.

Le modèle des préférences esthétiques en matière de plan d'eau de bras morts devrait être susceptible d'apporter des réponses aux acteurs environnementaux pour la mise en œuvre opérationnelle de projets concertés de restauration. En effet, la mise à disposition de données relatives à la perception des paysages de bras morts par le public permet d'envisager certaines actions de communication bien ciblées pour expliquer les enjeux de certaines interventions sur les écosystèmes qui pourraient être perçues a priori de manière négative. Les perspectives de tels modèles semblent prometteuses pour le développement des projets intégrés de restauration, et plus largement pour une gestion des écosystèmes, située à l'interface des problématiques environnementales et sociales.

---

### 5. Références bibliographiques

- Cairns J. J., 1995, Ecosocietal restoration. Reestablishing humanity's relationship with natural systems, *Environment* 37(5): 4-9 ; 30-33.
- Charles L., Kalaora B., 2003, L'ingénierie écologique entre écologie, technique et aménagement : des enjeux durables, in Lévêque C., Van der Leeuw S., *Quelles natures voulons-nous ? Pour une approche socio-écologique du champ de l'environnement*, Paris, Elsevier, 225-235.
- Cossin M., 2008, *Caractérisation paysagère de quelques cours d'eau de taille moyenne des bassins du Rhône et de la Loire : Éléments méthodologiques pour une gestion durable des corridors fluviaux*, thèse en géographie et aménagement, Université Jean Moulin Lyon 3.
- De Vanssay B., 2003, Les représentations de l'eau, *Vertigo* 4(3).
- Donadieu P., 2002, Les références en écologie de la restauration, *La terre et la vie*, supplément 9, 109-120.
- Gobster P. H., Nassauer J. I., Daniel T. C., 2007, The shared landscape: what does aesthetics have to do with ecology? *Landscape ecology*, 22, 959-972.
- Higgs E. S., 1997, What is good ecological restoration ? *Conservation biology*, 11(2), 338-348.
- Junker B., Buchecker M., 2008, Aesthetic preferences versus ecological objectives in river restorations, *Landscape and urban planning*, 85, 141-154.
- Lebart L., Morineau A., Piron M., 2004, *Statistiques exploratoires multidimensionnelles*, Paris, Dunod.
- Nassauer J. I., 1992, The appearance of ecological systems as a matter of policy, *Landscape Ecology* 6(4), 239-250.
- Nassauer J. I., Kosek S. E., et al., 2001, Meeting public expectations with ecological innovation in riparian landscapes, *Journal of the american water resources association* 37(6), 1439-1443.
- Steinwender A., Gundacker C., Wittmann K. J., 2008, Objective versus subjective assessments of environmental quality of standing and running waters in a large city, *Landscape and urban planning* 84, 116-126.
- Stigter T.Y., Ribeiro L., Carvalho Dill A.M.M., 2008, Building factorial regression models to explain and predict nitrate concentrations in groundwater under agricultural land, *Journal of hydrology* 357, 42-56.





Neuvièmes Rencontres de Théo Quant

Besançon, 4-6 mars 2009

[www.thema.theoquant.fr](http://www.thema.theoquant.fr)

---

# Atelier 7

**Analyse des mobilités et de leurs  
impacts**

# Household Location Choice with Different Modal Accessibilities in the Lyon Urban Area with the UrbanSim Application

**Marko Kryvobokov, Nicolas Ovtracht, Valérie Thiébaud, Fabrice Marchal**

UMR 5593 Laboratory of Transportation Economics (LET), Lyon, France

[Nicolas.Ovtracht@let.ish-lyon.cnrs.fr](mailto:Nicolas.Ovtracht@let.ish-lyon.cnrs.fr)

## 1. Context

The main objective of the paper is to study how different modal accessibilities are reflected in the household location choice in the Lyon Urban Area. Accessibility is measured as travel time to the city centre and other destinations. Travel time by public transport is used versus travel time by car at peak and off-peak hours. The specific question addressed in the paper is which modal accessibility fits better the model of household location choice.

Transportation-land use models are important tools for decision-makers as well as for researchers in urban planning and transportation. The overviews of the contemporary frameworks representing the state-of-the-art of transportation-land use modelling can be found in Wegener (2004) and Hunt *et al.* (2005). One of the focuses of this kind of modelling is location choice made by households in an urban area.

In the current study, a transportation-land use modelling framework UrbanSim is applied. It was developed at the University of Washington (Waddell, 2002; Waddell *et al.*, 2003) as an open-source project (UrbanSim Project, 2008). Its popularity among researchers and practitioners is increasing in the world (Waddell *et al.*, 2008). The experience with UrbanSim in France includes the Paris application (De Palma *et al.*, 2005; De Palma *et al.*, 2007) and the Lyon application (Patterson *et al.*, 2008).

## 2. Methods

UrbanSim includes the system of models, which are estimated for the base year and then are used for simulation of future years. The methodology applied in UrbanSim includes the multinomial logit (MNL) models for location choice modelling and the Ordinary Least Squares (OLS) regression models for residential land share and land prices modelling. The models in the current UrbanSim application include the Household Location Choice Model (HLCM), the Employment Location Choice Model (ELCM), the Development Project Location Choice

Model (DPLCM), the Residential Land Share Model (RLSM), the Land Price Model (LPM), and the Real Estate Price Model (REPM).

Transportation model is an external model in UrbanSim. Travel times are generated with a four-step transportation model MOSART (MOdélisation et Simulation de l'Accessibilité aux Réseaux et aux Territoires), which uses Visum from PTV. Travel time estimated for public transport is based on schedule for local train and on frequency for bus, tram and metro for a week-day. Travel time by car is calculated for peak and off-peak hours considering road classification. The travel times obtained with MOSART are then applied in different models of UrbanSim including the HLCM. The accessibility is considered either as a travel time to the Lyon CBD, or as accessibility indices.

The residential location choice is analysed in the Lyon Urban Area, which is the second biggest in France by population. The area analysed is 3.3 thousand square kilometres, the population is 1.6 million inhabitants, which compose 662 thousand households. Geographically, the territory is divided into traffic analysis zones (TAZs), which correspond to IRIS from INSEE, and "gridcells", which correspond to ILOT. The transportation model uses TAZs, while the HLCM and the other UrbanSim models apply "gridcells".

## 3. Application

The application of UrbanSim in the Lyon Urban Area proceeded in two stages, and the second one is currently in the focus. The first application geographically was based on TAZs only.

The process of modelling with UrbanSim in the current study is as follows. With the initial specification of the models, the regression coefficients are estimated for the base year, which is 1999. These coefficients are used for simulation of household location choice and other outputs for future years. The simulated distribution of households in ILOT in 2005 is compared with actual figures for that year. The models can be calibrated to obtain better results.

Because in the current UrbanSim application we use more detailed data to compare with the previous application, we expect better results in general and more complicated geographical distribution of households in particular. The results for household location choice received with

different modal accessibilities are compared in two ways: firstly, the goodness-of-fit of the estimated models, and secondly, the difference between the simulated results and actual population distribution.

---

#### 4. References

- de Palma A., Motamedi, K., Picard, N., and Waddell, P., 2005, A model of residential location choice with endogenous housing prices and traffic for Paris region. *European Transport*, 31, 67-82.
- de Palma, A., Motamedi, K., Picard, N., Waddell, P., 2007, Accessibility and Environmental Quality: Inequality in the Paris Housing Market. *European Transport*, 36, 47-64.
- Hunt, J. D., Kriger, D. S., and Miller, E. J., 2005, Current Operational Urban Land-use-Transport Modelling Frameworks: A Review. *Transport Reviews*, 25 (3), 329-376.
- Patterson, Z., Kryvobokov, M., Marchal, F., Bierlaire, M., 2008, *Disaggregate Models with Aggregate Data: Two UrbanSim Applications*, working paper, 21 p.
- UrbanSim Project, 2008, *Opus: The Open Platform for Urban Simulation and UrbanSim Version 4 – Reference Manual and Users Guide*, Technical Report, Center for Urban Simulation and Policy Analysis, University of Washington, Seattle, Washington.
- Waddell, P., 2002, UrbanSim: Modeling Urban Development for Land Use, Transportation and Environmental Planning. *Journal of the American Planning Association*, 68 (3), 297-314.
- Waddell, P., Borning, A., Noth, M., Freier, N., Becke, M., and Ulfarsson, G., 2003, Microsimulation of Urban Development and Location Choices: Design and Implementation of UrbanSim. *Networks and Spatial Economics*, 3 (1), 43-67.
- Waddell, P., Wang, L. and Liu, X., 2008, UrbanSim: An Evolving Planning Support System for Evolving Communities. Paper forthcoming in *Planning Support Systems*, edited by Brail, R. Lincoln Institute for Land Policy.
- Wegener, M., 2004, Overview of Land-use transport models, in D. A. Heshner and K. Button (eds.), *Transport Geography and Spatial Systems*, Handbook 5 of the *Handbook in Transport*, Pergamon/Elsevier Science, Kidlington, the UK: 127-146.

# Mobilité résidentielle transfrontalière et recomposition des espaces de vie des actifs du Luxembourg

## Une approche par l'analyse spatiale

**Samuel Carpentier**

Centre d'Étude de Populations, de Pauvreté et de Politiques Socio-Économiques (CEPS/INSTEAD), Differdange, Luxembourg

[samuel.carpentier@ceps.lu](mailto:samuel.carpentier@ceps.lu)

### 1. Contexte

La construction de l'Union Européenne, et notamment la mise en place de l'espace Schengen en 1997, a créé un espace de libre circulation des personnes, des biens et des services qui facilite les échanges transfrontaliers. Dans une région comme celle du Luxembourg, ces évolutions ont eu un impact important sur la mobilité des individus, que ce soit en termes de déplacements quotidiens ou de parcours résidentiels. En effet, loin d'entraîner un nivellement socio-économique entre les pays, la mobilité facilitée a, au contraire, cristallisé les forts différentiels qui persistent de part et d'autre des frontières nationales, tout en favorisant les échanges transfrontaliers. Ainsi, au Luxembourg, le différentiel de salaire attire chaque jour près de 140 000 travailleurs frontaliers au Grand-Duché ; tandis que les prix fonciers et immobiliers s'avèrent être un facteur plutôt répulsif dans la mesure où il est souvent moins onéreux de se loger en Allemagne, en Belgique ou en France. Depuis quelques années, ces différentiels socio-spatiaux ont donc conduit de plus en plus de résidents du Luxembourg à s'installer dans les régions frontalières tout en conservant leur emploi au Grand-Duché. Actuellement encore assez mal connu, ce phénomène est déjà un sujet sensible du point de vue du Luxembourg, qui perd un certain nombre de résidents, ou encore du point de vue des communes frontalières, qui accueillent un nombre parfois important de nouveaux venus.

### 2. Objectif

Cette communication vise à analyser à la fois les stratégies résidentielles qui ont conduit, entre 2001 et 2007, près de 8 000 actifs à quitter le territoire luxembourgeois, ainsi que les conséquences de cette mobilité résidentielle sur les déplacements quotidiens. L'objectif poursuivi est double. Du point de vue théorique, il s'agit, à travers l'analyse des

interactions entre mobilités quotidienne et résidentielle, de mettre en évidence les processus de transformations des espaces de vie des individus. Pour ce faire, nous mobilisons le concept de capital spatial (LÉVY, 2003) qui consiste, d'une part, en la richesse de l'expérience spatiale, permettant de développer des compétences et, d'autre part, en la multiplication de points d'ancrages, au gré des localisations résidentielles successives, constituant le patrimoine des lieux appropriés. Compétences et patrimoine spatial sont alors des ressources mobilisables par l'individu pour réaliser son programme d'activités et pouvant façonner les espaces de vie selon différentes modalités. Cela se traduit notamment par un élargissement des espaces de vie et/ou par des inerties, liées aux points d'ancrages précédents. Du point de vue méthodologique, l'objectif principal est l'articulation des méthodes de l'analyse spatiale et de la statistique multivariée au sein d'une approche désagrégée au niveau de l'individu.

### 3. Données

S'agissant d'un phénomène transnational, impliquant quatre pays différents, les bases de données disponibles sont éparpillées et difficilement comparables. De plus, se pose la question cruciale des bases de données disponibles pour de telles analyses articulant mobilité quotidienne et mobilité résidentielle. En effet, le recueil des déplacements quotidiens nécessite la mise en place de protocoles d'enquête lourds, tels que le carnet de bord (ou le suivi par GPS), ce qui est réalisé le plus souvent lors d'enquêtes ponctuelles (par exemple les « Enquêtes Ménages Déplacements » du CERTU en France) qui ne permettent donc pas de suivre les individus dans le temps. Ainsi, le décalage entre les temporalités de la mobilité quotidienne et de la mobilité résidentielle s'avère être non seulement un défi conceptuel, que l'on peut approcher à partir des concepts de capital spatial ou encore de motilité (Kaufmann et Jemelin, 2004), mais surtout un défi méthodologique.

Face à cette absence de données adéquates, une enquête a été réalisée au printemps 2008, par courrier, auprès de l'ensemble de la population des actifs occupés résidant au Luxembourg qui se sont installés dans un pays frontalier entre 2001 et 2007. L'analyse de la population de référence et la constitution de la base de contact, indispensables au bon déroulement de l'enquête, se sont appuyées sur les fichiers de l'Inspection Générale de la Sécurité Sociale (IGSS) du Luxembourg ; cette base de données administrative est, en effet, la seule permettant de réunir dans un même fichier, avec une certaine profondeur temporelle, les frontaliers d'Allemagne, de Belgique et de France et les résidents du Luxembourg. Sur 7 715 personnes contactées, avec un taux de réponse de près de 25%, l'enquête fournit finalement un échantillon de 1 939 répondants pour lesquels on dispose des adresses des domiciles successifs, ainsi que d'un certain nombre de lieux d'activités<sup>1</sup> avant et après le déménagement hors du Luxembourg.

---

#### 4. Méthodologie

Pour mettre à l'épreuve l'hypothèse d'une résilience des espaces de vie suite à une mobilité résidentielle transfrontalière, les analyses s'appuient sur les outils de l'analyse spatiale en combinant statistiques multivariées et géostatistiques. Pour ce faire, l'ensemble des lieux de résidence et d'activités des enquêtés ont été géocodés dans un SIG, selon deux temporalités : avant et après leur déménagement. Le SIG est ensuite couplé avec une base de données relationnelle contenant les données sociodémographiques issues de l'enquête.

Dans un premier temps sont analysés les flux résidentiels selon leur orientation, leur dispersion et leur portée (à partir de calculs de distances, d'ellipses standards, etc.). Puis, l'analyse porte, dans un second temps, sur les lieux d'activités qui forment les espaces de vie et leurs évolutions suite au déménagement. L'ensemble de ces objets géographiques (parcours résidentiels et espaces de vie) sont également analysés en fonction des caractéristiques des individus (par exemple : nationalité, pays d'accueil, classes d'âge) en réutilisant les résultats obtenus *via* le SIG dans des analyses statistiques multivariées (analyses factorielles et classifications notamment).

---

#### 5. Résultats préliminaires et résultats attendus

Les résultats mettent en évidence différents profils de mobilité, articulant stratégies résidentielles et déplacements quotidiens. Sans surprise, un des facteurs discriminants majeurs de l'évolution des espaces de vie est la nationalité. Ainsi, les luxembourgeois s'avèrent plus attachés à leurs lieux d'activités au Luxembourg ; pour eux, ces lieux « hérités » de l'ancien espace de vie sont plus nombreux que pour l'ensemble de la population enquêtée (pour les luxembourgeois, 45% des activités renseignées ont encore lieu au Grand-Duché suite au déménagement, contre seulement 30% pour les autres nationalités). Par ailleurs, la distance entre la frontière et le nouveau domicile est également un élément important de la propension à conserver des lieux d'activités au Luxembourg. On peut toutefois noter que, s'agissant d'actifs occupés au Luxembourg, le lieu de travail vient parfois se substituer au domicile comme lieu structurant de l'espace de vie (Boulhabal, 2001) suite au déménagement transfrontalier.

Outre les caractéristiques individuelles telle que la nationalité, l'âge ou encore le type de ménage, il s'avère que le type d'activité, selon son degré de flexibilité temporelle ou spatial (Ramadier et al., 2005), intervient également dans la plus ou moins grande résilience des espaces de vie, suite au déménagement transfrontalier.

Finalement, le concept de capital spatial se révèle un outil d'analyse prometteur pour l'analyse des interactions entre mobilités quotidienne et résidentielle. La constitution d'un patrimoine spatial, à partir de l'expérience fournie par les parcours résidentiels et les lieux d'activités, semble influencer la construction et la transformation des espaces de vie. Par ailleurs, la richesse de l'expérience spatiale conduit également au développement de compétences (motilité), mais aussi de routines, de schèmes comportementaux qui interviennent également dans la construction de ces espaces de vie transfrontaliers.

---

<sup>1</sup> Neuf types d'activités, répondant à des contraintes spatio-temporelles différentes, ont été proposés : travail ; faire les courses ; sport ; restaurant / bar ; cinéma / spectacle ; visite à la famille ; visite à des amis ; coiffeur ; médecin généraliste ou spécialiste.

---

#### 6. Références bibliographiques

- Boulhabal M.-H., 2001, Effet polarisant du lieu de travail sur le territoire de la vie quotidienne des actifs, *Recherche Transports Sécurité*, Elsevier, 73, 43 63
- Kaufmann V., Jemelin C., 2004, « La motilité, une forme de capital permettant d'éviter les irréversibilités socio-spatiales ? », Communication au colloque *Espaces et sociétés aujourd'hui. La géographie sociale dans les sciences et dans l'action*, Rennes, 21-22 octobre 2004.
- Lévy J., Lussault M., (dir.), 2003, *Dictionnaire de la Géographie et de l'espace des sociétés*, Belin, Paris.
- Ramadier T., Lee-Gosselin M., Frenette A., 2005, Conceptual perspectives for explaining spatio-temporal behaviour in urban area, in Lee-Gosselin M., Doherty S., *Integrated Land-Use and Transportation Models: Behavioural Foundations*, Elsevier.

# Génération automatisée de visualisations animées pour l'exploration des trajectoires individuelles de mobilité : guider l'intuition dans l'analyse de données complexes

**Laure Charleux, Sonia Chardonnel**

UMR 5194 PACTE, IEP-UJF-UPMF-CNRS, Grenoble

[laure.charleux@ujf-grenoble.fr](mailto:laure.charleux@ujf-grenoble.fr)

## 1. Contexte

Les pratiques de mobilité quotidienne et les déplacements qu'elles induisent dans la ville permettent aux individus d'accomplir l'ensemble des tâches qu'ils ont à réaliser une journée donnée, souvent en coordination spatio-temporelle avec d'autres personnes. Au niveau individuel, la mobilité est ambivalente : entre moyen d'émancipation permettant l'accès aux ressources du territoire, contrainte onéreuse ou chronophage ou obstacle insurmontable, sa perception varie selon le contexte propre à chaque individu. Au niveau collectif, la fourmilière urbaine est la résultante des déplacements que les individus choisissent/peuvent/sont contraints d'accomplir. Il y a donc un intérêt crucial à comprendre les ressorts de la mobilité au niveau individuel pour pouvoir modéliser, prévoir et agir sur les dynamiques du peuplement.

## 2. Objectif et méthodes

Un groupe de travail de l'UMR PACTE s'est donc lancé dans ce but dans la mise au point de méthodes permettant l'analyse secondaire des enquêtes standard CERTU (Enquêtes Ménages-Déplacements), en exploitant l'information qu'elles contiennent sur les caractéristiques sociales des individus et leurs activités. Une première approche a consisté à chercher à caractériser des types d'emplois du temps et de l'espace et de systèmes de mobilité afférents, à l'aide de méthodes statistiques exploratoires (André-Poyaud & al., 2008). L'analyse s'est révélée fructueuse mais a montré des limites importantes, liées notamment à la perte de la chronologie (temporalité et enchaînement) des activités et des déplacements (« trajectoires »). D'autres tentatives ont été menées pour réintroduire la chronologie dans des analyses globales (correspondance des chroniques d'activités, analyse harmonique notamment) (Chardonnel et al., à paraître) sans que les résultats obtenus n'affaiblissent la nécessité d'indicateurs caractérisant les trajectoires au niveau individuel.

Les indicateurs sur les trajectoires individuelles imaginables *a priori* sont innombrables, et la plupart d'entre eux s'avèreraient non pertinents au sens où leur variation ne serait pas significative ou bien ne pourrait être mise en relation avec aucune autre caractéristique individuelle disponible. Se lancer dans la création d'indicateurs en aveugle reviendrait donc à se contenter de chercher à mesurer des phénomènes déjà identifiés par d'autres études ou bien à lancer des coups de sonde au hasard en espérant être chanceux. C'est pourquoi il apparaît éminemment souhaitable de ne plus être « aveugle », c'est-à-dire de pouvoir explorer les trajectoires individuelles par la visualisation, de manière à repérer « à l'œil » des phénomènes intéressants, pour la mesure desquels il est ensuite possible de compiler des indicateurs *ad hoc* qui s'avèreront probablement pertinents.

Plusieurs équipes sont mobilisées depuis plusieurs années sur la recherche de modes de visualisation efficaces de données de mobilité, et des propositions intéressantes ont été faites. Mais pour notre propos, la visualisation doit être à la fois interactive et animée : interactive car, l'empilement des trajectoires les rendant illisibles, il faut pouvoir visualiser des groupes d'individus et en changer à la demande ; animée car c'est le meilleur moyen d'appréhender la succession des déplacements et des activités, ainsi que leur éventuels synchronismes au sein du groupe considéré. Or la combinaison de l'animation et de l'interactivité n'est pas couramment répandue dans les solutions de visualisation actuellement disponibles.

En attendant une solution logicielle intégrée<sup>1</sup> et afin de débloquent ce verrou méthodologique par une solution provisoire, une fonction a été écrite pour le logiciel de calcul libre Octave (et est disponible sur demande) permettant de générer des fichiers SVG animés représentant les trajectoires d'une liste d'individus (les listes pouvant être établies à partir d'Octave par des requêtes sur une table attributaire et l'animation étant générée à partir de l'interprétation d'une matrice de

<sup>1</sup> Un programme de recherche PEPS est en cours, en partenariat entre un groupe de travail de l'UMR PACTE et l'équipe STEAMER du LIG pour monter une plate-forme interactive de visualisation et d'exploration des données de mobilité individuelle.

déplacements). L'interactivité n'est qu'approchée au sens où il n'est pas possible de modifier la liste des individus visualisés à partir d'une interface intégrée, mais la génération d'un SVG dans Octave ne prenant que quelques secondes, il est dans la pratique possible pour l'opérateur de générer les visualisations à la demande.

La visualisation actuellement utilisée représente les déplacements des personnes par des segments de droite entre leur lieu de départ et leur lieu d'arrivée, tracés dynamiquement en fonction de l'écoulement du temps. La couleur du trait code le mode de déplacement. Les activités réalisées entre deux déplacements sont représentées par des cercles, dont la superficie interne varie proportionnellement au temps passé à chaque activité. La couleur du cercle code le type d'activité. D'autres types de visualisations pourraient être programmés<sup>1</sup>.

Un cas d'utilisation est construit à partir des trajectoires des couples avec enfants du quartier de la Villeneuve à Grenoble (EMD 2002) entre 6h et 20h. Les images fixes proposées ci-après, qui correspondent à l'état de fin de l'animation, permettent de noter une aire de déplacement beaucoup plus importante pour les pères que pour les mères, puisque les premiers quittent fréquemment la commune voire l'agglomération (surtout en direction du nord-ouest) alors que les secondes demeurent le plus souvent dans la ville-centre. On constate également que les pères se déplacent presque exclusivement en voiture alors que les mères utilisent plus les transports en commun, notamment en centre ville. On a également l'impression que les types d'activité des mères sont un peu plus diversifiés que celles des pères, même si dans les deux cas travail et domicile dominant. Le déroulement des animations nous révèle par ailleurs que les mères se déplacent et changent d'activité à un rythme plus soutenu que les pères et reviennent plus fréquemment au domicile

pendant la journée. Elles semblent également quitter le domicile plus tard et de manière plus synchrone.

L'ensemble de ces constats visuels, ou impressions, servent ensuite de base à l'élaboration d'indicateurs numériques individuels : distance domicile-destination la plus lointaine, fréquence/temps d'utilisation de la voiture/des transports en commun, nombre d'activités/de déplacements, nombre d'activités différentes, nombre de retours au domicile dans la journée, heure de premier départ du domicile. Des tests statistiques sont ensuite effectués à partir de ces indicateurs afin de valider l'existence des phénomènes décelés à l'œil et de les quantifier. Par exemple un test d'égalité des moyennes permet de vérifier si les pères s'éloignent significativement plus du domicile que les mères etc.

Le cas d'utilisation peut bien entendu être étendu ou reproduit pour d'autres secteurs géographiques. Les mêmes tests ou des analyses plus complexes permettent alors de comparer ces indicateurs sur des secteurs différents. La Villeneuve est un quartier urbain défavorisé, les balcons de Belledonne, au contraire, constituent un secteur périurbain de moyenne montagne considéré comme privilégié : les mères habitant sur les balcons de Belledonne s'éloignent-elles plus de leur domicile que les mères de la Villeneuve ? S'éloignent-elles moins que les pères des balcons de Belledonne ? L'écart entre l'éloignement des pères et des mères est-il différent entre les balcons de Belledonne et le quartier de la Villeneuve ?

Cette approche permet donc de lever un coin du voile sur les influences respectives du social et du spatial sur les comportements de mobilité individuelle, ce que les analyses exploratoires globales n'avaient pas permis de faire.

---

<sup>1</sup> La procédure est notamment bien adaptée à la génération de cartes choroplèthes animées « non-discrétisées ».

---

### 3. Références bibliographiques

- André-Poyaud I., Chardonnel S., Charleux L., Tabaka K. (2008), La mobilité au cœur des emplois du temps des citadins, in Chalas Y., Paulhiac F. (dirs.), *La mobilité qui fait la ville, Actes des 3èmes rencontres internationales en Urbanisme de l'UUG*, Editions du Certu, 67-95.
- Bahoken F., Bottai M., Dureau F., Giroud M., Imbert C., Royoux D. (2007), « Modes et modalités de déplacement : étude comparative Poitiers (France) et Pise (Italie) », *Séminaire de l'URO6 " Mobilité, territoires, habitat et sociabilité " de l'INED*. INED, 9 janvier 2007.
- Chardonnel S., Charleux L., Thibaut P. (à paraître), « Mobilités et emplois du temps quotidiens : analyser les routines par la mesure des concordances d'actogrammes », in Banos A., Thévenin T., *Information géographique et transports urbains*, Paris, Hermès-Lavoisier, collec. IGAT.
- Klein O., 2007, *Modélisation et représentations spatio-temporelles des déplacements quotidiens urbains*. Thèse de Géographie. Strasbourg, Université Louis Pasteur Strasbourg I.
- Kraak M.-J. (2003), « The space-time cube revisited from a geovisualization perspective », *Proceedings of the 21st International Cartographic Conference (ICC) « Cartographic Renaissance »*, hosted by The International Cartographic Association (ICA), Durban, South Africa, Document Transformation Technologies.
- Kwan M.-P., 2000, Interactive geovisualization of activity travel patterns using three dimensionnal geographical information system: a methodological exploration with a large set of data, *Transportation research*, Part C 8, 185-203.

# Impact des localisations résidentielles sur les arbitrages temporels mobilité-activité

**Iragael Joly\***, **Nicolas Ovtracht\*\***, **Valérie Thiébaud\*\***

\* GAEL : Laboratoire d'Economie Appliquée, Grenoble

\*\* UMR 5593 Laboratoire d'Économie des Transports (LET), Lyon

[iragael.joly@inpg.fr](mailto:iragael.joly@inpg.fr)

L'article propose l'approfondissement de la communication faite à Théoquant 2007 : « *Impact of the residential location on the relation between travel time and activities duration* ». L'objectif reste l'étude et la compréhension des comportements de mobilité au travers des relations entre temps de transport et temps d'activités selon la localisation résidentielle.

Les études de la mobilité fondées sur une approche basée sur les activités (« *activity-based approach* ») introduisent rarement le caractère spatial du contexte de la mobilité. Pourtant, les premiers résultats présentés en 2007 suggéraient l'existence d'un lien entre les caractéristiques de la zone de localisation résidentielle et les temps de transport consentis. Principalement, les résultats identifiaient l'impact de l'accès à des bretelles de voies rapides (ou autoroutes) autour de Grenoble sur le temps quotidien alloué au transport.

Toutefois, certaines dimensions non explicitement prises en compte dans l'étude précédente limitent la portée des intuitions illustrées. Tout d'abord, le temps quotidien de transport total était considéré, ce qui ne permettait pas l'identification de l'hétérogénéité des emplois du temps. Ainsi, sous une apparente similarité des temps de transport quotidien, deux individus pouvaient présenter des emplois du temps différents (par le nombre d'activités poursuivies, par exemple). Ensuite, la caractérisation spatiale des zones de localisation résidentielle n'était captée que par un simple indicateur de présence dans la zone d'une bretelle d'accès aux voies rapides.

Le présent article approfondit l'étude de cette détermination des temps de transport par les caractéristiques urbaines. Pour cela, la notion de chaînes de déplacements est retenue pour décrire les séquences constituant les programmes d'activités. Ainsi, les temps de transport sont calculés au niveau des chaînes de déplacements centrées sur le domicile et associées aux vecteurs de motifs de déplacement les plus représentatifs. (domicile-travail-domicile ; domicile-travail-achat-domicile ; etc.). L'identification des motifs sous-jacents permettra l'étude de la relation entre les temps de transport et les durées d'activités composant ces chaînes. Par ailleurs, la caractérisation spatiale des zones de localisation sera constituée des bretelles d'accès aux voies rapides et autoroutes en distinguant leur gratuité ou non, ainsi que de la présence d'une gare TER pondérée par un indicateur de fréquence de passage des trains. La méthode quantitative retenue se fondera sur une modélisation des durées de transport des chaînes de déplacements par un modèle de durées paramétrique (englobant le modèle du précédent article : semi paramétrique de Cox à hasards proportionnels).

Enfin, les estimations seront réalisées sur les données issues des deux enquêtes ménages déplacements de Grenoble 2002 et Lyon 2006. La robustesse de l'apparente similarité des relations entre temps de transport et durées d'activité entre les deux villes, présentée dans le papier précédent, sera testée à un niveau plus fin de description des activités et en incluant la caractérisation du système de transport.

# Vers des indicateurs locaux de performance énergétique : les étiquettes énergétiques territoriales

**Jean-Philippe Antoni, Yann Fléty, Gilles Vuidel, Marie-Hélène De Sède-Marceau**

UMR 6049 ThéMA, CNRS/Université de Franche-Comté  
[jean-philippe.antoni@univ-fcomte.fr](mailto:jean-philippe.antoni@univ-fcomte.fr)

## 1. Contexte

Le constat d'un changement climatique global est aujourd'hui à l'origine d'un objectif très concret de réduction des émissions de gaz à effets de serre, lui-même nécessairement corrélé à une réduction de la consommation énergétique globale (Facteur 4). Cette perspective se traduit par la définition d'objectifs en matière de maîtrise et d'amélioration de l'efficacité énergétique (Grenelle de l'environnement, Kyoto, Plan Climat, Directives européennes, etc.). Parallèlement, la pénurie annoncée des énergies fossiles (Pic de Hubbert), très directement impliquées dans les comportements de mobilité actuelle, est préoccupante sur le plan de l'efficacité et l'économie énergétiques. Dans ce contexte, deux secteurs énergétiques retiennent particulièrement l'attention : l'habitat résidentiel (ou de fonction tertiaire) et la mobilité quotidienne (MEDADD, 2004 ; DGEMP, 2008). Ce constat permet d'identifier les domaines des transports et du résidentiel comme des secteurs particulièrement importants de la consommation énergétique, sur lesquels il pourrait être particulièrement intéressant de faire levier dans le cadre des objectifs de réduction cités précédemment.

Par ailleurs une des spécificités de l'habitat résidentiel, des fonctions tertiaires et des mobilités quotidiennes réside dans leur très forte concentration en milieux urbains. Plus précisément, ces fonctions sont en elles-mêmes à l'origine des formes et des structures urbaines et territoriales (la fonction crée la forme mais aussi la forme induit de nouvelles fonctions parfois). Cette configuration ajoute un certain degré de complexité à leur prise en compte, dont la dimension prospective ne peut se dissocier des questions d'urbanisme et d'aménagement du territoire. Dans ce contexte, l'efficacité énergétique devient un élément central de la planification urbaine et plus généralement de la planification territoriale. Elle est aujourd'hui prise en compte dans de nombreux documents spécifiques (Agenda 21, Schéma des services collectifs de l'énergie, PLU, SCoT, etc.). Pour autant, les questions énergétiques ne sont souvent considérées que par l'intermédiaire des émissions

qui leurs sont associées, et n'apparaissent en définitive que comme des « sous-produits » de la question climatique globale (Magnin, 2007). Pour remédier à cet écueil, une des mesures proposées par le Grenelle de l'Environnement vise désormais à mieux intégrer les préoccupations énergétiques dans les documents d'urbanisme (MEDADD, 2008).

## 2. Objectif

Pour répondre à ces questions liées au domaine de l'énergie et aux besoins de les intégrer dans un cadre territorial, plusieurs modèles ont été mis au point, qui permettent d'évaluer les consommations et les émissions sur plusieurs plans, associant des approches et des méthodologies originales et spécifiques. On peut notamment différencier des modèles technico-économiques fonctionnant à grande échelle (Gusbin, 2003), des modèles plus spécialisés considérant l'espace géographique à plus petite échelle comme COPERT, ENERTER, ou encore ETHEL (Raux, 2006). Mais finalement assez peu d'outils et d'indicateurs proposent une entrée véritablement spatiale ou territoriale.

Dans ce cadre, il semble pertinent de décrire les territoires en matière de « comportements énergétiques », qui, dans un premier temps, pourraient se focaliser sur deux champs d'investigations majeurs : l'habitat résidentiel et la mobilité quotidienne. Ce constat nous amène à proposer la notion d'« Étiquettes énergétiques territoriales », sous-tendue par l'hypothèse suivante : la localisation géographique au sein d'un territoire, d'un bâtiment dont les fonctions soit résidentielles, soit tertiaires, soit mixtes (résidentielles et tertiaires), induit nécessairement des « comportements » de consommation énergétique, au moins de deux manières : 1. Par le simple fait de la distance aux services, lieu de travail, etc. que cette localisation induit (variables de mobilité) en considérant les déplacements ; 2. Par le jeu des conditions liées à son contexte pour les bâtiments (latitude, altitude, orientation, conditions topographiques, densités, etc.) (variables de contexte).

---

### 3. Méthode

De ce fait, l'intégration de spécificités territoriales tenant compte des pratiques spatiales des habitants (à travers une typologie relevant d'aspects spatiaux comme socio-économiques) semble incontournable pour évaluer la consommation énergétique différenciée de chaque territoire, notamment dans les secteurs de l'habitat résidentiel et/ou tertiaire et des mobilités quotidiennes. Aussi, l'ambition cette communication est d'évaluer ces « comportements énergétiques territoriaux ». Pour ce faire, nous proposons d'associer et de synthétiser deux éléments au sein d'un indicateur unique, intitulé « Étiquette énergétique territoriale »: (1) une évaluation énergétique des mobilités associées à une zone ; (2) une évaluation énergétique intégrant les aspects relatifs aux bâtiments et à leurs occupants (on parle ici du « couple habitat-habitant »).

En ce qui concerne les mobilités quotidiennes, certaines variables significatives affectant les consommations énergétiques centrées sur les transports, sont proposées par S. Owen (in : Mitchell, 2005) et Fusco (Fusco, 2001). En matière de mobilité, dans un premier temps, la méthodologie concernant la construction de typologie, fournie par le projet ETHEL (Raux, 2006) concernant les déplacements, peut également être retenue. De ce fait, nous proposons de compléter ces deux approches et de calculer la consommation liée aux mobilités en tenant compte des distances que la localisation chaque zone demande de parcourir pour relier : (1) les zones d'emploi (dans lesquelles on inclut les établissements scolaires et les universités) ; (2) les aménités urbaines (principalement composées des services et des commerces) du territoire considéré ; (3) éventuellement des aménités de loisirs (parcs, espaces périphériques récréatifs, etc.).

En ce qui concerne les consommations du secteur résidentiel et tertiaire, les usages identifiés démontrent

avant tout l'importance du chauffage, qui constitue la part majoritaire de l'énergie consommée, avant l'eau chaude (sanitaire et cuisson), et l'électricité spécifique (DGEMP, 2003). Cette consommation semble par ailleurs très largement dépendante des comportements des habitants d'un logement (Hass, 1998 ; Ademe, 2008). Parallèlement, l'état du parc de logement (duquel dépend en partie l'efficacité de la consommation énergétique) doit également retenir notre attention. Une typologie, telle celle que propose l'IWU (2003) pour des bâtiments résidentiels allemands (2003) devrait permettre d'approcher l'état du parc. Elle se fonde sur des aspects morphologiques (compacité, surface, nombre d'étages, etc.). Cette classification intègre leurs périodes de constructions qui sont supposées refléter les matériaux et qualité d'isolation du moment.

---

### 4. Résultats

L'ensemble des développements s'inscrit dans le cadre du projet MobiSim, une plateforme de simulation pour étudier les mobilités urbaines et leurs liens avec l'urbanisation, permettant de simuler différents scénarios, possibles ou souhaitables, pour leur croissance à venir. Au sein de cette plateforme, le présent projet a permis de développer un module d'indicateurs environnementaux permettant de cartographier les « étiquettes énergétiques » des différents secteurs d'une agglomération (en l'occurrence la Communauté d'agglomération du Grand Besançon), et donc d'évaluer la qualité des scénarios retenus. Le projet répond donc à un besoin prégnant exprimé par les acteurs de l'aménagement : disposer d'outils d'aide à l'observation, à la gestion et la décision relatifs aux thématiques énergétiques.

---

### 5. Références bibliographiques

- ADEME, 2008, Le poids des dépenses énergétiques dans le budget des ménages en France, Lettre Etude et Stratégie n°11.
- DGEMP, 2003, Les consommations d'énergie du secteur résidentiel et tertiaire par usage, Pages statistiques, Direction Générale de l'Energie et des Matières Premières.
- DGEMP, 2008, Bilan énergétique de la France pour 2007, Rapport annuel de l'Observatoire de l'Energie, MEEDDAT, Direction Générale de l'Energie et des Matières Premières.
- Fusco G., 2001, Conceptual modelling of the interaction between transportation, land use and the environment as a tool for selecting sustainability indicators of urban mobility, in 12<sup>th</sup> European Colloquium on Quantitative and Theoretical Geography, St Valéry-en-Caux, France, 7-11 sept. 2001.
- Gusbin D., 2003, Approche économique de la consommation d'énergie par le ménages, Séminaire Energie de l'Institut pour un Développement Durable IDD, 26 mai 2003, Gembloux, Belgique.
- Haas R., Auer H., Biermayr P., 1998, The impact of consumer behavior on residential energy demand for space heating, *Energy and Buildings*, 27, 195-205.
- IWU, 2003, Deutsche Gebäudetypologie, systematik und datensätze, Dokumentation, Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt.
- MEEDDAT, 2008, Synthèse des principales mesures de la loi d'orientation Grenelle de l'environnement, Site ministériel, Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire.
- Magnin G., 2007, Perspectives énergétiques de la France à l'horizon 2020-2050 : Point de vue d'Energie-Cités, Point de vue, Energie Cités.
- Mitchell G., 2005, Urban development, form and energy use in buildings: A review for the solutions project, in EPSRC SUE SOLUTIONS consortium, University of Leeds, August 2005, 28p.
- Raux C., Traisnel J. P., Pochet P. et al., 2006, Analyse et modélisation des comportements transports-habitat-localisations, rapport de recherche R3, Projet ETHEL, Action Concertée CNRS – Ministère de la Recherche, LET.



Neuvièmes Rencontres de Théo Quant

Besançon, 4-6 mars 2009

[www.thema.theoquant.fr](http://www.thema.theoquant.fr)

---

# Atelier 8

**Polarisation, hiérarchies spatiales**

# Simuler l'émergence d'aires urbaines polycentriques : proposition de réinterprétation individu-centrée du « modèle de cité lisière » de Krugman

**Arnaud Banos**

UMR 7011 Images et villes, CNRS/Université Louis Pasteur  
[arnaud.banos@lorraine.u-strasbg.fr](mailto:arnaud.banos@lorraine.u-strasbg.fr)

## 1. Introduction

Dans son petit ouvrage « The self organizing economy », l'économiste américain Paul Krugman, prix Nobel d'économie 2008, propose un modèle mathématique de l'émergence d'aires urbaines polycentriques. Plus précisément, il se focalise sur la manière dont les centres de bureaux (ce qu'il appelle les « edge cities » en référence à l'ouvrage de J. Garreau) peuvent apparaître dans une aire métropolitaine. Dans cette perspective, il construit son modèle de manière à ce qu'il produise non seulement de l'ordre à partir d'une situation spatiale quasiment homogène, mais également une sorte de structure répétitive plus ou moins régulière.

Ce faisant, il prend délibérément ses distances avec les travaux classiques menés en géographie autour des lieux centraux (notamment par Christaller et Losch), qu'il considère comme étant de nature d'avantage descriptive qu'explicative. En effet, pour un économiste nous dit-il, un modèle est considéré comme explicatif s'il parvient à mettre en relation des macro-structures avec des micro-comportements. Or, selon lui, si Losch a montré qu'une structure hexagonale des aires de marché était efficiente, il n'a pas montré qu'elle tendait à émerger d'un processus décentralisé. De même, dans ses travaux sur la hiérarchie urbaine, Christaller ne tiendrait pas compte de la façon dont les comportements individuels seraient susceptibles de produire une telle hiérarchie.

Cette disqualification abrupte de travaux classiques de la théorie géographique, par le fondateur même de la « nouvelle » économie géographique a évidemment de quoi irriter les géographes. Elle invite toutefois également à un travail de réflexion sur l'essence même des modèles que nous mettons en œuvre. En ce sens, explorer le modèle de « cité lisière » proposé par Paul Krugman est un exercice me semble-t-il stimulant.

Plusieurs objectifs guident ce travail. Il s'agira tout d'abord de décortiquer ce petit modèle unidimensionnel, avant de l'étendre à un espace géographique à deux dimensions. Enfin, je chercherai à souligner un certain nombre de limites de ce modèle et en proposerai une interprétation plus individu-centrée, délibérément ancrée dans le paradigme agents. J'essaierai de montrer en particulier les perspectives ouvertes par une telle réinterprétation.

## 2. Le modèle de cité lisière (« Edge City » model)

Dans un espace homogène, Krugman imagine la dynamique de localisation d'entreprises qui tiendraient compte, dans leur stratégie de localisation, de la position des autres entreprises. L'attractivité des lieux à un instant  $t$  dépend donc de la configuration spatiale de toutes les entreprises à ce même instant et chaque entreprise peut migrer vers une localisation plus attractive. Deux types de forces opposés règlent la dynamique de ce ballet : les entreprises cherchent à la fois à être proches d'autres entreprises afin de bénéficier d'externalités positives (par exemple par une attraction renforcée de consommateurs ou une diversification de l'offre locale de services) et suffisamment éloignées pour réduire la compétition locale entre entreprises (en terme de consommateurs, de travailleurs et des terrains disponibles). Les premières forces, qui poussent les entreprises à se rapprocher, sont appelées forces centripètes et elles s'opposent aux forces centrifuges, qui jouent l'effet inverse. Nous reviendrons plus en détail par la suite sur ces forces, dont la définition est loin d'être évidente. Admettons pour l'instant avec Krugman que si une seule catégorie de forces existait, les entreprises se concentreraient en un seul lieu du territoire ou se disperseraient complètement. L'émergence de centres d'affaires doit donc par conséquent résulter de la combinaison de ces deux types de forces. Krugman énonce en particulier deux hypothèses :

- les deux catégories de forces en présence doivent s'exercer avec une intensité relativement proche mais non équivalente ;
- la portée des forces centripètes doit être inférieure à celle des forces centrifuges<sup>1</sup>.

A partir de ces deux conditions initiales, Krugman montre alors que toute distribution aléatoire d'entreprises dans un espace homogène tend progressivement à s'auto-organiser en un nombre réduit de centres d'affaires bien distincts et clairement séparés les uns des autres.

## 3. Formalisation du modèle

Afin de limiter toute interférence géométrique, Paul Krugman part d'un espace hautement stylisé : une ville

circulaire discrète, formalisée par un ensemble réduit de cellules contiguës alignées, de telle façon que chaque cellule ait deux voisins seulement. Les cellules présentes aux deux extrémités de cette ligne sont donc également jointes l'une à l'autre, afin de respecter cette condition. L'espace obtenu, totalement homogène par construction, permet à l'auteur de se concentrer sur l'émergence de structures résultant non pas de différences entre les différents lieux de cet espace abstrait, mais bien de la logique interne du système. Autrement dit, il s'agit de fixer la structure (ici spatiale) pour pouvoir se concentrer sur les processus.

Krugman imagine ensuite que cet espace est occupé, à l'initialisation, par un certain nombre d'entreprises, réparties de manière aléatoire. Afin de simplifier son modèle à l'extrême et pouvoir se ramener à un cadre continu, il raisonne sur la base d'un indicateur local de proportion d'entreprise en chaque cellule,  $\lambda(x)$ . A l'initialisation, chaque cellule se voit affecter une part de marché

$$\lambda_i = \frac{k + u_i}{\sum_j (k + u_j)}$$

avec  $u_i$  un réel tiré au hasard dans une distribution uniforme sur l'intervalle  $[0,1]$  et  $k$  un facteur de lissage : plus  $k$  est grand plus la distribution initiale des parts de marché tend vers une distribution homogène telle que

$$\lambda_i = \frac{1}{\#C_j} \times \sum_j \lambda_j,$$

avec  $\#C_j$  le nombre de cellules.

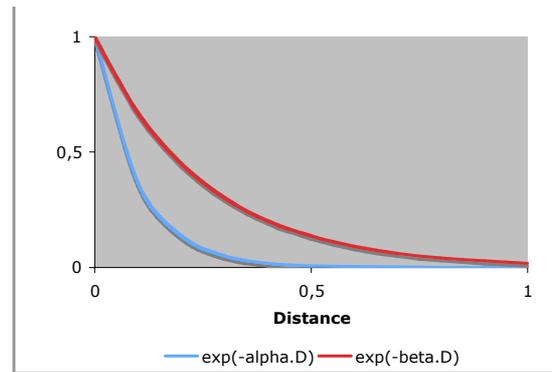
Krugman introduit ensuite un facteur d'attractivité des cellules, qu'il dénomme « market potential », directement inspiré des travaux de Harris (1954) et Lowry (1965). Cette attractivité dépend de la combinaison de forces opposées, exercées en tout lieu par l'ensemble des entreprises :

$$P(x) = \int_z [Ae^{-\alpha d_{xz}} - Be^{-\beta d_{xz}}] \lambda(z) dz$$

avec  $d_{xz}$  la distance séparant les cellules  $x$  et  $z$ ,  $A$  l'intensité des forces centripètes (d'agglomération),  $B$  l'intensité des forces centrifuges (de dispersion) et  $\alpha$  et  $\beta$  les paramètres de décroissance de ces forces dans l'espace. Si l'on se souvient de la seconde condition énoncée précédemment, selon laquelle la portée des forces centripètes doit être inférieure à celle des forces centrifuges, alors on admettra que  $\alpha > \beta$  (figure 1).

Les valeurs des intensités  $A$  et  $B$  s'inscrivent quant à elle dans une dynamique plus subtile : un processus d'agglomération interviendra si  $A$  est suffisamment élevé par rapport à  $B$ , mais des centres multiples ne pourront émerger que si  $B$  est suffisamment élevé par rapport à  $A$ . Paul Krugman estime alors que l'intervalle de variation intéressant de ces quatre paramètres est le suivant :

$$\frac{\alpha}{\beta} > \frac{A}{B} > \frac{\beta}{\alpha}$$



**Figure 1. La portée des forces centripètes (bleu) doit être inférieure à celle des forces centrifuges (rouge)**

La composante dynamique du modèle est simple : les entreprises migrent vers les cellules dont l'attractivité  $P(x)$  est supérieure à la moyenne des attractivités et s'éloignent de celles dont l'attractivité est inférieure à cette même moyenne :

$$\bar{P} = \int_x P(x) \lambda(x) dx$$

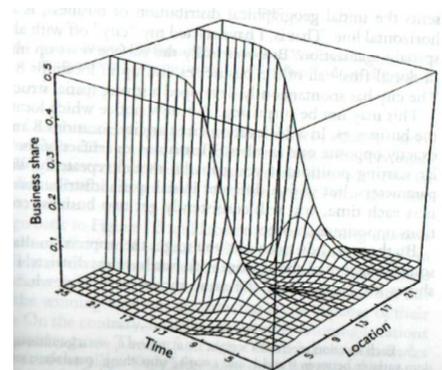
La proportion d'entreprises  $\lambda(x)$  est alors mise à jour par l'équation :

$$\frac{d\lambda(x)}{dt} = \gamma [P(x) - \bar{P}] \lambda(x)$$

où  $\gamma$  est une constante. La présence de  $\lambda(x)$  dans l'équation permet à la fois de s'assurer que la somme des changements est égale à zéro et que la proportion d'entreprises dans chaque cellule n'est jamais négative.

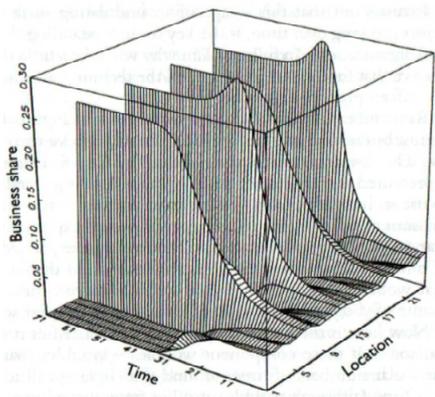
#### 4. Résultats

Bien que simple, ce petit modèle n'est pas linéaire et doit être résolu par simulation numérique. La figure 2 montre les résultats obtenus par Paul Krugman pour un jeu de paramètres donné.



**Figure 2. Emergence de centres d'affaires à partir d'une distribution aléatoire d'entreprises ; source : Krugman, 1996 : 25**

Sur l'axe de droite figurent les 24 cellules utilisées par Krugman pour définir son espace. Ainsi que nous l'avons exposé précédemment, la 1<sup>ère</sup> et 24<sup>ème</sup> cellule sont contigües. Sur l'axe horizontal figurent les différents pas de temps de la simulation. Enfin, en Z sont reportées les proportions d'entreprises  $\lambda(x)$ . A partir d'une distribution initiale quasi homogène, une différenciation apparaît progressivement, s'amplifiant rapidement jusqu'à ce que l'ensemble des entreprises se répartissent à égalité entre la 8<sup>ème</sup> et la 20<sup>ème</sup> cellule, soit deux cellules diamétralement opposées sur cet espace circulaire. La réduction de la portée des interactions (paramètres  $\alpha$  et  $\beta$ ) conduit à l'émergence de quatre pôles équidistants (figure 3).



**Figure 3. Configuration obtenue avec une portée réduite, source : Krugman, 1996 : 25**

## 5. Objectifs de la présentation

Ce modèle relativement simple, présenté par Paul Krugman comme un modèle générique de formation d'agglomérations polycentriques, soulève un certain nombre de questions autour desquelles s'articulera ma présentation :

- comment étendre ce modèle uni-dimensionnel à un espace 2D ?
- quelle est la nature des forces centrifuges et centripètes au cœur de ce modèle ?
- peut-on réellement qualifier le résultat obtenu d'émergent ?
- une formulation individu-centrée, à base d'agents, permettrait-elle d'obtenir les mêmes résultats, dans un premier temps, puis d'étendre le modèle ?

<sup>1</sup> Le propriétaire d'un magasin spécialisé verra ainsi d'un bon œil que d'autres magasins viennent s'installer dans le même centre commercial que lui parce qu'ils peuvent contribuer à attirer de la clientèle dont il pourra bénéficier lui-même, mais il verra d'un mauvais œil que d'autres magasins s'installent dans un centre commercial rival à quelques kilomètres de là.

## 6. Références

- Batty M., 2005, Cities and complexity, MIT Press, Boston.  
 Fujita M., Krugman P., Venables A., 2001, The spatial economy, MIT Press, Boston.  
 Garreau J., 1992, Edge city, life on the new frontier, Anchor Books.  
 Krugman Paul, 1996, The self-organising economy, Blackwell Publishers, Boston.

# Indicateurs de structure urbaine : monocentrisme contre « acentrisme »

**Florent Le Néchet**

UMR 8504 Géographie-cités, CNRS/Université de Paris 1  
[flenechet@hotmail.com](mailto:flenechet@hotmail.com)

## 1. Contexte

1.1. Structure spatiale et ville durable. L'intensité de la concentration de personnes joue dans l'histoire des villes un rôle clé, que celle-ci soit vue comme une menace pour la santé et la sécurité (peste de Marseille en 1720, grands incendie de Londres en 1666), ou comme un impératif de développement durable (Newman and Kenworthy [11]). Faisant écho à des questionnements actuels sur l'organisation métropolitaine ([7], [13]), l'accent sera mis sur la distinction entre ville monocentrique et ville polycentrique. Une approche morphologique sera ici privilégiée.

La population totale de l'agglomération et la densité de population sont les plus souvent utilisés mais ne peuvent, seuls, renseigner sur la structure spatiale de la zone observée. Une série d'indicateurs empiriques (pente de la loi rang-taille, paramètres du modèle de Bussière), provenant de la physique (entropie), ou statistiques (indice de Hoover, indice de Moran) sont fréquemment utilisés dans un contexte urbain. Il conviendra de rappeler leur utilisation classique, pour quantifier le degré de dispersion, ou de clustering du peuplement, par exemple.

Une combinaison de ces indices est nécessaire pour quantifier la structure d'une ville. Tsai (2005 [16]) a par exemple utilisé la population totale, la densité de population, et les indices de Hoover et de Moran pour distinguer des structures théoriques, monocentriques ou polycentriques.

1.2. Objectifs visés. L'objectif de cette étude est de mesurer le degré de monocentrisme d'une région urbaine à travers la répartition spatiale de ses habitants. Il s'agira de différencier des structures monocentriques, et des structures dites "acentriques", c'est à dire dépourvues d'un centre unique. La littérature propose plusieurs indicateurs classiques pour mesurer la forme de la distribution de la population. De plus, un indicateur fondé sur la distance entre les individus dans la région urbaine sera proposé. La pertinence de ces indicateurs pour distinguer les structures mentionnées sera comparée, à travers des situations théoriques construites, puis sur des villes européennes. L'exemple des agglomérations de Stockholm, monocentrique, et Lille, acentrique, seront examinés à titre d'exemple.

## 2. Méthodologie

L'objet de cette partie est double : d'abord proposer un indicateur morphologique quantifiant le degré de monocentrisme d'une région urbaine. Parallèlement, présenter un générateur de forme urbaine, basé sur le modèle de Bussière ([15])

2.1. Un indicateur d'acentrisme. Cette partie vise à la définition d'un indicateur morphologique d'acentrisme, complémentaire à ces déjà évoqués. A cet effet, la notion de distance moyenne entre deux individus est utilisée (2.1) :

$$D = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N d_{ij} p_i p_j}{P_N (P_N - 1)} \quad (2.1)$$

Grasland (2008, [8]) évoque la pertinence de cet indicateur pour quantifier la structure spatiale d'une région. Dans ce contexte intra-urbain, pour une surface donnée, la distance moyenne entre deux personnes sera plus faible si la population est densément concentrée autour d'une pôle que si elle est dispersée de façon uniforme. Pour pouvoir comparer des agglomérations de superficie différentes, on utilisera également la "distance moyenne relative", distance rapportée au rayon d'un cercle de surface équivalente.

L'indice d'acentrisme se fonde sur une exploration spatiale de la loi rang-taille : la distance entre les zones les plus peuplées sera en particulier observée. La méthodologie employée pour définir l'indice d'acentrisme est la suivante : les zones constituant la ville sont successivement agrégées, par ordre décroissant de population. Pour chacune des zones ainsi définies, de population cumulée  $P$ , on calcule la distance moyenne entre deux habitants dans cette zone,  $D(P)$ .

L'indice d'acentrisme est donné par l'intégration :

$$A_c = \frac{\int_0^P D(p) dp}{P * D(P)} \quad (2.2)$$

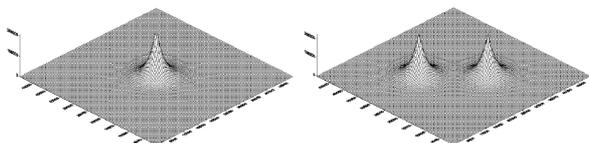
Cet indicateur est positif, et vaut 1 dans le cas d'une distribution uniforme, correspondant au Broadacre City de Frank Lloyd Wright (1932, [17]).

2.2. Un générateur de structures spatiales. Les modèles économiques classiques (modèle de Bussière, [15]) montrent que dans l'hypothèse monocentrique, les habitants se répartissent selon (2.3),  $r$  étant la distance au centre :

$$D(r) = Ae^{-br} \quad (2.3)$$

Les paramètres  $A$  et  $(1/b)$  renseignent respectivement sur la densité au centre, et l'extension spatiale de la zone dense (Tabourin, [15]). Si ce modèle monocentrique ne convient pas nécessairement à des grandes agglomérations, il sert de base au générateur de forme urbaine proposé ici.

La formule (2.3) permet, en s'étant donné un centre  $C$ , d'obtenir le nombre total d'habitants vivant dans une cellule donnée. On peut ainsi obtenir des distributions monocentriques et polycentriques projetées sur une grille (Fig 1) :



Répartition des habitants dans une ville monocentrique (gauche), Fig. 1: et bicentrique (droite)

### 3. Résultats

3.1. Formes théoriques. Les différents paramètres ont été calculés dans le cas d'une ville monocentrique. Détaillons en particulier le calcul de l'indicateur d'acentrisme dans ce cas (Figure 2). En ordonnée, la distance moyenne entre les individus correspondant à la population cumulée présente en abscisse. L'aire sous la courbe, rapportée aux distances et populations totales, est proche de  $\int_0^1 x dx = 1/2$  dans ce cas. Cette valeur servira de référence du monocentrisme.

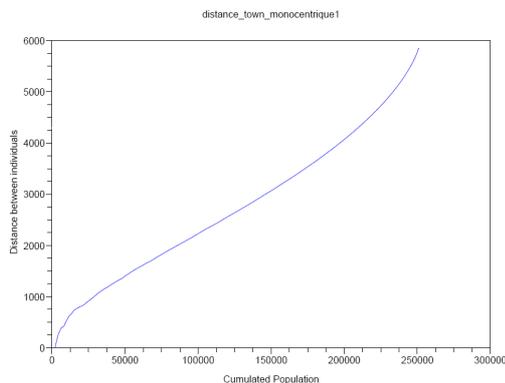


Fig. 2: Courbe des distances pour une ville monocentrique

Pour tester la robustesse des différents indicateurs, les analyses de sensibilité suivantes seront présentées : étalement urbain dans une ville monocentrique, transitions entre polycentrisme et monocentrisme.

A population constante, le paramètre  $b$  du modèle de Bussière (2.3) est diminué, traduisant un affaiblissement du centre et l'étalement de la ville. L'indice d'acentrisme est invariant par cette transformation, au contraire des autres indicateurs.

La transition entre organisation bicentrique et monocentrique est réalisée en rapprochant successivement les centres (translation), ou en augmentant l'importance relative d'un des pôles (homothétie).

3.2. Structure spatiale des villes européennes. La méthodologie employée pour le calcul des indices peut se faire avec un découpage quelconque. Le découpage utilisé est la grille de densité fournie par l'agence européenne de l'énergie, basée sur la typologie d'utilisation du sol de Corine Land Cover (Guérois [9], Gallego [6])

3.2.1. Illustration : Lille et Stockholm. Les résultats obtenus pour Stockholm et Lille illustrent une organisation respectivement monocentrique et acentrique. L'indicateur d'acentrisme est proche de 0.5 pour Stockholm, et de 0.8 pour Lille. Par ailleurs, l'indice de Moran, plus élevé pour Lille, traduit une structuration forte autour des pôles urbains dans cette agglomération. L'indice de Hoover est très élevé dans le cas de Stockholm, témoin du faible peuplement des zones périphériques en regard du centre.

3.2.2. Corrélation entre les indices. Le calcul des indicateurs a été réalisé sur 25 régions urbaines en Europe. La corrélation entre les différents indicateurs a été testée. On constate par exemple que l'indice d'acentrisme est très peu corrélé avec la population et avec l'indice de Moran. Au contraire, entropie et indice de Hoover semblent fortement liés.

3.2.3. Questions d'échelles. Le MAUP (Modifiable Areal Unit Problem) est un problème classique en géographie (Chapitre 2 de Sanders, 2001 [14]). La délimitation des zones constituant l'espace observé influence les quantités agrégées calculées à partir de ces zones. Dans le cas de l'Ile-de-France, on présentera les indices selon que les calculs aient été effectués à partir du découpage communal (1300 communes en séparant Paris en ses vingt arrondissements), ou selon la grille présentée en (1.2), constituée de près de 50 000 cellules. Dans le même ordre d'idée, le découpage de Lille en cellules a été l'objet d'une analyse plus fine, testant l'effet de la taille de la cellule sur les indicateurs.

Enfin, la structure du bassin parisien a été analysée à l'aide de l'indicateur d'acentrisme proposé. A très courte portée, le bassin parisien apparaît acentrique, puis monocentrique à quelques dizaines de kilomètres du centre (pris au Louvre). A partir de 120 kilomètres autour de Paris, l'indice d'acentrisme croît, distance à laquelle se trouvent les villes du "Grand contournement de Paris" : Amiens, Reims, etc.

### 4. Perspectives

Cette étude morphologique des villes européennes s'inscrit dans une recherche sur les interactions entre forme urbaine et mobilité. Utilisant des indicateurs de mobilité pour les 25 villes présentées, il s'agira par la suite de présenter des corrélations entre les deux familles d'indices. Il serait également intéressant d'étendre le champ d'étude à

plus de 25 villes, voire à des villes hors d'Europe. Enfin, la comparaison entre les indices quantifiant la répartition des populations et celle des emplois pourrait être utilisée pour une analyse plus fine des déplacements domicile-travail.

---

## 5. Références bibliographiques

- [1] Batty M., (2001), Polynucleated Urban Landscapes, *Urban Studies*, 38(4), 635-655.
- [2] Bertaud A., Renaud A., (1997), Socialist cities without land market, *Journal of Urban Economics*, 41, 137-15.1
- [3] Bertaud A., Malpezzi S., (2003), The spatial distribution of population in 48 world cities: implications for economies in transition, Founded by World Bank.
- [4] Cervero R., Kockelman K., (1997), Travel demand and the 3Ds : Density, Diversity, and Design, *Transportation Research Part D*, 2(3), 199-219.
- [5] EEA, (2006), Urban Sprawl in Europe, European Commission Joint Research Center.
- [6] Gallego F.J., (2008), Downscaling population density in the European Union with a land cover map and a point survey, *Méthodo CLC*
- [7] Giuliano G., Small K., (1990), Subcenters in the Los Angeles region, forthcoming regional science and urban economics.
- [8] Grasland C., (2008), Analyse spatiale des phénomènes démographiques, Séminaire INED - Les rencontres de la statistique appliquée. "Apports de l'analyse spatiale en sciences sociales", 17 Octobre 2008
- [9] Guérois M., (2003), Les formes des villes européennes vues du ciel, Thèse sous la direction de Denise Pumain, Paris I
- [10] Johnson G.T., Silver C., (1997), Alternative Views of Sprawl, *Apa Journal*, 94-126.
- [11] Newman P.G., Kenworthy J.R., (1999), Sustainability and Cities, Island Press.
- [12] Pumain D., (2003), Les formes des systèmes de villes : dynamique ou évolution ?, Première journée complexité, 27 novembre 2003.
- [13] Redfearn C., (2007), The topography of metropolitan employment : identifying centers of employments in a polycentric urban area, *Journal of Urban Economics*, 61, 519-541.
- [14] Sanders L. (dir), (2001), Modèles en analyse spatiale, Lavoisier.
- [15] Tabourin E., Andan O., Routhier J.-L., (1995), Les formes de la croissance urbaine ; le modèle de René Bussière appliqué à l'agglomération Lyonnaise, CdR PIR-VILLE-DENSITES.
- [16] Tsai Y.-H., (2005), Quantifying Urban Form : Compactness versus 'Sprawl', *Urban Studies*, 42(1), 141-161.
- [17] Wright F.L., (1932), The disappearing city.

# Les recensements de la population en France (1975 à 1999) : application d'un modèle gravitaire pour la modélisation des migrations alternantes par des graphes

**Patrice Tissandier**

UMR 6049 ThéMA, CNRS/Université de Franche-Comté  
[patrice.tissandier@univ-fcomte.fr](mailto:patrice.tissandier@univ-fcomte.fr)

## 1. Contexte et objectif

Nous proposons d'étudier les transformations de la ville à partir de la mobilité. Grâce à une approche par les réseaux des migrations alternantes (migrations quotidiennes entre les communes de résidence et les communes d'emploi), représentées sous la forme de graphes valués et orientés entre communes, nous fournissons un nouvel outil d'appréhension des dynamiques urbaines actuelles.

Les données sur les migrations quotidiennes, issues des recensements de la population français, à l'échelle communale et pour la France entière, posent cependant le problème majeur de la non-distinction entre les lieux de résidence administrative et effective. Ceci conduit à une inadéquation parfois importante entre l'observation des graphes induits par les données et la réalité observée sur le terrain.

Nous avons choisi, pour remédier à ce biais, d'appliquer un modèle gravitaire (Pumain, 1989 ; Bonnefoy, 1998) aux données dans le but de ne conserver que les arêtes correspondant à des échanges étant réellement et quotidiennement réalisés.

Les résultats obtenus permettront d'apporter une réponse à la non-adéquation entre les dynamiques métropolitaines et les politiques d'aménagement du territoire et de planification urbaine. Cette inadéquation repose sur un processus actuel d'étalement urbain qui entraîne une transformation des territoires de la ville et qui conduit à des difficultés croissantes d'appréhension de la ville dans sa totalité, parce qu'il prend une forme réticulaire, alors que les politiques de gestion des déplacements urbains (PDU, SCOT) basées sur des périmètres fixes (territorialité auréolaire), qui plus est trop restrictifs, ne prennent pas en compte les aires d'influence des villes (Louvet, 2005).

Cette étude s'inscrit dans le cadre du projet SPANGEO, visant plus généralement à mettre au point des outils d'analyse et de visualisation multi-niveaux des réseaux géographiques (<http://s4.parisgeo.cnrs.fr/spangeo/spangeo.htm>) et sera également utilisée au sein du projet MOBISIM ([www.mobisim.org](http://www.mobisim.org)) pour une étude du pays Graylois (Haute-Saône).

Dans une première partie, nous justifierons, à travers quelques exemples issus de l'analyse des résultats des recensements, l'emploi d'un modèle gravitaire et le cheminement nous ayant conduit au choix des variables à prendre en considération dans la construction de ce modèle. Nous présenterons dans une deuxième partie les résultats obtenus. Nous terminerons par l'analyse de certaines espaces urbains caractérisés par des migrations alternantes intenses qui illustrera, dans une vision diachronique, les processus d'étalement urbain et de polycentrisme croissant.

## 2. Incohérences des données et construction du modèle gravitaire

L'absence de distinction dans les recensements entre la commune de résidence administrative et la commune de résidence effective ou la déclaration, par la personne recensée, d'une résidence secondaire en résidence principale et inversement, posent de nombreux problèmes dans la visualisation et l'analyse des graphes induits par les données.

De nombreux exemples illustrent les incohérences issues de ce type de déclaration : dans le recensement de 1999, 45 migrations concerneraient des communes distantes de plus de 1000 km, essentiellement entre la Corse et le Nord du pays.

Afin de pallier ces illogismes, la plupart des recherches menées sur ce type de données proposent la suppression des liens reliant des communes éloignées ou ne concernant que de faibles effectifs de migrants (Bonnefoy, 1998). Ces méthodes, appliquées sur des espaces restreints (du département à la région), ont souvent donné des résultats probants. Cependant, la diversité des situations rencontrées à l'échelle de la France entière rend impossible l'application d'un tel procédé.

Question récurrente en géographie, le choix d'un seuil, qu'il s'agit dans notre cas d'un nombre de migrants ou d'une distance parcourue, en deçà duquel les arêtes sont supprimées, est également sujet à de nombreuses interrogations.

Nous avons choisi d'appliquer un modèle gravitaire afin de distinguer les arêtes représentant des migrations réalisables quotidiennement et celles résultant des incohérences des résultats des recensements. Le modèle gravitaire stipule que l'attraction entre deux corps est proportionnelle à leur masse et inversement proportionnelle à la distance les séparant.

La formule générale utilisée, sous son expression élémentaire est la suivante :

$$T_{ij} = k \frac{P_i P_j}{d_{ij}}$$

Puisqu'il s'agit d'identifier et de ne conserver que les liens les plus vraisemblables, nous avons remplacé le poids des communes de résidence et d'emploi par un attribut spécifique aux arêtes, à savoir la part des migrants concernés dans la population active totale des communes de résidence et d'emploi.

---

### 3. Présentation des résultats obtenus

L'application d'un modèle gravitaire aux données sur les migrations quotidiennes des recensements de la population redonne une certaine logique aux graphes. Les migrations sur des distances exagérément longues ont en effet disparues, tout comme certains flux mineurs sur des distances moyennes. Ne sont ainsi conservées que les migrations quotidiennes cohérentes.

A une échelle d'analyse plus fine, une comparaison des graphes des données des quatre recensements souligne la mise en relation de la majorité des villes du pays.

---

### 4. Etudier les transformations de la ville à partir de la mobilité

Au sein des aires urbaines, la représentation des migrations alternantes entre communes par des graphes

permet d'isoler les espaces urbains de migrations alternantes intenses, qui partagent une interdépendance dense à plusieurs communes, contribuant à séparer et isoler relativement ces noyaux (ou clusters). On peut mesurer la cohésion interne de ces pôles et l'intensité des discontinuités (fragmentations) qui les séparent des autres pôles urbains.

Le processus d'étalement urbain, également connu sous le terme d'*urban sprawl* aux Etats-Unis, est défini comme un « processus d'accroissement important des zones urbanisées en périphérie des villes, qui s'accompagne généralement d'un desserrement des populations et des activités urbaines » (Pumain, Paquot et Kleinschmager, 2006). Il est particulièrement mis en relief par la comparaison des graphes à partir des données des quatre recensements.

---

### 5. Conclusion

La place dorénavant prépondérante de la mobilité conduit à une fragmentation morphologique des territoires. Accessibilité et fragmentation morphologique entre les lieux qui composent la ville entraînent une ségrégation sociale dans l'espace, une désagrégation interne de la ville (Pastor, 1991 ; Lacour, 1993).

Les migrations alternantes dans les aires urbaines tissent un continuum de relations entre les différentes unités constitutives discontinues de la ville. Ainsi, les relations par les migrations alternantes permettent de dépasser ce paradoxe d'un éclatement morphologique entre les unités résidentielles et les zones d'emploi. Elles permettent ainsi d'évaluer l'étalement urbain, de caractériser la multipolarisation, mais également la fragmentation des territoires de la ville. Ces analyses fournissent une grille de lecture claire des transformations spatiales et réticulaires de la ville, grille qui peut constituer un cadre de diagnostic utile pour les politiques de planification urbaine.

---

### 6. Références bibliographiques

- Bailly A., 1995, *Représenter la ville*, Economica, Paris,.
- Bailly A., Huriot J. M., 1998, *Ville et croissance : théories, modèles et perspectives*, Anthropos, Paris.
- Bonnefoy J. L., Pumain D., Rozenblat C., 1997, Théorie des graphes et interactions non gravitaires, in : Bocquet-Appel J. P., Courgeot D., Pumain D. (dir.), *Analyse spatiale des données biodémographiques*, Congresses and Colloquia, John Libbey / Ined Collection, 171-186.
- Bretagnolle A., 1999, Les systèmes de ville dans l'espace-temps : effets de l'accroissement des vitesses de déplacements sur la taille et l'espacement des villes, Thèse de Doctorat, Université de Paris 1.
- Cattan N. et al., 1997, *Les villes en France*, La Documentation française, Paris.
- Crozet Y. et al., 2001, Mobilité urbaine : cinq scénarios pour un débat, Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement.
- Derycke P. H. et al., 1996, *Penser la ville : théories et modèles*, Anthropos, Paris.
- Lacour C., Puissant S., 1999, *La Métropolisation*, Anthropos, Paris.
- Orfeuil J. P., 2004, *Transports, pauvretés, exclusions : pouvoir bouger pouvoir s'en sortir*, Ed. de l'Aube, Paris.
- Pumain D., Saint-Julien T., 1998, *Atlas des villes de France*, La Documentation française, Paris.
- Pumain D. et al., 2006, *Dictionnaire, la ville et l'urbain*, Economica, Paris.
- Wiel M., 1999, La transition urbaine, ou le passage de la ville-pédestre à la ville motorisée, Mardaga, Sprimont.

# Transition fractale – non fractale en géographie

## Réflexions sur les lois d'échelle possibles à travers l'étude de quelques cas

**Maxime Forriez\*, Philippe Martin\*, Laurent Nottale\*\***

\* UMR 6012 ESPACE, CNRS/Université d'Avignon et des Pays du Vaucluse

\*\* Observatoire de Meudon

[maximeforriez@hotmail.fr](mailto:maximeforriez@hotmail.fr)

La géographie connaît et utilise les fractales depuis près de 20 ans (Dauphiné, 1987; Batty et Longley, 1994; Frankhauser, 1994), mais elle s'est intéressée avant tout au cas particulier de l'invariance d'échelle et de sa généralisation à travers les multifractales (Mandelbrot, 1977). Toutefois, cette invariance d'échelle peut être vue comme l'expression la plus simple des lois d'échelle existant (Nottale, 1993). En effet, de nombreux travaux, tant en géographie physique (Martin, 2004) qu'en géographie humaine, comme en géographie rurale (Bailly et Martin, 2006) ou sur des questions très particulières (Mangiavillano, 2008), montrent dans les diagrammes bi logarithmiques avec des relations entre la résolution et le nombre de boîtes carrées contenant au moins un pixel ou un point, sont approximées par des paraboles. Dans certains développements ces courbures ont pu même être ignorées (Batty et Longley, 1994) soit considérées comme des artefacts et ramenées à quelques segments donc à des cas d'invariance d'échelle, mais sur des gammes scalaires étroites. Toutefois, il semble bien qu'il existe d'autres lois beaucoup plus générales qui se manifestent à travers le principe de covariance d'échelle issu de la relativité d'échelle (Nottale, 1984; 1989; 1992; 1993) qui pourrait rendre compte de ces courbures et leur donner une dimension scientifique stricte et non plus empirique. Si cette covariance semble être la règle, tant en géographie humaine qu'en géographie physique - c'est ce que nous allons essayer de montrer à travers quelques mesures de dimensions fractales *via* la méthode des boîtes sur différents objets de la géographie humaine et physique - c'est parce que cette covariance d'échelle met généralement en évidence des lois de transition fractale – non fractale qui sont, elles-mêmes, relatives par rapport au niveau scalaire auquel on réalise les mesures. Ces transitions conduisent naturellement au concept d'échelles de coupure permettant d'identifier des gammes d'échelles où la fractalité se déploie. Cela permettra d'ouvrir la question de l'identification des vraies échelles de coupure, c'est-à-dire indépendantes du niveau de la mesure pour un objet géographique.

À travers tout cela, une méthodologie très générale pour les études multi-niveaux et multi-échelles en géographie pourra être envisagée.

### Bibliographie

- Bailly G., Martin P., 2006, Le bocage du Bas Boulonnais. Analyse spatiale et fractale, *Géopoint 2004 : La forme en géographie*. Groupe Dupont et UMR ESPACE 6012 du CNRS éditeurs, Avignon, 265-269.
- Batty M., Longley P., 1994, *Fractal cities. A geometry of form and function*, London, Academic press, XXII.
- Dauphiné A., 1987, *Les modèles de simulation en géographie*, Paris, Economica.
- Frankhauser P., 1994, *La fractalité des structures urbaines*, Paris, Anthropos.
- Mandelbrot B., 1977 (édition 1982), *The fractal geometry of nature*, San Francisco, W. H. Freeman and Compagny.
- Mangiavillano A., 2008, *Multiscalarité du phénomène feu de forêt en régions méditerranéennes françaises de 1913 à 2006*, Avignon, Thèse de l'Université d'Avignon et des Pays du Vaucluse.
- Martin P., 2004, *Modélisation fractale et structurelle des formes en géographie. Réflexion développée à partir d'exemples karstiques*. Habilitation à diriger les recherches. Université d'Avignon et des Pays du Vaucluse.
- Nottale L., Schneider J., 1984, Fractals and Non-Standard Analysis, *J. Math. Phys.*, 25, 1296.
- Nottale L., 1989, Fractals and the quantum theory of space-time, *Int. J. Mod. Phys. A* 4, 5047-5117.
- Nottale L., 1992, The theory of scale relativity. *Int. J. Mod. Phys. A* 7, 4899-4936.
- Nottale L., 1993, *Fractal space-time and microphysics. Toward a theory of scale relativity*, Singapour, World scientific, XIV-338.

# La métropolisation en Turquie : une approche par la méthode de notoriété dans les liens hypertextes

**Uljana Agibetova, Benoît Montabone**

UMR 6590 ESO, CNRS/Université de Rennes 2

[uljana.agibetova@gmail.com](mailto:uljana.agibetova@gmail.com)

de rapprochement avec l'Union européenne, les échanges sont-ils plus européens ou mondiaux ?

## 1. Contexte et problématique

Le processus de mondialisation en cours accentue fortement les effets de métropolisation, comprise non pas comme la seule concentration de population sur quelques points d'un territoire, mais comme l'accumulation des fonctions supérieures (centres de décision, secteur bancaire et immobilier, activité financière) et stratégiques (haute administration, sièges sociaux des entreprises) au sein de quelques villes, qui deviennent ainsi des lieux de pouvoir et de commandement sur l'ensemble d'un réseau urbain et par là de tout un territoire, régional, national ou international (Veltz, 1996). Ces processus entraînent une forte différenciation des villes. Celle-ci n'est pas nouvelle, mais la forte spécialisation de certaines métropoles dans les fonctions supérieures peut remettre en cause la hiérarchie urbaine existante, ou au contraire la renforcer.

Le réseau urbain de la Turquie est un des plus développés et des mieux hiérarchisés de tout le Proche et Moyen Orient. Mais la dernière étude concernant la hiérarchisation urbaine turque faite en France remonte aux années 80 (Bazin, 1986). Même si on sait, par ailleurs, que les structures spatiales et les hiérarchies urbaines comportent assez d'inertie pour se maintenir sur des temps longs, il semble intéressant d'analyser les variations du réseau urbain suite aux recompositions économiques et sociales qu'a connues la Turquie dans ces vingt dernières années (libéralisation économique, entrée dans l'économie mondiale, développement du tourisme de masse, dynamisme démographique, exode rural). Ces nouvelles dynamiques territoriales entraînent des conséquences importantes pour l'organisation du territoire turc, qui posent le problème de son adaptation au principe européen de cohésion territoriale (Montabone, 2008). La métropolisation en Turquie favorise-t-elle l'émergence d'un polycentrisme urbain ? La capitale administrative bénéficie-t-elle de son poids politique par rapport à d'autres villes plus dynamiques sur le plan économique ? Quels sont les réseaux urbains/métropolitains propres aux villes turques sur le plan régional et mondial (les villes turques en lien avec les villes globales) ? Dans un contexte institutionnel

## 2. Méthode

Pour répondre à ces questions, la méthode de notoriété dans les liens hypertextes sera utilisée. Le niveau de métropolisation sera évalué par l'indicateur « Notoriété-Internet » (Agibetova, 2008).

Aujourd'hui, les réseaux urbains sont de plus en plus basés sur des liens électroniques, mettant en connexion toute forme de villes, petites et grandes, développées et sous-développées, anciennes et émergentes (Brunn, 2003 ; Dodge, 2001). Les liens électroniques, diffusés à grande échelle grâce aux progrès des TIC (téléphone, fax, et surtout Internet, avec les ressources « world wide web » (WWW)), forment dorénavant l'armature de l'économie informationnelle (Janelle et Hodge, 2000). La mise en évidence de liens dans les réseaux Internet démontre ainsi la connexion d'espaces avec d'autres, de villes avec d'autres villes (Brunn et Dodge, 2001). Les sources de données sont les moteurs de recherche (Brunn, 2003) mondiaux et régionaux. Dans le cas de la Turquie, seul « google.com » a été retenu, donnant des résultats sensiblement équivalents à « google.tr ». La saisie d'une ville dans un moteur de recherche représente sa *notoriété simple*, la saisie d'un couple de ville représente leur *notoriété jointe*.

L'occurrence des liens hypertextes montre le degré d'engagement d'une ville dans l'économie régionale et mondiale. Les deux notoriétés représentent deux niveaux d'articulation des métropoles aux réseaux mondiaux. La notoriété simple indique la capacité d'une ville à imposer sa notoriété dans l'espace monde en tant que centre de commandement. La notoriété jointe montre le degré de connectivité entre deux villes, qui évalue la capacité d'une ville à être un point nodal du réseau, un pôle de contact avec les autres métropoles. C'est aussi un bon indicateur de l'ouverture d'une ville vers l'économie mondiale et de son niveau d'intégration sur la scène internationale. Pour compléter les recherches déjà menées sur la métropolisation dans la CEI à partir de cette méthode (Agibetova, 2008), des mots clé concernant les éléments incontournables de la métropolisation ont été ajoutés afin d'affiner les degrés de métropolisation : « headquarter »,

« foreign investment », « tourism », « bank ». D'autres mots clés ont été utilisés pour mesurer les « brouillages négatifs » qui font grossir artificiellement la notoriété d'une ville. Ceci concerne des sujets sensibles en Turquie : « democracy », « kurd ».

---

### 3. Résultats

Les premiers résultats laissent transparaître une forte prééminence d'Istanbul, tant sur le plan de la notoriété simple que la notoriété jointe. Istanbul semble être la seule métropole turque de rang mondial, elle est la seule à avoir des liens privilégiés avec des villes mondiales avant d'en avoir avec des métropoles européennes. Ce constat n'est pas étonnant puisque « l'effet-capital » (Agibetova, 2008) est un facteur fort de la métropolisation ; même si Istanbul n'est plus une capitale administrative, elle l'est du point de vue économique, commercial, scientifique et culturel (Yerasimos, 1997). Ceux sont souvent les « capitales » qui attirent en premier les flux financiers, de personnes et de biens par leur vocation de commandement économique, commercial, scientifique, culturel.

L'intérêt de cette étude est alors d'observer et de révéler les dynamiques urbaines/métropolitaines régionales et globales en cours aux niveaux supérieurs de la hiérarchie urbaine (métropoles nationales, métropoles régionales) afin d'établir les réseaux urbains/métropolitains turcs et d'estimer le potentiel de métropolisation de la Turquie et de son ouverture vers l'espace-monde actuel.

Pour autant, les premières observations des liens hypertextes ne remettent pas explicitement en cause la hiérarchie urbaine présentée par Marcel Bazin en 1986, mais soulignent l'émergence d'Antalya comme métropole du tourisme, qui semble en passe de supplanter Adana sur la côte Sud de la Turquie. Sur le plan international, les villes turques entretiennent des liens privilégiés avec trois grandes métropoles européennes : Paris, Madrid et Berlin, mais aussi avec des villes mondiales comme New York, Chicago, Singapour. Les capitales de la sous-région (Baku, Tbilisi, Damas, Téhéran etc.) ne semblent pas être des partenaires privilégiées pour les villes turques, à l'exception de Dubaï qui s'affirme dans cette hiérarchie hypertexte comme le pôle incontournable du Moyen Orient.

---

### 4. Bibliographie

- Agibetova U., 2008, *La métropolisation dans l'ex-URSS. Un essai de mesure*, thèse de doctorat, Université Pierre Mendès-France, Grenoble.
- Bazin M., 1986, Le réseau urbain de la Turquie, *Travaux de l'Institut de Géographie de Reims*, 65-66, 89-113.
- Brunn S. D., 2003, A Note on the Hyperlinks of Major Eurasian Cities, *Eurasian Geography and Economics*, 44(4), 321-324.
- Brunn S.D., Dodge M., 2001, (Re)Structuring Global Commerce Through Hyperlinks, *American Behavioral Scientist*, 44, 10, 1717-1739.
- Janelle D.G., Hodge D.C., eds., 2000, *Information, place, and Cyberspace: Issues in Accessibility*, Berlin, Springer.
- Montabone B., 2008, *Union européenne et Turquie: les enjeux de la cohésion territoriale*, Mémoire de recherche de Master 2, Université de Haute Bretagne Rennes 2, Rennes.
- Veltz P., 1996, *Mondialisation, villes et territoires : l'économie d'archipel*, Paris, PUF.
- Yerasimos S., 1997, Istanbul, métropole inconnue, *Cahiers d'Etudes sur la Méditerranée Orientale et le monde Turco-Iranien*, 24, juillet-décembre 1997.



Neuvièmes Rencontres de Théo Quant

Besançon, 4-6 mars 2009

[www.thema.theoquant.fr](http://www.thema.theoquant.fr)

---

# Atelier 9

## Climatologie

# Production d'un indice synthétisant l'évolution mensuelle des températures sur la période 1950-2007

**Sébastien Bridier**

UMR 6012 ESPACE, CNRS/Université de Provence  
[Sebastien.Bridier@univ-provence.fr](mailto:Sebastien.Bridier@univ-provence.fr)

## 1. Contexte et objectif

Les données de températures (minima, maxima, moyenne) au pas de temps mensuel sont analysées pour la période 1950 à 2007, afin de quantifier et de caractériser localement le réchauffement climatique constaté à l'échelle globale. Cette étude est réalisée sur un échantillon d'une trentaine de stations du réseau MétéoFrance (Climathèque), incluant une majorité de stations situées dans le sud de la France, ainsi que des stations remarquables comme Paris-Montsouris. L'objectif est de déterminer s'il existe une variabilité spatio-temporelle du réchauffement climatique global selon des paramètres locaux (environnement varié et changement d'occupation du sol, relief, ...), et son impact sur la croissance végétative (viticulture, biodiversité).

L'objectif est de disposer d'un indicateur synthétique permettant de comparer l'évolution mensuelle des températures sur l'ensemble de la période 1950-2007.

L'ensemble de la série (684 mois) ne peut être analysé correctement sans procéder à des découpages et des seuillages (Douguédroit et Bridier, 2008), car les séries présentent, suivant les cas, des évolutions selon plusieurs tendances, une baisse suivie d'une hausse, une stagnation suivie d'une hausse, ou bien une hausse continue.

Les travaux réalisés sur l'environnement d'un certain nombre de stations par télédétection et analyse de cartes topographique anciennes ont permis de proposer une première typologie (Douguédroit et Bridier, 2007), révélant des liens entre, d'une part, la nature et l'évolution de l'environnement des stations (aéroport, rural, transition rural/urbain, urbain), et d'autre part, le profil des températures sur la période (baisse/hausse, stagnation/hausse, ou hausse).

Cependant ce travail doit aboutir à une quantification objective des surfaces en vue d'ouvrir l'analyse à d'autres stations, de manière à faire la part du global et du local dans le phénomène généralisé de réchauffement.

## 2. Méthodes

La première analyse possible est une simple interprétation visuelle de la surface constituée par les 57\*12 données. En ajustant la plage de couleurs à l'ensemble des séries, il est aisément possible de les comparer 2 à 2, ou en groupe.

La suite des données mensuelles de températures (minima, maxima, moyenne pour la période 1950 à 2007) est transposée en une matrice croisant les 57 années (X) et les 12 mois (Y). La matrice ainsi constituée permet de construire une « surface » de températures, similaire à un modèle numérique de terrain (MNT). Du fait de la récession des saisons dans l'hémisphère nord dans une région tempérée, la surface de températures forme une crête, ou dorsale, centrée sur les mois d'été, mais prenant différents aspects. Il s'agit de caractériser cette surface, et non la simple succession des températures dans le temps. En effet cette succession temporelle induit un brouillage, et sépare les données concernant un même mois d'une année à l'autre. La surface rapproche au contraire les données mensuelles sur l'ensemble de la période 1950-2007. Elle permet d'identifier visuellement une évolution (stabilité, augmentation, diminution) pour un mois donné de l'année sur l'ensemble de la période. Elle met en évidence si un réchauffement éventuel est identifiable pour tous les mois de l'année, ou au contraire pour des saisons plus limitées. Il est donc possible d'appliquer des traitements similaires à ceux utilisés pour traiter le relief (morphométrie) pour son analyse (Douguédroit et Bridier, 2008).

La seconde analyse cherche à synthétiser les observations faites visuellement en réduisant la lecture de la surface à un triplet de valeur.

En l'absence de réchauffement et compte tenu de la variabilité normale sur la période, la surface de températures peut être apparentée à une surface cylindrique. Si les températures ont des tendances à diminuer/augmenter, stagner/augmenter ou à augmenter, la forme se rapproche d'une surface conique double ou simple.

La méthode consiste à calculer 3 paramètres caractérisant chacun une fraction de l'évolution des températures mensuelles sur la période 1950-2007.

Le premier paramètre peut être calculé pour chaque mois, pour la saison la plus chaude ou pour le mois considéré comme le plus chaud de l'année (juillet). Il est défini par la pente des températures sur la période, et sera donc, selon les cas précisés ci-dessus, soit une pente simple (stagnation ou augmentation), soit subdivisée en 2 valeurs (diminution/stagnation, puis augmentation). Il mettra en évidence l'intensité et le sens de la variation des températures de 1950 à 2007.

Le second paramètre permet d'étudier l'extension annuelle d'une période dépassant un seuil fixé de température (10°C dans le cas de la croissance végétative). Si l'extension de la période « chaude » ne varie pas, la droite reliant les dates de dépassement de seuil (de 1950 à 2007) sera parallèle à la génératrice de la surface cylindrique, par contre si les températures seuil sont atteintes plus tôt au printemps et plus tard en automne, et ce progressivement sur la période

1950-2007, une déviation sera mesurable par rapport à la génératrice.

Le troisième paramètre permet d'estimer l'amplitude annuelle des températures au delà de 10°C, combinée avec l'extension de cette période, et son centrage par rapport au mois le plus chaud. Il mettra en évidence une éventuelle intensification des amplitudes thermiques entre saison froide et saison chaude, une extension de cette période, et un décalage temporel éventuel.

Au delà d'une simple observation de l'augmentation des températures relevée à l'échelle globale, cette approche permet de détailler les paramètres de cette augmentation, durant la période 1950-2007, durant l'année, et en intensité.

La mise en place de cet ensemble de paramètre, permettra de comparer les stations entre elle pour dégager une typologie venant renforcer les travaux entamés sur l'effet de l'environnement des stations sur l'évolution des températures relevées.

---

### 3. Références bibliographiques

Douguédroit A. et Bridier S., 2008, Sur la détermination de la date de la tendance actuelle au réchauffement, Actes de l'AIC, Montpellier, 2008.

Douguédroit A., Bridier S., 2007, Réchauffement climatique et évolution de l'environnement des stations en région méditerranéenne française 1951-2000 Actes de l'AIC, Tunis, 2007.

# Stratégies pour une spatialisation des espaces sensibles aux « crues rapides » dans le Bassin Parisien (France)

**Johnny Douvinet, Daniel Delahaye \*, Patrice Langlois \*\***

\* UMR 6554 LETG, GEOPHEN, CNRS/Université de Caen

\*\* UMR 6266 IDEES, CNRS/Université de Rouen

[johnny.douvinet@unicaen.fr](mailto:johnny.douvinet@unicaen.fr)

## 1. Contexte et objectif

Des « crues rapides » affectent régulièrement les régions de grande culture du nord de la France en périodes printanière et estivale (Delahaye, 2002, Douvinet, 2008). Ce sont des inondations rapides et violentes qui se manifestent suite à des pluies de forte intensité dans des petits bassins versants dont l'une des particularités est de ne pas présenter des écoulements permanents en période normale, soit des « vallons secs ». Afin de mieux localiser tous ces phénomènes, un inventaire a été réalisé sur huit départements (Douvinet, 2006) : Calvados, Eure, Seine Maritime, Oise, Somme, Nord, Pas-de-Calais et Aisne. Réalisé de 1983 à 2005 et sur la période mai-août inclus, cet inventaire a permis d'identifier 189 bassins versants touchés par 269 événements. En moyenne, 8 à 9 événements sont recensés tous les ans, ce qui atteste de la réalité du risque « crues rapides » à l'échelle régionale. On remarque aussi que 68 % des bassins ont été touchés une seule fois en 23 ans, ce qui prouve que ces crues se produisent rarement aux mêmes endroits. Il faut alors proposer des stratégies dans le but d'améliorer la prévention face à ce type de phénomènes, d'autant plus que ces catastrophes hydrologiques sont à la source d'un risque torrentiel élevé aux exutoires urbanisés de nombreux bassins versants.

Des inondations répétées dans le temps et dans l'espace, amènent à la prévention d'un événement du même type et par conséquent, à la cartographie de ce risque dans la perspective de la protection des biens et des personnes. La spatialisation de l'aléa, des zones inondées ou potentiellement vulnérables, est également une nécessité pour la mise en place des documents réglementaires. Néanmoins, tous les travaux réalisés jusqu'à présent dans les régions du nord de la France se sont intéressés aux inondations par débordements, par remontées de nappe, ou aux « coulées boueuses » hivernales (Le Bissonnais *et al.*, 2002). Aucune étude n'a ainsi été proposée sur ces « crues rapides » printanières et estivales. Dans ce travail, on

souhaite alors apporter des éléments de réponse aux gestionnaires du risque, notamment en identifiant 1) les zones potentiellement sensibles à ce type de phénomènes à l'échelle régionale et 2) les zones « à risque » à une échelle intra-bassin.

## 2. Méthode et données utilisées

La démarche retenue ici repose sur une analyse à deux niveaux. Dans un premier temps, l'étude de l'aléa sur 189 bassins versants touchés (1983-2005) doit permettre une extrapolation spatiale à l'échelle régionale. Deux portraits types morphologiques ont été distingués en tenant compte de l'ordination des bassins par rapport aux grands organismes fluviaux, de leur position par rapport aux éléments morpho-structuraux et de leur degré d'encaissement. Le type 1 [vallons < 25km<sup>2</sup> situés en aval de grands bassins, caractérisés par un saut d'ordre dans la méthode de classification de Strahler et ayant de fortes pentes], regroupant 94 % de l'échantillon, s'oppose au type 2 [vallons de 25 à 80 km<sup>2</sup>, à faibles pentes et situés dans des parties amont de plus grands bassins ; 6 % des 189 entités]. Ces deux types sont importants car ils définissent une première zonation de l'espace ; en fonction de la répartition du relief, associé à la structure géologique sous-jacente, il existe un stock de bassins présentant des critères morphométriques communs. En se focalisant sur les bassins du type 1 pour des raisons essentiellement stratégiques (type majoritaire et plus « facile » à détecter), cette étape doit aboutir à la cartographie des espaces sensibles à l'aléa. On souhaite également croiser ces résultats avec la distribution spatiale des espaces urbanisés pour évaluer un « niveau de risque final ».

Dans un deuxième temps, les secteurs sensibles ont été étudiés à des échelles beaucoup plus fines, à l'intérieur des bassins versants, ce qui nécessite de changer de niveau d'observation. En s'appuyant sur l'automate *RuiCells*, des outils de mesures ont été développés pour quantifier l'efficacité structurelle en trois dimensions d'un bassin versant (Langlois et Delahaye, 2002 ; Douvinet *et al.*,

2008). Des indices morpho-synthétiques ont été créés, en particulier un indice IE (Indice d'Efficacité structurelle) qui nous permet de détecter toutes les confluences en amont desquelles le réseau de talwegs est structurellement bien organisé. Sur certains bassins, cette efficacité est nulle puisqu'il n'y a pas de zones privilégiées présentant une très forte concentration. A contrario, sur d'autres bassins, l'efficacité structurelle est forte et elle se manifeste par une efficacité structurelle interne ou par une homothétie interne : l'efficacité détectée à l'échelle des sous bassins se retrouve à l'exutoire final. Cette analyse permet de connaître la réponse hydrologique potentielle d'un bassin en tout point de l'espace. On veut dès lors croiser cette information à la localisation des espaces urbanisés à partir de la BD TOPO © IGN 1999 pour spatialiser les zones « à risque » à une échelle intra-bassin. La démarche doit être validée sur des bassins où les dommages ont été localisés avec précisions, avant de pouvoir être extrapolée sur des bassins versants non recensés dans l'inventaire déjà réalisé.

---

### 3. Résultats et discussion

Une première cartographie à l'échelle régionale permet de localiser 2 540 exutoires de vallons ayant des caractéristiques communes au type 1. La carte met en avant des secteurs géographiques (Pays de Caux, Soissonnais, Artois) qui correspondent à des zones sensibles qui avaient déjà été identifiées. La densité des vallons augmente quand l'encaissement devient marqué dans le paysage. En revanche, ces bassins restent peu nombreux dans les vallées qui se raccordent avec les niveaux de base de manière régulière (Somme). Ce résultat conforte un peu plus les résultats obtenus lors du premier inventaire.

Sur les 2 540 exutoires, 902 sont très urbanisés (seuil arbitraire fixé à plus de 20 maisons), ce qui représente 35 % de l'échantillon. Le risque est élevé dans les parties aval de certaines vallées comme la Durdent, la Scie, l'Arques... Le manque de place, l'inconstructibilité des zones inondables dans les basses vallées, le maintien des terres

agricoles sur les plateaux, ou la présence de forêts domaniales, peuvent en partie expliquer la pression foncière qui s'exerce sur les espaces environnants, en particulier dans les talwegs des « *vallons secs* ». Sur les 902 exutoires urbanisés, 146 entités correspondent à des bassins versants recensés dans l'inventaire initial. Les exutoires des autres bassins (13 %) sont plus faiblement urbanisés (moins de 20 maisons) ; la plupart des dégâts ont surtout été recensés au sein de ces bassins, ce qui nous amène à recourir à une deuxième lecture, à une échelle intra-bassin, pour affiner la spatialisation régionale.

Pour étudier la relation entre la localisation des zones bâties et l'efficacité hydrologique potentielle d'un bassin, on s'intéresse tout d'abord aux bassins où une cartographie des dommages a été réalisée de manière détaillée. Très rapidement, et de manière même surprenante, on remarque que les cellules où les valeurs de l'indice IE sont très élevées ( $IE > 50$ ) spatialisent les mêmes zones que celles qui ont été touchées lors du passage des « *crues rapides* ». Quand ces espaces sont urbanisés, les dommages observés sont « *paroxysmiques* » : routes incisées, voitures emportées, éléments charriés. Quand ces espaces sont dépourvus de toute urbanisation, les dégâts se limitent en revanche aux infrastructures.

Cette spatialisation du risque doit évidemment être complétée en intégrant d'autres enjeux, à la fois structurels (infrastructures, réseaux routiers) et non structurels : mobilité des personnes en temps de crise, profils socio-économiques des populations exposées (Moriniaux, 2003). A moyen terme, l'aléa doit aussi être défini de manière plus précise, même si l'absence de données sur ces « *vallons secs* » pose toujours problèmes. Toutefois, en disposant de données simples (caractéristiques morphologiques, efficacité hydrologique potentielle, localisation des zones bâties), il est possible de localiser des zones « à risque de *crues rapides* » en cas de pluies de forte intensité. Les cartes des indices IE constituent alors un bon outil d'investigation, et cette démarche peut être proposée sur d'autres bassins versants.

---

### 4. Références bibliographiques

- Angeliaume A., 1996, Ruissellement, érosion et qualité des eaux en terre de grande culture ; étude comparée de deux bassins versants du Laonnois et du Soissonnais. Thèse de Géographie, Université de Lille 1, USTL.
- Delahaye D., 2002, Apport de l'analyse spatiale en géomorphologie - modélisation et approche multiscalaire des risques. Mémoire d'habilitation à diriger des recherches, 2 tomes, Labortoire MTG, Université de Rouen.
- Douvinet J., 2006, Intérêts et limites des données « CatNat » pour un inventaire des inondations. L'exemple des « crues rapides » liées à de violents orages (Bassin Parisien, Nord de la France). Norois, Presses Universitaires de Rennes, 201, 2006/4, 17-30.
- Douvinet J., 2008, Les bassins versants sensibles aux « crues rapides » dans le Bassin Parisien – Analyse de la structure et de la dynamique de systèmes spatiaux complexes, Thèse de Géographie, Université de Caen BN.
- Le Bissonnais Y, Thorette J., Bardet C., Daroussin J., 2002, L'érosion hydrique des sols en France. Rapport INRA-IFEN.
- Moriniaux V., 2003, Les risques. Editions du temps, collection Questions de Géographie, 255.
- Vinet F., 2003, Crues et inondations dans la France méditerranéenne : les crues torrentielles des 12 et 13 novembre 1999 (Aude, Tarn, Pyrénées orientales, Hérault). Editions du Temps, Nantes.

# Analyse critique des sorties de modèle Arpège-Climat en climatologie : application au vignoble champenois

**Elodie Briche<sup>1</sup>, G. Beltrando<sup>1</sup>, Claude Kergomard<sup>2</sup>, Hervé Quénot<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> UMR 8586 PRODIG, CNRS/Université de Paris-Diderot

<sup>2</sup> Ecole Normale Supérieure, Département de Géographie, Paris

<sup>3</sup> UMR 6554 COSTEL LETG, CNRS/Université de Rennes 2

[elodie.briche@univ-paris-diderot.fr](mailto:elodie.briche@univ-paris-diderot.fr)

Les nombreuses interrogations posées par le changement climatique engendrent une multitude de questions sur le fonctionnement des écosystèmes aux échelles spatio-temporelles fines. Un changement global du climat aura des répercussions sur le climat local et sur certaines activités humaines telles que la viticulture. Dans ce contexte, les impacts attendus d'un éventuel changement climatique posent un certain nombre de questions ne serait-ce que pour anticiper l'adaptation de cette filière aux retombées économiques et culturelles majeures pour l'économie régionale.

Dans le cadre de l'étude sur le changement climatique et la viticulture en Champagne, les sorties de modèles ARPEGE-CLIMAT (scénario RETIC) sont utilisées ; ces modèles climatiques représentent les seuls moyens disponibles, à l'heure actuelle, pour considérer simultanément la grande variété des phénomènes physiques qui caractérisent le système climatique. Les températures (minimales et maximales) de quatre points de grille (résolution de 50km) couvrant le vignoble champenois sont testées avec la station synoptique de référence Reims-Courcy sur la période de contrôle 1950-2000. Puis trois scénarios de simulation du futur (A1B, A2, B1) ont permis d'appréhender les conditions thermiques futures en termes de fréquences quotidiennes.

Sur la période de contrôle, des tests statistiques sont utilisés afin de rendre compte de la fiabilité des données de sorties de modèles et des graphes sont réalisés et de calendriers de probabilités de températures à différentes échelles temporelles.

En considérant les sorties de modèles comme un outil de simulation, des prévisions sur les températures futures (jusqu'en 2100) selon différents scénarios sont réalisées sachant que de telles prévisions climatiques ont pour but d'apporter aux viticulteurs des éléments de réponses quant aux interrogations concernant les possibles évolutions climatiques au sein du vignoble. Le calcul d'indices bioclimatiques (Huglin, Winkler) à partir des données simulées et de calendriers de probabilités adaptés (sur les périodes chaudes estivales et gélives printanières) apporte des indications quant aux conditions climatiques probables pour la culture de la vigne. En effet, le

développement physiologique de la vigne est fortement influencé par plusieurs variables climatiques et en particulier par les sommes thermiques acquises (cumulées) lors du cycle végétatif d'avril à septembre. Les changements thermiques possibles au sein du vignoble pourraient annoncer une adaptation nécessaire telle qu'un changement de cépage ce qui aurait de nombreuses conséquences pour les viticulteurs.

## Bibliographie

- Deque M., 2007, Frequency of precipitation and temperature extremes over France in an anthropogenic scenario: Model results and statistical correction according to observed values, *Global and Planetary Change*, 57, 16-26.
- Deque M., Drevet C., Braun A., Cariolle D., 1994, The ARPEGE-IFS atmosphere model: a contribution to the French community climate modelling, *Climate Dynamics* 10, 249-266.
- Deque M., Piedelievre J.-P., 1995, High-Resolution climate simulation over Europe, *Climate Dynamics*, 11, 321-339.
- Huglin P., 1978, Nouveau mode d'évaluation des possibilités héliothermiques d'un milieu viticole, *C.R. Acad. Agric.*, 1117-1126.
- Huglin P., 1986, *Biologie et écologie de la vigne*, Paris, Editions Payot Lausanne, TEC et DOC.
- Jones G. V., Duchene E., Tomasi D., Yuste J., Braslavskaja O., Schultz H., Martinez C., Boso S., Langellier F., Perruchot C., Guimberteau G., 2005, Changes in European winegrape phenology and relationships with climate, GESCO.



Neuvièmes Rencontres de Théo Quant

Besançon, 4-6 mars 2009

[www.thema.theoquant.fr](http://www.thema.theoquant.fr)

---

# Atelier 10

**Occupation du sol et analyse  
paysagère**

# Analyse des directions de changement des états de surface végétaux pour l'étude de la dynamique du front pionnier de Maçaranduba (Para, Brésil) entre 1997 et 2006

**Johan Oszwald<sup>1</sup>, Antoine Lefebvre<sup>1</sup>, Xavier Arnaud de Sartre<sup>2</sup>, Valery Gond<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> UMR 6554 COSTEL LETG, CNRS/Université de Rennes 2

<sup>2</sup> UMR 5603 SET, CNRS/ Université de Pau

<sup>3</sup> CIRAD – ES, UR 36 Ressources forestières et politiques publiques, université Laval, Canada

[johan.oszwald@univ-rennes2.fr](mailto:johan.oszwald@univ-rennes2.fr)

## 1. Contexte

Le site de Maçaranduba est situé à proximité de Marabá, dans la région du Sudeste de l'État fédéré du Pará (Brésil). C'est une région de 30 000 km<sup>2</sup>, située sur le Rio Tocantins. Cette région connaît depuis les années 1970 une forte activité agricole liée au développement d'un front de déforestation d'ampleur nationale. La région de Marabá est aujourd'hui l'une des plus déboisée d'Amazonie. Cependant, certaines poches d'espaces majoritairement forestiers subsistent, notamment au nord de Marabá, dans les secteurs de Nova Ipixuna ou de Maçaranduba. Ces espaces restent des lieux d'exception en Amazonie orientale. Toutefois, depuis la fin des années 1990, ces territoires sont rattrapés par des phénomènes de déforestation agricole. Cette dynamique, propre ici à la zone de Maçaranduba, peut être placée dans un débat plus global sur la forêt amazonienne : le devenir des poches en arrière du front principal de déforestation principal et de la possibilité de maintenir ces poches à l'écart des dynamiques régionales par le recours à une économie alternative. Afin de répondre à cette question d'ordre général sur le devenir des poches de forêts à l'arrière du front de déforestation principal, nous allons nous appuyer sur l'exemple de Maçaranduba, un site agro-extractiviste soutenu par des actions d'économies alternatives (valorisation et commercialisation des produits secondaires forestiers). Nous allons donc décrire la dynamique du paysage sur la zone d'étude et identifier les phénomènes spatiaux propres au développement des activités de déforestation dans les dernières poches subsistantes en arrière du front de déforestation principal.

## 2. Données et méthodes

Afin de renseigner la dynamique des états de surface sur l'ensemble de la zone d'étude, nous avons utilisé les images TM de Landsat datant du : 28 mai 1997, 31 juillet 2000, 05 juillet 2002, 15 mai 2004 et 09 août 2006. Ces images ont été sélectionnées prioritairement pendant la saison sèche, c'est-à-dire durant la période de l'année où les taux de nébulosité et de couverture nuageuse sont les plus faibles. Les biais entraînés par ces facteurs sont ainsi moindres, même s'il est indispensable d'avoir recours à un modèle de correction atmosphérique (Forster, 1984 ; Markham and Chander, 2003). Les classifications ont été réalisées dans un premier temps avec des méthodes orientées objets, complétées dans un second temps avec des classifications spectrales dans les polygones homogènes. Les résultats présentent un pourcentage de pixels bien classés supérieur à 80 %, avec un indice de Kappa de plus de 0,7. De plus, une partie des échantillons relevés sur le terrain ont servi à réaliser une validation supplémentaire de la classification de 2006. Cette validation montre que 76 % des relevés de terrain correspondent aux résultats de la classification. Toutefois, l'évaluation de la précision des classifications antérieures souffre de nombreux problèmes, notamment statistiques. En effet, ces classifications ne résultent pas d'une campagne de terrain menée les années précédentes. De ce fait, les classes retenues sont dérivées d'identifications (orientée objet et spectrale) faites à partir des connaissances accumulées lors du traitement de l'image de 2006.

Une fois les dynamiques paysagères sur l'ensemble de la zone d'étude mises en exergue, nous nous sommes

intéressés à 50 exploitations agricoles qui ont été visitées lors des campagnes de terrain (2006-2008). Afin de renseigner la dynamique de ce front de déforestation, nous avons cherché à caractériser les différents facteurs d'évolution communs à chacune des parcelles. Pour ce faire, nous avons utilisé l'analyse triadique partielle (ATP), introduite en écologie en 1987 (Thioulouse et Chessel, 1987; Ernoult *et al.*, 2006). Cette méthode permet d'effectuer des analyses en composantes principales (ACP) simultanées et coordonnées de plusieurs tableaux de mesures de la dynamique paysagère effectués, par exemple, dans différents lots de façon répétées dans le temps. Pour cela, la méthode s'appuie sur la recherche d'une moyenne de tableaux appelée *compromis* et sur la reproductibilité du *compromis* par chacun des tableaux initiaux (Blanc *et al.*, 1998).

---

### 3. Résultats

Les premiers résultats présentent les dynamiques de l'occupation des sols entre 1997 et 2006, à l'échelle du front de déforestation, démontrant que Maçaranduba est un front très actif depuis les 10 dernières années. En effet, les territoires ont connu de nombreuses évolutions depuis 1997, essentiellement par le biais de

la conversion d'espaces forestiers en espaces agricoles sous l'action de la culture sur brûlis. Ces dynamiques sont notamment marquées à deux dates : d'une part, entre 1997 et 2002, d'autre part entre 2004 et 2006. Ces dynamiques peuvent être dues à divers facteurs, comme la dynamique de la pression des troupeaux sur les pâturages (Serrão *et al.*, 1978 ; Veiga, 1995). Par exemple, une augmentation du cheptel de l'agriculteur peut entraîner une extension des prairies bien entretenues, mais aussi une reprise active des brûlis afin d'étendre les surfaces agricoles exploitables.

Si l'on s'intéresse à une échelle plus fine, c'est-à-dire à l'échelle de la parcelle agricole (lot), nous avons retracé l'historique de chaque lot entre 1997 et 2006. Les lots agricoles ont ensuite été classés à l'aide d'une classification ascendante hiérarchique. Cela a permis d'obtenir des groupes de parcelles agricoles qui connaissent sensiblement les mêmes évolutions surfaciques au cours de la période d'étude. La synthèse de l'occupation des terres et des différentes variables retenues permet de produire un modèle spatial synthétique de la dynamique spatio-temporelle de changement de l'occupation des sols par groupe de parcelles agricoles. Ces modèles spatiaux facilitent la synthèse, et donc la compréhension, d'un phénomène spatial complexe tel que l'appropriation des territoires dans une logique de front de déforestation.

---

### 4. Références bibliographiques

- Serrão E. A. S., Falesi I. C., Veiga J. B., Teixeira Neto J. F., 1978, Produtividade de pastagens cultivadas em solos de baixa fertilidade das áreas de floresta do trópico úmido brasileiro, Bém, Embrapa.
- Veiga J. B., 1995, Rehabilitation of degraded pasture areas. In Management and rehabilitation of secondary forests in Amazonia, Santarém, Para.
- Forster B. C., 1984, Derivation of atmospheric correction procedures for Landsat MSS with particular reference to urban data, *International Journal of Remote Sensing*, 5-5, 799-817.
- Markham B. L., Chander G., 2003, Revised Landsat 5 TM Radiometric Calibration Procedures and Post-Calibration Dynamic Ranges, White Paper.
- Thioulouse J., Chessel D., 1987, Les analyses multitableaux en écologie factorielle, *Acta Oecologica*, 8(4), 463-480.
- Ernoult A., Freiré-Diaz S., Langlois E., Alard D., 2006, Are similar landscapes the result of similar histories? *Landscape Ecology*, 21, 631-639.
- Blanc L., Chessel D., Dolédec S., 1998, Etude de la stabilité temporelle des structures spatiales par analyses d'une série de tableaux de relevés faunistiques totalement appariés, *Bulletin Français de Pêche et Pisciculture*, 348, 1-21.

# Paysage et politiques publiques : évaluation et indicateurs

**Alain Sauter**

UMR 6049 TheMA, CNRS/université de Franche-Comté  
[alain.sauter@univ-fcomte.fr](mailto:alain.sauter@univ-fcomte.fr)

## 1. Contexte et objectif

La recherche sur les paysages a connu ces dernières années d'importantes évolutions. Le paysage, d'abord considéré comme une matérialité munie de ressources (geosystème), est graduellement devenu un objet de représentation sociale, portant des valeurs de patrimoine et de mémoire. A présent, le paysage est intégré au sein même des politiques publiques, signe de sa prise en compte dans les questions d'aménagement du territoire notamment au travers de thématiques telles que le cadre de vie, la biodiversité ou encore le tourisme. Cette prise de conscience du paysage (Donadieu, 2002) est perceptible dans de nombreux pays européens au regard des nouvelles pratiques engagées en matière de paysage (dans les documents de programmation notamment) et comme en témoigne le nombre d'adhérents à la récente Convention Européenne du Paysage (CEP). La Convention propose un nouveau regard, en fait un regard global sur le paysage lui-même, hissé au statut de bien commun. On ne s'intéresse plus uniquement au paysage «matière», mais également à ceux qui le produisent, ceux qui le gèrent et ceux qui l'utilisent. La CEP propose ainsi de s'interroger sur la qualité des paysages afin d'identifier ceux qu'il convient de protéger, de gérer ou de recréer. La commission, au travers de ce texte, demande également à chaque Etat adhérent de définir un échelon territorial compétent pour la mise en place de politiques paysagères. Cette délicate question de l'évaluation du paysage, puisqu'il s'agit bien là d'un travail d'évaluation, a déjà été soulevée par le ministère français de l'écologie (MEDDAD) au travers de deux programmes de recherche intitulés « Politiques publiques et paysages » (1998-2006) et « paysage et développement durable » (depuis 2006). Malgré l'intérêt de la communauté scientifique pour ces programmes, de nombreuses questions restent en suspens, souvent confrontées à la subjectivité induite par la notion de paysage ainsi que la relation complexe entre paysage et politique publique (Lüginbuhl, 2004). Doit-on en effet évaluer le paysage ou les politiques publiques? Comment évaluer des paysages présents sur des territoires culturellement et géographiquement différents? Peut-on construire des indicateurs standardisés pour évaluer les paysages, alors même qu'il s'agit d'un objet dynamique dans l'espace et dans le temps?

La recherche exposée dans ce papier tente de trouver une nouvelle approche méthodologique intégrant ces enjeux.

Appuyée sur une réflexion portant sur la relation entre politiques publiques et paysages, elle vise à produire des indicateurs quantitatifs du paysage, devant servir à l'analyse des actions menées sur le territoire. En d'autres termes, l'objet de la recherche serait d'évaluer les politiques publiques par le paysage, ou plutôt d'identifier un moyen d'évaluer les politiques publiques au travers des paysages qu'elles contribuent à créer, comme l'ont suggéré les travaux de Dérioz et Laques (2004).

Notre travail prend appui dans sa partie méthodologique sur le polysystème paysage (Wieber, 1984). Cette approche offre plusieurs avantages. Tout d'abord, elle suppose une vision tangentielle de l'espace terrestre, considérant ainsi les masques (un bosquet, par ex.) et les plages (un champ, par ex.) au sein du paysage, tel que l'œil humain peut le voir (au contraire de la vue azimutale et omnisciente de la carte). Ensuite, elle permet d'assurer un maximum d'objectivité puisque l'étude se place en amont des filtres perceptifs humains. Les analyses sont menées sur l'ensemble du potentiel visible du paysage, c'est à dire du flux d'informations lumineuses qui pourra entrer dans l'œil de l'observateur. D'autre part, elle place les analyses au niveau de la composition et des associations d'objets dans le paysage visible. Dès lors, il est possible de mener des analyses quantitatives et d'imaginer des indicateurs mesurables du paysage, tels que l'ampleur de vue, la soumission à la vue, le degré de fermeture ou la part des éléments urbains. Les informations ainsi dégagées peuvent alors être confrontées aux choix et aux actions politiques agissant sur le territoire étudié, afin de mener une évaluation globale de leur apport dans les paysages, au contraire d'une démarche plus sectorielle s'appuyant, par exemple, sur le nombre de nouvelles constructions ou la quantité de kilomètres de routes construites.

## 2. Données et méthodes

Les données mobilisées se présentent en couvertures matricielles au sein d'un SIG. Nous utilisons des données sur l'occupation du sol, issues d'images satellite ou de photos aériennes, à une résolution assez fine pour identifier de manière correcte les objets au sol. Les éléments trop fin et non identifiables, telle que les lignes électriques, sont intégrés à l'aide de bases de données géoréférencées telles qu'en propose l'IGN. Puisqu'il s'agit

d'adopter une vue tangentielle de l'espace, il est également nécessaire de disposer des données d'altitude, sous la forme d'un MNT. Les opérateurs des SIG permettent de construire trois principaux indicateurs:

- l'ampleur de vue, qui mesure la surface vue en chaque point du territoire (en m<sup>2</sup> ou en ha) et qui renseigne sur ce qui peut être vu depuis ces points ;

- la soumission à la vue, qui mesure la surface d'où chaque point du territoire peut-être vu (en m<sup>2</sup> ou en ha) ;

- l'aspect du paysage, qui mesure les différents composants des scènes paysagères (surface de forêt, de construction,...).

En plus d'une catégorisation du paysage suivant ses composants, il est également intéressant de prendre en compte le paysage selon sa structure. Nous nous attachons alors à identifier et calculer plusieurs caractères, tels que:

- les masques potentiels : chaque objet possède une hauteur et peut, de fait, créer un rideau à la vue (construction, arbres,...) ;

- les plages : au contraire des masques, ce sont les espaces ouverts à la vue (champs par exemple) ;

- la topographie: information sur le modelé du terrain, caractérisé par la pente ou encore l'orientation des versants ;

- la profondeur de champ : information sur le nombre de plan visible et le déroulé de la scène paysagère.

Cette approche a déjà été utilisée dans plusieurs études menées par le laboratoire THÉMA, et bénéficie d'une expérience d'une vingtaine d'années. Citons en exemple les travaux menés sur les franges franciliennes (Tourneux, 2008) et l'évaluation du prix du paysage dans la périphérie de Dijon (Cavaillès, 2006).

Elle est à présent mise en œuvre dans le double cadre d'un travail de thèse et de la commande d'une collectivité urbaine. L'objet de l'étude est d'étudier l'évolution du paysage sur le territoire de l'agglomération puis de comparer ces évolutions aux différents documents de planification, entre 1986 et 2007. Une première phase d'analyse à été menée pour 1986, décrivant les principales caractéristiques du paysage de l'époque. L'analyse pour l'année 2007 est actuellement en cours, et permettra par la suite de pointer les zones d'évolutions.

---

### 3. Bibliographie

Cavaillès J., Joly D. (dir.), 2005, Les paysages périurbains et leur prix, Les cahiers de la MSH Ledoux, 5, Besançon.

Dérior P., Laques A. E., 2004, Evaluation paysagère et diagnostic de territoire, In : Puech D., Honegger, A. R. (dir.), *L'évaluation du paysage, une utopie nécessaire ?*, Publication de l'Université Paul Valéry, Montpellier, 447-464.

Donadiou, P., 2002, La société paysagiste, Actes Sud, Paris.

Luginbuhl, Y., 2004, L'évaluation des paysages: une utopie nécessaire et qui devient réalité, In : Puech D., Honegger A. R. (dir.), *L'évaluation du paysage, une utopie nécessaire ?*, Publication de l'Université Paul Valéry, Montpellier, 633-640.

Tourneux F. P., Joly D., 2008, Les évolutions du paysage visible : mesures et simulations, In : Brossard T., Wieber J. C., *Paysage et Information géographique*, Hermès, 141-163.

Wieber J. C., 1985, Le paysage visible, un concept nécessaire, In : Berdoulay V., Philipps M. (eds.), *Paysages et systèmes. De l'organisation écologique à l'organisation visuelle*, Presses de l'Université d'Ottawa, 167-178.

# La définition des unités paysagères par télédétection : étude méthodologique critique

**Emilie Bourget**

UMR 6554 COSTEL LETG, CNRS/Université de Rennes 2  
[emilie.bourget@uhb.fr](mailto:emilie.bourget@uhb.fr)

## 1. Contexte et objectif

Depuis quarante ans, les transformations accrues subies par certains paysages, notamment le bocage en Bretagne, ont conduit les différents pouvoirs publics à une prise de conscience et à une volonté de gestion raisonnée de leurs paysages. Au niveau européen, la Convention Européenne du Paysage a été signée à Florence en 2000 ; elle constitue à l'échelle nationale un cadre d'action pour les DIREN, qui depuis une dizaine d'années assurent dans les Régions la mise en place d'Atlas de Paysage.

L'un des objectifs de ces Atlas est la définition et l'inventaire des différentes unités paysagères constituant le paysage régional ; cet objectif constitue également une priorité pour diverses études réalisées à des échelles infrarégionales, tels les SCOT ainsi que pour diverses politiques sectorielles. La mise en place du Grenelle de l'Environnement, et plus précisément des Trames Vertes et Bleues induisent ainsi une réflexion en lien avec le zonage du territoire en terme de potentiel de biodiversité. On observe donc, en conséquence des nombreux acteurs impliqués dans ces projets, des compétences et outils mobilisés, des modalités très variées de mise en œuvre technique de la méthode d'identification et de qualification des unités paysagères<sup>1</sup>. Il en résulte souvent un manque de cohérence entre ces unités, entre deux zones géographiques voisines et a fortiori sur des échelles différentes.

## 2. Méthodes

On peut donc estimer qu'un renouvellement méthodologique dans l'inventaire des paysages est nécessaire. Dans cette optique, l'utilisation des images satellite, en parallèle à la prise en compte d'autres sources de données (observations terrain, MNT, prises de vues horizontales, transects de paysage...), permet selon des méthodes diverses, l'extrapolation et la spatialisation des observations terrain. Les classifications d'images satellitaires (telles CORINE LandCover) sont déjà très répandues pour déterminer différents types d'occupation du sol ; une classification issue d'une série d'images satellite MODIS et d'un MNT a ainsi été mise en place sur

la Bretagne dans le Cadre du Programme « Sols de Bretagne » (Le Dû-Blayo et al., 2008-B), et est également utilisée dans la présente étude. Un certain nombre de post-traitements peuvent aussi être appliqués à la classification supervisée d'une image satellite, afin de définir, de manière automatique, des unités paysagères, à l'échelle régionale ou infrarégionale. Les post-traitements élaborés dans cette optique sont de plusieurs types :

- une recherche holistique sur les délimitations, réalisée « à dire d'expert » (Le Dû-Blayo, 2007) ;
- une typologie bi-scalaire mêlant une double approche holistique et paramétrique (Van Eetvelde et Antrop, 2008) ;
- un post-traitement automatique avec le logiciel ClaPaS (CLassement de PAYSAGES et Segmentation) (Robbez-Masson, 1994) ;
- un post-traitement automatique basé sur la morphologie des entités paysagères (Le Dû-Blayo et al., 2008a-b) ;
- un post-traitement automatique basé sur la fusion des frontières (Le Dû-Blayo, et al., 2008a-b).

En fonction du nombre de sources de données retenues et du type de croisement choisi pour agréger ces différentes informations, le nombre de variables permettant d'aboutir à une typologie est très changeant d'une méthode à l'autre. Ces variables sont ensuite croisées selon divers procédés, tels que l'overlay, la classification ou le cluster.

Les méthodes mises en œuvre à la définition d'un nombre de variables très hétérogènes. Le croisement de ces variables aboutit à des types de paysages *a posteriori*, dont l'organisation spatiale va permettre de synthétiser des unités paysagères.

## 3. Application et perspective

Trois des méthodes présentées ci-dessus ont été notamment mises en application sur le territoire de la Bretagne, avec au départ les mêmes sources de données (classification d'images satellite MODIS, enrichies par un MNT) ; ainsi, les résultats qu'elles proposent peuvent être aisément comparés. On aboutit à des solutions très différentes par leur aspect, et qui, après comparaison, permettent de mener au final une réflexion sur ces méthodes et la manière dont leur application sur la Bretagne peut être améliorée. Ainsi, quelques grandes interrogations émergent :

<sup>1</sup> mise au point en 1994, sous la direction d'Yves Luginbühl, par le Ministère de l'Aménagement du Territoire

- existe-t-il des zones rémanentes d'unités de paysage au les différentes cartographies testées ? Quels sont les noyaux durs homogènes, où sont-ils situés ?

- à l'inverse, quels types de zones floues et de résidus peut-on rencontrer ? Une première typologie a d'ores et déjà été dressée, qui distingue :

- des zones hétérogènes localement, mais homogènes à l'échelle régionale ;
- des zones de gradient ;
- des frontières mixées ;
- de petits objets agrégés.

Face à ce flou, une synthèse des différentes cartographies réalisées est nécessaire, avec la mise en place d'une certaine traçabilité des différentes limites ayant servi à son élaboration, et ce via une table de métadonnées.

En lien avec le Grenelle de l'Environnement, il peut être également intéressant d'examiner de quelle manière la question des Trames Vertes et Bleues à l'échelle régionale vient croiser la délimitation des unités paysagères : les Trames Vertes sont-elles des sous-unités ou bien constituent-elles un autre découpage ? Quels types de paysages « font » les Trames Vertes ? Le croisement typologique des cartographies de types de paysages avec des zones riches en biodiversité, telles les ZNIEFF, peut constituer un point d'appui pour une réflexion paysagère sur les Trames Vertes.

Cette réflexion sur des méthodes spécifiques appropriées à l'extraction des unités paysagères peut favoriser l'appropriation des données satellites par les politiques publiques visant le paysage ; d'une manière plus générale, elle peut également permettre le renouveau de l'appréhension et de la perception du paysage par le grand public.

#### 4. Bibliographie

- Antrop M., Van Eetvelde V., 2005, The implementation of the landscape atlas of Flanders in the integrated spatial planning policy, *Landscape and urban planning*, 70(1-2), 127-141.
- Bligny C., 2002, Bilan des atlas des paysages en France, Rapport ENGREF, Clermont-Ferrand.
- Bornand M. *et al.*, 1997, Caractérisation des sols et paysages des garrigues méditerranéennes – Typologie et extrapolation spatiale par traitement d'images satellitaires, *Etude et gestion des sols*, n°4/1, 27-43.
- Bou Kheir R. *et al.*, 2004, Utilisation d'une classification structurale OASIS pour la cartographie d'unités de paysages dans une région représentative du Liban, *Journal Canadien de Télédétection*, 30(4), 617-630.
- Bourget E., Le Dû-Blayo L., 2008, Mapping Landscape identities at regional scale. The case of Brittany (France), 23<sup>e</sup> session de la PECSRL, *Landscapes, identities and development*, Lisbonne/Obidos, Portugal, 1-5 Sept. 2008.
- Brunet-Vinck V., 2004, Méthode pour des Atlas de paysages – Enseignements méthodologiques de 10 ans de travaux. Rapport final, Bureau des Paysages – Ministère de l'Ecologie et du Développement, Paris.
- Conseil Général des Côtes d'Armor, 1996, Diagnostic paysager sur le territoire départemental – Côtes d'Armor. Rapport Ouest Aménagement.
- Conseil de l'Europe, 2000, Convention Européenne du Paysage. Florence.
- Corgne S., 2004, Modélisation prédictive de l'occupation des sols en contexte agricole intensif : application à la couverture hivernale des sols en Bretagne. Thèse de Doctorat, Université Rennes 2.
- Direction Départementale de l'Équipement du Finistère, 1995, Inventaire et typologie des paysages du Finistère.
- DIREN Bretagne et Conseil Régional de Bretagne, 1995, Réflexions pour une politique régionale sur les paysages en Bretagne. Rapport DAT Conseil, 63 p.
- Girard M. C. *et al.*, 1991, Présentation d'un modèle d'organisation et d'analyse de la structure des informations spatialisées : OASIS, *Caractérisation et suivi des milieux terrestres en régions arides et tropicales*, Bondy, Ed. ORSTOM, 341-350.
- Lagacherie P. *et al.*, 2001, Mapping of reference area representativity using a mathematical soilscape distance, *Geoderma*, 101, 105-118.
- Le Bris A.-L., Lemerrier B., 2008, Présentation du programme Sols de Bretagne – volet inventaire, gestion et conservation des Sols (IGCS) : bilan des connaissances, état d'avancement, perspectives. Conférence 2008 GIP Bretagne Environnement. Rennes, 4 Décembre 2008.
- Le Dû-Blayo L., 2007, *Le paysage en Bretagne – enjeux et défis*. Plomelin, Ed. Palantines.
- Le Dû-Blayo L. *et al.*, 2008a, Improving the input of remotely-sensed data and information into digital soil maps, in Hartemink A. E., Mc Bratney A. B., Mendonca Santos M. L., *Digital soil mapping with limited soil data*, Elsevier.
- Le Dû-Blayo L. *et al.*, 2008b, Esquisse cartographique des pédopaysages de Bretagne par télédétection – Rapport final, Programme Sols de Bretagne, 92 p.
- Luginbühl Y. *et al.*, 1994, Méthode pour des atlas de paysages – identification et qualification. Paris-La Défense, Strates/CNRS-SEGESA.
- Michel K., 2006, Cartographie des pédopaysages de la Bretagne à l'aide de la télédétection - Rapport d'activité, Programme Sols de Bretagne.
- Mücher C. A. *et al.*, 2003, Identification and characterisation of environments and landscapes in Europe, Alterra, rapport 382, Wageningen.
- Robbez-Masson J.-M., 1994, Reconnaissance et délimitation de motifs d'organisation spatiale – Application à la cartographie de pédopaysages, Thèse de l'École Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier.
- Robbez-Masson J.-M. *et al.*, 1999, Prise en compte du contexte spatial dans l'instrumentation de la notion de paysage – Application à une segmentation géographique assistée. *Revue internationale de géomatique*, 9(2), 173-195.
- Van Eetvelde V., Antrop M., 2008, A method for a multi-scale landscape typology and characterisation in a transregional context useful as a GIS-landscape database. *Case of Belgium*, 23<sup>e</sup> session de la PECSRL, *Landscapes, identities and development*, Lisbonne/Obidos, Portugal, 1-5 Sept. 2008.
- Van Eetvelde V., 2008 (soumis), A stepwise multi-scaled landscape typology and characterization for transregional integration, applied on the federal state of Belgium.
- Van Eetvelde V., Antrop M., 2004, Towards landscape characterization of Belgium, A new typology, ELCAI, Evora, 2-4 Juin 2004.
- Vergne O., 2006, Comparaisons de méthodes de cartographies des limites paysagères floues par télédétection : application au Pays de Pontivy, Mémoire de Master 2, Université de Rennes 2.
- Wascher D. M. *et al.*, 2005, European landscape character areas - typologies, cartography and indicators for the assessment of sustainable landscapes, *Landscape Europe*.

# De la caractérisation des formes parcellaires aux usages agricoles des parcelles

## Essai de comparaison des logiques d'organisation des espaces agricoles laitiers et bocagers en Europe de l'Ouest (Galice, Basse-Normandie, Sud de l'Angleterre)

**Maxime Marie, Daniel Delahaye**

UMR 6554 COSTEL, CNRS/Université de Caen Basse Normandie

[maxime.marie@unicaen.fr](mailto:maxime.marie@unicaen.fr)

### 1. Contexte et objectif

Cette proposition de communication porte sur les logiques d'organisation des espaces et des paysages agricoles en domaine laitier et bocager. Dans ce type d'espace, les transformations des systèmes agricoles révèlent l'importance des enjeux environnementaux et paysagers liés à l'organisation de l'espace par l'agriculture (Houet *et al.*, 2008). De plus, les recherches menées dans ces zones mettent en évidence l'intérêt d'aborder la structuration de l'espace agricole à l'échelle parcellaire (Baudry et Thenail, 2004). Cette entité fonctionnelle élémentaire est la maille spatiale de référence utilisée dans ce travail. Ainsi, la compréhension des principes qui commandent la localisation des différents usages agricoles dans l'espace fournit une grille d'analyse intéressante pour traiter les enjeux liés aux transformations agricoles et paysagères (pollution de l'eau, érosion et ruissellement). Les sites retenus pour cette recherche sont des petits bassins de production qui appartiennent au grand domaine laitier de l'arc atlantique (Chatellier et Pflimlin 2006) et possèdent tous un caractère bocager plus ou moins marqué (Renard, 1998). Ces sites, d'une superficie d'environ 200 km<sup>2</sup>, sont au nombre de cinq : le Sud Pays d'Auge, le Bocage Virois et le Sud Manche (Basse-Normandie) ; le nord-est de Terra Chá (Galice) ; le Blackmore (nord du Dorset, Angleterre). Ces espaces sont intéressants à étudier car ils donnent à voir la diversité des configurations paysagères et des contextes agricoles que l'on rencontre dans les régions laitières d'Europe de l'Ouest (émiettement parcellaire, dimension des exploitations, niveaux de spécialisation et d'intensification agricole). La comparaison des logiques d'agencement de l'espace agricole dans ces différents contextes peut ainsi permettre de mieux comprendre l'origine des facteurs de variabilité ou d'invariabilité qui motivent la structuration des paysages bocagers en domaine laitier. Enfin, cette recherche est conduite sur le principe de l'articulation de deux échelles de référence, celle du petit bassin de production et celle de l'exploitation agricole.

### 2. Corpus de données et méthodes

La photo-interprétation exhaustive de chacun de ces « petits bassins » d'environ 20 000 ha a permis de construire une base de données à l'échelle de la parcelle agricole regroupant un peu plus de 52 000 entités spatiales. Grâce à l'utilisation des méthodes issues des SIG, un grand nombre de variables descriptives a pu être dégagé pour chacune des parcelles (surface, pente, indice de forme, indice d'allongement, position topographique, distance au siège d'exploitation, accessibilité, indice d'embocagement, présence d'hydromorphie). De plus, la photo-interprétation couplée à des relevés de terrain a permis d'attribuer à chaque parcelle l'usage agricole dont elle fait l'objet (prairie, maïs fourrage, céréale, verger, prairie complantée, pâturage extensif, friche). Les traitements statistiques univariés de l'ensemble du corpus de parcelles ont tout d'abord constitué une étape préalable dans l'appréciation fine de l'influence des différentes variables sur l'organisation de l'espace agricole de chaque bassin (Gonzalez *et al.*, 2007). La réalisation d'une ACP à partir des neuf variables descriptives et d'une classification suivant la méthode des nuées dynamiques, a ensuite permis d'obtenir une typologie des parcelles de chaque zone suivant leurs caractéristiques dites « morphologiques ». L'étude de la sur ou sous représentation des usages au sein de chacune des classes a enfin été l'occasion de dégager des « profils types » de parcelles correspondant à chacun des usages. L'objectif a donc été ici, d'étudier, non pas l'importance de chaque variable de façon cloisonnée, mais d'aborder les combinaisons et les interactions des variables entre elles.

Enfin, la réalisation d'une enquête auprès d'un échantillon d'agriculteurs dans chacune des zones a fourni les bases essentielles de la compréhension de l'organisation spatiale des pratiques de ces derniers à l'échelle de leurs exploitations. A partir des entretiens réalisés avec les agriculteurs, une seconde base de données a été construite pour contrôler et analyser de manière exploratoire la place des caractéristiques de forme et de position des parcelles

dans l'organisation spatiale des exploitations laitières de chacun des sites d'étude. Les entretiens ont aussi été l'occasion de comprendre comment les agriculteurs perçoivent les contraintes d'utilisation des terres et comment ils adaptent leurs modes de gestions à ces dernières.

---

### 3. Résultats

L'intérêt de la mise en place d'une telle méthode réside dans l'identification des profils de parcelles les plus sensibles à l'enfrichement ou la monoculture par exemple. Contrairement à certaines approches SIG basées sur la représentation de l'espace en cellules ou en pixels (Mazagol, 2007), la méthodologie utilisée est ici orientée sur la forme des entités fonctionnelles de base de l'organisation spatiale des activités agricoles : les parcelles. Cet élément est important, car il permet d'aborder la structuration de l'espace à travers les caractéristiques des entités sur lesquelles s'appuie l'organisation des pratiques des agriculteurs.

Les résultats issus de ces travaux montrent que, à l'échelle de l'exploitation agricole, les principes élémentaires de

rationalité sont communs à tous les types d'exploitations (grandes ou petites, intensives ou pas, morcelées ou groupées). Ainsi, à l'échelle des bassins de production et malgré la diversité des configurations paysagères et des contextes agricoles, l'organisation des usages agricoles dans l'espace est commandée par les mêmes grandes logiques. Dans le cas des systèmes laitiers, la structuration des paysages agricoles n'est donc pas aléatoire (Capitaine et Benoît, 2001), elle peut être analysée efficacement à travers l'utilisation d'une seule et même grille de lecture centrée sur les caractéristiques morphologiques des parcelles agricoles. De manière générale, les gradients de distance au siège d'exploitation et de surface, recouvrent une importance centrale dans la localisation des usages liés aux cultures fourragères et céréalières. Au contraire, d'autres variables interagissent ponctuellement de manière très forte dans la localisation de certains types d'usages (pâturage extensif, friche). Enfin, la hiérarchisation des facteurs qui expliquent l'agencement des paysages agricoles semble varier finement suivant les zones d'étude. Ces fines variations renvoient aux réalités des contraintes physiques, morphologiques et foncières, mais surtout à la manière dont les agriculteurs perçoivent ces contraintes et s'y adaptent.

---

### 4. Bibliographie

- Chatellier V., Pflimlin A., 2006, Les systèmes laitiers des régions européennes de l'Espace Atlantique, *Rapport de synthèse des travaux du projet Green Dairy*, Institut de l'élevage, 13-32.
- Capitaine M., Benoît M., 2001, Territoires des exploitations et finages : mutations lorraines, *Mappemonde*, 2, 6-9.
- Gonzalez X-P., Marey M-F., Alvarez C-J., 2007, Evaluation of productive rural land patterns with regard to size, shape and dispersion of plots, *Agricultural Systems*, 92, 52-62.
- Houet T., Corgne S., Hubert-Moy L., Marchand J-P., 2008, Approche systémique du fonctionnement d'un territoire bocager, *L'espace géographique*, 3, 270-286.
- Mazagol, P.-O., 2007, La mise en évidence de « variables dominantes » dans l'organisation du paysage : une approche multi-échelle, in Foltête J.-C., *Actes des huitièmes rencontres Théo Quant*, Besançon.
- Renard J., 1998, Agricultures et paysages ruraux de la façade atlantique à l'ère des crises et des mutations, in *Campagnes françaises et ibériques de l'Atlantique*, Recherches rurales n° 2, Geaso-Cervin, Bordeaux III, 1998, 263-267.
- Thenail C., Baudry J., 2004, Variation of farm spatial land use pattern according to the structure of hedgerow network (bocage) landscape: a case of study in northeast Brittany, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 101, 53-72.

# Organisation spatio-temporelle des feux de brousse. Approche comparative au Burkina Faso

**Sébastien Caillaut\***, **Aziz Ballouche\*\***, **Daniel Delahaye\***

\* UMR 6554 COSTEL LETG, CNRS/Université de Caen Basse Normandie

\*\* Laboratoire d'Études Environnementales des Systèmes Anthropisés, Université d'Angers

[sebastien.caillault@unicaen.fr](mailto:sebastien.caillault@unicaen.fr)

## 1. Problématique

Les feux de brousse en Afrique sub-saharienne sont régulièrement présentés comme des agents de la dégradation de l'environnement. Ils sont décrits comme des phénomènes nuisibles, surgissant de manière aléatoire dans l'espace et le temps au même titre que des catastrophes. En accord avec cette perception, les politiques coloniales ont tenté de faire disparaître les feux de brousse quelque soit les régions concernées (Laris et Wardell, 2006). Dans les faits, la situation est plus complexe qu'il n'y paraît. Ces feux ne sont pas que nuisibles car ils remplissent diverses fonctions pour les sociétés locales : chasse, nettoyage des champs, brûlis, rites... De la même manière la dangerosité du phénomène est toute relative. Il s'agit de feux rampants sans danger pour les personnes. Ils ne ravagent pas non plus les espaces de cultures ou les villages car ils s'éteignent au contact des espaces dénudés (chemin, bords de champs, espaces habités...). Enfin l'évolution des moyens de mesure et notamment ceux issus de la télédétection montre que ces feux ne sont pas aléatoires dans le temps et l'espace (Dolidon, 2007). Au contraire il existe une relation logique de répartition des points de feux en association avec un régime des feux donné. Beaucoup d'études se sont focalisées sur la détection des feux et peu sur leur régime, pourtant la demande sociale devient forte dans ce domaine. Les nouvelles politiques environnementales tendent à accepter les « bons feux », c'est-à-dire les feux qui brûlent en début de saison sèche et qui sont considérés comme moins nocifs pour le couvert végétal. Pour alimenter ce débat, il devient important d'analyser plus finement les régimes de feux (Bassett et Crummey, 2003), c'est ce que se propose de faire cette étude.

L'étude de la temporalité des feux est un enjeu majeur. Celle-ci devient en effet centrale pour distinguer des feux précoces/ feux tardifs (rythme saisonnier), mais aussi pour définir des régimes de feux sur la base de plusieurs années (rythme inter annuel). Intégrer le paramètre du temps paraît donc intéressant mais présente quelques difficultés. Un des obstacles est notamment de pouvoir caractériser un feu comme précoce ou tardif. En effet, deux feux à la même date dans des contextes bioclimatiques différents ne seront pas qualifiés de la même manière. Comment alors révéler

cette temporalité relative à des espaces donnés ? En quoi étudier la temporalité des feux peut nous aider à comprendre une organisation spatio-temporelle des feux ?

Pour aborder ces questions nous avons comparé deux régions du Burkina Faso dans un contexte bioclimatique similaire : les savanes soudaniennes. Elles présentent des facteurs différents pouvant affecter les régimes de feu : densité de population, élevage, agriculture...

A l'Est du pays, il s'agit d'une région principalement caractérisée par une faible densité de population (env. 15hab/km<sup>2</sup>), des cheptels importants et de grandes aires protégées (Parc inter nations du W, réserve nationale du Singou...). L'autre région à l'Ouest, est une région économique majeure notamment par l'importante intensification agricole opérée dans les années 1980 sous l'impulsion de la culture cotonnière (Tallet, 2007). C'est une région qui a été bouleversée en 40 ans passant de la « grande brousse » à une région agricole fortement peuplée (env. 45hb/km<sup>2</sup>). Il faut néanmoins noter quelques zones protégées présentes le long des vallées (Réserve des Deux Balés et forêts classées...).

## 2. Méthodologie

Pour analyser la dynamique des feux de brousse, nous avons utilisé les données de feux actifs Modis (Giglio *et al.*, 2003). Ces données ont été choisies car elles permettent de d'aborder la question du rythme des feux sans pour autant délaisser l'espace. Elles se caractérisent par une longue série de données constituées quotidiennement (données journalières pendant 4 ans) à la résolution de 1 km. Les feux sont détectés automatiquement à partir d'un canal thermique de Modis. Une fois extraits ces points de feux actifs sont classés sur une échelle de fiabilité de 1 à 100. Pour notre étude nous avons uniquement gardé les points dont la valeur était supérieure à 30. Cette base de données a alors été intégrée sous un logiciel SIG aboutissant à un recensement de 90 000 points de feux actifs géo référencés et classés par saison mais aussi par ordre d'apparition dans chaque saison sur l'ensemble du Burkina Faso.

Une description des tendances des feux de brousse pour les deux espaces régionaux a été réalisée. Par la suite nous avons utilisé l'autocorrélation spatiale (Anselin, 2003).

Afin de comprendre si l'espace et le temps des feux sont corrélés et donc de tester la part aléatoire des feux. Enfin, une cartographie des feux tardifs / feux précoces pour chaque saison a été établie grâce aux indicateurs locaux d'association spatiale (LISA).

---

### 3. Résultats et perspectives

La méthode a permis de décrire de manière synthétique la dynamique d'un objet souvent étudié comme ponctuel et isolé. Derrière cet apparent désordre se cache une organisation spatio temporelle des feux qui se répète chaque année. Cette organisation témoigne à la fois de la

structuration des paysages en zone soudanienne mais aussi de leurs dynamiques saisonnières. La répartition spatiale des densités de feux révèle en effet les espaces où la brousse est encore présente. Quant aux rythmes des feux, ils nous indiquent différents types de gestion.

Nous observons ainsi une différenciation des espaces régionaux entre zones agricoles et zones protégées. Dans les espaces ruraux les feux sont peu présents par manque de combustible. La brousse semble pour partie « finie ». Les espaces actuellement jugés sans intérêts agricoles restent les seuls où les feux peuvent passer. A l'inverse, les aires protégées sont aisément identifiables par la forte densité des feux présents (forte continuité du tapis végétal) mais aussi par le caractère précoce des feux présents.

---

### 4. Bibliographie

- Anselin, L., 2003, GeoDa 0.9 User's Guide. Spatial Analysis Laboratory, Department of Agricultural and Consumer Economics and CSISS, University of Illinois.
- Bassett T., Crummey D., 2003, African Savannas: Global Narratives and Local Knowledge of Environmental Change in Africa, Ed. James Currey Publishers & Heineman.
- Dolidon H., 2007, La multiplicité des échelles dans l'analyse d'un phénomène d'interface nature/société. L'exemple des feux de brousse en Afrique de l'ouest, *Cybergeo*, 8(363).
- Laris P., Wardell D., 2006, Good, bad or 'necessary evil'? Reinterpreting the colonial burning experiments in the savanna landscapes of West Africa, *Geographical Journal*, 172(4), 271-290.
- Giglio L., Descloitres J., Justice C., Kaufman Y., 2003, An Enhanced Contextual Fire Detection Algorithm for MODIS, *Remote Sensing of Environment*, 87(2/3), 273-282.
- Tallet B. 2007, A l'arrière des fronts pionniers: recompositions territoriales dans l'Ouest du Burkina Faso et le Sud du Veracruz (Mexique), Mémoire HDR, Paris I.

# Les trajectoires d'occupation spatiale et de transformations du parcellaire confrontées au risque inondation en Bretagne

**Janique Valy**

UMR 6554 COSTEL LETG, CNRS/Université de Rennes 2  
[janique.valy@uhb.fr](mailto:janique.valy@uhb.fr)

## 1. Problématique

L'occupation des plaines inondables par le bâti est un phénomène ancien mais qui s'est fortement accru à la fin du XX<sup>ème</sup> siècle quel que soit le niveau de développement du pays. Cette implantation massive entraîne une augmentation de la vulnérabilité au sens large. Les plaines d'inondation françaises ne dérogent pas à cette règle et ce malgré la mise en place de réglementations (Ledoux, 1995). La présente communication montrera, dans un premier temps, les méthodes mises en œuvre pour caractériser les trajectoires d'occupation spatiale dans les plaines d'inondation à l'échelle communale. Par la suite l'analyse spatiale des inondations sera définie. Ce qui permettra d'identifier une première approche de l'évolution de la vulnérabilité urbaine sur les soixante dernières années. Afin de couvrir cette problématique à l'échelle de la Région, deux secteurs d'étude ont été choisis de façon à ce que chacun fasse référence à un fonctionnement de cours d'eau et à un type d'aménagement du territoire urbain différents. Les terrains retenus sont : l'agglomération rennaise, avec comme communes d'étude Bruz, Cesson-Sévigné et Saint-Grégoire, et, la ville de Quimper située à proximité du littoral en aval d'un bassin côtier réactif.

La pression anthropique très forte sur les milieux périurbains fait partie des facteurs qui entraînent une urbanisation en zone inondable. Le suivi et la compréhension de l'étalement urbain sont donc des enjeux importants pour comprendre les effets de l'urbanisation sur le risque inondation. La méthodologie utilisée pour qualifier l'urbain se décompose en deux grandes parties.

D'une part, un travail de photo-interprétation est réalisé. Le choix de la photographie aérienne s'explique par la volonté de remonter jusqu'au milieu du vingtième siècle. En effet, l'étude de la croissance urbaine s'effectue sur un pas de temps quasi fixe d'environ dix ans depuis 1952.

D'autre part, le cadastre va être superposé à cette étude diachronique. Les bâtiments présents sont renseignés comme étant visibles à la date de la photographie, puis le même protocole est reproduit à la date suivante. Le

cadastre est irremplaçable pour visualiser le détail des tracés et les structures parcellaires ainsi que leur évolution. Le plan cadastral permet d'identifier deux types d'objets : le parcellaire à l'échelle communale et les emprises bâties proprement dites. A partir du SIG ainsi formalisé, la croissance urbaine va être quantifiée à deux niveaux d'échelle et les périodes de fortes expansions vont être connues.

La finalité de ce travail étant de confronter la croissance urbaine à l'espace inondé et aux événements d'inondation apparus durant cette période. Il est donc logique dans un second temps d'aborder ce qui va être considéré comme la zone inondable. Pour ce faire, l'enveloppe de crues est calculée à partir de différentes dates d'inondations. Il s'agit d'effectuer un travail historique permettant de recenser et de cartographier les crues réelles comptant parmi les plus graves in situ, et, qui ont été effectives essentiellement pendant la période d'étude de ma croissance urbaine. Méthodologiquement cela se traduit par une cartographie de chaque crue retenue (1966, 1974, 1977, 1981, 1990, 1995, 1999, 2000-2001) puis une superposition des champs d'expansion. Il en résulte une enveloppe de crue qui correspond ainsi à l'amplitude maximum de crues vécues en chaque point de la superposition.

Une fois ces deux grandes phases achevées, la confrontation des résultats permet dans un premier temps d'avoir des informations quantitatives précises de l'extension urbaine réalisée au détriment de la zone inondable pour chaque pas de temps. La finesse de ces calculs peut varier du niveau parcellaire au niveau du bâti (dénombrable par ailleurs). Ce croisement permet également d'identifier différentes échelles de vulnérabilité urbaine : de l'ensemble du territoire communal à l'objet bâti. En effet, les bâtiments recensés comme étant en zone inondable ont fait l'objet d'une étude plus poussée visant à caractériser chaque bâti en fonction de son seuil plancher et de la présence éventuelle d'étage ou de sous-sol. Le travail présenté ici, peut donc initier par la suite une analyse coût-bénéfice, par exemple sur la protection contre les inondations.

---

## 2. Références bibliographiques

- Erdlenbruch K., Gilibert E., Grelot F., Lescoulier C., 2008, Une analyse coût-bénéfice spatialisée de la protection contre des inondations, Application de la méthode des dommages évités à la Basse Vallée de l'Orb, *Ingénieries EAT*, 53, 3-20.
- Daugé Y., 1999, Les politiques publiques de prévention des inondations. [www.ecologie.gouv.fr](http://www.ecologie.gouv.fr)
- Degardin F., 2002, Urbanisation et inondations : de l'opposition à la réconciliation, *BAGF*, 1, 91-103.
- Laganier R., Scarwell H., 2004, Risque d'inondation et gestion durables des territoires, *Espaces et sociétés*.
- Ledoux B., 1995, Catastrophes naturelles en France, Payot.
- November V., 1994, Risques naturels et croissance urbaine : réflexion théorique sur la nature et le rôle du risque dans l'espace urbain, *Revue de Géographie Alpine*, 4, 113-123.





Neuvièmes Rencontres de Théo Quant

Besançon, 4-6 mars 2009

[www.thema.theoquant.fr](http://www.thema.theoquant.fr)

---

# Atelier 11

**Méthodes statistiques et  
géostatistiques**

# Estimating spatial sub-national variations in sub-Saharan Africa from Demographic and Health Surveys data

**Joseph Larmarange<sup>1</sup>, Roselyne Vallo<sup>2</sup>, Seydou Yaro<sup>3</sup>, Philippe Mselatti<sup>4</sup>,  
Nicolas Méda<sup>3</sup>, Benoît Ferry<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> UMR 196 Paris Descartes, IRD - Centre Population et Développement (CEPED)

<sup>2</sup> EA 4205, Université de Montpellier I

<sup>3</sup> Centre Muraz, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso

<sup>4</sup> CrecSS (Centre de Recherche Cultures Santé Sociétés)/IFEHA, IRD, Université Paul Cézanne

[joseph.larmarange@ceped.org](mailto:joseph.larmarange@ceped.org)

## 1. Introduction

For many countries, in particular in sub-Saharan Africa, Demographic and Health Surveys (DHS) are the only national source of data (depending of the subject). Several DHS collect latitude and longitude of surveyed clusters but the sampling method is not appropriate to derive local estimates: sample size is not large enough for a direct spatial interpolation.

We develop in this paper a methodological approach inspired by techniques used for calculating regional trends [1-3] and based on rings of the same number of observed persons. The main idea consists to decompose spatial variations as the sum of regional trends and local residuals, taking in count a random error. By aggregating neighbouring clusters, regional trends will be estimated for each surveyed cluster. This estimated proportion can then be interpolated by kriging method. Estimation parameters were computed from 24500 survey simulations on a model country.

The method was initially developed to map HIV prevalence in Burkina Faso and Cameroon at sub-national level but it can be applied to any other proportion. Our results will be compared with maps by DHS regions. We conduct all these analyses using the free and open-source statistical software R [4]. A specific package called *prevR* was written and can be downloaded at <http://www.ceped.org/prevR/>. Boundary files from the Digital Chart of the World (DCW)[5] and geo-localisation of main cities from the Global Rural-Urban Mapping Project (GRUMP) [6] were used.

## 2. Methods

### 2.1. DHS simulation and model country

To test our methodology, we elaborated a model country where it was possible to simulate DHS and to compare epidemic of the model and reconstituted epidemic. This

country was built by aggregating Benin, Burkina Faso and Ghana. Population density in 2000 and urban extents from the GRUMP [7, 8] were used and the country was divided into 11 regions and 9137 clusters. A fictive epidemic was applied to the model and was elaborated in order to present different models of diffusion.

DHS were simulated with three parameters: total number of tested persons, number of clusters and level of national prevalence. The simulations reproduce a stratified two-stage sampling.

### 2.2. Estimating the prevalence of each cluster

First, a ring was drawn around each cluster and then the prevalence of the central cluster was estimated from all the clusters inside the ring. Insofar as the sub-sample size is meaningful for prevalence calculation, rings with the same number of observations were used. Once a number  $N$  is selected, the ring radius of a cluster is determined so that the number of tested persons located inside that ring is at least equal to  $N$ . The prevalence of the central cluster is then calculated from all those observations.

As the  $N$  parameter increased gradually, the estimated prevalence was calculated on more observations and smoothed, attenuating random sample errors. At the same time, they tended progressively towards a single value (standardization effect). It was then necessary to find a compromise that sufficiently minimized random variations and preserved local precision of regional trends.

In the model, it is possible to calculate, for one simulation and one value of  $N$ , difference for each cluster between the estimated prevalence and the prevalence of the model and then the average difference (see the curve on figure 2). An optimal value for  $N$  is defined as the median, on 100 simulations with the same parameters, of the value of  $N$  for which the average difference is minimal.

Calculating  $N_{optimal}$  for a set of simulation parameters requires a long calculation time (around 6 to 12 hours). 24500 DHS have been simulated and the value of  $N_{optimal}$  can be modelled as a simple equation:

$$N_{optimal} = 14.172 \cdot sample\_size^{0.419} \cdot national\_prevalence^{-0.364} \cdot clusters\_number^{0.097} - 91.011$$

In lightly surveyed areas, prevalence estimates are based on clusters that are very distant from each other. So it is better to limit smoothing to smaller rings, even though prevalence estimates will be calculated on fewer observations. The maximum radius imposed on rings is called  $R$ . To modify estimations only for eccentric clusters, we choose to use the 9<sup>th</sup> decile of the ring radius when only the  $N$  parameter is applied.

Lastly, many studies have shown differentials between urban and rural areas [9, 10]. The gradual spread of an epidemic can be observed around a city or, conversely, its concentration in an agglomeration. It is therefore appropriate to consider whether a cluster is located inside an urban agglomeration or not. The prevalence for clusters outside urban agglomerations will be only calculated on clusters of the same type. On the other hand, those clusters inside an agglomeration will only be estimated on clusters in the same urban agglomeration.

### 2.3. Spatial interpolation

After estimating HIV prevalence for each cluster, maps of spatial variations in HIV prevalence were obtained by spatial interpolation. We use ordinary kriging [11], a sophisticated method that interpolates across space according to a spatial lag relationship that has both systematic and random components. That method takes into account the spatial dependence structure of the data and is indicated when the spatial distribution of observed points is irregular.

### 2.4. Complementary maps

The quality of prevalence estimates was not constant throughout the country. Two complementary maps were

produced to facilitate results interpretation. The first represented the number of people tested per cluster with transparent circles. Pale areas correspond to areas that were briefly documented or not at all. The second was obtained by spatial interpolation of a quality indicator. The value of this indicator is calculated for each cluster as  $R_c^2 / \sqrt{N_c}$  where  $R_c$  is the radius of the smoothing ring used to estimate the prevalence of the cluster and  $N_c$  the number of observations included in this ring. A low value of this quality indicator indicates a good estimation.

## 3. Discussion

Globally, this methodology estimates national, regional and sub-regional variations, with a more or less important smoothing according to the accuracy of the data of each zone, although a precise estimation of levels of each point is not possible. Analysing differentials is thus valid at regional or even sub-regional level, but is not meaningful at a very local level. Estimations are more accurate when the total number of tested persons and the national prevalence are higher. At contrary, estimations become uniform in not enough populated areas.

Rings of the same number of observations make possible to realise a spatial interpolation, take in count the spatial diversity of the accuracy of the data and highlight a maximum of the spatial variations which can be reproduced with incomplete data. However, this methodology is limited by DHS design, making impossible to estimate very local variations.

Application of this methodology to data from 2003 Burkina Faso DHS and 2004 Cameroon DHS have produced coherent maps with the other data sources as migrations for example (detailed results will be presented).

## 4. References

1. Chorley R. J., Haggett P., 1965, Trend-Surface Mapping in Geographical Research, *Transactions of the Institute of British Geographers*, 47-67.
2. Griffin W.R., 1949, Residual Gravity in Theory and Practice, *Geophysics*, 14, 39-56.
3. Krumbein W.C., 1956, Regional and local components in facies maps, *AAPG Bulletin*, 40, 2163-2194.
4. R Development Core Team, 2006, R: A Language and Environment for Statistical Computing. In Vienne (AT): R Foundation for Statistical Computing.
5. Environmental Systems Research Institute Inc. (ESRI), 1996, Digital Chart of the World (DCW) data set, Pennsylvania State University.
6. Center for International Earth Science Information Network (CIESIN) of Columbia University, International Food Policy Research Institute (IFPRI), The World Bank, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Global Rural-Urban Mapping Project (GRUMP), In: Palisades, New York (US): Socioeconomic Data and Applications Center (SEDAC) of Columbia University, 2004.
7. Mishra V., Vaessen M., Boerma J. T., Arnold F., Way A., Barrere B., et al., 2006, HIV testing in national population-based surveys: experience from the Demographic and Health Surveys, *Bull World Health Organ*, 84, 537-545.
8. Center for International Earth Science Information Network (CIESIN) of Columbia University, International Food Policy Research Institute (IFPRI), The World Bank, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Global Rural-Urban Mapping Project (GRUMP), Alpha Version: Urban Extents. In. Palisades, New York (US): Socioeconomic Data and Applications Center (SEDAC) of Columbia University; 2004.
9. Mishra V, Vaessen M, Boerma JT, Arnold F, Way A, Barrere B, et al. HIV testing in national population-based surveys: experience from the Demographic and Health Surveys. *Bull World Health Organ* 2006;84:537-545.
10. Asamoah-Odei E, Garcia Calleja JM, Boerma JT. HIV prevalence and trends in sub-Saharan Africa: no decline and large subregional differences. *Lancet* 2004, 364, 35-40.
11. Krige D. A., 1951, Statistical approach to some basic mine valuation problems on the waterstrand, *Journal of the Chemical, Metallurgical and Mining Society*, 52, 119-139.

# Analyse de résidus pour évaluer la marginalité socio-économique de populations dans un contexte de migrations de type rural-rural

## Le cas de la province d'Agusan del Sur, Philippines

**Nicolas Daix, Françoise Urban-Ferauge**

Département de Géographie, Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix, Namur, Belgique

[nicolas.daix@fundp.ac.be](mailto:nicolas.daix@fundp.ac.be)

### 1. Contexte et objectif

Dans de nombreux pays, la migration humaine est une réelle stratégie de survie, qu'il s'agisse de migrations économiques ou de migrations forcées (politiques ou environnementales). A côté des migrations internationales qui concernent près de 190 millions de personnes, les migrations internes-concernent un nombre plus importants encore d'individus (IOM, 2005 ; Deshingkar et Grimm, 2004). Alors que l'impact tant des migrations internationales que de l'exode rural sur le développement ont été largement étudiés dans la littérature (Adams et Page, 2003 ; Skeldon, 2004 ; Loi, 2005 ; Agesa, 2004 ; Taylor et Martin, 2001), très peu d'études se sont intéressées aux migrations de type rural-rural. Dans ce dernier cas, les rares études se sont souvent limitées aux impacts sur la région d'origine des migrants (Hossain et al., 2002 ; Lall et al., 2006 ; Taylor, 1999). Le rôle des migrations de type rural-rural sur le niveau de développement de la région hôte est très peu connu, de même son influence sur la marginalité des populations à l'arrivée.

Aux Philippines, l'île de Mindanao, au sud de l'archipel, fut durant longtemps la terre promise et a connu d'importantes vagues d'immigration au cours de la seconde moitié du XXe siècle. La province d'Agusan del Sur, située au nord de Mindanao est une des provinces les plus pauvres du pays. Celle-ci continue d'accueillir de nombreux migrants et son état de pauvreté ne semble pas s'améliorer. La marginalisation des populations est avancée comme un des éléments déclencheurs d'un processus aggravant cet état de pauvreté.

De nombreux facteurs peuvent expliquer l'état de marginalité d'un village. Parmi ceux-ci, l'isolement par rapport aux petites villes rurales est souvent avancé (Bird et al., 2007). Cependant, d'autres facteurs de marginalité peuvent être propres au village. Ces facteurs, non directement liés à l'isolement, ici nommés *facteurs endogènes* de marginalité, sont évalués dans le présent article selon une méthode développée dans la perspective

d'estimer l'influence des migrations sur l'état de la marginalité locale au site de destination.

### 2. Méthodologie

Une méthode originale est développée, constituée de trois étapes : (1) calcul d'un indice de marginalité, (2) calcul d'un indice d'isolement, (3) calcul d'un indice de marginalité endogène.

Le calcul de l'indice de marginalité se base sur les résultats d'une Analyse en Composantes Principales (Sricharoen, 2006 ; Henry et al., 2003 ; Kerr et al., 2004) menée à partir de 13 variables socio-économiques décrivant les populations dans la zone d'arrivée. Les scores factoriels sur le premier axe sont utilisés pour déterminer les facteurs pondérants d'un modèle de combinaison linéaire des variables initiales.

L'isolement des villages par rapport aux pôles économiques locaux est évalué par une procédure SIG (Système d'Information Géographique) utilisant le modèle numérique de terrain, le réseau de transport et l'état des routes. La proposition est d'évaluer en chaque point une rugosité spatiale qui reflète le frein au déplacement. Cette rugosité spatiale est introduite comme contrainte dans une fonction de distance-coût pondérée (*Cost Weight Distance* ou *CWD*). Cette fonction a été décrite notamment par Douglas (1994) et Lee et Stucky (1998).

Connaissant pour chaque village son degré de marginalité et son degré d'isolement, la marginalité peut s'exprimer en fonction de l'isolement et les résidus de cette modélisation peuvent approcher l'estimation d'un indice de marginalité « endogène » exempt de l'isolement.

### 3. Résultats et perspectives

La marginalité se révèle être une fonction du logarithme népérien de l'isolement. A un isolement faible correspondrait une marginalité faible qui croîtrait rapidement avec l'isolement et se stabiliserait à un niveau élevé une fois atteint un isolement important. Le modèle

obtenu explique 50% de la variance totale. Il ouvre l'hypothèse que la marginalité observée dans un village est expliquée en moyenne pour moitié par son éloignement aux pôles économiques. La seconde moitié peut quant à elle s'expliquer par des facteurs endogènes. Les résidus du modèle, soit les écarts entre les valeurs observées et les valeurs prédites, sont considérés comme un indice de marginalité endogène. Une analyse de corrélation entre la marginalité endogène et un panel de variables socio-économiques et environnementales au niveau des villages et des municipalités a permis de dégager des pistes d'interprétation nouvelles de la marginalité profonde endogène aux régions hôtes migratoires. Ainsi, une faible marginalité endogène peut principalement s'expliquer par la possession par les ménages de biens matériels de base (machine à laver, télévision, réfrigérateur, etc.), par le nombre de ménages engagés dans le commerce de gros de détail ou encore par la présence d'infrastructures agricoles recensées au niveau municipal tels que silos, moulin et séchoirs à grains. Par ailleurs, le nombre de migrants par municipalité et par village est reflété inversement corrélé à la marginalité endogène. Plus un village aurait accueilli de migrants dans sa population ou dans les villages de la

même municipalité, plus son niveau de marginalité serait faible.

Il est bien entendu risqué à ce stade de l'étude de généraliser. En effet, une grande dispersion des observations (villages) autour de la droite de régression exprimant la marginalité en fonction de l'isolement est observée. Les résultats présentés ici ont été validés sur l'ensemble de la province étudiée mais non pour chaque village isolément. En effet, chaque village possède un environnement et une histoire propres. Ce contexte, difficilement palpable au travers des statistiques récoltées, peut lui aussi participer à l'explication des écarts de marginalité observés entre villages.

Afin d'identifier avec plus de précision les facteurs de marginalité endogène, une approche par calcul d'autocorrélation spatiale calculée sur les résidus et permettant d'associer spatialement les résidus (tels indices de Moran ou de Getis-Ord, approche de type LISA, etc. (Anselin, 2005)) pourrait s'avérer utile, de même que l'utilisation des résultats d'enquêtes ciblées (à utiliser avec précaution afin d'éviter tout risque d'orientation a priori de l'analyse), ou encore l'intégration de facteurs de taille et de durée de la migration.

---

#### 4. Bibliographie

- Adams R.? Page J., 2005, Do international migration and remittances reduce poverty in developing countries? *World Development*, 33(10), 1645-1669.
- Agesa R.U., 2004, One family, two households: rural to urban migration in Kenya, *Review of Economics of the Household*, 2, 161- 178.
- Anselin L., 1995, Local indicators of spatial association – LISA, *Geographical Analysis*, 27(2), 93-115.
- Bird K., MacKay A. et Shinyekwa I., 2007, Isolation and poverty: the relationship between spatially differentiated access to goods and services and poverty, International workshop, Understanding and addressing spatial poverty traps: an international workshop, 29 March 2007, Spier Estate, Stellenbosch, South Africa.
- Deshingkar P. et Grimm S., 2004, Voluntary internal migration an update, Paper commissioned jointly by Urban Rural Change Team and the Migration Team DFID, Overseas Development Institute, London.
- Douglas D. H., 1994, Least cost path in GIS using an accumulated cost surface and slope lines, *Cartographica*, 31(3), 37–51.
- Henry C., Sharma M., Lapenu C. et Zeller M., 2003, Microfinance Poverty Assessment Tool, International Food Policy Research Institute. Technical Tools. CGAP, The International Bank for Reconstruction and Development, The World Bank, Series n° 5 September 2003.
- Hossain M., Bose, M.L., Chowdhury, A. et Dick, R.M., 2002, Changes in agrarian relations and livelihoods in rural Bangladesh, In V.K. Ramachandran and M. Swaminathan (eds.), *Agrarian Studies in Less Developed Countries*, Proceedings of the international conference 'Agrarian Relations and Rural Development in Less Developed Countries', 3-6 January, Kolkata, Tulika Books, New Delhi.
- IOM, 2005, *World Migration 2005: Costs and Benefits of International Migration*, Geneva: International Organization for Migration.
- Kerr S., Pfaff A. S. P., Cavatassi R., Davis B., Lipper L., Sanchez A. et Timmins J., 2004, Effects of Poverty on Deforestation: Distinguishing Behaviour from Location, ESA Working Paper No. 04-19, Agricultural and Development Economics Division, The Food and Agriculture Organisation of the United Nations.
- Lall S., Selod H. et Shalizi Z., 2006, Rural-urban migration in developing countries: a survey of theoretical predictions and empirical findings, World Bank Policy Research Paper 3915.
- Lee J. et Stucky D., 1998, On applying viewshed analysis for determining least-cost paths on digital elevation models, *International Journal of Geographical Information Systems*, 12(8), 891–905.
- Loi C C., 2005, Rural to urban migration in Vietnam in Thanh H H, Sakata S, (eds.), *Impact of socio-economic changes on the livelihoods of people living in poverty in Vietnam*. ASED series n° 71, Chiba, Japan: Institute of Developing Economies, Japan External Trade Organization, 2005, 115-143.
- Sricharoen T., 2006, *Vulnerability and Risk Management for Sustainable Livelihoods of Farm Households in Northern Thailand- The Role of Health Insurance in Managing Risk*, Doctoral dissertation. Hohenheim University.
- Skeldon R., 2004, *More than remittances: other dimensions of the relationship between migration and development*, New York, United Nations Population Division.
- Taylor E.J., 1999, The new economics of labour migration and the role of remittances in the migration process, *International Migration Quarterly Review*, 37(1), 63-88.
- Taylor E.J. et Martin P.L., 2001, Human capital: Migration and rural population change in *Handbook of Agricultural Economics*, 1(1), 457-511.

# Quantification des hauteurs de neige et des températures de l'air à la surface d'un glacier : du terrain à l'interpolation, confrontation de méthodes

**Eric Bernard<sup>1</sup>, Florian Tolle<sup>1</sup>, Madeleine Griselin<sup>1</sup>, Dominique Laffly<sup>2</sup>, Christelle Marlin<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> UMR 6049 TheMA, CNRS/Université de Franche-Comté

<sup>2</sup> UMR SET, CNRS/Université de Pau et des Pays de l'Adour

<sup>3</sup> UMR IDES, CNRS/Université Paris Sud

[eric.bernard@univ-fcomte.fr](mailto:eric.bernard@univ-fcomte.fr)

## 1. Contexte et problématique

Le bilan de masse d'un glacier constitue un excellent indicateur des changements climatiques, puisqu'il est extrêmement sensible aux sollicitations atmosphériques. Actuellement, les mesures glacio-nivologiques sont, le plus souvent, fondées sur un protocole de calculs qui mobilisent MNT, photogrammétrie, télédétection et méthodes géodésiques. Pourtant, comme le rappellent B. Francou et C. Vincent (2008) concernant le traitement et surtout l'interprétation des données, « *il est extrêmement difficile de les d'interpoler [...], il faut pour cela avoir une excellente connaissance du terrain* ». L'interpolation de données acquises ponctuellement sur un glacier s'avère très délicate, puisqu'il faut tenir compte de nombreux paramètres locaux qui induisent énormément de biais. Si Hoeck et Jensen (1999) ont proposé une méthode de krigeage probante visant à interpoler des données pour déterminer le bilan de masse d'un glacier, ce sont plutôt les méthodes glaciologiques et hydrologiques qui font référence et prédominent encore dans les différents programmes en cours (Sicart *et al.* 2007, Schweizer *et al.* 2008, Soruco *et al.*, 2009).

A partir d'une base de données et d'informations de terrain acquises pour le programme Hydro-Sensor-FLOWS, plusieurs méthodes ont été testées. Le glacier Loven Est (Spitsberg, 79°N), support de ce programme, est considéré comme représentatif de l'Arctique et correspond à une sorte d'idéal théorique selon le WGMS et l'International Hydrological Program de l'UNESCO (Kaser G. *et al.*, 2003). En effet, avec une surface de 5 km<sup>2</sup> et moins de 500 m de dénivelée entre la rimaye du haut des cirques et le front, il se situe en bas de la fourchette préconisée pour avoir des résultats optimaux (5 à 10 km<sup>2</sup> et un maximum de 1000 m de dénivelée); il permet donc un monitoring des plus précis. Pour autant, même simple (pente douce et régulière, absence de séracs, avancée de 4 m/an), ce glacier reste complexe à étudier. On se heurte à des problèmes de limites, de relief, d'obstacles et de rupture de pentes, qu'il est difficile de prendre en compte dans la spatialisée des données et leur interpolation.

Dans le cadre du programme Hydro-Sensor-FLOWS, comme dans toute étude hydrologique, il est capital de déterminer de la façon la plus précise possible les lames d'eau potentielles et réelles (fonte de neige, glace, précipitations liquides, solides) ainsi que les températures sur l'ensemble du bassin et ce d'autant plus que les mesures hydrologiques en aval sont, elles, très précises : au cours de la saison de fonte estivale (juillet-septembre) les débits concentrés en un seul émissaire sont déterminés heure par heure.

Tous ces paramètres nous ont incités à tester plusieurs méthodes d'interpolation en ce qui concerne les hauteurs de neige et les températures de l'air à la surface du glacier.

## 2. Données et méthodes

Répartis sur l'ensemble du glacier, 20 capteurs thermiques permettent d'avoir une information en continu (1 mesure/heure) de la température de l'air. Trente balises implantées sur l'ensemble du glacier permettent, quant à elles, d'obtenir une information ponctuelle sur l'accumulation (neige et glace) et l'ablation (glace) servant de base à la quantification de la dynamique du manteau neigeux. Enfin, les tests développés ici s'appuient sur une campagne de carottages effectués en avril 2008 afin d'obtenir l'état du manteau neigeux au maximum de l'accumulation (lame de stockage ou de fonte potentielle exprimée en équivalent eau par rapport à la surface du glacier).

A partir des points de mesures réelles (carottages ou capteurs), il s'agit d'attribuer à chaque portion de surface (selon une trame matricielle et uniquement pour le glacier dans le présent exemple) une valeur de température de l'air et une valeur de hauteur de neige pour totaliser l'ensemble. On obtient ainsi un état thermique du bassin (un état par heure) et un état du potentiel de lame de fonte (neige ou glace) qui, au mieux, ne sera exécuté qu'une vingtaine de fois par an. Le choix de méthode ne sera donc peut-être pas le même pour les températures et pour la neige au vu du nombre très différent de données à traiter.

Du plus simple au plus complexe, des méthodes traditionnellement préconisées en glaciologie à celles utilisées en climatologie, de la simple moyenne arithmétique au krigeage, sept modes d'interpolation ont été testés : tranches d'altitudes ; polygones déterminés en fonction du terrain ; polygones de Voronoï ; interpolation par l'inverse de la distance pondérée (IDW) ; spline ; polynômes locaux ; krigeage. Deux voies de comparaisons ont été envisagées entre les différentes méthodes mises en œuvre :

- totalisation des valeurs interpolées selon chaque méthode, ramenée à un état thermique instantané du glacier pour les températures et à une hauteur de neige exprimée en équivalent eau sur l'ensemble du glacier ;

- vérité terrain en ce qui concerne une dizaine de carottages de neige n'ayant volontairement pas été pris en compte dans les calculs, utilisés pour critique et validation des interpolations.

---

### 3. Résultats

Les sept méthodes utilisées sur un exemple de mesure de hauteur de neige (avril 2008) et quelques exemples de températures de l'air mettent en évidence, pour la neige, une sous-estimation (450 mm) des valeurs par la méthode des tranches d'altitudes couramment utilisée en glaciologie ; l'interpolation spline, quant à elle, surestime légèrement les valeurs (605 mm)

Toujours pour la neige, la fourchette de résultats des différentes interpolations, en écart à la moyenne (589 mm,

si on exclut la méthode par tranche d'altitude), est comprise entre 2,7 % (spline) et -1,2 % (IDW). La méthode préconisée de longue date par les glaciologues (Lliboutry, 1964) est à -1% de la moyenne, très proche des polygones de Voronoï (-1,2%).

Si les écarts à la moyenne sont faibles quelles que soient les méthodes, il apparaît de grandes disparités en ce qui concerne la représentation spatiale des interpolations. On note la complémentarité entre la connaissance du terrain et les méthodes de calcul. Alors que la totalisation des résultats semble satisfaisante, il existe une hétérogénéité spatiale importante entre les différentes méthodes qui doit être interprétée par les chercheurs et comparée aux dynamiques nivo-glaciaires connues. Les vérités-terrains sur une dizaine de balises-test montrent les limites de la démarche et nécessiteront d'autres vérifications lors de prochaines campagnes.

Au total, puisqu'on parvient sensiblement au même résultat de totalisation, nous avons choisi d'utiliser la méthode la moins lourde en traitements pour les 9 000 cartes annuelles de températures, tandis que les mesures nivologiques moins fréquentes pourraient faire l'objet d'interpolations plus fines, voire plus complexes. Cependant, l'exemple d'un épisode pluvieux fin septembre 2008 nous a montré combien la nature était loin de la rigueur mathématique : les clichés issus des stations photo automatiques couvrant le glacier témoignent de l'extrême diversité de l'ablation à quelques mètres des balises référence, diversité qu'aucun modèle simple ne pourrait déterminer.

---

### 4. Références bibliographiques

- Cartiran L., Cazorzi F., Dala Fontana G., 2009, Enhanced estimation of glacier mass balance in unsampled areas by means of topographic data, *Annals of Glaciology*, 50, 1-8.
- Elder K., Dozier J., 1990, Improving methods for measurement and estimation of snowstorage in alpine watersheds, *Hydrology in Mountainous Regions. I - Hydrological Measurements; the Water Cycle*, Proceedings of two Lausanne Symposia, August 1990. IAHS Publ. 193, 147-156.
- Etzelmuller B., Vatne G., Odegard R. S., Sollid J. L., 1993, Mass-balance and changes of surface slope, crevasse and flow pattern of Erikbreen, Northern Spitsbergen: An application of a geographical information system (GIS), *Polar Research.*, 12, 131-146.
- Francou B., Vincent C., 2007, *Les glaciers à l'épreuve du climat*, IRD Edition, Paris.
- Hock R., Jensen H., 1999, Application of kriging interpolation for glacier mass balance computations, *Geografiska Annaler. Series A, Physical Geography*, 611-619.
- Hember R.A., Cogley J.G., Ecclestone M.A., 2004, Volume Balance of White Glacier Terminus, Axel Heiberg Island, Nunavut, 1961-2003, 60th Eastern Snow Conference, Sheerbrooke, Québec, Canada, 2003.
- Janssen P., 1999, Effect of uncertainties in measured variables on the calculated mass balance of Storglaciären, *Geografiska Annaler*, 81A (4), 633-642.
- Kaser G., Fountain A., Jansson P., 2003, A manual for monitoring the mass balance of mountain glaciers, *IHP-VI, Technical Documents in Hydrology*, 59.
- Kolher J., James T.D., Murray T., Nuth C., Brandt O., Barrand N.E. Aas H.F., Luckman A., 2007, Acceleration in thinning rate on western Svalbard glaciers, *Geophysical Research Letters*, vol. 34.
- Lliboutry L., 1965, *Traité de glaciologie*, Masson, Paris.
- Schweitzer J., Heilig A., Bellaire S., Fierz C., 2008, Variations in snow surface properties at the snowpack-depth, the slope and the basin scale, *Journal of Glaciology*, 54, 188, 846-856.
- Sicart J. E., Ribstein P., Francou B., Pouyau B., Condom T., 2007, Glacier mass balance of tropical Zongo glacier, Bolivia, comparing hydrological and glaciological methods, *Global and Planetary Change*, 59, 27-36.
- Soruco A., et al., 2009, Mass balance of Glacier Zongo, Bolivia, between 1956 and 2006 using glaciological, hydrological and geodetic methods, *Annals of Glaciology* 50, 1-8.
- WGMS : World Glacier Monitoring Service, under the auspices of: ICSU (FAGS), IUGG (IACS), UNEP, UNESCO, WMO.
- Young G. J., 1974, A stratified sampling design for snow surveys based on terrain shape, Proceedings of the Western Snow Conference 42, 14-22.
- Young G. J., 1975, Accumulation and ablation patterns as functions of the surface geometry of a glacier, Snow and Ice, (J. C. Rodda, éd.), *International Association of Hydrological Sciences*, 104, 34-138.

# L'intérêt des modèles de régression multiniveaux en géographie

## L'exemple de l'étude des disparités spatiales de santé à Vientiane (Laos)

**Julie Vallée**

UMRS 707 INSERM/Université Paris 6, UMR 190 IRD, Université Paris 10

[valleej@yahoo.fr](mailto:valleej@yahoo.fr)

### 1. Contexte et objectif

Si une ville abrite des disparités spatiales de santé, deux types de mécanismes peuvent l'expliquer. Le premier renvoie aux disparités socio-spatiales qui existent au sein de cet espace urbain. Les caractéristiques sociodémographiques comme l'âge, le niveau d'éducation et le niveau de vie, qui sont autant d'éventuels facteurs de risque, ne sont en effet généralement pas réparties en ville de façon aléatoire : leur répartition particulière pourrait expliquer l'existence des disparités intra-urbaines de santé.

Un second type de mécanisme participe également à la production des disparités spatiales de santé en ville : le lieu de résidence, de par les différents groupes sociaux qu'il met en contact, de par les équipements qu'il présente et de par les normes sociales qu'il véhicule dispose sans doute d'une influence sur les comportements de santé. Il est indispensable de considérer l'espace comme un acteur potentiel afin de voir dans quelle mesure les caractéristiques du lieu de résidence peuvent influencer les comportements de santé des individus et être ainsi « responsables » des disparités intra-urbaines de santé.

Dans cette communication, je souhaite montrer l'intérêt des modèles de régression multiniveaux, des outils encore peu utilisés par les géographes, pour identifier les éléments qui concourent à l'existence des disparités spatiales de santé en ville en prenant comme exemple Vientiane, la capitale du Laos. Il s'agit de voir dans quelle mesure les disparités spatiales de santé observables dans cette ville sont imputables aux profils sociodémographiques de la population (« l'effet de composition ») et aux caractéristiques du lieu de résidence (« l'effet du contexte »).

### 2. Données

Les données de santé proviennent d'une enquête réalisée à Vientiane en février et mars 2006 auprès de 2042 adultes de 35 ans et plus et de 1650 enfants entre 6 mois et 6 ans. Dans le plan d'échantillonnage de l'enquête, trois types d'espaces urbains ont été distingués selon un gradient décroissant d'urbanisation : la zone centrale, la première couronne et la seconde couronne d'urbanisation (Vallée, sous-pressé). Au sein de chacun de ces trois espaces, 9

« villages » (l'unité spatiale au sein de laquelle s'expriment fortement la cohésion sociale et le contrôle politique au Laos) ont été sélectionnés, soit 27 villages au total (Vallée *et al.*, 2007).

Un examen médical et biologique a été mis en place afin de détecter auprès de la population enquêtée la présence (ou l'absence) de certaines maladies jugées exemplaires : l'hypertension, le diabète, le surpoids, la maigreur, le retard de croissance et l'anémie. Ont également été collectées, par l'intermédiaire d'un questionnaire, des informations sociodémographiques concernant les individus et leur ménage.

### 3. Méthodes

La structure hiérarchique d'un échantillon de population issu d'un sondage par grappe (i.e. par village) nécessite de recourir à des méthodes spécifiques de régression si on veut obtenir résultats non biaisés. En effet, dès lors que les individus observés appartiennent à une même entité spatiale, ils auront tendance à se ressembler (Laurent et Etard, 2005). Pour contrôler cet « effet grappe » (c'est-à-dire l'homogénéité fréquente des individus composant les grappes), il est indispensable d'utiliser un modèle de régression multiniveaux.

Cependant, l'utilisation des modèles de régression multiniveaux n'a pas pour seul but de contrôler cet « effet grappe ». Dans le cadre de l'étude des disparités spatiales de santé à Vientiane, la ressemblance qui peut exister entre les individus d'un même village ne doit pas être vue comme une nuisance statistique : elle est constituée l'objet même de cette étude. C'est d'ailleurs dans ce but que le plan d'échantillonnage de l'enquête a été élaboré (Vallée *et al.*, 2007).

Il s'agit, en s'appuyant sur la variance des effets aléatoires au niveau des villages, de distinguer ce qui dans les disparités spatiales de santé à Vientiane tient aux profils sociodémographiques de la population d'une part et à l'influence du lieu de résidence d'autre part. Cette distinction s'appuie sur le calcul de la variance des effets aléatoires au niveau des villages, notée  $\text{Var}(U_{0j})$ . Si cette variance est nulle, alors aucune disparité inter-village n'existe. En revanche, si  $\text{Var}(U_{0j})$  est significativement supérieure à 0, on peut conclure à une différence entre les unités spatiales.  $\text{Var}(U_{0j})$  est calculée dans un premier

modèle vide afin de connaître la variance initiale des effets aléatoires au niveau des villages, puis dans un deuxième modèle dans lequel les caractéristiques de l'individu sont pris en compte et enfin dans un troisième modèle dans lequel les caractéristiques de l'individu et celles de son village de résidence sont introduites. La comparaison de la valeur de  $\text{Var}(U_{0j})$  des deux premiers modèles permet de savoir si les facteurs de risque introduits expliquent une partie des disparités spatiales de santé entre les villages (« l'effet de composition ») et si une variation spatiale demeure au-delà des effets imputables aux caractéristiques individuelles. L'étude de la valeur de  $\text{Var}(U_{0j})$  dans le troisième modèle permet de mesurer l'impact que les caractéristiques du contexte de résidence peuvent avoir sur la santé des individus, au-delà des effets imputables à leurs caractéristiques individuelles (Chaix & Chauvin, 2002). En intégrant dans le même modèle non seulement des caractéristiques individuelles mais aussi des caractéristiques agrégées, on évite l'erreur atomiste (qui consiste à isoler l'individu sans faire intervenir les contraintes du milieu dans lequel il vit) ainsi que l'erreur écologique (qui consiste à inférer à l'individu une association statistique observée à un niveau agrégé) (Courgeau, 1996).

Selon les motivations du chercheur, les modèles de régression multiniveaux peuvent donc être utilisés (1) pour tenir compte de la structure hiérarchique de l'échantillon et fournir ainsi des estimations non biaisés et/ou (2) pour mesurer l'ampleur de la variation inter-unités et hiérarchiser les facteurs responsables de cette variation, ce qui est le cas dans cette communication.

---

#### 4. Résultats

Si on observe les modèles vides, on remarque qu'il existe à Vientiane une variance non nulle des résidus au niveau des villages pour la quasi-totalité des maladies considérées. Ce résultat est essentiel car il permet de valider l'hypothèse à l'origine de cette recherche : des disparités spatiales de santé existent entre les différents villages de Vientiane.

Après l'intégration des facteurs de risque (modèle 2), on remarque que la variance  $\text{Var}(U_{0j})$  a diminué pour toutes des maladies considérées. Puisque l'ampleur de la variation inter-villages des maladies diminue avec l'intégration des facteurs de risque individuels, cela montre que les disparités spatiales de santé sont liées à la répartition spatiale de ces facteurs de risque. Toutefois, il faut relativiser cet effet de composition : la baisse de  $\text{Var}(U_{0j})$  après l'intégration des facteurs de risque est très limitée. Après l'intégration des facteurs de risque individuels, la variance  $\text{Var}(U_{0j})$  demeure statistiquement non nulle pour

la majorité des maladies considérées. La variation spatiale des maladies à Vientiane ne peut donc être expliquée que dans une faible mesure par la répartition spatiale des caractéristiques sociodémographiques de la population.

Après l'intégration des déterminants individuels et contextuels (modèle 3), on remarque que la variance des résidus au niveau des villages a diminué pour la totalité des maladies considérées. La variance inter-villages devient statistiquement nulle pour presque toutes les maladies considérées (sauf l'anémie des enfants). La prise en compte du contexte urbain de résidence permet donc d'expliquer la quasi-totalité de la variation spatiale inter-villages des maladies à Vientiane.

---

#### 5. Discussion et conclusion

Les modèles de régression logistiques multiniveaux constituent des outils puissants pour le géographe qui cherche à identifier les éléments qui concourent à l'existence des disparités spatiales de santé. Les résultats statistiques issus de ces modèles montrent que les disparités spatiales de santé à Vientiane ne sont que dans une faible mesure imputables aux caractéristiques sociales de la population et qu'il serait approximatif de ne lire les disparités spatiales de santé à Vientiane que comme le reflet des disparités socio-spatiales qui existent au sein de la ville.

Pourtant, les résultats des modèles de régression multiniveaux doivent être utilisés avec prudence. Il serait en effet illusoire d'espérer distinguer parfaitement les caractéristiques individuelles et contextuelles et dissocier les effets de composition des effets de contextes. Les caractéristiques d'un individu et celles de l'espace où il réside sont étroitement liées dans la mesure où il existe des interactions entre espaces et individus : « people create places end places create people » (Macintyre & Ellaway, 2003). On considère souvent les caractéristiques individuelles comme la propriété des individus, alors que celles-ci sont également déterminées par le lieu de résidence. Le contexte dont les caractéristiques peuvent être mesurées à un moment donné, dans un territoire donné, est fortement associé à la composition de la population qui y réside (Potvin, 2002). La distinction statistique entre effet de composition et effet de contexte est donc un outil d'analyse dont il faut connaître les limites. Le géographe a alors tout intérêt à compléter ces résultats statistiques par un raisonnement comparatif qui permet de vérifier si la relation entre contexte et santé est reproductible (à d'autres lieux, à d'autres époques) et par un raisonnement déductif qui permet d'expliquer comment l'un des deux phénomènes a pu produire l'autre.

---

#### 6. Références bibliographiques

- Chaix B., Chauvin P., 2002, L'apport des modèles multiniveaux dans l'analyse contextuelle en épidémiologie sociale : une revue de la littérature, *Rev Epidemiol Sante Publique*, 50, 489-499.
- Courgeau D., 1996, Vers une analyse multiniveaux en sciences sociales" in *Analyse Spatiale de Données Biodémographiques*. Bocquet-Appel J.-P., Courgeau D., Pumain D. (éd.). John Libbey Eurotext.
- Laurent C., Etard J.-F., 2005, Le sondage en grappes : implications de la méthode d'analyse sur les conclusions de l'enquête, *Rev Epidemiol Santé Publique*, 53, 43-50.
- Macintyre S., Ellaway A., 2003, Neighborhoods and Health: an overview, in *Neighborhoods and Health*, Kawachi I., Berkman L.F. (ed.): 20-42. Oxford Press.
- Potvin L., 2002, Le social-communautaire comme prisme révélateur des inégalités de santé : au-delà du débat composition versus contexte. Groupe de recherche Interdisciplinaire en santé. Approches communautaires et Inégalités de santé.
- Vallée J. (sous-presse), Espace urbanisé et périmètres urbains à Vientiane : une délimitation complexe, in *Vientiane, développement urbain et patrimoine*. Aphyat K., Clément P., Goldblum C., Taillard C. (ed.). Les Cahiers de l'Ipraus, Editions Recherches.
- Vallée J., Souris M., Fournet F., Bochaton A., Mobillon V., Peyronnie K., Salem G., 2007, Sampling in health geography: reconciling geographical objectives and probabilistic methods. An example of a health survey in Vientiane (Lao PDR), *Emerging Themes in Epidemiology* 4(6).

# Modélisation de répartitions d'occurrences spatio-temporelles et applications

**Florencia Chimard**

EA 3590 GRIMAAG, Université des Antilles et de la Guyane

[florencia.chimard@univ-ag.fr](mailto:florencia.chimard@univ-ag.fr)

Beaucoup de phénomènes sont de nature stochastique et nécessitent pour être modélisés et prédits des techniques statistiques appropriées. Par exemple, en sismologie, on utilise souvent la théorie des processus ponctuels (Ogata 1999, Holden et al. 2003, Zhuang 2006) pour analyser la répartition des tremblements de terre selon leur localisation, leur date ou encore leur magnitude. Si l'on s'en tient à la distribution des épicentres, qui peut-être représentée dans l'espace et dans le temps, on a un processus ponctuel spatio-temporel sans marque. On peut citer également la modélisation visant à étudier l'incidence de maladie (Diggle 2005, Kottas et al. 2007). Sous l'hypothèse d'homogénéité (tous les points d'un espace quelconque ont la même chance d'être la position d'occurrence) et d'indépendance (les différentes occurrences se réalisent indépendamment les unes des autres), le modèle correspondant est le processus de Poisson homogène. Néanmoins, le modèle n'est pas adapté forcément à la réalité et dans bien des cas, des modèles alternatifs sont proposés en tenant compte des caractéristiques du phénomène étudié.

Ainsi, nous nous sommes intéressés à l'étude de séries temporelles d'événements se produisant en des zones géographiques. La modélisation considérée correspond à un processus de Poisson doublement stochastique dont l'intensité est notée  $\lambda_{x,t}$  qui considère la date et la localisation spatiale des occurrences du phénomène étudié. Nous modélisons l'intensité du processus comme la somme d'un effet spatio-temporel, d'un vecteur de covariables spatiale fixe qui traduit l'effet de variables environnementales immuables dans le temps et d'un effet résiduel aléatoire temporel commun à tous les sites à un facteur multiplicatif près. Notre effet spatio-temporel a pour loi *a priori* un processus de Dirichlet d'espérance un processus log-gaussien. La méthodologie inférentielle bayésienne est appliquée à partir d'un tel modèle hiérarchique. Des études par simulation sont menées et sont comparées à des observations concernant la maladie de la feuille jaune de la canne à sucre (Edon-Jock 2008, Jacquet 2008) et provenant du Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (CIRAD) de Guadeloupe.

## Bibliographie

- Diggle P. J., 2005, A partial likelihood for spatio-temporal point processes, *The Berkeley Electronic Press*, (75).
- Duan J. A., Guindani M., Gelfand A. E., 2007, Generalized spatial Dirichlet process models, *Biometrika*, 94 :809-825.
- Edon-Jock C., 2008, Le virus de la feuille jaune de la canne à sucre : spécificités de la dissémination en Guadeloupe et en Martinique. Thèse de doctorat, Université des Antilles et de la Guyane.
- Ishwaran H., James L. F., 2001, Gibbs sampling methods for stick-breaking prior, *Journal of the American Statistical Association*, 96(453), 161-173.
- Ishwaran H., Zarepour M., 2000, Markov chain Monte Carlo in approximate Dirichlet and beta two-parameter process hierarchical models, *Biometrical Journal*, 87, 371-390.
- Jacquet O., 2008, Analyse statistique des processus ponctuels spatio-temporels de propagation sur une grille, Thèse de doctorat, Université des Antilles et de la Guyane, 2008.
- Kottas A., Duan J. A., Gelfand A. E., 2007, Modeling disease incidence data with spatial and spatio-temporal Dirichlet process mixtures, *Biometrical Journal*, 49, 1-14.
- Kottas A., Sanso B., 2007, Bayesian mixture modeling for spatial Poisson process intensities, with applications to extreme value analysis, *Statistical Planning and Inference*, 137, 3151-3163.
- Sethuraman J., 1994, A constructive definition of Dirichlet priors, *Statistica Sinica*, 4, 39-650.
- The Y. W., Jordan M. I., Beal M. J., Blei D. M., 2004, Hierarchical Dirichlet processes, *Journal of the American Statistical Association*, 101.
- Zhuang J., 2006, Second-order residual analysis of spatiotemporal point processes and applications in model evaluation, *Journal of the Royal Statistical Society*, 64, 635-653, 2006.



Neuvièmes Rencontres de Théo Quant

Besançon, 4-6 mars 2009

[www.thema.theoquant.fr](http://www.thema.theoquant.fr)

---

# Atelier 12

**Interactions sociales et  
dynamiques spatiales**

# Les mobilités liées à la rénovation urbaine : l'analyse statistique pour étudier le changement social et spatial

**Fanny Léostic**

UMR 7145 LOUEST, CNRS/Université de Paris Ouest Nanterre

[fanny.leostic@gmail.com](mailto:fanny.leostic@gmail.com)

## 1. Contexte et objectifs de l'étude

*Une recherche doctorale sur les mobilités liées à la rénovation urbaine*

La rénovation urbaine, dernière « génération » de politique de la Ville, initiée par la loi d'orientation et de programmation pour la ville et la rénovation urbaine, dite loi Borloo, du 1<sup>er</sup> août 2003, s'est donné pour objectifs de « réduire les inégalités sociales et les écarts de développement entre les territoires » tout en respectant « l'objectif de mixité sociale et de développement durable ». Pour servir ces objectifs, la loi Borloo met en place un Programme National de Rénovation Urbaine, PNRU, dont la réalisation sera confiée à l'Agence Nationale pour la Rénovation Urbaine (ANRU), et qui consiste essentiellement en une intervention massive sur le bâti des quartiers en difficultés, en particulier sur leurs logements sociaux : sont programmées, pour la période 2004-2011, 250 000 démolitions de logements, 250 000 constructions, 400 000 réhabilitations et 400 000 résidentialisations<sup>1</sup>.

Au-delà du changement paysager qui est attendu dans ces quartiers (grande visibilité des opérations de démolition et des constructions neuves, symbolisant l'investissement de la puissance publique dans ces quartiers souvent considérés, à tort, comme délaissés par l'Etat) (Anderson, Vieillard-Baron, 2003), se produit un changement social, et spatial, conséquence des mobilités provoquées par les opérations de rénovation urbaine. Provoquées, disons-nous, car ces mobilités sont de plusieurs ordres : on peut qualifier de « mobilités organisées », ou « contraintes », d'une part, les relogements (en prévision de démolitions ou de réhabilitations lourdes, les bailleurs sociaux ou les communes concernées doivent reloger les habitants dont on détruit le logement), et de « mobilités spontanées » celles qui concernent les habitants qui choisissent de partir d'eux-mêmes à l'annonce de l'opération, ou encore ceux qui viennent vivre dans le quartier rénové.

Il s'agit donc d'analyser ces mobilités, et d'étudier leur impact sur l'espace en rénovation, et plus généralement, sur les villes et agglomérations concernées.

- quel est l'impact de la rénovation urbaine en termes d'écarts de développement entre les territoires urbains<sup>2</sup> ? Il s'agit d'analyser l'évolution des quartiers en rénovation urbaine, en comparant la situation avant la rénovation et après, à une échelle micro-locale (IRIS<sup>3</sup>). A l'échelle de la ville, quel est l'impact de la rénovation urbaine sur la répartition des populations précaires dans l'espace ?

- le relogement et les mobilités « spontanées » liés à la rénovation urbaine provoquent-ils des « trajectoires résidentielles ascendantes », objectif secondaire annoncé pour le PNRU ? Qui sont les ménages relogés ? Peut-on observer une différenciation dans la composition sociale des ménages relogés et dans ceux qui déménagent « spontanément » ? Vers où se dirigent les flux (contraints et spontanés) issus des immeubles démolis ? Comment sont perçues ces mobilités par les ménages ?

- voit-on apparaître un « effet de lieu » dans les conséquences de la rénovation urbaine ? Notre étude s'appuie sur la comparaison entre trois quartiers : la ZAC La Noé à Chanteloup-les-Vignes (Yvelines), un quartier de grand ensemble tardif (1975) dans une petite commune (environ 10 000 habitants), dont l'image est très dégradée parmi les locataires du logement social, mais qui s'inscrit dans un des départements les plus riches de France et les plus attractifs en termes de résidences, les Yvelines, ainsi que dans la première agglomération de France ; les quartiers Sud-Est à Saint-Etienne (Loire), quartier de grand ensemble à la périphérie de la ville-centre de l'agglomération stéphanoise ; enfin, le quartier Crêt de Roc à Saint-Etienne, quartier de centre ancien dégradé, très paupérisé, où l'opération de rénovation urbaine se conjugue à une opération programmée d'amélioration de l'habitat ancien (OPHA). La comparaison de ces trois sites permet de s'interroger sur les effets de contexte spatiaux, économiques, sociaux, qui permettraient d'expliquer les différences observées sur le terrain entre les opérations du PNRU.

<sup>1</sup> La résidentialisation correspond à une clôture des immeubles de logement social (grille entourant les immeubles, entrées avec digicodes), dans un souci de sécurité et de clarification du statut des espaces (espace public au-delà des grilles, semi-privatif à l'intérieur de ces grilles et dans les cages d'escaliers, privé dans les logements), censée permettre la lutte contre les incivilités, dégradations, et autres phénomènes alimentant le sentiment d'insécurité dans les grands ensembles de logements sociaux.

<sup>2</sup> On emploie ici volontairement les termes de la loi Borloo : même si cette étude n'a pas pour objectif l'évaluation à proprement parler de la politique de rénovation urbaine, il s'agit d'analyser les conséquences de cette politique et de les rapporter aux objectifs annoncés.

<sup>3</sup> IRIS : Ilots Regroupés pour l'Information Statistique, échelle la plus fine de diffusion des données statistiques de l'INSEE.

---

## 2. Données et méthodes utilisées

### *Description statistique des espaces étudiés et des mobilités*

L'analyse statistique permettra d'observer le changement social et spatial, à différentes échelles (commune, quartier, IRIS, éventuellement immeuble). On s'appuiera sur des indicateurs de précarité, révélateurs de l'évolution des inégalités et des disparités territoriales urbaines, déjà utilisés dans d'autres recherches, que l'on peut répartir selon cinq thèmes (Ribardièrre, 2005) : la précarité de l'insertion professionnelle des populations résidentes (taux de chômage, part des différents types d'emplois temporaires ou à temps partiel, part des non diplômés) ; les fragilités induites par la structure familiale (part des ménages de plus de six personnes et des familles monoparentales) ; les caractéristiques démographiques (part des jeunes, des personnes âgées, nationalité) ; le niveau de vie (part des ménages vivant dans un logement social, part des ménages aux revenus très faibles) ; la représentation des catégories socioprofessionnelles les plus susceptibles d'être touchées par des situations de précarité (part des ouvriers et des employés). Plusieurs bases de données seront mobilisées :

- le recensement général de la population de 1999 (à comparer avec les recensements antérieurs) ;

- le fichier Filocom (Fichier du Logement Communal), issu des fichiers fiscaux et fonciers, renseignée tous les deux ans, à l'échelle des sections cadastrales.

Les bases BIEN (pour l'agglomération parisienne) et PERVAL (pour la province), bases économiques notariales recensant les transactions immobilières par année, et qui renseignent sur la valeur des transactions immobilières, les revenus du vendeur et de l'acquéreur, la localisation de l'ancien logement de l'acquéreur, etc. Il s'agit de bases particulièrement utiles pour observer, le cas échéant, la requalification foncière des quartiers rénovés (Bergel, Desponds, 2007), ainsi que les mobilités « spontanées entrantes ». Le manque de recul temporel (notamment du fait du retard général pris par les opérations de construction, en particulier par des promoteurs privés, qui risque de s'accroître avec la crise économique et immobilière) apparaîtra comme une limite à l'utilisation de ces bases.

Une base de données constituée à partir des fichiers des bailleurs sociaux et/ou des organismes chargés du logement, portant à la fois sur l'occupation des logements sociaux avant et après rénovation (enquête nationale « Observation du Parc Social », menée tous les trois ans) et sur les ménages relogés (ancien et nouveau lieu de résidence, composition familiale, revenus, CSP, etc.). Une part importante du travail consistera dans le recueil de ces données et la constitution d'une base de données comparable sur tous les sites.

---

## 4. Références bibliographique

- Anderson A., Vieillard-Baron H., 2003, *La politique de la ville : histoire et organisation*, Paris, ASH.
- Bergel P., Desponds D., Jean S., Le Goff W., 2008, *Le renouvellement de la ville : vecteur de sélection sociale ou levier de justice urbaine ?*, rapport de recherche pour le PUCA.
- Kirszbaum T., 2007, *Les élus, la République et la mixité : variations discursives et mise en débat de la norme nationale de mixité dans neuf communes franciliennes*, rapport de recherche pour le PUCA.
- Lelevrier C., 2005, Rénovation urbaine, relogement et recompositions territoriales, *Recherche sociale*, 176, 24-41.
- Ribardièrre A., 2005, *Précarité sociale : quand les mailles s'en mêlent. Étude des découpages territoriaux de l'action sociale départementale et de la politique de la ville en Ile-de-France*, Thèse de doctorat, Université Paris 1.
- Sanders L. (ed.), 2001, *Modèles en analyse spatiale*, Paris, Hermès Science.

L'ensemble de ces données permettra d'établir une typologie des micro-quartiers concernés par la rénovation urbaine, ainsi qu'une typologie des mobilités, en fonction des indicateurs de précarité cités précédemment, à partir de méthodes d'analyse multivariée (Sanders, 2001), dans le but d'interroger les objectifs de mixité sociale et de trajectoire résidentielle ascendante.

### *L'enquête de terrain : étude de trajectoires individuelles représentatives*

Afin de compléter les résultats issus de l'analyse statistique, on réalisera un nombre limité d'enquêtes auprès de ménages relogés, partis d'eux-mêmes ou arrivés récemment dans le quartier. Il s'agit de compléter l'analyse statistique par une approche qualitative, mettant en relief quelques trajectoires résidentielles-types, qui permettront d'approfondir la connaissance des ménages concernés par la rénovation urbaine, et d'approfondir la comparaison des quartiers étudiés, en termes socio-démographiques.

---

## 3. Premiers résultats

La communication que nous proposons ne se donne pas pour objectif de présenter des résultats complets et définitifs, ce qui serait impossible étant donné l'avancement de l'étude doctorale que nous présentons. On peut néanmoins aborder quelques pistes, qui résultent de nos premières observations.

Dans un premier temps, on peut souligner le fait que derrière un discours très lissé et très homogène à l'échelle nationale, des différenciations importantes dans la mise en place des opérations de rénovation urbaine apparaissent.

En effet, tous les projets de rénovation urbaine présentés à l'ANRU se donnent des objectifs de mixité sociale et de développement durable, et respectent les règles et les normes fixées par l'ANRU (Kirszbaum, 2007). Pourtant, la comparaison des quartiers de La Noé, Crêt de Roc et Sud-Est est révélatrice des différences existant entre les quartiers en rénovation urbaine : choix des immeubles à démolir, politique de relogement, localisation et type des constructions neuves (qui sont révélatrices du type de ménage que l'on souhaite faire venir dans le quartier), etc. On fait l'hypothèse que ces différenciations ne tiennent pas uniquement au jeu d'acteurs local, mais bien également à des effets de contextes spatiaux, sociaux, économiques.

Dans un deuxième temps, la variété des mobilités liées aux opérations de rénovation urbaine est attestée : la rénovation urbaine opère un tri entre les ménages, en particulier entre ceux qui partent d'eux-mêmes et ceux qui sont relogés et toutes les mobilités ne correspondent pas à des « trajectoires résidentielles ascendantes » (Lelévrier, 2005).

# Trajectoires des quartiers bisontins et processus de ségrégation urbaine

**Kawtar Najib, Anne Griffond-Boitier**

UMR 6049 ThéMA, CNRS/Université de Franche-Comté  
[knajib@univ-fcomte.fr](mailto:knajib@univ-fcomte.fr)

## 1. Contexte

Les changements sociaux dans les espaces urbains font l'objet d'un vif débat dans le domaine des recherches urbaines. La question spatiale de ces changements devient primordiale. La géographie de la plupart des villes met en évidence une véritable ségrégation socio-spatiale qui contribue à maintenir et à pérenniser les inégalités territoriales. La ségrégation semble désormais admise comme l'une des tendances majeures de l'évolution des villes contemporaines.

La ségrégation est appréhendée ici comme une dynamique cumulative qui se nourrit d'un ensemble de processus générant des disparités socio-économiques croissantes entre les différentes unités d'un espace et une homogénéisation au sein de ces unités. Aussi, Castells (1972) définit la ségrégation comme « la tendance à l'organisation de l'espace en zones à forte homogénéité sociale interne et à forte disparité sociale entre elles, cette disparité étant comprise non seulement en termes de différence, mais aussi de hiérarchie ».

De plus, les pratiques sociales et spatiales corrigent ou accentuent la ségrégation résidentielle (Brun et Rhein, 1994). En effet, cette dynamique cumulative part des mécanismes de ségrégation résidentielle à travers les choix de localisation des ménages et va ensuite être renforcée par les effets de voisinage (Durlauf, 2004). La répartition des différentes catégories de population au sein de l'espace urbain a été modélisée notamment dans les travaux fondateurs de T. C. Schelling (1969, 1971, 1978). La concentration de certaines catégories de population dans un quartier peut avoir des effets externes qui vont contribuer à valoriser ou à dévaloriser ce quartier et vont avoir une influence sur les choix de localisation résidentielle des ménages. On distinguera ici :

- Les externalités positives liées au regroupement de population aisées faisant ressortir des notions d'« entre-soi » (Maurin, 2004) qui correspond « à la fois à un processus d'agrégation des semblables et à un processus de ségrégation et d'évitement des dissemblables » (Pinçon et Pinçon-Charlot, 2004) mais aussi de « *gated communities* » qui représentent des lotissements fermés dont l'entrée est contrôlée et interdite aux non-résidents. Ici, on parle de ségrégation choisie.

- Les externalités négatives liées à la concentration de population en difficulté traduisant une fuite de ces

quartiers marginalisés par les populations qui en ont les moyens, accompagné d'une dégradation de la qualité et de la valeur des logements. Ici, il s'agit de ségrégation subie qui va générer la dévalorisation du quartier et accentuer les facteurs d'exclusion de ces populations.

## 2. Objectifs et méthodologie

Cette contribution vise à étudier les mécanismes entrant en jeu dans la dynamique de la ségrégation urbaine et sa mise en œuvre au sein de la ville de Besançon. L'objectif est de caractériser les différents quartiers de la ville du point de vue des mécanismes ségrégatifs en utilisant des méthodes d'analyse statistique. Pour ce faire, sont identifiés un certain nombre de déterminants intervenant dans la dynamique de ce système multi-dimensionnel, et il serait intéressant de comprendre la manière dont ils vont interagir. Le regroupement des unités spatiales selon la similitude de leurs profils sociaux peut révéler différentes configurations de mixité sociale et la variété de localisation des catégories qui structurent l'espace social. Cette analyse s'accompagne d'une observation de la dynamique de la ségrégation à Besançon à travers l'évolution des profils de quartiers entre 1990 et 1999. L'ACP (Analyse en Composantes Principales) va permettre d'étudier les caractéristiques d'une population de 48 IRIS en fonction des liaisons existant entre 29 indicateurs quantitatifs représentant l'intensité de la dynamique de la ségrégation. La CAH (Classification Ascendante Hiérarchique) permet de repérer les meilleures partitions en classes.

Nous cherchons donc, ici, à construire une représentation de la manière dont la dynamique ségrégative va jouer sur le territoire de la ville de Besançon.

## 3. Résultats et discussion

Avant de présenter les principaux résultats dégagés par cette approche statistique, il convient de faire un point sur l'origine des données mobilisées. Afin de faire des comparaisons temporelles, il s'agit de données issues des RGP de 1990 et 1999 (et en complément, de la DGI en 2002 et 2004, de l'ADIL en 2003 et de l'INSEE en 2007). La dynamique ségrégative n'est envisagée, ici, qu'à partir de grandeurs mesurables, comme, par exemple, le revenu disponible des ménages et nous excluons toute notion non

quantifiable de nature plus qualitative. Ces variables ont trait à la composition socio-démographique du quartier, au niveau de diplôme des populations locales, au niveau de chômage ainsi qu'au type de contrat de travail plus ou moins précaire des habitants. Un ensemble de données se rapporte également au logement et à la mobilité. Enfin, des données essentiellement socio-économiques ont été ajoutées à notre analyse.

Nous présentons ici les principaux résultats de l'analyse factorielle ainsi que la classification qui en découle pour les différents quartiers à l'échelle de la commune de Besançon pour 1990 et 1999. Le plan factoriel semble faire ressortir deux axes principaux décrivant pour le premier facteur, la situation sociale des IRIS et pour le second, les types de logement liés à l'accès à la mobilité, ainsi que les trajectoires (plus ou moins importantes) des quartiers. En complément, la présence d'un graphe des corrélations permettra de donner une image assez globale des liaisons statistiques dans un groupe de caractères. La CAH issue des résultats de l'ACP dégage une typologie en 4 classes, relativement stables entre 1990 et 1999, décrivant chacune un ensemble de quartiers bien distinct et plus ou moins marqué d'un point de vue de la ségrégation. Les évolutions entre 1990 et 1999 sont relativement peu marquées en raison de la faible durée de la période, mais montrent néanmoins des comportements assez dissemblables selon les classes.

Ces informations, organisées, traitées et synthétisées statistiquement, ont permis l'élaboration d'une carte décrivant le marquage social de Besançon, l'intensité des trajectoires des quartiers ainsi que le sens de leurs évolutions vers un appauvrissement, une gentrification ou une plus ou moins forte mixité sociale. Les résultats dégagés par cette analyse menée à l'échelle de l'IRIS amènent au constat d'une concentration des disparités sociales entre quartier, décrivant un modèle urbain de type centre / périphérie très marqué et composé de deux couronnes périurbaines qui ceinturent le centre historique. Les IRIS paupérisées sont dispersées dans cet ensemble ; ce qui semble traduire leur isolement, mais aussi leur persistance entre 1990 et 1999. Il serait fort intéressant d'établir une carte similaire pour des villes proches de Besançon, comme Mulhouse ou Strasbourg, pour mesurer les variations induites par le poids démographique des

agglomérations et leurs caractéristiques socio-économiques.

---

## 4. Conclusion et perspective

Cette étude permet de mieux comprendre la dynamique de la ségrégation et fournit une représentation synthétique de cette ségrégation sur le territoire étudié à travers les profils des quartiers et leurs évolutions.

La répartition spatiale des différentes variables socio-démographiques étudiées n'est pas le fruit du hasard. En effet, les divers indicateurs sociaux mis en relation dans la valorisation d'un quartier, ont validé le schéma souvent trop simpliste de la dualité pauvreté / bourgeoisie. Néanmoins, cette opposition ne peut être comprise que dans sa relation avec les structures complexes et les processus d'ensemble de la division sociale de l'espace urbain. A l'issu de ce travail, nous pouvons affirmer que la géographie de la ville de Besançon fait ressortir une ségrégation socio-spatiale et que l'évolution de la plupart des quartiers tend vers une réduction des inégalités sociales.

Par ailleurs, la question des inégalités sociales, économiques et territoriales est éminemment politique. Effectivement, l'amélioration de la qualité du parc de logement et la lutte contre la ségrégation socio-spatiale se placent au centre des préoccupations du développement durable et de l'aménagement du territoire qui font ressortir les notions de cohésion et équité sociales et de bien-être. Cependant, la ségrégation socio-spatiale est avant tout un phénomène humain poussant les hommes à se regrouper avec leurs semblables. Cette prise de conscience incite à penser l'urbanisme « au-delà du béton » et à envisager une réflexion plus approfondie sur la relation « homme – territoire ». Ainsi, le travail présenté ici permettant de distinguer des lieux ségrégués et non ségrégués va constituer la base d'un terrain d'étude, exploité par des enquêtes individuelles, allant chercher directement chez les particuliers une information qualitative (choix et mobilités résidentiels). Cette étude empirique permettra d'alimenter un modèle qui mettra en évidence les mécanismes ségrégatifs urbains, confronté à un autre modèle dynamique qui étudiera la stationnarité du phénomène de ségrégation socio-spatiale.

---

## 5. Bibliographie

- Brun J., Rhein C., 1994, *La ségrégation dans la ville*, Paris, L'Harmattan.
- Castells M., 1972, *La question urbaine*, Paris, Maspéro.
- Durlauf S. N., 2004, *Neighbourhood Effects*, in Henderson J. V., Thisse J. F. (eds.), *Handbook of Regional and Urban Economics*, vol. 4, Cities and Geography, Elsevier.
- Grafmeyer Y., Joseph I., 2004, *L'Ecole de Chicago. Naissance de l'Ecologie Urbaine*, Paris, Flammarion.
- Maurin E., 2004, *Le ghetto français*, Paris, La découverte.
- Najib K., 2008, Le loyer; un indicateur de ségrégation socio-spatiale. Le cas de la ville de Besançon. Colloque « La nouvelle question spatiale », Paris, 32 p.
- Picon M., Pincon-Charlot M., 2004, *L'agrégation spatiale des élites sociales. Les mécanismes fonciers de la ségrégation*, Paris, Ouvrage collectif, ADEF.
- Pumain D., 2003, *La représentation des données géographiques ; statistiques et cartographie*, Armand Colin, coll. Cursus.
- Schelling T.C., 1978, *Micromotives and macrobehaviors*, New York, Norton.
- Thisse J.-F., Wasmer E., Zenou Y., 2004, Ségrégation urbaine, logement et marches du travail, in Fitoussi J.-P. (eds.) « *Ségrégation urbaine et intégration spatiale* », Rapport du Conseil d'Analyse Economique, 45, La Documentation Française, Paris, 139-170.

# Menaces sur la durabilité de l'agriculture des zones littorales touristiques

## Une analyse de la dynamique spatio-temporelle de l'agriculture sous la pression foncière touristique dans les communes littorales métropolitaines françaises

**Caroline Tafani**

UMR 6240 LISA CNRS / Université de Corse Pascal Paoli  
[tafani@univ-corse.fr](mailto:tafani@univ-corse.fr)

### 1. Contexte et objectifs

Depuis l'essor du phénomène de littoralisation initié en France dans les années 60, l'espace côtier français se recompose. La population des communes littorales métropolitaines n'a cessé de croître, bien plus vite que dans l'arrière pays. Les côtes, espaces historiquement périphériques, sont de plus en plus centrales dans un monde globalisé où les échanges sont primordiaux (Miossec, 2004), et sont aujourd'hui des territoires très attractifs pour l'implantation des activités économiques. Le phénomène de littoralisation est alors à l'origine d'une forte concurrence pour les ressources entre les activités les plus récentes (tourisme, construction, industries, infrastructures de transport) et les activités implantées de longue date sur ces territoires (agriculture, pêche). Cette concurrence s'exerce surtout au travers de la forte demande en terre, ressource rare sur un espace particulièrement restreint. Mais elle s'applique également sur les ressources en eau, en particulier en région méditerranéenne, ou encore sur l'emploi. Au sein des littoraux français, c'est le tourisme qui est l'activité dominante : 44% de la valeur ajoutée des activités économiques littorales, 46% de l'emploi, et 16 fois plus de lits touristiques dans les communes littorales que la moyenne des communes françaises (DATAR, 2004). Par conséquent, les zones côtières subissent de profondes réorganisations pour accueillir touristes et activités de loisirs. En outre, le tourisme est une activité particulièrement consommatrice d'espace souvent à l'origine du mitage du territoire littoral, du fait de la construction de nombreuses résidences secondaires individualisées. Malgré les politiques d'aménagement et/ou de protection de l'espace, d'importants changements d'occupation des sols sont visibles : l'occupation du territoire va en effet dans le sens d'une artificialisation des sols, qui se fait surtout aux dépens des surfaces agricoles (d'après les données Corine Land Cover).

Si le tourisme peut être perçu par les exploitants agricoles comme une opportunité de développement (par exemple

lorsqu'il est intégré à l'exploitation sous forme d'agritourisme ou de vente directe à la ferme), sur les littoraux, il est surtout subi comme étant une pression foncière prégnante (CNASEA, 2004), en volume comme en valeur. D'ailleurs la concurrence entre les activités agricoles et touristiques se cristallise bien dans l'accès au foncier : le différentiel de prix entre les deux activités est tel que la durabilité de l'agriculture semble menacée (Jouve & Napoleone, 2003). Et ce, même si l'agriculture est fournisseur d'aménités (Fleury & Donadieu, 1997) recherchées par le citoyen en général, et le touriste en particulier (entretien des paysages, lutte contre les incendies, produits identitaires...). Et ce, malgré l'existence d'outils de régulation du foncier et d'aménagement de l'espace, qui résistent mal aux pressions induites par l'accroissement de la demande en terres à urbaniser. Les prix des terres agricoles sont en effet déconnectés de leurs valeurs productives, incitant les agriculteurs à vendre ; l'accès à l'installation pour les jeunes est de plus en plus difficile ; les tenures foncières sont de plus en plus précaires et fragilisent les exploitants fermiers... (Jarrige, 2003).

Par conséquent, dans ces espaces, la question du maintien d'une activité agricole se pose. En effet, la pression foncière générée par le tourisme (que l'on appellera dorénavant pression foncière touristique), y menace l'avenir de l'agriculture. *Nous nous proposons alors d'analyser la dynamique spatio-temporelle de l'agriculture sous la pression foncière touristique dans les zones littorales métropolitaines françaises.* Cette première étude s'inscrit dans une recherche plus large qui s'interroge sur les conditions de la durabilité de l'agriculture en région littorale touristique. Identifier la dynamique agricole dans ce contexte nous permettra par la suite, en croisant les résultats avec des observations de « terrain », de comprendre les mécanismes de son évolution, mais aussi de repérer quels sont les leviers d'action possibles pour maintenir l'activité au sein de cet espace particulier qu'est le littoral.

---

## 2. Méthodes et données

Il s'agit avant tout de quantifier la pression foncière induite par le tourisme, tant en volume qu'en valeur. Puis il est alors question de déterminer comment ont évolué les structures agricoles, en relevant plus précisément celles qui sont modifiées en relation avec la fréquentation touristique.

Dans un premier temps, nous travaillons à une échelle communale, menant nos analyses sur les 883 communes littorales métropolitaines françaises. Cela nécessite le recueil de données socio-économiques, qui proviennent de l'INSEE (recensements de population de 1962 à 1999), de la base de données GEOKIT<sup>1</sup> (nombres de constructions neuves, etc.) et de la base de données des statistiques agricoles AGRESTE (recensements généraux de l'agriculture de 1979 à 2000). Dans cette partie, nous observons la dynamique temporelle des différentes variables sélectionnées, des années 70 à nos jours. Nous déterminons tout d'abord des indicateurs de pression foncière touristique, en volume et en valeur. Pour ce faire, nous nous appuyons sur les données concernant le nombre et le type de constructions dans les communes, ainsi que sur les valeurs vénales des terres agricoles. Pour analyser les mutations des structures agricoles, nous nous intéressons plus précisément aux données suivantes : SAU<sup>2</sup> communale et taille moyenne des exploitations, nombre d'agriculteurs et nombre d'exploitations, âge des exploitants, main d'œuvre sur l'exploitation, types de productions, statut foncier, diversification des activités. Enfin, nous croisons l'ensemble de ces variables afin de repérer les corrélations possibles.

Dans un second temps, nous changeons de niveau d'observation pour travailler à plus grande échelle : nous nous intéressons à un cas d'étude local, la région Corse, qui est un terrain bien adapté à la problématique étudiée. Cela nous permet de conduire une analyse plus fine, notamment sur les prix du foncier agricole. Pour l'ensemble des communes maritimes corses, nous étudions les données littérales du marché foncier. Ce travail est réalisé à partir de l'ensemble des transactions notifiées à la SAFER au cours des 10 dernières années. Puis nous resserrons encore

notre point de vue autour de deux petites régions littorales, touristiques et agricoles. Pour ces deux cas, à l'échelle de la section cadastrale, après avoir précisé la dynamique du marché foncier, nous spatialisons les prix de vente des parcelles, le nombre de transactions, etc., dans le but de repérer une probable dichotomie des ventes entre la bande côtière et l'arrière pays. Enfin, nous croiserons ces données géo-référencées avec les mutations spatio-temporelles des déclarations de surfaces des exploitants agricoles des deux territoires d'étude.

---

## 3. Résultats

La pression foncière impartie au tourisme dans les communes littorales est bien mise en évidence. En comparaison avec les moyennes nationales : les sols urbanisés s'accroissent beaucoup plus vite, et ce au détriment des terres agricoles ; le nombre de résidences de tourisme est beaucoup plus élevé ; les valeurs vénales des terres labourables ont augmenté plus vite et sont supérieures. L'agriculture des zones littorales a changé et se différencie des caractéristiques nationales : on retiendra pour l'instant qu'elle suit une tendance inverse de la tendance métropolitaine à la restructuration des exploitations agricoles (diminution du nombre mais agrandissement) : le nombre d'exploitations agricoles des communes maritimes a quasiment doublé, tandis que la taille moyenne a été divisée par presque 2. En ce qui concerne le cas d'étude, nous nous attendons à voir apparaître un gradient de prix du foncier agricole décroissant du littoral vers l'intérieur et un nombre. Néanmoins, ce gradient n'est peut-être pas complètement homogène, désorganisé par la « sitologie » touristique (autrement dit, les pôles d'attractivité sont diffus). Enfin, nous faisons l'hypothèse que ce gradient de prix influence l'évolution des territoires des exploitations agricoles.

---

<sup>1</sup> GEOKIT : base de données du Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire.

<sup>2</sup> SAU : Surface Agricole Utile.

---

## 4. Références bibliographiques

- CNASEA, 2004, Agriculture et littoral: Faut-il tirer la sonnette d'alarme? Rapport d'étude.
- DATAR, 2004, Construire ensemble un développement équilibré du littoral. DATAR. Paris: La Documentation française.
- Fleury, A., Donadieu, P., 1997, De l'agriculture périurbaine à l'agriculture urbaine. Le courrier de l'environnement de l'INRA n°31.
- Geniaux G., 2003, Modélisation des stratégies des propriétaires des terres agricoles face au marché foncier périurbain, In Elloumi J., Bouleversements fonciers en Méditerranée. Des agricultures sous le choc de l'urbanisation et des privatisations, Karthala-CIHEAM, 173-194.
- Jarrige, F., 2003, Les enjeux pour l'agriculture dans les territoires périurbains de Montpellier. In Elloumi J., Bouleversements fonciers en Méditerranée. Des agricultures sous le choc de l'urbanisation et des privatisations, Karthala-CIHEAM, 113-143.
- Jouve, A., Napoleone C., 2003, Stratégies des agriculteurs et réorganisations spatiales sous contrainte de la périurbanité. Etude du pays d'Aix-en-Provence, In Elloumi J., Bouleversements fonciers en Méditerranée. Des agricultures sous le choc de l'urbanisation et des privatisations Karthala-CIHEAM, 145-171.
- Miossec, 2004, Les littoraux : entre nature et aménagement (éd. 3e), Paris, Armand Colin.

# Un système multi-agent pour évaluer l'influence de stratégies d'aménagement sur les formes spatiales du développement urbain : proposition d'architecture

**Stephan Kamps, Cécile Tannier**

UMR 6049 TheMA, CNRS/université de Franche-Comté  
[stephan.kamps@univ-fcomte.fr](mailto:stephan.kamps@univ-fcomte.fr)

## 1. Contexte et objectif de la recherche

A l'heure actuelle, la plupart des outils d'aide à la décision pour l'aménagement urbain ont pour vocation de proposer des solutions d'aménagement (Chang et al., 2008), (Saarloos et al., 2005), (Zamenopoulos & Alexiou, 2003), ou d'évaluer et de comparer un ensemble de solutions (Carsjens & Ligtenberg, 2007), (Matthews et al., 1999), certains faisant même les deux (Arentze & Timmermans, 2000). D'autres systèmes, qui relèvent du domaine des systèmes multi-agents, modélisent le processus de développement urbain. Les décisions des ménages et leur influence sur le processus d'urbanisation forment en général la base de ces modèles. Le rôle d'un gouvernement ou d'une autorité locale en matière d'aménagement n'est le plus souvent pas modélisé (Semboloni, 2007), ou alors de manière très simple (Ettema et al., 2007), (Liu et al., 2006). En guise de contre-exemple, on peut citer le modèle multi-agent proposé par Ligtenberg et al. (2004), dans lequel trois types d'agents (un gouvernement local, un groupe d'intérêt environnemental et un groupe d'intérêt agricole) cherchent à allouer 200 ha de terrain pour le développement résidentiel, à travers un processus de négociation. Arentze et Timmermans (2003) ont aussi proposé un modèle de négociation entre acteurs privés (promoteurs immobiliers et exploitants commerciaux) pour l'implantation d'activités commerciales, dans lequel une autorité locale en matière d'aménagement peut intervenir pour signifier sa préférence.

Nous proposons ici un modèle comparable, mais dont les objectifs diffèrent légèrement des modèles cités précédemment : il s'agit de tester en quoi un changement de stratégie d'aménagement d'une autorité locale peut amener à des modifications dans les jeux d'acteurs du développement urbain et, au final, dans les formes de l'urbanisation qui pourraient émerger. Deux acteurs sont considérés, qui correspondent chacun à un type d'agents dans le modèle. Il s'agit d'une part d'un agent « acteur public de l'aménagement », qui représente un syndicat mixte de SCOT (Schéma de cohérence territoriale) ou une communauté d'agglomération, et d'autre part, d'un agent « promoteur immobilier, lotisseur ». Deux stratégies d'aménagement sont considérées : la négociation entre

acteur public et promoteur immobilier pour le choix de parcelles à urbaniser, et le laisser-faire de l'aménageur public vis-à-vis de l'action du promoteur immobilier.

En fonction de l'une ou l'autre des stratégies adoptées par l'acteur public, ainsi que de la configuration spatiale initiale et des objectifs de chaque agent, nous cherchons à déterminer si les configurations spatiales simulées répondent plus ou moins bien aux objectifs d'aménagement fixés au départ.

On distingue souvent deux volets dans le processus de développement urbain. Le premier consiste en la définition d'un plan d'aménagement, qui fixe où l'urbanisation est possible et selon quelles règles (ex : taille des parcelles urbanisables, nombre de logements par hectares, part des logements sociaux dans le total des logements). Le deuxième volet est celui de la mise en application du plan d'aménagement, à travers lequel l'acteur public contrôle plus ou moins activement le processus de développement urbain. Le modèle proposé traite de ce deuxième volet. Il permet de simuler le choix de zones à urbaniser qui répondent à la fois aux objectifs de l'aménageur et du promoteur immobilier. Les interactions entre aménageur et promoteur lors de la mise en application d'un plan d'aménagement, ainsi que les objectifs des deux types d'agents, sont modélisés.

## 2. Architecture du modèle

L'espace est représenté sous une forme cellulaire. Les cellules peuvent être de 4 types : cellule bâtie occupée par du logement privé, cellule bâtie occupée par du logement social, cellule non bâtie urbanisable pour usage résidentiel, cellule non bâtie et/ou non urbanisable. Les cellules sont carrées de largeur fixe comprise entre 20 et 50 m. La zone d'étude est un espace périurbain comportant plusieurs noyaux villageois. Les délimitations communales ne sont pas prises en compte.

Le plan d'aménagement donné au départ de chaque simulation consiste en l'identification des cellules potentiellement urbanisables pour usage résidentiel et le nombre maximal de cellules urbanisables lors d'une simulation.

Les objectifs des agents sont les suivants :

- l'acteur public veut éviter la fragmentation du tissu bâti (favoriser l'urbanisation à proximité des cellules déjà urbanisées), favoriser la mixité sociale (maximiser le nombre de contacts entre les cellules bâties occupées par du logement social et du logement privatif), assurer le bien-être des résidents (en leur assurant une proximité espaces ouverts et aux centres de services de fréquentation quotidienne et hebdomadaire), développer sa commune (augmenter le nombre de cellules bâties), créer de la confiance avec les promoteurs privés (ce qui aide à la bonne application du plan d'aménagement). Les stratégies de l'acteur public (laisser-faire ou négocier avec les promoteurs privés) sont indépendantes de ses objectifs.

- le promoteur veut faire du profit (développer des cellules selon un modèle d'étalement urbain uniforme), travailler (être actif, faire du développement urbain), créer un climat de confiance avec l'aménageur (qui augmente les chances de futures opérations de développement urbain).

Les objectifs des agents se déclinent à l'échelle de la cellule et à l'échelle de l'ensemble de la zone. A l'échelle de la cellule, ils entrent dans le calcul de l'utilité de chaque cellule à être urbanisée, pour chaque type d'agents. A l'échelle de la zone, les objectifs de l'acteur public servent de base pour évaluer la qualité des configurations spatiales simulées.

Le modèle fonctionne sur la base d'une comparaison de l'utilité de différentes configurations spatiales proposées respectivement par l'acteur public et le promoteur, selon une formalisation inspirée du *worth-oriented domain* (WOD) décrit dans Wooldridge (2002). Dans le WOD, une configuration spatiale  $e$  est définie ainsi :

$$e = \sum_{y=1 \rightarrow n}^{x=1 \rightarrow n} s(x, y)$$

où  $s(x, y)$  est l'état d'une cellule à la localisation  $(x, y)$ .

#### 4. Références bibliographiques

- Arentze, T. A., Timmermans, H. J. P., 2000, A spatial decision support system for retail plan generation and impact assessment, *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 8(1-6), 361-380.
- Arentze, T. A., Timmermans, H. J. P., 2003, Modeling agglomeration forces in urban dynamics: a multi-agent system approach, In 8th International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management. Sendai.
- Carsjens, G. J., Ligtenberg, A., 2007, A GIS-based support tool for sustainable spatial planning in metropolitan areas, *Landscape and Urban Planning*, 80(1-2), 72-83.
- Chang, N. B., Parvathinathan, G., Breedem, J. B., 2008, Combining GIS with fuzzy multicriteria decision-making for landfill siting in a fast-growing urban region, *Journal of Environmental Management*, 87(1), 139-153.
- Ettema, D., Jong, K., Timmermans, H. & Bakema, A., 2007, Puma: Multi-agent modelling of urban systems, In Koomen, E., Stillwell, J., Bakema, A. & Scholten, H. J. (Eds.), *Modelling land-use change*, Dordrecht, Springer, 237-258.
- Ligtenberg, A., Wachowicz, M., Bregt, A. K., Beulens, A. & Kettenis, D. L., 2004, A design and application of a multi-agent system for simulation of multi-actor spatial planning, *Journal of Environmental Management*, 72(1-2), 43-55.
- Liu, X. P., Li, X. & Yeh, A. G. O., 2006, Multi-agent systems for simulating spatial decision behaviors and land-use dynamics, *Science in China Series D: Earth Sciences*, 49(11), 1184-1194.
- Matthews, K. B., Sibbald, A. R. & Craw, S., 1999, Implementation of a spatial decision support system for rural land use planning: integrating geographic information system and environmental models with search and optimisation algorithms, *Computers and Electronics in Agriculture*, 23(1), 9-26.
- Saarloos, D., Arentze, T., Borgers, A. & Timmermans, H., 2005, A multiagent model for alternative plan generation, *Environment and Planning B: Planning and Design*, 32(4), 505-522.
- Semboni, F., 2007, The management of urban complexity through a multi-agent participatory simulation, *DisP*, 43(3), 57-70.
- Wooldridge, M. J., 2002, An introduction to multiagent systems. West Sussex: John Wiley & Sons.
- Zamenopoulos, T. & Alexiou K., 2003, Structuring the plan-design process as a coordination problem: the paradigm of distributed learning control coordination. In Longley P. A. & Batty M. (Eds.), *Advanced spatial analysis: The CASA book of GIS*, Redland, ESRI Press, 407-426.

Le formalisme WOD permet de simuler pas à pas le passage d'une configuration spatiale initiale  $e_1$  à une configuration spatiale  $e_n$  sur la base de la confrontation de l'utilité de différentes configurations spatiales pour chaque type d'agents. Ainsi, le modèle permet de déterminer, parmi les cellules urbanisables à usage résidentiel, lesquelles seront urbanisées et quelle sera leur occupation : logement privatif ou logement social.

Chaque configuration spatiale simulée fait ensuite l'objet d'une évaluation sur la base des critères suivants :

- nombre de contacts entre cellules bâties et cellules non bâties (pour évaluer l'accessibilité directe des cellules résidentielles aux espaces ouverts)

- accessibilité moyenne par le réseau au centre de services de fréquentation quotidienne ou hebdomadaire le plus proche

- diversité interne au tissu bâti (mesure de dimension fractale de corrélation)

- nombre de cellules urbanisées (indicateur du développement urbain de la zone et de l'existence d'un climat de confiance entre acteur public et promoteur).

Cette évaluation sert à déterminer quelles configurations répondent mieux que les autres aux objectifs de l'aménageur.

#### 3. Résultats attendus

Pour la date du colloque, nous espérons présenter les premiers résultats de simulation sur le secteur Nord de l'agglomération de Besançon. Pour ce secteur, qui comporte une dizaine de communes, nous disposons d'un plan d'aménagement et de scénarios alternatifs de développement, définis par le syndicat mixte du SCOT du Grand Besançon.

# La coopération intercommunale intégrée et la quête chimérique de l'optimum territorial

**Guillaume Bailly, Sylviano Freire Diaz**

UMR 6266, laboratoire MTG, université de Rouen

[bailly.guillaume1@voila.fr](mailto:bailly.guillaume1@voila.fr)

## 1. Contexte et objectif

Notre objectif est de nous interroger de manière globale sur la genèse et la pertinence des périmètres issus de la coopération intercommunale intégrée, et plus particulièrement des communautés de communes françaises. Peu d'analyses géographiques sont consacrées à l'observation exhaustive des périmètres intercommunaux à l'échelle nationale. Pour cette raison, nous avons souhaité voir s'il existe d'importantes variations régionales de part et d'autre du territoire français, sous de multiples angles.

Effectivement, l'État a laissé aux élus locaux une relative marge de manœuvre leur permettant de délimiter leurs propres constructions territoriales (établissements publics de coopération intercommunale à fiscalité propre), sous couvert de projets, dans des cadres législatifs pourtant bien définis par les gouvernements successifs depuis la loi Joxe de 1992. Ces initiatives correspondent à un discours normatif évolutif alimenté à la fois par les acteurs locaux (empirisme) et les services de l'État (respect de la législation).

Ces travaux s'inscrivent dans une perspective théorique. Il s'agit, selon un parti pris rationnel de s'interroger sur la notion de pertinence territoriale telle qu'elle pourrait être interprétée par l'État chargé d'assurer la cohésion globale de l'édifice intercommunal. Dans cette perspective, nous avons souhaité voir en quoi l'analyse spatiale permet de dégager des espaces de coopération pertinents ou impertinents d'après une sélection de critères structurants (variables morphologiques, population, nombre de communes, régime fiscal...) Cette conception de la réalité démontre la teneur de l'impact étatique sur les délimitations des acteurs locaux, dont les projets peuvent vite basculer de la norme aux marges de la norme, de la pertinence à l'impertinence territoriale.

## 2. Méthodologie

Puisque nous avons souhaité rendre compte de la pluralité des figurés territoriaux issus du travail des édiles locaux, nous avons eu recours à l'utilisation de calculs d'indices de formes afin d'effectuer une typologie de territoires parfois compacts, parfois longilignes, parfois éclatés, parfois même mités d'enclaves dont l'État doit malgré tout assurer la cohérence globale afin de résoudre l'équation de la

rationalité économique et de l'égal accès au service aux citoyens.

Les travaux de Guérois (2004) ont permis d'ouvrir une voie exploratoire en la matière en permettant une observation zénithale d'un panel de grandes d'agglomérations à travers l'Europe. Puisqu'à notre connaissance, aucune analyse morphologique n'a été menée à l'échelle nationale concernant les territoires de coopération intégrée, la possibilité d'utiliser de tels procédés comparatifs nous a paru intéressante.

Nous avons souhaité participer à l'enrichissement de ce champ de recherche en développant une application au sein d'un système d'information géographique, permettant de calculer automatiquement, à partir d'un fond de carte, une série de calcul d'indices de formes afin de classer ensuite différents figurés. Cette application peut par conséquent être utilisée pour des recherches thématiques variées intéresser la communauté scientifique géographique.

Un rapport de la Cour des comptes publié en 2005 stipule que certaines intercommunalités ne répondent pas à des critères de pertinence territoriale, en terme de nombre de population, de nombre de communes, de coefficients d'intégration fiscale, de compétences assumées et figurent sur « la liste noire » des territoires à remodeler. Sont-ils pour autant si baroque et a-fonctionnels ?

Par conséquent, nous proposons donc, grâce à un travail d'analyse multivarié, de nous interroger sur la notion de norme en terme de pertinence territoriale afin de dissocier « bon » et « mauvais » périmètre sous couvert d'un parti pris théorique rationalisateur.

Il est enfin question, une fois les périmètres « résiduels » identifiés, d'analyser les argumentaires géographiques de quelques édiles locaux qui justifient le choix d'assise territoriale apparemment « baroque ».

## 3. Les sources

Nous nous sommes appuyés sur différentes bases de données nationales à partir desquelles nous avons pu procéder à cette analyse multicritère. Sans en détailler le contenu pour des raisons de place, citons :

-les bases de données relatives à la coopération intercommunale de la Direction générale des collectivités locales, de l'Association Des Communautés de France, les données du Ministère de l'Intérieur ainsi que les données fiscales du service des impôts.

Nous avons recueilli également par téléphone les témoignages d'un panel de responsables intercommunaux d'une dizaine de communautés de communes réparties sur l'ensemble du territoire français.

---

## 4. Résultats

C'est toute la relativité de la dimension objective de l'optimum territorial, qui est mis en lumière à travers l'étude de la distribution statistique et morphologique des communautés de communes françaises, qui est proposée, selon une analyse multicritère.

Au final, ces travaux placent l'accent sur la pluralité des discours qui concourent à assurer la légitimité géographique des territoires de coopération. Tantôt, le discours ruraliste est porté. Parfois, l'échelle de prédilection est le canton. Quelquefois encore, la cohérence territoriale correspond davantage aux habitudes de vie des habitants ou peut dépendre aussi tout simplement du dynamisme d'un réseau d'élus novateurs n'ayant pas pour

autant d'idée préconçue sur la configuration spatiale du périmètre de coopération idéal. Dans ce cas, le territoire de coopération résulte de l'agencement des assises communales des élus mobilisés.

Il faut ajouter le fait que la construction de tous ces discours synthétise les projections territoriales des élus leader des EPCIFP portant des projets différents et parfois concurrentiels. Or l'intégration de la conception d'un optimum fondé sur des critères rationnels suppose un lissage des discours antérieurs chargés d'affects et de représentations multiples. Soit, il s'agit d'intégrer la proposition étatique rationalisatrice, soit de la rejeter. Pour beaucoup d'élus ayant fondé leur périmètre sur des discours pluriels et rationnels sous l'angle du dynamisme, de la géographie, de l'histoire locale, de la reprise cantonale, la stratégie du « gagnant gagnant », l'élargissement des bases de la coopération sous couvert de critères objectifs reste à démontrer au-delà des prévisions optimistes défendues par de nombreux préfets missionnés par l'État.

---

## 5. Bibliographie

- Bailly G., 2008, Nommer les espaces de coopération intercommunale », in *L'espace politique, néotoponymie, formes et enjeux de dénomination des territoires émergents*, 5(2), Giraut.F et Houssaye Holzschuch.M (dirs), 79-96.
- Bailly G., Cantons et établissements publics de coopération intercommunale : de l'analyse spatiale aux jeux d'acteurs, in Y. Lagadec, J. Le Bihan et J.F. Tanguy (dirs.), *Le canton, un territoire du quotidien dans la France contemporaine, 1790-2006*, Presses Universitaires de Rennes (à paraître).
- Baudelle G., Chaboche J., 2002, Les logiques spatiales de l'intercommunalité, *Cahiers nantais, De la campagne à la ville*, 58, 95-109.
- Bertin J. et al, 1999, *Sémiologie graphique*, Paris, Gauthier-Villars.
- Brennetot A., 2008, Optimum territorial et théories de la justice, *Géopoint 2008*.
- Bussi. M., 2002, Pays, agglomérations : quelle recomposition territoriale ? Mode ou révolution ?, *Études Normandes*, 4, 9-20.
- Bussi M., 2001, *L'espace négocié. Démocratie électorale et développement local*, HDR, Université de Rouen.
- Cartier S., 2004, Terroirs en nuances, *Strates*, 2004, n° 11.. <http://strates.revue.org/document396.html>.
- Chaboche J., 2001, La diffusion spatiale de l'intercommunalité à fiscalité propre, *Mappemonde*, 63, 35-39.
- Claval P., 1980, *Espace et pouvoir*, Paris, PUF, 1978, 257 p, p. 24 ;
- Raffestin C., 1980, Pour une géographie du pouvoir, *Paris* : Librairies techniques.
- Dardel E., 1990, *L'Homme et la terre : nature de la réalité géographique*, Paris, Éd. du CTHS.
- Di-Méo G., 1998, *Géographie sociale et territoires*, Paris, Nathan Université.
- Giraut F., 1999, L'idéologie du tout territorial et la dérive autochtoniste : les inquiétudes d'un observateur engagé, CPAU/Hégoa, 9-12.
- Giraut F., 2005, *Fabriquer des territoires. Utopies, modèles et projets*, HDR, Université de Paris I-Sorbonne.
- Gontcharoff G., 2000, *l'Odyssée municipale, tome 3, La coopération intercommunale et le développement local*, Paris, ADELS.
- Guérois M., 2004, Les agglomérations urbaines sur une double échelle de compacité, in *Géopoint 2004 : la forme en géographie – groupe Dupont – UMR ESPACE 6012 du CNRS*.
- Hervé M., 1999, *L'exemple des départements de l'Ouest de la France*, Paris, l'Harmattan.
- Le Bras H., Decausse, 2004, Compétences, identité intercommunale, *Intercommunalité*, 83.
- Levy J. (dir.), 1991, *Géographies du politique*, Presses de la Fondation nationale des sciences politiques, Paris.
- Louesdon G., 2002, Intercommunalité et forces politiques : le cas de la Basse-Normandie Découpages territoriaux et identitaires », *Études normandes*, 4, 39-56.
- Ohnet J. M., 1996, *Histoire de la décentralisation française*, Paris, Librairie générale française.
- Ozouf-Marignier M.-V., 1989, *La Formation des départements : la représentation du territoire français à la fin du 18e siècle*, Paris, Éd. de l'École des hautes études en sciences sociales.
- Pinchemel P., 2004, Des formes en géographie aux formes géographiques, *Géopoint 2004 : la forme en géographie-Groupe Dupont-UMR espace 6012 du CNRS*.
- Sanguin A. L., 1977, *La géographie politique*, Presses Universitaires de France, Paris, 15-53.
- Retailé D., 1996, L'impératif territorial, *Cultures & Conflits*, 21-22, 21-4.
- Turk C, Badariotti D., 2004, *Géopoint 2004 : la forme en géographie – groupe Dupont – UMR ESPACE 6012 du CNRS*.
- Vanier M., Desplanques J. (dirs.), 1998, Les découpages du territoire, zonage et maillage du savoir, du pouvoir et de l'action, *Insee méthode*, 76-77-78.
- Weber C, 1995, *Image satellitaire et milieu urbain*, Paris, Éditions Hermès.

# Premiers résultats sur les composantes spatiales et thérapeutiques de l'accessibilité aux soins des hémophiles en Bretagne

**Morgan Berger, Erwan Quesseveur**

UMR 6590 ESO, CNRS/Université de Rennes 2

[morgan.berger@hotmail.fr](mailto:morgan.berger@hotmail.fr)

## 1. Introduction

L'amélioration de la qualité de vie des patients est un objectif permanent dans le cas de l'hémophilie, particulièrement pour réduire l'impact de la maladie au quotidien (Mannucci, 2003). Les trajets jusqu'aux hôpitaux pour le suivi de la maladie ou une urgence peuvent affecter négativement la vie du patient, spécialement si les temps de trajets sont importants (Curtis, 2004). Les acteurs liés à l'hémophilie (médecins, patients, décisionnaires) n'ont, à l'heure actuelle, pas d'information sur les temps de trajets jusqu'aux services de soins ou sur le comportement des patients dans l'organisation des soins en place. Si la thématique de l'accessibilité est assez commune en géographie de la santé, le cas de l'hémophilie et ses spécificités apparaissent intéressantes à plusieurs titres pour le géographe.

Maladie qui touche la coagulation du sang, l'hémophilie se présente sous deux formes (A et B) correspondant chacune au manque d'une protéine (facteur VIII ou IX) dans le sang. L'hémophilie est déclinée en trois sévérités : sévère, modérée et mineure<sup>1</sup>. La maladie requiert des médicaments coûteux ainsi que des spécialistes habitués à traiter des hémophiles (hématologues, kinésithérapeutes, psychologues etc.). Pour se soigner, les patients doivent donc, dans la plupart des cas, rejoindre un centre régional de traitement de l'hémophilie (CRTH) situé dans un centre hospitalo-universitaire ou régional. Dans la mesure où il n'y a qu'un ou deux CRTH par région, les temps d'accès aux soins peuvent être élevés. Certes, des hôpitaux de plus petite taille peuvent délivrer des médicaments adaptés mais ils n'offrent ni le même niveau de service ni l'expertise des CRTH. Le cas de la Bretagne est plus particulièrement étudié ici parce qu'il offre la particularité d'avoir deux CRTH.

Après une mise au point sur la notion clé de l'étude, l'accessibilité, la méthode de mesure de l'accessibilité et particulièrement la partie concernant les temps d'accès sera exposée. Quelques résultats sont présentés,

<sup>1</sup> Les patients ayant une forme mineure peuvent ignorer la présence de la maladie alors que les patients atteints d'une forme sévère ressentent la maladie au quotidien, d'autant plus que le traitement prophylactique qu'ils sont de plus en plus nombreux à choisir – 45% des cas chez les hémophiles A sévères en 2005 (InVS, 2006) – nécessite deux à trois injections hebdomadaires de facteur anti-hémophilique.

concernant la localisation de l'offre et de la demande de soins, ainsi que quelques pistes de réflexion concernant leurs relations, notamment en termes d'aire d'attraction des CRTH, de recherche de la localisation idéale d'un lieu de soins ou de l'impact sur les temps de trajets "patients-CRTH" d'une éventuelle réorganisation de l'offre de soins. Ces réflexions seront illustrées par le cas breton et par le cas du Grand Londres, issu des résultats d'un travail antérieur. Les limites d'une approche par les SIG de l'accessibilité seront abordées. Tout au long de l'exposé, un intérêt sera porté à la mise en valeur des spécificités du cas de l'hémophilie et de la donnée médicale en général.

## 2. Concepts

En préambule, quelques éléments de réflexion autour des concepts indispensables à la compréhension de l'étude sont exposés. Cette réflexion s'appuie sur un état de l'art récent dans les domaines de la géographie de la santé, des transports, des SIG et sur des constats issus de travaux menés précédemment. De la formulation et définition même de ces thèmes dépendra l'orientation de l'analyse. Le principal d'entre eux est l'accessibilité.

Une répartition équitable des services de soins va poursuivre deux objectifs contradictoires : contenir les coûts dans une limite raisonnable en réduisant le nombre de ressources et l'équité d'accès en augmentant l'offre dans les zones mal desservies (Vigneron, 2001). Mais le nombre de ressources de soins disponibles n'explique pas à lui seul la qualité de l'accessibilité. D'autres facteurs comme le statut socio-économique du patient tiennent un rôle dans la qualité de l'accessibilité (Charreire, 2006). Rosero-Bixby identifie deux composantes de l'accessibilité aux soins : physique et sociale. Pour Vigneron, la distance est le facteur le plus important de l'accessibilité. Mais Charreire a montré le rôle joué par des facteurs sociaux et culturels dans le contexte des soins périnataux. L'accessibilité est un phénomène complexe, composé de facteurs réels (distance) ou abstraits (facteurs psychologiques et culturels). Ces derniers sont nombreux et il est difficile d'en tenir compte dans l'analyse. Au final, il faut redéfinir l'accessibilité. Dans notre cas, elle est considérée comme le fruit de l'interaction entre quatre composantes : spatiale, sociale, thérapeutique et psychologique.

---

### 3. Méthode

La première partie de l'étude vise à localiser l'offre et la demande de soins, à les mettre en relation en fonctions de différents critères (distance, temps). Cette partie fera appel, entre autres, aux SIG et à l'analyse spatiale. La géolocalisation des patients sera effectuée grâce à leur adresse postale. Cette opération sera effectuée pour les CRTH de Rennes, Brest et Nantes. L'objectif est d'avoir une vue relativement complète des patients fréquentant les centres bretons, de voir quelles sont les aires d'influence de chacun des centres, notamment en ce qui concerne des espaces situés à distance à peu près égale de chacun de ces centres: Saint-Brieuc entre Rennes et Brest, Vannes entre Brest et Nantes par exemple. Nous chercherons à savoir si les patients semblent se répartir dans les centres en fonction de la distance, de la distance-temps, des limites administratives ou s'ils le font en fonction d'autres critères.

Dans l'ordre de réalisation, voici les différents résultats qui seront présentés :

- localisation des patients et des services de soins en milieu hospitalier ;
- représentation des aires d'attraction des CRTH ;
- recherche d'espaces multi-polarisés et des causes possibles ;
- réalisation d'isochrones depuis les hôpitaux ;
- productions de statistiques liées aux temps de trajets (temps moyen, inégalités d'accès, pourcentage de patients à plus d'une heure d'un hôpital) ;
- simulation d'une réorganisation de l'offre de soins.

Le travail sur les temps de transport entre patients et hôpitaux permet de s'interroger sur d'autres questions comme la recherche d'une localisation idéale du lieu de soins ou les conséquences d'un changement de l'organisation du système de soins comme c'est actuellement le cas dans le Grand Londres. Grâce aux outils de parcours de réseau, on peut mesurer précisément l'impact de la réduction du nombre de lieux de soins sur les temps d'accès. Plus encore, une telle réorganisation fait augmenter les inégalités spatiales entre patients, favorisant ceux qui habitent près du centre de Londres au détriment des périphéries.

Cependant, cette approche par les SIG ne permet pas d'expliquer les comportements des patients et nécessite donc des investigations complémentaires. En effet, cette première partie ne représente, finalement, que des déplacements potentiels de patients. Ces représentations ne prétendent pas reproduire en tout point le comportement humain, ce qui serait de toute façon illusoire (Dobruszkes, 2005). Elles cherchent, en supposant des déplacements rationnels en termes de temps, à modéliser la relation entre l'offre et la demande de soins pour qualifier l'accessibilité physique et simuler les changements futurs. La différence entre les distances perçues et les distances réelles, l'expérience du système de soins par le patient illustrent ces facteurs dont on ne tient pas compte dans cette partie de l'étude. Il faudra donc faire appel à des outils permettant de décrire et d'expliquer les parcours de soins des patients. Dans un premier temps un questionnaire sera diffusé auprès de l'ensemble des hémophiles en Bretagne, ce qui représente environ 300 patients. Les questionnaires renseigneront les parcours de soins des patients : lieu de traitement, lieu rejoint en urgence, fréquence du suivi, moyens(s) de transport utilisé pour rejoindre le lieu de suivi etc. Ces parcours de soins pourront faire l'objet d'une représentation cartographique qui pourra être mise en relation avec les parcours théoriques en "plus court chemin" et en évaluer la pertinence. Une trentaine d'entretiens individuels seront ensuite menés afin de comprendre leurs stratégies et leurs déplacements face à l'organisation des soins en place. La relation entre distances réelles et distances perçues par le patient hémophile est explorée et, conséquemment, le rôle joué par cette relation dans la construction de son aire de vie. Pour qualifier l'aire de vie des patients, des questionnaires portant sur les déplacements habituels et sur les choix de localisation du logement sont utilisés, en relation avec des contraintes sociales, thérapeutiques, psychologiques et spatiales. A partir de l'approche spatialisée de ces données sera qualifiée l'aire de vie des patients.

La compréhension des quatre composantes de l'accessibilité se situe à la confluence de ces analyses successives dont les premiers résultats sont présentés ici.

---

### 4. Références bibliographiques

- Charreire H., 2006, Equité socio-spatiale d'accès aux soins périnataux en milieu urbain : utilisation des techniques géographiques pour la planification sanitaire, *Populations, Sociétés, Environnement*, 311-327.
- Curtis S., 2004, *Health and inequalities, Geographical perspectives*, Sage publications, London.
- Dobruszkes F., 2005, Déplacements et effets de la distance ou du temps: pour une prise en compte des surdéterminants sociaux, Mobilités et temporalités, *Travaux et recherches*, Bruxelles 51, 67-88.
- Institut de Veille Sanitaire, 2006, Cohorte française des patients atteints de maladies hémorragiques par déficits héréditaires en protéines de la coagulation 2006 Réseau FranceCoag.  
[http://www.invs.sante.fr/publications/2006/francecoag\\_2005/francecoag\\_2005.pdf](http://www.invs.sante.fr/publications/2006/francecoag_2005/francecoag_2005.pdf)
- Mannucci P. M., 2003, Hemophilia: treatment options in the twenty-first century, *Journal of Thrombosis and Haemostasis*, 1,1349-1355.
- Rosero-Bixby L., 2004, Spatial access to health care in Costa-Rica and its equity: a GIS-based study, *Social Science & Medicine*, 58, 1271-1284.
- Vigneron E., 2001, *Distance et santé, la question de la proximité et des soins*, PUF, Paris.

# Limites et discontinuités micro scalaires dans les jardins zoologiques

**Jean Estebanez**

Université de Paris 7 et Université de Genève

[Jean.Estebanez@ens.fr](mailto:Jean.Estebanez@ens.fr)

## 1. Contexte

Dans le cas d'une thèse portant sur les jardins zoologiques comme miniature du Monde, je m'intéresse notamment au rôle des limites externes et internes qui contribuent grandement à structurer le zoo matériellement mais aussi symboliquement. Je fais l'hypothèse que ces découpages contribuent à nous donner des clés de lecture sur les rapports de la société avec un certain nombre de problématiques (la Nature, le sauvage, les continents, l'exotique, l'animal) mais aussi à les construire.

Le zoo est un lieu géographiquement étonnant qui fonctionne en relation avec les centres urbains, où se trouvent l'essentiel des visiteurs, tout en maintenant avec elles une claire distance à travers une série de dispositifs. A l'intérieur même de ce lieu, il me semble que les choix et les moyens mis en œuvre pour distribuer les collections animales, d'une part (répartition de plus en plus fréquente en suivant la logique des continents, absence d'animaux domestiques d'Europe) ; les dispositifs de présentation des animaux au public (utilisation de barreaux ou plutôt de plexiglas), de l'autre sont chargés de sens.

## 2. Objectif

Les travaux s'intéressant aux limites, aux discontinuités ou aux frontières sont nombreux (pour ne prendre que quelques exemples Bunge, 1966 ; Brunet, 1967 ; Gay, 1995 ; Pumain, Saint-Julien, 2001). Ceux qui s'intéressent à ces questions au niveau micro le sont beaucoup moins. Mon hypothèse est que pourtant, cette échelle permet plus particulièrement d'analyser les liens entre l'objet matériel, dans son détail, autour duquel se cristallise souvent la limite (mur, barrière, fossé, porte, sas...) et le sens profond de la discontinuité voire de la frontière qui émerge à travers les normes mais aussi ses pratiques (Estebanez, 2008).

Le zoo me semble à cet égard un bon observatoire. Les limites y sont omniprésentes, elles sont historiquement fluctuantes (on est plus ou moins proches des animaux par exemple) et elles sont continuellement contestées par les pratiques du public.

Dans ce cadre général, l'objectif de cette communication sera d'analyser cette question des limites externes et

internes des zoos à partir d'un corpus composé de photographies et de plans de sept zoos (Cordoba en Argentine, Albuquerque et le zoo du Bronx aux Etats-Unis, le zoo de Singapour, le zoo de Bâle en Suisse et la Ménagerie du Jardin des Plantes en France, Lisbonne au Portugal).

Méthode :

Les photographies et la documentation ont été recueillies lors de visites d'un jour (Cordoba, Argentine, 16 mars 2007 ; Albuquerque, Etats-Unis d'Amérique, 19 mars 2008 ; Zoo du Bronx, 11 août 2008 ; Singapour, 3 décembre 2007 ; Lisbonne, 26 août 2002), sur plusieurs jours (Bâle, 30 novembre 2006 et 21 février 2007) voire de véritables stages (Ménagerie du Jardin des Plantes, 3 au 14 septembre 2007).

J'ai fait le choix d'utiliser les plans distribués à l'entrée des zoos comme matériaux de base parce qu'ils correspondent à une image officielle que se choisit le zoo tout en étant très largement diffusée et travaillée pour correspondre aux attentes du public. C'est ainsi une forme de cartographie très appliquée et, à ce titre, très efficace pour comprendre ce qui fait sens aux yeux des visiteurs et de l'institution. Le deuxième outil sur lequel je m'appuie est la photographie. Mon objectif étant de bâtir une comparaison solide afin de dégager, le cas échéant, un modèle du zoo et de ses fonctions, au-delà de particularismes locaux, j'ai essayé de photographier en m'appuyant un cadre relativement strict. En particulier, j'ai suivi un protocole, établi après les premières visites, des types de clichés à prendre et de leur cadrage quelque soit le zoo en question. Les vues sont ensuite repérées sur la brochure/plan. Ces images sont a priori comparables parce qu'elles rendent compte d'une fonction, qui relève par-delà d'une problématique de recherche, (séparer les animaux ; créer un décor), d'un type d'action (monter les animaux, essayer de se faufiler entre les barrières...) dont j'avais fait l'hypothèse après une période initiale qu'elles seraient des éléments importants à analyser.

Ces sessions de photographie s'accompagnent toujours d'une période plus ou moins longue d'observation du public (attitude ; conversation) et d'analyse des documents officiels produits par le zoo (panneaux, visite guidée), afin d'enrichir la signification globale des clichés. L'objectif général est donc de construire des séries documentaires sur un panel de zoo aussi large que possible pour faire émerger une typologie des limites et de leur pratique. C'est une fraction de cet échantillon que j'analyserai ici.

---

### 3. Résultats

Tout d'abord, deux éléments a priori contradictoires apparaissent à l'analyse des documents. D'un côté, les limites sont particulièrement puissantes dans les zoos (le zoo ne se confond jamais avec la ville, même quand les limites sont moins manifestes comme à Bâle ; les animaux ne sont jamais sur le même plan que les humains). Les zoos portent dans l'espace du quotidien une forme d'altérité qui n'est possible que grâce à un système de limites et de sas qui l'isolent et lui donnent un statut spécifique. On peut suivre en cela la proposition de Foucault (1984), à propos des lieux hétérotopiques.

De l'autre, ces limites sont continuellement transgressées par le public, à travers des tentatives de photographier, de nourrir voire de toucher les animaux. On peut avancer

l'idée que c'est précisément parce qu'elles dépassent leur simple manifestation matérielle (elles correspondent à des divisions conceptuelles profondes) qu'elles sont aussi claires et que leur transgression relève finalement d'un jeu avec la norme, circonscrit à un lieu et un moment précis, plus qu'une réelle remise en question des catégories qui leur sont sous-jacentes.

Ensuite, il apparaît que les limites internes des zoos de notre corpus correspondent à un choix de classement, c'est-à-dire finalement à une mise en ordre du vivant en fonction d'une clé de lecture variable. De la taxonomie, les zoos se sont aujourd'hui de plus en plus souvent tournés vers un découpage qui met en valeur les milieux et plus souvent encore les continents. Plus encore que par le passé, les zoos se construisent comme une certaine miniature du Monde.

---

### 4. Bibliographie

Bunge W., 1966, *Theoretical Geography*, Lund.

Brunet R., 1967, *Les phénomènes de discontinuité en géographie*, Paris.

Estebanez J., 2008, Poser un regard de géographe sur l'anthropologie des abattoirs, *EspacesTemps.net*, <http://espacestemps.net/document5013.html>

Foucault M., 1984, « Des espaces autres », *Architecture, Mouvement, Continuité*, 5, 46-49.

Gay J.-C., 1995, *Les discontinuités spatiales*, Paris.

Pumain D., Saint-Julien T., 2001, *Les interactions spatiales*, Paris, Éditions Hermès.





Neuvièmes Rencontres de Théo Quant

Besançon, 4-6 mars 2009

[www.thema.theoquant.fr](http://www.thema.theoquant.fr)

---

# Atelier 13

**Simulations des dynamiques  
spatiales**

# Simulation de la ségrégation spatiale dans les réseaux par automates réticulaires : les modèles SMArtSegreg et Remus

**Diego Moreno\***, **Arnaud Banos\*\***, **Dominique Badariotti\*\***

\* UMR 5603 SET, CNRS/Université de Pau et des Pays de l'Adour

\*\* UMR 7011 Images et Ville, CNRS/Université de Strasbourg

[diego.moreno.sierra@gmail.com](mailto:diego.moreno.sierra@gmail.com)

## 1. Contexte

La ville du XXIème siècle est confrontée aux défis que posent l'explosion de la mobilité, les questions environnementales et les problèmes liés à la gouvernance (Gourdon *et al.*, 1995 ; Burgel, 2006). Tous ces aspects peuvent être abordés à travers l'entrée de la morphologie urbaine. Quelles formes urbaines doivent être privilégiées pour répondre aux besoins imposés par la société urbaine actuelle ? La modélisation individu-centrée peut apporter des éléments de réponse à ces problématiques, dans la mesure où les modèles puissent rendre compte de la complexité morphologique de l'espace urbain.

Le modèle de ségrégation spatiale proposé par Thomas Schelling (Schelling, 1971) a été amplement utilisé dans les études urbaines. Malgré la simplicité du modèle, l'exemple de la ségrégation utilisé par Schelling permet de montrer comment un phénomène d'auto-organisation peut émerger de la combinaison de comportements individuels. Ce modèle constitue un automate cellulaire basé sur l'hypothèse de voisinages stationnaires qui décrivent un espace isotrope, peu représentatifs de la réalité urbaine.

En utilisant un formalisme de graphes mathématiques, il est possible de représenter des structures de voisinages plus proches des configurations urbaines réelles dans les automates cellulaires (O'Sullivan, 2000, 2001a, 2001b ; Badariotti *et al.*, 2007). Des études récentes semblent montrer que la dynamique du modèle de Schelling appliqué à de tels réseaux n'est pas altérée par l'introduction de voisinages non stationnaires (Fagiolo *et al.*, 2007). Mais ces analyses n'étudient que l'influence de la topologie du graphe sur la configuration finale de la ségrégation et n'explorent pas les perturbations locales induites par la structure du graphe.

## 2. Objectif

L'analyse ici proposée vise à étudier l'influence de la structure locale des réseaux sur la dynamique de la ségrégation selon Schelling. Deux modèles sont ici utilisés dans ce but : le modèle SMArtSegreg qui permet de simuler la ségrégation sur des graphes théoriques et le modèle

Remus qui traduit l'accessibilité intra-urbaine en graphes de voisinage afin d'intégrer des voisinages réels d'une ville dans la simulation.

La simulation de la ségrégation dans les réseaux avec SMArtSegreg (Figure 1) confirme la robustesse du modèle avec différentes topologies. Mais l'analyse de la dynamique du modèle montre que les cliques à l'intérieur du graphe atteignent plus facilement une stabilité partielle induisant la formation de clusters. Les effets de clique dans le graphe constituent des attracteurs du système et induisent des paliers dans l'atteinte de la ségrégation. Les résultats obtenus dans SMArtSegreg montrent que cet effet est accentué dans les graphes fortement hiérarchisés, comme les réseaux fractals (Banos, 2009).

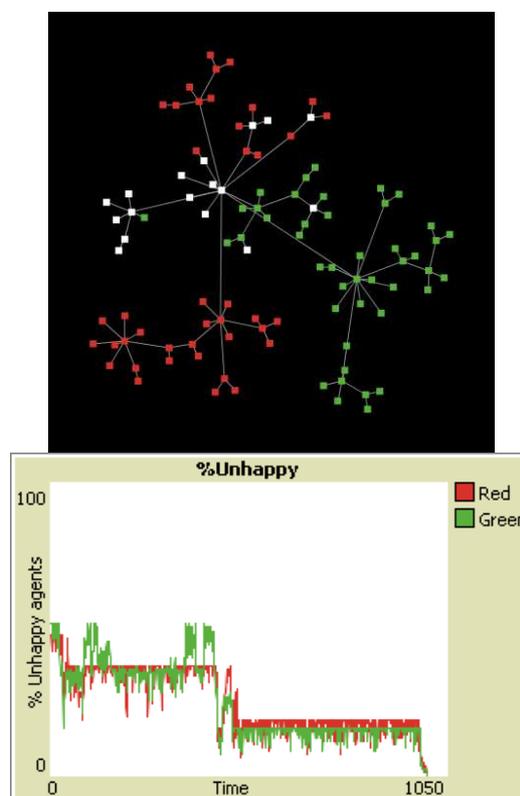


Figure 1. Application du modèle de ségrégation spatiale de Schelling à un graphe hiérarchique (arbre) dans la plateforme SMArtSegreg.

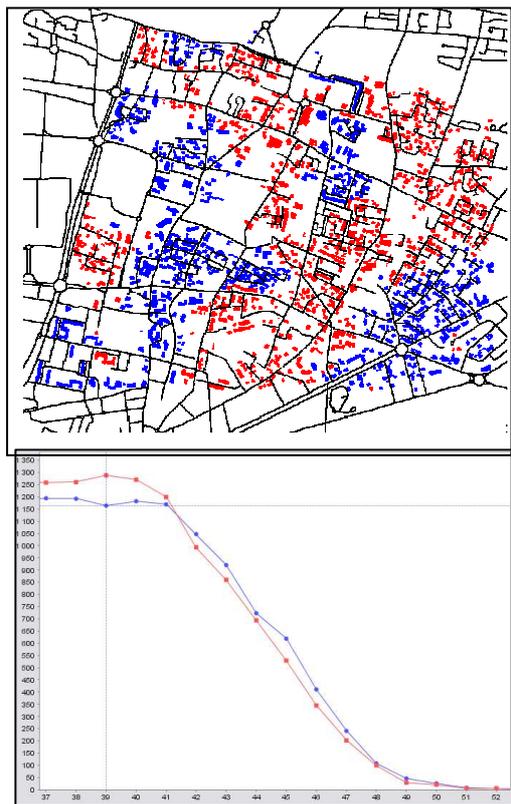


Figure 2. Application du modèle de ségrégation spatiale de Schelling au quartier Saragosse de la ville de Pau avec un voisinage de 250 m dans la plateforme Remus.

Le modèle Remus a permis d'appliquer le modèle de Schelling à différents tissus urbains au sein de l'agglomération Pau-Pyrénées (Figure 2). La distance utilisée pour définir les voisinages a été de 250 m. L'analyse des configurations finales obtenues montre que les principaux carrefours représentent des attracteurs pour la ségrégation, à la manière de l'effet de clique décelé dans les graphes théoriques (Moreno *et al.*, 2009). La structure

du tissu urbain a donc une influence importante dans le processus de ségrégation. Les bâtiments les mieux interconnectés correspondent à des cliques dans le graphe qui favorisent la ségrégation, telle quelle est formalisée dans le modèle de Schelling, tandis que les tissus urbains moins denses favorisent la mixité des populations.

Les formes urbaines pourraient être conçues ou modifiées de façon à favoriser des environnements mixtes en tenant compte des résultats ici présentés. Une distribution hiérarchique du degré du graphe de voisinage peut accélérer les processus de ségrégation spatiale. En revanche une répartition homogène du nombre de voisins limite la ségrégation. Des chercheurs ont constaté que les réseaux urbains peuvent être souvent assimilés à des « small-worlds » (Albert et Barabási, 2002), dans lesquels le degré des nœuds est élevé et sa distribution homogène (Batty, 2001 ; Jiang, 2005 ; Jiang, 2007). Mais ces graphes se caractérisent aussi par une faible distance entre les nœuds. Dans le contexte urbain cela impliquerait une forte accessibilité intra-urbaine assurée par des réseaux de transports très denses qui ne seraient pas fonctionnels. Les graphes aléatoires (Newman, 2003) peuvent posséder des sous-graphes isolés, ce qui n'est pas réalisable dans le contexte urbain. Les structures décelées dans l'agglomération Pau-Pyrénées semblent avoir des distributions particulières qui limitent la ségrégation. Ces conclusions pourraient être d'un grand intérêt pour l'aménagement urbain et méritent d'être étudiées de manière plus détaillée. Il serait important aussi de comparer ces résultats avec d'autres agglomérations afin de déterminer si toutes les configurations urbaines auraient le même comportement.

D'une manière plus générale il a été démontré dans cette analyse que la structure spatiale peut avoir une grande influence sur la dynamique des modèles. La simulation pourrait donc être utilisée pour caractériser ces structures, à condition de représenter l'anisotropie de l'espace de manière plus réaliste. Cela ouvre des perspectives méthodologiques intéressantes à explorer pour les analyses urbaines.

### 3. Références bibliographiques

- Albert R., Barabási A.-L., 2002, Statistical Mechanics of Complex Networks, *Review of Modern Physics*, 74, 47-97.
- Badariotti, D., Banos, A., Moreno, D., 2007, Conception d'un automate cellulaire non stationnaire à base de graphe pour modéliser la structure spatiale urbaine: le modèle REMUS", *Cybergeo*, 403.
- Banos, A., 2009, Effet de clique et ségrégation dans les réseaux : pour une meilleure prise en compte de l'espace géographique dans le modèle de Schelling. 16<sup>ème</sup> Journées de Rochebrune. Rencontres interdisciplinaires sur les systèmes complexes naturels et artificiels.
- Batty, M., 2001, Editorial: cities as small-worlds, *Environment and Planning B: Planning and Design*, 28, 637-638.
- Burgel, G., 2006, La revanche des villes. Paris, Hachette.
- Fagiolo, G., Valente, M., Vriend, N. J., 2007, Segregation in networks, *Journal of Economic Behavior & Organization*, 64, 316-336.
- Gourdon, J.-L., Perrin, E., Tarrus, A., 1995, Ville, espace et valeurs. Paris, L'harmattan.
- Jiang B., 2005, Small world modelling for complex geographic environments, in Portugali J. (ed.). *Complex Artificial Environments*, Springer, Heidelberg, 259-271.
- Jiang B., 2007, A topological pattern of urban street networks: universality and peculiarity, *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 384, 647-655.

# MAMOURS : des modèles de simulation multi-agents de la mobilité intra-urbaine

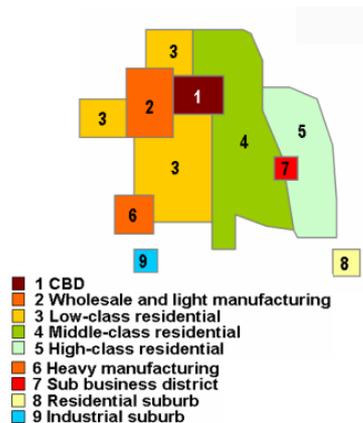
**Jean-Luc Bonnefoy, Frédéric Audard**

UMR 6012 ESPACE, CNRS/Université de Provence

\*\* UMR 7011 Images et Ville, CNRS/Université de Strasbourg

[jean-luc.bonnefoy@univ-provence.fr](mailto:jean-luc.bonnefoy@univ-provence.fr)

Le propos de cette communication consiste à décrire une plateforme multi-agents élaborée afin d'étudier diverses questions urbaines. Nous aspirons à réaliser ainsi une série de modèles ayant une base urbaine commune, et à termes, nous souhaiterions que cette plateforme, voulue évolutive, soit largement diffusée parmi la communauté des géographes impliqués dans ce type d'approche théorique. L'univers multi-agents construit est une ville de type polynucléaire de Harris et Ullman (1945).



Dans cette ville virtuelle établie selon le schéma ci-dessus figurent également des écoles, des commerces, des hôpitaux,... Plusieurs centaines de milliers de ménages peuvent y être simulés et chaque agent citoyen(e) a des activités variées et chacun(e) a son emploi du temps : travailler, aller à l'école, faire des achats, pratiquer des loisirs,... Ces agents sont à différents stades de leur cycle de vie et ils ont un réseau de relations de voisinage, professionnelles, familiales,... Ces relations ainsi que leurs

différents apprentissages individuels de la ville, les renseignent et forgent une mémoire et des représentations dynamiques de l'espace urbain. Les agents citoyens portent des valeurs liées à la « réalisation de soi » en conjonction avec leur situation dans leur cycle de vie et ces valeurs servent d'aiguillon pour leurs stratégies, leurs choix, leurs relations,... (Bonnefoy, 2005)

Un temps « officiel » s'écoule dans le modèle de deux à deux minutes et les durées de simulation peuvent s'étaler sur plusieurs années.

Ce modèle met donc en relation plusieurs types de mobilité, résidentielle et quotidienne. Des lignes de transport en commun sont ainsi simulées et les agents ont le choix entre plusieurs modes de transport (à pieds, transport en commun, véhicule personnel).

Le modèle MAMOUR que nous présentons ici s'emploie à faire apparaître des structures spatiales à partir des comportements individuels liés aux différents déplacements des agents citoyens, et mieux appréhender les logiques individuelles à l'oeuvre. Ce travail trouve sa place dans le contexte actuel de diversification spatiale et temporelle de la mobilité quotidienne. En effet, les horaires de la mobilité se désynchronisent de sorte que les marges journalières ou hebdomadaires ne constituent plus la norme temporelle des déplacements (Orfeuil, 2001). De plus, les localisations résidentielles et les lieux des diverses activités quotidiennes s'étalent largement dans l'espace urbain et périurbain, allongeant les distances de parcours (Audard, 2006). Cette évolution conduit à des comportements de mobilité fortement différenciés entre individus. Ainsi, les anciennes normes comportementales ne correspondent plus aux réalités constatées des principes actuels de mobilité.

## Références Bibliographiques

Audard F., 2006, *Modéliser la mobilité à l'échelle régionale*, Editions Hérisphères.

Bonnefoy J.-L., 2005, *Etude de géographie théorique et expérimentale*, HDR, Université de Provence.

Orfeuil J.-P., 2001, *L'évolution de la mobilité quotidienne: comprendre les dynamiques, éclairer les controverses*, Publications de l'INRETS.

Harris C.-D., Ullman E.-L., 1945, *The Nature of Cities*, *Annals of the American academy of political and social science*, 242, 7-17.



Neuvièmes Rencontres de Théo Quant

Besançon, 4-6 mars 2009

[www.thema.theoquant.fr](http://www.thema.theoquant.fr)

---

# Atelier 14

**Approches spatiales en écologie**

# Rodent assemblages in the Llanos de Ojuelos, northeastern Jalisco, Mexico

**Mónica Riojas-López<sup>1,3</sup>, Eric Mellink<sup>2,3</sup>, Amélie Vaniscotte<sup>3</sup>, Francis Raoul<sup>3</sup>, Patrick Giraudoux<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Departamento de Ecología, CUCBA, Universidad de Guadalajara, Km 15.5 carr. Nogales, 45000 Zapopan, Jal, México.

<sup>2</sup> Departamento de Biología de la Conservación, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Carr. Tijuana-Ensenada Km107, Ensenada, B.C., México.

<sup>3</sup> UMR 6249 Chrono-environnement, CNRS/Université de Franche-Comté

[emellink@gmail.com](mailto:emellink@gmail.com)

## 1. Context

The Llanos de Ojuelos (11 327 km<sup>2</sup>) is an extensive semiarid plateau in central Mexico, at the southern end of the Chihuahuan Desert. The original composition of the land was mostly of grasslands, with interspread shrublands, patches of oak. The shrublands notably include communities of *Opuntia* spp. (nopaleras), one of the most peculiar shrubby communities of North America. The fauna of the region is of Neartic origin, and closely linked to that of the Chihuahuan Desert (Riojas-López & Mellink 2005, 2006, Riojas 2006).

Since the mid 16th century, the Llanos de Ojuelos have been subject to ranching and farming (Riojas-López & Mellink 2005), and currently about 80% of the area is intensively grazed or under cultivation through semi-intensive and rain-fed systems. As a result, natural habitats are severely fragmented, and the soils, vegetation structure, animal species, and the overall biodiversity have been affected at an unknown scale (Mellink and Valenzuela 1995, Riojas-López and Mellink 2005). Not only are animal populations and communities modified (Mellink 1991), but new processes guiding ecological dynamics surely emerged, in agreement with the new landscape features (Giraudoux et al. 1994, Delattre et al. 1996, Raoul et al. 2001).

Some aspects of the biological diversity in the area had been studied (Riojas-López and Mellink, 2005, 2006; Riojas-López 2006), but no knowledge existed on how the different elements contributed to regional biodiversity and how they were distributed and integrated at the landscape scale, neither on how the pattern of land utilization might affect its conservation. For a first approach to such understanding we selected rodents, because of their sensitivity to the physical and biological features of the environment, and because we had a good knowledge of them and some of the habitats that they occupy.

The objectives of the part of the study we report upon here were: 1) understand the relationship between rodent assemblages and types of habitat patches to integrate a landscape approach of small mammal diversity; 2)

determine whether satellite-born information was useful to identify habitat features organizing rodent communities.

## 2. Methods

During the Spring of 2008 we surveyed the rodents of 74 different sites, through life-trapping. We covered the major vegetation types, except dry-farmed agriculture. At each site we deployed 40 baited Sherman traps during two nights. Most rodents were identified on the spot and released. A priori, we defined eleven habitat categories based on the cover, structure and dominant species of the vegetation: arboreal closed nopalera, arboreal open nopalera, shrubby close nopalera, shrubby open nopalera, oak shrubland, other shrubby communities, grassland in good condition and overgrazed, and nopal We explored the Hellinger-transformed data matrix trapline x species using a principal component analysis (PCA) followed by a k-means clustering, defining groups of species sharing similar habitats; i.e communities.

For our second objective, we derived reflectance data from the eight ETM bands of a 1999 Landsat TM Image for the midpoint of each trapline. Relationships between rodents communities and reflectance (Normalized Difference Vegetation Index and individual bands) were analysed through linear regression on the number of individuals trapped per rodent species, as well as by discriminant function analysis with rodent species presence / absence as response.

## 3. Preliminary results and conclusions

We captured 1002 individuals of 23 species of rodents. We eliminated 4 species that appeared only once or twice, and we kept 16 species at 43 trapping sites.

The PCA & k-means clustering suggested that 4 kinds of habitats could reasonably be kept pooling those a priori defined: 1) cultivated nopaleras, 2) grasslands – open, low nopaleras, 3) closed nopaleras – oak scrubland and, 4)

closed scrublands; with tall, open nopaleras falling between 1 and 2. Preliminarily, rodent communities in the Llanos de Ojuelos seem to have low levels of organization, and most species can thrive in a variety of conditions, although some of them exhibit a certain habitat preference. Communities or species seemed distributed according to a gradient from "low open vegetation" to "dense tall vegetation" with fuzzy borders between communities.

In associating individual rodent species with reflectance, the combination of all bands was most often a significant predictor of rodent abundance or presence than NDVI alone, but the later more often than any of the individual bands. All bands were significant at least in one regression equation or discriminant function, band 5 being significant in three, and band 7, in two. However, the species within 4

a-priori defined groups did not respond similarly to NDVI or reflectance.

The next steps will be to use a multinomial modelling approach to objectively delineate small-mammal assemblages on an inferential basis by pooling habitats displaying similar joint trapping probability distribution (Raoul et al. 2008). This will lead to identify more objectively at landscape level how many "real" habitats there are to predict the rodent communities' distribution in the area. Also, we will develop a model to explain and predict spatial distributions of assemblages and species richness at several scales (habitats and landscape) using quantitative variables extracted from different remote sensors, including Landsat and Modis, and a variety of linear and non linear discriminant models.

---

#### 4. References

- Delattre P., Giraudoux P., Baudry J., Quéré J. P., Fichet E., 1996, Effect of landscape structure on common vole (*Microtus arvalis*) distribution and abundance at several spatial scales, *Lands. Ecol.*, 11, 279-288.
- Giraudoux P., Delattre P., Quéré P., Damange J.P., 1994, Distribution and kinetics of rodent populations in a region under agricultural land abandonment, *Acta Oecol.*, 15, 85-400.
- Mellink E., 1991, Rodent communities associated with three traditional agroecosystems in the San Luis Potosi Plateau, Mexico, *Agric. Ecosys. Environ.*, 33, 363-375.
- Mellink E., Valenzuela S., 1995, Efecto de la condición de agostaderos sobre los roedores y lagomorfos en el Altiplano Potosino, San Luis Potosí, México, *Acta Zool. Mex.*, 64, 35-44.
- Raoul F., Defaut R., Michelat D., Montadert M., Pépin D., Quéré J.P., Tissot B., Delattre P., Giraudoux P., 2001, Landscape effects on the populations dynamics of small mammal communities and prey-resource variations: a preliminary analysis, *Rev. Ecol. (Terre Vie)*, 56, 339-352.
- Raoul F., Pleydell D., Quere J.P., Vaniscotte A., Rieffel D., Takahashi K., Bernard N., Wang J., Dobigny T., Galbreath K.-E., Giraudoux P., 2008, Small-mammal assemblage response to deforestation and afforestation in central China, *Mammalia*, 72, 320-332.
- Riojas-Lopez M.E., 2006, Rodent communities in two natural and one cultivated "nopaleras" (*Opuntia* spp.) in north-eastern Jalisco, Mexico, *J. Arid Environ.*, 67, 428-435.
- Riojas-López M.E., Mellink E., 2005, Potential for biological conservation on man-modified semiarid habitats in northeastern Jalisco, México, *Biodiv. Conserv.*, 14, 2251-2263.
- Riojas-López M.E., Mellink E., 2006, Herpetofauna del Rancho las Papas, Jalisco, Llanuras de Ojuelos-Aguascalientes, México, *Acta Zool. Mex.*, 22, 85-94.

# Habitats des assemblages de micro-mammifères dans l'Ouest du Sichuan (Chine) : des modèles locaux à l'échelle paysagère à une cartographie régionale des prédictions

**Amélie Vaniscotte, Francis Raoul, David Pleydell, Patrick Giraudoux**

UMR 6249 Chrono-environnement, CNRS/Université de Franche-Comté  
[amelie.vaniscotte@univ-fcomte.fr](mailto:amelie.vaniscotte@univ-fcomte.fr)

## 1. Modélisation des habitats à l'échelle paysagère

La modélisation de la distribution spatiale d'assemblages d'espèces est basée sur la définition de leurs habitats, suivant le concept de la niche écologique développé par Hutchinson (1957) (Guisan and Zimmerman, 2000). Dans l'objectif de cartographier les habitats prédits, le paysage des sites d'échantillonnage des assemblages est décrit par des variables environnementales quantitatives telles que leurs réponses spectrales issues d'images satellites. Cette définition quantitative peut alors être utilisée pour prédire les distributions potentielles des espèces dans des aires non explorées, et constitue un outil intégrable dans des études de conservation ou d'aménagements paysagers (Ferrier et al., 2002). Une fois le modèle développé, l'étape d'évaluation des prédictions est couramment réalisée en estimant les erreurs de prédictions sur un échantillon du jeu de donnée disponible non utilisé pour l'estimation des paramètres ou simulé par ré-échantillonnage des données. Cependant, puisqu'elles ne prennent pas en compte les variations spatiales des prédictions et de leurs erreurs, ces méthodes d'évaluation permettent de valider les prédictions réalisées dans des aires géographiques et environnementales similaires à l'aire entraînée, c'est à dire qu'elles limitent l'extrapolation des prédictions à l'échelle paysagère.

## 2. Vers une cartographie régionale des prédictions

Le développement de cartes prédictives au delà du niveau paysager a été récemment motivé par l'intérêt grandissant de réaliser des prédictions dans le contexte des changements climatiques ainsi que sur de larges régions géographiques. De telles extrapolations requièrent alors d'évaluer les modèles sur des aires géographiques et écologiques indépendantes de celles sur lesquelles ils ont été entraînés. Quelques études ont récemment développé des méthodes pour valider les extrapolations des

prédictions sur de nouvelles aires de répartition des espèces considérées ou sur des périodes temporelles différentes et ont intégré les variations spatiales et temporelles de la niche écologique dans leurs analyses (Randin et al., 2006; Murphy and Lovett-Doust, 2007; Pearman et al., 2008).

La transférabilité d'un modèle développé localement se définit comme sa capacité à prédire sur des aires géographiques éloignées de celles entraînées et est considéré comme une évaluation externe de son pouvoir prédictif. Quelques obstacles à cette transférabilité sont déjà connus (Randin et al., 2006). Premièrement, puisque la distance à l'aire échantillonnée est à la fois géographique et environnementale, la définition de la niche peut varier avec la localisation géographique. Deuxièmement, le plan d'échantillonnage et la taille de l'aire échantillonnée est susceptible de contraindre la taille de l'aire entraînée dans l'espace environnemental et par suite la transférabilité du modèle. Enfin, des facteurs biogéographiques pourraient expliquer l'absence d'une espèce là où l'habitat semble favorable.

L'utilisation de données régionales pour prédire directement à l'échelle régionale se présente comme une alternative au transfert de modèles locaux. Cependant, lorsque des variations régionales de la niche sont observées, si les modèles locaux peuvent difficilement être transférables, des conditions particulières locales pourraient manquer au modèle régional pour qu'il prédise correctement à ces endroits (Murphy and Lovett-Doust, 2007).

## 3. Questions et objectifs

Notre objectif a été de construire un modèle régional prédictif des distributions spatiales des assemblages de micro-mammifères dans l'ouest du Sichuan (Chine). Les habitats des assemblages ont été modélisés dans deux sites d'études aux alentours des villes de Maerkang et Rangtang, espacées d'une centaine de km. Connaissant les obstacles potentiels à la construction d'un modèle régional, nous avons étudié les pouvoirs prédictifs, les propriétés et les

limites de modèles développés à deux échelles spatiales: locale (sur chaque site d'étude) *versus* régionale (sur la région incluant les deux sites d'étude). Nous avons alors tenté de comprendre si les modèles locaux étaient assez généraux pour être transférables ou si un modèle régional pouvait prédire de manière plus efficace la variabilité régionale observée.

---

#### 4. Matériel et méthodes

Les densités relatives des espèces de micro-mammifères ont été obtenues par des protocoles d'échantillonnage standards réalisés dans chaque aire d'étude. 8 assemblages d'espèces ont été définis par une méthode statistique basée sur la réduction de la redondance des classes d'habitats définies *a priori* sur les sites d'échantillonnage (Raoul et al., 2008). Aucun assemblage n'a été trouvé commun aux deux sites.

L'habitat de chaque assemblage a été modélisé en utilisant un modèle de régressions multiples non paramétriques (Multiple Adaptive Regression Spline) (Vaniscotte et al., *accepted*) considérant comme réponse la présence des assemblages et comme variables explicatives leurs valeurs sur des bandes spectrales ETM et indices de végétation (NDVI et EVI).

Les modèles prédictifs ont été construits et utilisés pour prédire localement et régionalement. Deux échelles de cartes prédictives ont été construites: i) locale, à 30 m de résolution sur une étendue d'environ 200 km<sup>2</sup> et, ii) régionale à 90 m de résolution sur une étendue d'environ 9600 km<sup>2</sup>.

Premièrement, l'indépendance des deux aires d'études dans l'espace environnemental a été estimée par une analyse discriminante. Les jeux de données des deux sites ont été utilisés pour évaluer la transférabilité de chaque modèle local (le modèle de Maerkang a été testé sur les données de Rangtang et *vice versa*). Nous avons finalement comparé les prédictions des modèles transférés à celles du modèle régional. Les erreurs de prédictions ont été estimées dans

un premier temps sur les données échantillonnées en utilisant une méthode de ré-échantillonnage et des matrices de confusion. Puis, la validité des prédictions sur des points nouveaux a été estimée en effectuant les moyennes des prédictions «bootstrappées».

---

#### 5. Résultats préliminaires et discussion

Alors qu'aucun des assemblages ne soient communs aux deux sites d'études, une partie de leurs habitats sont partagés par les deux sites. Cela concerne principalement un des assemblages de Maerkang ayant l'habitat le plus large dans l'espace environnemental régional.

Lorsqu'ils ont été transférés, les modèles locaux prédisaient des occurrences pour certains des assemblages dont les habitats correspondaient à l'aire de chevauchement régionale mais qui n'ont pas été observés en réalité. De surcroît, les assemblages de Rangtang ont tous été prédits à Maerkang alors que l'inverse n'était pas vrai (transférabilité asymétrique). Cela peut être expliqué par le fait que les signatures spectrales des sites d'échantillonnage de Rangtang étaient toutes incluses dans le champ des signatures de Maerkang. Le modèle de Rangtang n'a donc jamais été entraîné dans certaines aires de l'environnement de Maerkang. Le chevauchement des niches régionales influence également les prédictions du modèle régional. Cependant, excepté pour cet assemblage, le modèle régional discriminait davantage les assemblages que les modèles locaux.

Les modèles testés ici ne sont pas assez performants pour rendre compte des variations régionales observées dans les distributions des assemblages. Cela suggère que d'autres facteurs régionaux devraient être pris en compte dans ces modèles. Les effets de variables environnementales plus directement liées à la ressource (structure et composition de la végétation), le contexte paysager tel que celui mesuré par des métriques paysagères ainsi qu'un zonage biogéographique devraient être étudiés.

---

#### 6. Références bibliographiques

- Ferrier S., Drielsma M., Manion G., Watson G., 2002, Extended statistical approaches to modelling spatial pattern in biodiversity in northeast New South Wales. II. Community level modeling, *Biodiversity and Conservation*, 11, 2309-2338.
- Guisan A., Zimmerman N., 2000, Predictive habitat distribution models in ecology, *Ecological modeling*, 135, 147-186.
- Murphy H.T., Lovett-Doust J., 2007, Accounting for regional niche variation in habitat suitability models, *Oikos*, 116(12), 99-110.
- Pearman P.B., Randin C.F., Broennimann O., Vittoz P., van Der Knaap W.O., Engler R., Le Lay G., Zimmermann N.E., Guisan A., 2008, Prediction of plant species distributions across six millennia, *Ecology Letters*, 11(4), 357-369.
- Randin C., Dirnbock T., Dullinger S., Zimmermann N.E., Zappa M., Guisan A., 2006, Are niche-based species distribution models transferable in space? *Journal of Biogeography*, 33(15), 1689-1703.
- Raoul F., Quere J., Pleydell D., Vaniscotte A., Giraudoux P., 2008, Small mammals assemblage response to deforestation and afforestation in central China: a multinomial based modelling approach, *Mammalia*, 72.
- Vaniscotte A., Pleydell D., Raoul F., Quéré J.P., Bernard N., Coeurdassier M., Delattre P., Takahashi K., Tiaoying L., Qiu J., Wang Q., Weidmann J.C., Giraudoux P., 2009, Modelling and spatial discrimination of small mammal assemblages: an example from western Sichuan (China). *Ecological Modelling*, *accepted*.





Neuvièmes Rencontres de Théo Quant

Besançon, 4-6 mars 2009

[www.thema.theoquant.fr](http://www.thema.theoquant.fr)

---

# Atelier 15

## Observatoires territoriaux

## Pour une démarche globale d'analyse des territoires

**Alexandre Moine**

UMR 6049 ThéMA, CNRS/Université de Franche-Comté

[alexandre.moine@univ-fcomte.fr](mailto:alexandre.moine@univ-fcomte.fr)

Est-ce que l'analyse des territoires est plus difficile à appréhender aujourd'hui pour les géographes ? Alors que les outils d'analyse ont largement évolué et que les informations permettant de décrire la réalité sont de plus en plus nombreuses, les dynamiques se sont largement emballées, au travers de temporalités de plus en plus courtes, dans des cadres spatiaux rendus de plus en plus complexes à la fois par la multiplicité des acteurs qui se placent en vis-à-vis, mais également par l'incroyable multiplication des connexions physiques, matérielles et informationnelles qui découle de l'usage des TIC. Ce constat met donc en exergue trois points fondamentaux qui forcent à une approche renouvelée de l'analyse des territoires :

- une évolution de plus en plus rapide des dynamiques, notamment en relation avec la mondialisation et « l'interconnexion complexes des territoires » ;

- une multiplication des acteurs et des projets, notamment en relation avec les entreprises, qui plus que jamais, dans un contexte de concurrence débridée, et d'interconnexion croissante, forcent à appréhender systématiquement les relations entre local et global ;

- une multiplication des espaces de référence, au travers d'une « production contemporaine de territoires locaux (...) qui correspond à une recherche de territoires multifformes du développement, au sens d'espaces de mobilisation des différents acteurs potentiels du développement autour d'un projet ».

En conséquence, il découle de ces trois points une attente de cohérence en matière d'aménagement. Celle-ci est aujourd'hui inscrite, en France, dans la Loi SRU 2001, notamment pour les agglomérations (Schémas de Cohérence Territoriale-SCOT). Il s'agit alors de raisonner et d'aménager le territoire en identifiant et en respectant les multiples relations entre les phénomènes. Pour les territoires ruraux, les Pays et les différentes communautés de communes sous-jacentes doivent établir des diagnostics partagés afin de souscrire aux différentes aides assujetties à l'établissement de Chartes de développement, et se replacer systématiquement dans un cadre de développement plus global.

En regard, les géographes ne sont pas demeurés sans réaction. Les métiers associés à l'analyse des dynamiques territoriales ont évolué de concert avec la technique et notamment les Technologies de l'Information et de la Communication (TIC), et les attentes des différents acteurs. Si « la recherche et l'interprétation des formes

d'organisation de l'espace est une tâche majeure des géographes », comme le souligne Marie-Hélène De Sède il n'en reste pas moins que la compréhension de ces organisations spatiales passe par l'identification et la compréhension des jeux d'acteurs qui sont en amont, ceux-ci étant largement définis par leur position institutionnelle ou non, ainsi que par les ressources et contraintes qui leurs sont associées. Parallèlement, les méthodes d'analyse, tout en évoluant également sans cesse, se trouvent aujourd'hui renforcées par la mise à disposition d'informations de plus en plus nombreuses, et il est maintenant possible, au travers de certains outils d'observation, de procéder à des analyses approfondies de certains espaces géographiques, sans pour autant être capable de correctement restituer, grâce aux mêmes outils, les logiques d'action qui prévalent et en font des territoires. Et même dans le cas d'analyses spatiales (sans prise en compte des logiques d'acteurs), il demeure souvent un ensemble de difficultés à surmonter pour mobiliser des informations fiables, comparables et régulièrement actualisées. En ce sens les outils d'observation se multiplient, les développements informatiques le permettent, mais ils ne sont bien souvent pas conçus dans une perspective globale qui permette à la fois de représenter les territoires, de les observer, de fournir une aide à la décision et de soutenir la gouvernance locale.

Il s'agit donc de formuler un ensemble d'idées, de concepts et de méthodes simples, afin d'éclairer les fondements de la prise de décision en aménagement du territoire, par l'analyse des territoires, compte tenu des nouvelles technologies de l'information aujourd'hui mises en oeuvre. Ainsi, plusieurs attendus s'articulent autour de la question de l'analyse des territoires dans le cadre de l'aménagement et de l'action territoriale, quelle que soit la thématique abordée, qui conditionnent par conséquent l'action :

- poser une définition des territoires, qui permette de constituer un socle méthodologique et d'articuler des outils afin de révéler les interactions étroites qui lient les acteurs et l'espace géographique qu'ils utilisent, aménagent et gèrent ;

- représenter ce système complexe, grâce à une série d'analyses concrètes qui mobilisent de multiples informations et permettent d'en restituer l'évolution dans un contexte multi-scalaire ;

- s'interroger sur l'émergence d'une nouvelle gouvernance autour de l'information mutualisée qui sous-tend la mise en place des analyses de territoire.

En fournissant une démarche d'analyse des territoires cohérente, nous nous plaçons donc dans une double posture autour des fondements du métier de géographe aujourd'hui ; celle d'éclairer la question de la compréhension du fonctionnement des territoires à destination des géographes, mais également celle de fournir aux acteurs de l'aménagement des outils simples qui permettent d'analyser leurs territoires. Au-delà de la simple photographie d'une organisation spatiale à un

moment donné, il s'agit de se positionner autour d'une approche organisationnelle, temporelle, et multi-scalaire, afin de rendre compte de l'équilibre des territoires. Cette approche doit se fonder sur l'articulation de différents outils, permettant de traiter des informations situées au cœur de la décision, et partant, de la gouvernance locale.

Nous reviendrons donc sur la définition de territoire, qui doit nécessairement guider les méthodes d'analyse, puis nous essaierons de restituer les différentes étapes qui doivent jaloner une analyse cohérente du territoire.

---

## Références bibliographiques

- Moine A., 2008, Représentation et compréhension de l'évolution d'un territoire : Le cas du territoire horloger franco-suisse de l'arc jurassien, in *Continu et discontinu dans l'espace géographique*, Collection Perspectives « Villes et territoire », 16, Publication des Presses Universitaires de l'Université François-Rabelais.
- De Sède M-H., Gillon P., Moine A., Thiam S., 2008, L'accessibilité aux équipements collectifs de pratique sportive : Méthodologie pour leur observation dans le département du Jura, in *Accessibilité, paysage, environnement et valeur foncière*, Traité IGAT, Information géographique et dynamiques urbaines, Ed. Hermès, 87-112.
- Moine A., 2007, Le territoire : comment observer un système complexe ?, Ed. L'Harmattan, Coll. Itinéraires Géographiques, octobre 2007.
- Moine A., 2008, Analyser les territoires, *Revue Historiens & Géographes*, 403, 81-91.
- Moine A., 2006, Le territoire comme un système complexe : un concept opératoire pour l'aménagement et la géographie, *L'Espace Géographique*, 2, 115-132.
- Moine A., 2008, Quels territoires pour quels projets : analyser les territoires, Université d'Eté « Assemblage » : « Vivre ensemble en harmonie ... Une utopie ? Construire des passerelles pour faire société », 25-27 Août 2008, Arc-et-Senans (France).
- Signoret P., Moine A., 2008, Du territoire au territoire par l'observation, prendre en compte la diversité des territoires et adapter les méthodes et les outils aux nouvelles demandes, Third annual conference of territorial intelligence, CAENTI, 15<sup>th</sup> -17<sup>th</sup> October 2008, Besançon (France).
- Moine A., Signoret P., 2007, How the local governance system is influenced by the creation of an observatory: the OSER 70 experiment, Second annual conference of territorial intelligence, CAENTI, 24<sup>th</sup> -26<sup>th</sup> October 2007, Huelva (Espagne).
- Moine A., 2007, Observer pour une meilleure gouvernance multi-échelle : l'expérience Oser70», Colloque n° 448, Gouvernance des territoires péri-urbains, ACFAS, 08<sup>th</sup> -09<sup>th</sup> May 2007, Trois-Rivières (Canada).

# Le rôle de l'observatoire de l'aménagement du territoire au Portugal

## Proposition d'indicateurs pour l'évaluation de l'état de l'aménagement du territoire à l'échelle nationale

**Patrícia Abrantes, José António Tenedório**

*e-GEO — Centro de Estudos de Geografia e Planeamento Regional*

*Faculdade de Ciências Sociais e Humanas, Universidade Nova de Lisboa - Portugal*

[patricia.abrantes@fcsn.unl.pt](mailto:patricia.abrantes@fcsn.unl.pt)

La complexité et le rythme des dynamiques spatiales fait que les dispositifs de suivi et surtout d'évaluation du territoire, mis en place dans le cadre institutionnel des *observatoires*, soient particulièrement importants pour l'appui à la décision au niveau politique, pouvant contribuer à des pratiques d'aménagement territorial plus cohérentes, articulées et efficaces. Ainsi, ces dispositifs ont eu un fort développement dans les dernières années au Portugal, en grande mesure à cause de l'évolution des technologies d'information géographique, et surtout des systèmes d'information géographique (S.I.G.).

Aujourd'hui, la mise en place de l'*Observatoire de l'aménagement du territoire et urbanisme (Observatório OT/U)* au Portugal, a comme principal objectif de suivre et d'évaluer les outils d'aménagement du territoire, notamment le programme national de la politique d'aménagement du territoire (PNPOT), à travers les Rapports périodiques sur l'état de l'aménagement du territoire (REOT<sup>1</sup>).

Cette communication est réalisée dans le cadre du projet de post-doctorat «*Observatoire de l'aménagement du territoire et urbanisme e technologies d'information géographique*» qui a comme objectif principal la conception et l'application d'une méthodologie en S.I.G. de support à l'*opérationnalisation* des REOT. Ainsi, ce projet s'attache à la proposition d'une méthodologie qui concerne: a) la définition d'un système d'indicateurs d'analyse et de suivi des dynamiques territoriales en articulation avec les politiques et les outils d'aménagement du territoire; b) la constitution d'une *plateforme* d'analyse territorialisée *in continuum* des indicateurs à l'aide de méthodes d'analyse, modélisation et simulation géographique en S.I.G.

<sup>1</sup> Les REOT constituent les dispositifs essentiels de suivi et, surtout d'évaluation du programme national de la politique d'aménagement du territoire (PNPOT), en considérant les dynamiques et l'organisation territoriale, les formes d'articulation des politiques sectorielles et l'adéquation des outils de gestion territoriale dans les différentes échelles (nationale, régionale et local).

Dans cette communication on présente les méthodes et les premiers résultats obtenus en ce qui concerne la définition d'un système d'indicateurs d'analyse et de suivi des dynamiques territoriales en articulation avec les politiques d'aménagement du territoire.

Ainsi, on s'attache : i) dans un premier temps, à une lecture de diagnostic concernant l'organisation territoriale (situation existante), à travers un ensemble d'indicateurs sur le système urbain portugais ; ii) dans un deuxième temps, à une lecture de prospective, donc de la situation territoriale qui se vise atteindre (situation souhaitable), à travers la lecture du Programme nationale de la Politique d'aménagement du territoire (PNPOT). Cette double lecture, entre l'existant et le souhaitable, oriente la proposition d'indicateurs en S.I.G. de suivi et d'évaluation des territoires en matière d'aménagement et développement.

### *i) Diagnostic : typologie du système urbain portugais*

A partir de l'analyse d'un ensemble d'indicateurs sur le système urbain portugais, on constate que la dynamique urbaine au Portugal est chaque fois plus complexe, s'imposant à un rythme très rapide, surtout à partir de 1990. Elle est surtout stimulée par le développement des transports et télécommunications et, conséquemment de la mobilité, mais aussi par les actions foncières, en ce qui concerne la localisation des logements et des activités économiques (par exemple, la construction de complexes de bureaux ou des centres commerciaux), ou aussi par les politiques sectorielles de l'administration publique (par exemple, la construction d'équipements et d'infrastructures structurantes). Ces dynamiques se traduisent par des nouvelles formes de vivre et habiter, représentées spatialement par l'étalement, la fragmentation et la discontinuité urbaine.

Dans ce sens, on vérifie l'hégémonie des deux métropoles de Lisbonne et de Porto, et surtout leur étalement spatial, sur de formes chaque fois plus complexes, traduisant des nouvelles configurations spatiales diffuses et fragmentées qui rompent avec le traditionnel modèle *centre-périphérie*. On assiste également à l'étalement et à la périurbanisation

de la façade littorale et aussi le développement de certains axes et sous-systèmes urbains dans l'arrière pays.

*ii) Prospective: vision souhaitable du territoire dans le cadre du PNPOT*

Approuvé en 2007, le Programme national de la politique d'aménagement du territoire (PNPOT) est le premier instrument de la politique d'aménagement du territoire à l'échelle nationale et l'élément principal du système d'aménagement du territoire, définissant les lignes d'orientation et le modèle territorial à accomplir.

S'orientant du Schéma de développement de l'espace communautaire (SDEC), de la Stratégie de Lisbonne et, au niveau national, de la Stratégie nationale de développement durable, il a comme ambition une structuration du territoire qui encourage une vision intégrée et de cohésion territoriale du pays, à travers la mise en œuvre de certains paradigmes de l'aménagement du territoire, comme par exemple le polycentrisme, la densification et requalification urbaine, entre autres.

Pourtant, si on considère les dynamiques territoriales actuelles de littoralisation, fragmentation et étalement urbain, il y a un long chemin à parcourir pour atteindre ces ambitions. En effet, selon le rapport de diagnostic du PNPOT, il se vérifie un "étalement et un manque d'aménagement des aires métropolitaines et des autres aires urbaines, s'appropriant et fragmentant les espaces naturels (...) et, mettant en cause le développement des infrastructures et l'offre de services publiques" (MAOTDR, Rapport, 2007: 85). On constate que le défi central pour l'aménagement du territoire dans le cadre du PNPOT est celui de *l'urbain*; celui-ci étant le point de départ et d'arrivée de tous les politiques à différentes échelles. En effet, c'est à travers une meilleure compréhension du phénomène urbain qu'on peut promouvoir, selon le PNPOT, le développement durable du territoire portugais.

Ainsi, pour réussir ses ambitions sur le territoire, le PNPOT propose un programme d'action, c'est-à-dire, un programme des politiques à atteindre dans six domaines stratégiques: 1) la sauvegarde et la valorisation des patrimoines naturel et culturel; 2) le renforcement de la compétitivité territorial et l'intégration dans les espaces

internationaux; 3) la promotion du développement polycentrique des territoires et le renforcement des infrastructures de support à l'intégration et à la cohésion territoriales; 4) la garantie de l'équité territoriale dans l'accès aux infrastructures, équipements et services; 5) l'expansion des réseaux et des infrastructures d'information et communication et la promotion de l'accès généralisé; et, 6) le renforcement de la qualité et de l'efficacité de la gestion territoriale (MAOTDR, 2006: 11). Dans ces six objectifs stratégiques on rencontre une série d'objectifs spécifiques et des mesures prioritaires pour les accomplir.

La lecture réalisée, en certaine mesure dichotomique (entre le diagnostique et la prospective), est à la base de la construction d'un *tableau de synthèse*, représentant, les principales dynamiques et l'organisation territoriale existante, les mot-clés et les concepts de l'aménagement du territoire et leur traduction en objectifs stratégiques et spécifiques (situation territoriale à atteindre), à partir desquelles on construit des indicateurs en S.I.G., permettant à la fois, le suivi des dynamiques territoriales et, l'évaluation (accomplissement) des objectifs du PNPOT.

Dans cette première phase on teste deux indicateurs: le premier qui concerne les dynamiques territoriales (évolution du sol artificiel), le second, qui concerne les outils d'aménagement du territoire (permis de construction de logements hors périmètres urbains). De l'analyse spatiale de ces deux indicateurs en S.I.G., on obtient un seul indicateur de *l'étalement urbain*, constituant un des indicateurs de mesure de l'objectif spécifique du PNPOT concernant la « *promotion du développement urbain compact et, la minimisation de l'étalement urbain et de l'organisation de l'urbanisation diffuse* ». On peut ainsi vérifier dans quelle mesure cet objectif «politique» est ou n'est pas accompli sur le territoire.

À travers ces premiers résultats on discute aussi la pertinence de la définition des indicateurs en S.I.G., en tant qu'outils importants de quantification (mesure de réalités spatiales vs. objectifs d'aménagement du territoire, et de support à la décision politique en ce qui concerne l'aménagement du territoire.

---

## Références bibliographiques

- Abrantes P., 2007, *La métropolisation au Portugal : processus et politiques spatiales*, thèse de doctorat, Paris: Paris IV/FCSH.
- Domingues Á., (Coord.), 2006, *Cidade e democracia: 30 anos de transformação urbana em Portugal*, Lisboa: Argumentum.
- MAOTDR (Ministério Do Ambiente, Do Ordenamento Do Territorio E Do Desenvolvimento Regional), 2007, *Programa nacional da política de ordenamento do território*, Relatório, Lisboa.
- MAOTDR (Ministério Do Ambiente, Do Ordenamento Do Territorio E Do Desenvolvimento Regional), 2007, *Programa nacional da política de ordenamento do território*, Programa de Acção, Lisboa.
- Moine A., 2004, *Comprendre et observer les territoires, l'indispensable apport de la systémique*, Mémoire d'HDR, Université de Franche-Comté.
- Molenaar M., 1998, *An introduction to the theory of spatial object modelling for GIS*, New York, Taylor and Francis.
- PORTAS, N., et al, *Políticas Urbanas, Tendências e Oportunidades*, Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2003, 295 p.
- PORTUGAL, Assembleia da República, Decreto-Lei nº 380/99 de 22 de Setembro de 1999, *Établit le régime juridique des instruments de gestion territoriale*.
- PORTUGAL, Assembleia da República, Lei nº 48/98, de 11 de Agosto 1998, *Établit les bases de la politique d'aménagement du territoire et de l'urbanisme*.
- Sousa, P. M., 2001, *Modelação Geográfica de Indicadores de Desenvolvimento Sustentável: uma aplicação à Área Metropolitana de Lisboa*, Mémoire de Master, Lisboa: IST/UTL.

# L'apport d'un observatoire dans l'analyse des effets territoriaux des grandes infrastructures

## Le cas de l'observatoire de la LGV Rhin-Rhône

**Pascal Bérion, Valérie Facchinetti-Mannone, Cyprien Richer**

UMR 6049 ThéMA, CNRS/Universités de Franche-Comté et de Bourgogne

[cyprien.richer@free.fr](mailto:cyprien.richer@free.fr)

### 1. Présentation

Cette proposition de communication s'intéresse à la démarche des observatoires et à leur méthodologie d'analyse des effets territoriaux des infrastructures de transport. L'enjeu est de montrer en quoi la mise en place d'un observatoire permet de mieux comprendre et d'anticiper les mutations spatiales consécutives à l'arrivée d'un nouveau réseau. Ainsi, le cadre systémique et temporel de cet observatoire fera l'objet d'une analyse approfondie. Pour illustrer ces débats d'ordre méthodologique, nous nous appuyons sur le cas particulier de l'observatoire des gares de la LGV Rhin-Rhône, opérationnel depuis septembre 2008.

### 2. Contexte

En 2011 sera mise en service la 1<sup>ère</sup> tranche de la branche Est de la LGV Rhin-Rhône, qui reliera Villers-les-Pots (21) et Petit-Croix (90) via Besançon et l'agglomération de Belfort-Montbéliard. Cette nouvelle ligne entre Dijon et Mulhouse constitue un maillon important du réseau ferroviaire à grande vitesse. Elle permettra d'améliorer l'accessibilité sur les liaisons Nord-Sud et Est-Ouest tant à l'échelle régionale, nationale, qu'europpéenne. Afin d'appréhender plus finement les retombées d'une telle réalisation sur l'organisation de l'espace, l'équipe Mobilités, Ville, Transports de l'UMR CNRS ThéMA a mis en place d'un observatoire des effets territoriaux de la première branche de la LGV Rhin-Rhône.

Nous tenons à souligner, en préambule, la difficulté de déterminer les impacts des infrastructures de transports sur l'organisation des territoires qu'elles desservent. Les travaux consacrés à cette question ont largement remis en cause la croyance en la propriété structurante des infrastructures de transport. Les recherches consacrées aux « effets » des nouvelles infrastructures autoroutières et ferroviaires convergent pour souligner :

- la modestie des retombées en termes d'organisation de l'espace ;

- l'absence d'effet automatique, les transformations observées résultant d'une adaptation réciproque entre infrastructure et territoire, qui se traduit dans la plupart

des cas par un renforcement des tendances territoriales préexistantes ;

- les difficultés d'appréhender les effets en raison de la complexité des interrelations entre les réseaux et les territoires.

Saisir les effets territoriaux des nouvelles infrastructures de transport implique une approche systémique des mutations territoriales afin d'appréhender les conséquences des infrastructures en terme de processus ; les mutations résultant d'une convergence de facteurs. Les dynamiques territoriales apparues à la suite de la mise en service d'une nouvelle infrastructure relèvent principalement des modifications du comportement des acteurs. Ces modifications s'inscrivent dans un territoire dont les caractéristiques et dynamiques propres influencent les pratiques spatiales des différentes catégories d'acteurs.

### 3. Enjeux et thématiques de l'observatoire

La mise en place d'un observatoire constitue une démarche pertinente pour analyser les effets territoriaux des grands équipements de transport qui modifient de manière conséquente l'accessibilité des espaces qu'ils traversent. Une étude empirique permet non seulement d'intégrer les caractéristiques du territoire desservi mais aussi de prendre en compte l'influence des représentations que les différents acteurs se font de leur territoire et des mutations de son accessibilité. Le suivi en temps réel des transformations repérables permet de cerner de quelles façons s'articulent les relations entre transport et territoire.

À la lumière des travaux déjà réalisés par les membres du laboratoire sur les infrastructures autoroutières et ferroviaires (Bérion 2003 ; 2005 ; Faivre, 2003 ; Lanneaux, 1996, Petitjean, 2003), l'observatoire des gares de la LGV Rhin-Rhône se décompose en quatre axes de recherche. Ils seront déployés sur l'aire géographique délimitée par les aires urbaines de l'axe Rhin-Rhône et de la Région Franche-Comté.

**Axe 1 « Mobilités »** : Ce premier axe porte sur l'étude des mobilités à différentes échelles et sur l'évaluation du potentiel de mobilité pouvant être satisfait par la LGV Rhin-Rhône. Il semble essentiel d'analyser les transformations des mobilités liées à la grande vitesse car elles sont le reflet de nouveaux rapports à l'espace susceptibles de modifier l'organisation et le fonctionnement des territoires desservis.

**Axe 2 « Intermodalité »** : Le deuxième temps mesure l'articulation des offres de transport (TGV-TER-TCU...) et l'accessibilité des gares ferroviaires. La grande vitesse ne dessert pas de manière homogène les territoires régionaux. L'articulation des modes de transport doit ainsi faire l'objet d'une attention particulière pour diffuser régionalement les atouts de la grande vitesse. Nous examinons également l'intégration de la gare au reste du territoire en mettant notamment l'accent sur la réorganisation de l'offre de transport en commun permettant l'accès aux gares depuis le centre-ville.

**Axe 3 « Aménagements des gares »** : La transformation des quartiers de gares et l'évolution des activités en fonction des politiques et des stratégies de valorisation sont ensuite étudiées. Le travail d'observatoire permettra ainsi d'appréhender le rôle et le jeu des différents acteurs, l'évolution des stratégies mises en œuvre et leur influence sur les dynamiques territoriales. Nous nous demanderons dans quelle mesure l'arrivée de la LGV va obliger les acteurs à repenser le fonctionnement du système urbain ?

**Axe 4 « Dynamique Métropolitaine »** : Le dernier axe tente d'apprécier les conséquences de la grande vitesse ferroviaire sur la localisation, l'organisation et le management des activités économiques au sein de l'aire métropolitaine Rhin-Rhône. Nous cherchons à déterminer de quelle façon la nouvelle offre ferroviaire est susceptible d'influencer la localisation des activités et plus spécifiquement des fonctions tertiaires métropolitaines. Selon quelle intensité, la grande vitesse, par les opportunités qu'elle offre, génère un effet de « management » des activités économiques et des fonctions métropolitaines ?

---

#### 4. Dimension systémique : études des différents axes et de leurs interactions

Les travaux de Maryvonne Le Berre (1992) et d'Alexandre Moine (2006) notamment, présentent le concept de territoire sous forme d'un système complexe. A partir de ces réflexions, nous avons élaboré un cadre systémique à la démarche de l'observatoire, autour duquel les quatre axes s'organisent et interagissent.

L'intitulé des projets qui correspond ici aux besoins de cet observatoire, peut être adapté en fonction des problématiques abordées. Cependant, il importe d'avoir une approche complète du système territorial, en étudiant à la fois les pratiques des acteurs (facette organisationnelle), les configurations spatiales (facette matérielle) et les interactions entre ces deux facettes.

Adopter une démarche systémique signifie également que la co-production entre les deux facettes compte autant que les deux sous-systèmes acteurs et territoires eux-mêmes. En d'autres termes, l'observatoire se décompose des quatre axes de travail et des interactions qu'ils nourrissent.

De façon transversale, ces différents thèmes permettront d'aborder l'influence des représentations des territoires par les différents acteurs et « l'effet d'image » lié à la nouvelle infrastructure dans les dynamiques observées. La prise en compte des « représentations », aussi difficiles à saisir soient-elles, demeure un élément constitutif du travail d'observatoire.

---

#### 5. Dimension temporelle : une analyse avant/après la mise en service de la LGV

La deuxième dimension essentielle dans la démarche d'un observatoire est le temps. La contrainte temporelle nécessite une planification rigoureuse des activités, celles-ci s'alimentant mutuellement. Le graphe suivant permet de programmer un certain nombre de tâches, en commençant par l'étude des sous-systèmes eux-mêmes, c'est-à-dire les pratiques spatiales (axe 1 : Mobilité) et les configurations territoriales (axe 2 : Intermodalité).

Un observatoire n'est pas une analyse statique des problématiques territoriales ; il envisage leur évolution dans le temps. Deux phases doivent être envisagées de part et d'autre de l'instant « t » correspondant à la mise en service de l'infrastructure considérée. La phase précédente permet d'établir une situation de référence, d'observer la mobilisation des acteurs et d'anticiper certains phénomènes : point de blocage, évolution de la demande ... L'étape « avant » est indispensable pour bien saisir l'évolution avant/après et assurer la mise en perspective des données recueillies. Ajoutons que pour certaines dynamiques, par exemple les prix du foncier, des mécanismes d'anticipation au moment des travaux peuvent être observés. Ainsi, certains effets (ou absence d'effets d'ailleurs) de l'infrastructure peuvent s'appréhender avant le début de son fonctionnement.

La seconde phase est nécessaire pour analyser les effets à plus ou moins long terme de l'infrastructure sur les thématiques abordées (mobilité, intermodalité, aménagements, dynamique métropolitaine ...). L'évaluation des premières retombées sera possible par la mise en perspectives des situations avant/après. Les mutations ou absence de mutations observées doivent être replacées dans un contexte général pour pondérer les interprétations. Suivant les besoins, différentes temporalités sont à privilégier : on peut avoir besoin d'une comparaison juste après l'ouverture de l'infrastructure ou alors, avoir besoin d'un long recul pour juger de l'évolution de certaines dynamiques territoriales.

---

#### 6. Conclusion et perspectives

Ce travail ne présente pas les résultats d'une recherche finalisée. Il propose une réflexion sur la démarche conceptuelle d'un observatoire dans le contexte de la mise en place de l'observatoire de la LGV Rhin-Rhône. La communication intégrera cependant des éléments de contexte et les premiers résultats de l'analyse des mobilités qui seront replacés dans la démarche de travail.

---

#### 7. Bibliographie

- Bérion P., 2003, Grandes infrastructures de transport et aménagement du territoire : méthodologie et mise en place de l'Observatoire des effets territoriaux de l'autoroute A 39, Thèse de doctorat, Université de Franche-Comté.
- Bérion P., 2005, « Autour des effets "territoriaux" de l'autoroute A39 en terre jurassienne », Images de Franche-Comté, 10-13.
- Faivre E., 2003, Infrastructures autoroutières, mobilité et dynamiques territoriales, Thèse de doctorat, Université de Franche-Comté.
- Lanneaux M.-A., 1996, Grandes infrastructures de transport et territoire: valorisation et dynamique du territoire traversé par l'autoroute A 39, Thèse de doctorat, Université de Franche-Comté.
- Le Berre M., 1992, Territoires, in Bailly A. et al., *Encyclopédie de géographie*, Paris, Economica, 617-638.
- Moine A. , 2006, Le territoire comme système complexe : un concept opératoire pour l'aménagement et la géographie, *L'Espace Géographique*, 2, 115-132.
- Petitjean N., 2003, L'impact socio-économique des chantiers de grandes infrastructures de transport, deux études de cas: l'autoroute A39 et l'autoroute A77, Thèse de doctorat, Université de Franche-Comté.





Neuvièmes Rencontres de Théo Quant

Besançon, 4-6 mars 2009

[www.thema.theoquant.fr](http://www.thema.theoquant.fr)

---

# **Séance des posters scientifiques**

# Régionalisation d'un indice agro-climatique viticole en Bourgogne

**Cyril Bonnefoy, Malika Madelin, Thierry Castel**

UMR 5210 Centre de Recherches de Climatologie, CNRS/Université de Bourgogne

[cyril.bonnefoy@uhb.fr](mailto:cyril.bonnefoy@uhb.fr)

## 1. Contexte

La vigne est une plante très sensible à la variabilité des conditions climatiques (Huglin et Schneider, 1998). Cette variabilité inter- et intra-annuelle agit 1) sur le déroulement du cycle végétatif via la mise en place précoce ou retardée des principaux stades phénologiques (débourrement, floraison, véraison, maturité) et 2) sur les différences de typicité des vins produits d'une année sur l'autre. Le changement climatique observé et projeté va selon l'IPCC (2007) entraîner une augmentation de la température moyenne (entre 1,8° et 4°) ainsi qu'une modification de sa variabilité dans l'espace et dans le temps (Pielke *et al.*, 2002). L'un des enjeux actuels est de proposer des scénarios d'impacts de cette évolution sur les vignobles. Cela nécessite obligatoirement de régionaliser le climat simulé à des échelles spatiales opératoires (quelques dizaines de km<sup>2</sup>). Récemment plusieurs auteurs ont par l'utilisation de modèles de circulation régionale de l'atmosphère (MCRA) proposé pour la fin du siècle une nouvelle géographie des vignobles en Amérique du Nord (White *et al.*, 2006), en Californie (Lobell *et al.*, 2006) ou encore en Australie (Webb *et al.*, 2006). Des signes tangibles de l'impact des changements climatiques ont depuis quelques années également été observés sur les vignobles européens et bourguignons (Jones *et al.*, 2005; Chabin *et al.*, 2007). Ces résultats posent clairement la question de la production viticole en Bourgogne dans le contexte des changements climatiques.

## 2. Objectif et méthode

Notre étude vise à régionaliser pour l'année 2003 et pour l'ensemble de la Bourgogne l'indice agro-climatique viticole des degrés jours à l'aide du modèle climatique régional WRF (Weather Research & Forecasting). Notre objectif est d'obtenir une image à une maille de 81km<sup>2</sup> des conditions climatiques futures possibles dans les vignobles bourguignons afin d'en évaluer les conséquences sur le développement. Une première étape a consisté à évaluer les capacités du modèle régional à appréhender la variabilité climatique. Les données (températures minimales et maximales) de 47 stations du réseau Météo-France

Bourgogne et de sa proche périphérie combinées à un modèle numérique de terrain ont été utilisées à cette fin. Le modèle explique au biais près (sur- ou sous-estimation) 65% de la variance totale des cartes des températures dérivées des observations. Les résultats reproduisent finement la structure spatiale de la variabilité des températures. Dans un second temps, nous avons évalué la capacité du modèle à prévoir l'indice agroclimatique des degrés jours. La corrélation est testée entre les données de Savigny-Lès-Beaune et les simulations du modèle pour la maille correspondante. Outre une forte corrélation ( $R^2 = 0,99$ ) les résultats montrent que l'évolution du cumul simulée par le modèle est sans biais ni dérive (i. e. pente ~ 1). Ces résultats encourageants nous ont conduit à spatialiser pour 2003 les degrés jours en date de maturité. Enfin, une carte d'anomalie de l'indice produite par le modèle montre des migrations à la fois altitudinales et latitudinales des conditions de culture de la Côte de Beaune en Bourgogne.

L'apport du modèle WRF dans cette thématique d'étude climat et vigne semble donc important puisqu'il reproduit bien la variabilité climatique au sein des périodes clés pour la vigne. La modélisation des degrés jours en date de maturité de 2003 a ainsi permis d'avoir une première image simulée du possible zonage climatique des vignobles bourguignons dans quelques décennies. Même si ces premiers résultats sont encourageants, la modélisation, mérite d'être approfondie, notamment sur d'autres années que 2003. A terme, des cartes de simulations pour dans 30, 50 ou 100 ans pourraient alors être produites et nous permettre de nous rendre compte des évolutions futures des potentialités climatiques des vignobles. Pour mieux appréhender les nuances locales de ce réchauffement, il serait également nécessaire de descendre à des échelles encore plus fines (3 km, 1km), ce qui est rendu possible par les MCRA.

---

### 3. Références bibliographiques

- Chabin J. P., Madelin M., Bonnefoy, C., 2007, Les vignobles Beaunois face au réchauffement climatique, Actes du colloque international de Dijon : « Réchauffement climatique, quels impacts probables sur les vignobles ? »
- Huglin P., Schneider, C, 1998, Biologie et écologie de la vigne, Tec et Doc Lavoisier, Paris.
- IPCC, 2007, Rapport du groupe de travail I du GIEC : Bilan 2007 des changements climatiques, les bases scientifiques physiques.
- Jones G., Duchene E., Tomasi D., Yuste J., Braslavska O., Schultz H., Martinez C., Boso S., Langellier F., Perruchot C., Guimberteau G., 2005, Changes in european winegrape phenology and relationships with climate, *GESCO* 2005, 1, 55-62.
- Lobell D.-L., Field C.-B, Cahill K.-N, Bonfils C., 2006, Impacts of future climate change on California perennial crop yields: Model projections with climate and crop uncertainties, *Agricultural and Forest Meteorology*, 141, 208-218.
- Pielke S.R., R.A., Stholgren T., Schell L., Parton W., Doesken N., Redmond K., Money J., McKee T., Kittel T.G.F, 2002, Problems in evaluating regional and local trends in temperature: an example from the Eastern Colorado, USA, *International Journal of Climatology*, 22, 421-434.
- Webb L.B., Whetton P.H., Barlow (Snow), E.W.R, 2007, Future Climate Change Impacts on Australian Viticulture, Actes du colloque international à Dijon : « Réchauffement climatique, quels impacts probables sur les vignobles ? »
- White M.A., Diffenbaugh N.S, Jones G.V., Pal J.S., Giorgi F., 2006, Extreme heat reduces and shifts United States premium wine production in the 21<sup>st</sup> century, *Environmental Sciences*, 103, 30.

# Développement d'un logiciel de visualisation et d'analyse de données à référence spatiale : l'exemple des migrations quotidiennes en France

Yves Chiricota<sup>1</sup>, Trung Tien Phan Quang<sup>2</sup>, Patrice Tissandier<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Université du Québec, Chicoutimi, Canada

<sup>2</sup> LABRI, Laboratoire Bordelais de Recherche en Informatique

<sup>3</sup> UMR 6049 ThéMA, CNRS/Université de Franche-Comté

[yves\\_chiricota@uqac.ca](mailto:yves_chiricota@uqac.ca)

## 1. Introduction

Les géographes étudiant les systèmes de transport et de communication, les réseaux économiques et sociaux, les systèmes urbains, sont confrontés à des matrices de plus en plus vastes à traiter et à représenter. A titre d'exemple, dans le cas de la France, la matrice de données sur les migrations quotidiennes entre les communes de résidence et d'emploi détaillant le nombre de pendulaires, le sexe, la tranche d'âge et la profession et catégorie socioprofessionnelle (PCS) comporte plus de 3.200.000 lignes dans le recensement de 1999. En outre, la complexification de ces réseaux, à différentes échelles spatiales, rend difficile la représentation simultanée de l'ensemble des graphes qui les composent et donc la compréhension de l'ensemble des systèmes et de leur caractère multi-niveaux.

En partant du constat qu'il est pratiquement impossible d'afficher des volumes de données aussi importants pour en faire l'analyse, nous développons une application permettant la visualisation et l'analyse de lourdes matrices, sans toutefois nous limiter aux données sur les migrations quotidiennes. Nous introduisons ainsi de nouveaux algorithmes permettant la génération automatique de représentations cartographiques. Nous étudions également des méthodes bi et tridimensionnelles pour représenter de manière efficace les propriétés inhérentes aux données. Nous recherchons parallèlement à implémenter des métriques permettant de caractériser les propriétés des graphes induits par les données : identification de pôles, découverte de hiérarchies, avec pour finalité la compréhension de la structure territoriale. Il est également question de développer une métrique conduisant à caractériser l'évolution temporelle des structures spatiales formées par les migrations quotidiennes dans le but d'examiner, notamment, le processus d'étalement urbain. Nous développons parallèlement l'interface homme/machine afin de faciliter la navigation dans les représentations fournies.

## 2. La visualisation de données

Les nœuds du graphe, correspondant aux communes

françaises, sont affichés en fonction de leurs coordonnées géographiques (x, y). En conséquence, la position relative des nœuds reproduit la forme générale de la France. Par la suite, nous dessinons les arêtes, qui représentent des flux de migrants.

Afin de filtrer les arêtes, une approche tri dimensionnelle est nécessaire. Nous attribuons aux attributs propres à chaque arête (nombre de migrants, distance, etc.) des coordonnées z. Enfin, nous projetons l'image en 2 dimensions, l'angle de projection étant perpendiculaire à l'axe z (figure 1).

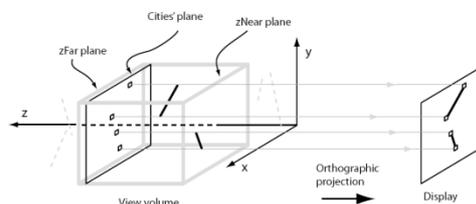


Figure 1. Méthode de visualisation des données

Au final, la représentation des migrations quotidiennes pour l'ensemble des communes françaises après filtrage sur les effectifs de migrants s'affiche ainsi (figures 2 et 3) :

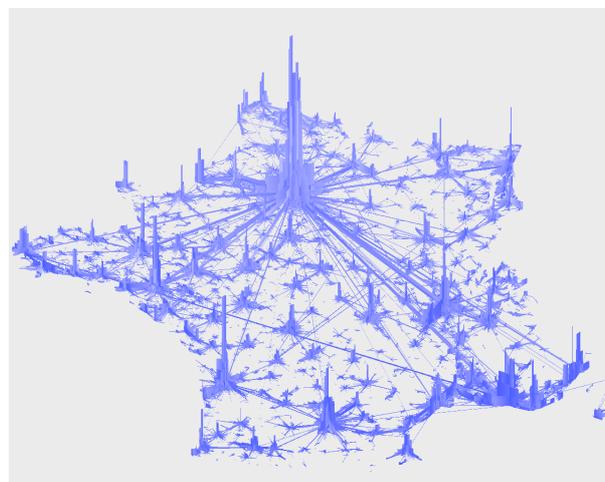
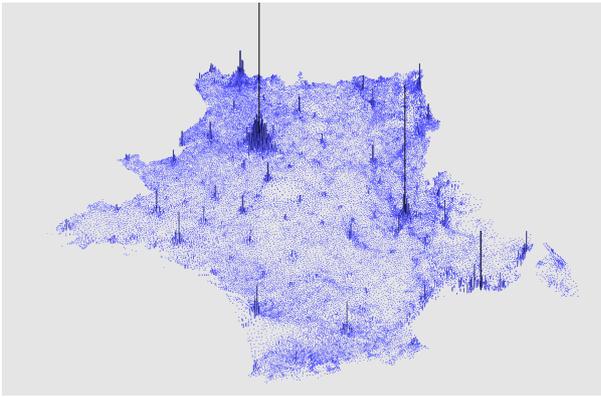


Figure 2. Visualisation des migrations quotidiennes en France en 1999 pour les flux de plus de 50 personnes



Doc. 3 : Visualisation des migrations quotidiennes en France en 1999 sans filtrage

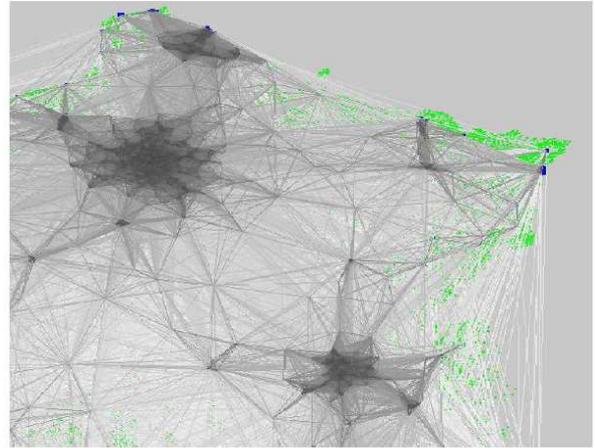
### 3. L'analyse du graphe : le coefficient de participation

Les travaux de Guimerà (2005) sur le trafic aérien mondial de passagers ont conduit à développer le coefficient de participation, basé sur le degré des nœuds. Ces travaux soulignent que, dans un graphe non orienté, l'association du coefficient de participation à l'indice de centralité calculé sur l'ensemble du réseau permet la hiérarchisation des aéroports en tant que hub mondial, aéroport de transit ou aéroport de second ordre.

$$p(v) = 1 - \sum_i \left( \frac{d_{C_i}(v)}{d_G(v)} \right)^2$$

Les migrations quotidiennes fournissant un graphe orienté, depuis la commune de résidence vers la commune d'emploi, le coefficient de participation peut être réduit au

degré des arêtes entrantes et sortantes. Nous obtenons ainsi des coefficients de participation entrant et sortant. En filtrant les arêtes en fonction de cette variable, nous pouvons individualiser les communes les plus attractives en terme de migrations quotidiennes (figure 4).



Doc. 4 : Application du coefficient de participation au filtrage des arêtes

La structure polycentrique des agglomérations de Paris, Lyon et Lille est également particulièrement mise en valeur par ce type de représentation.

Nous travaillons actuellement au développement d'une métrique permettant la comparaison diachronique de graphes. Il sera ainsi question, dans un futur proche, de visualiser et de caractériser de manière efficace certaines dynamiques urbaines telles que le polycentrisme ou l'étalement urbain.

### 4. Références bibliographiques

- Binder J., Haag G., Rabino G., 2003, Analysis and modelling of commuter flows : application to the regions of Stuttgart and Turin, *Jahrbuch der Regionalwissenschaften*, 23, 117-139.
- Burt R. S., 2005, *Brokerage and Closure*, Oxford, Oxford University Press.
- Chiricota Y., Melancon G., Phan Quang T.T., Tissandier P., 2008, *Visual exploration of (French) commuter networks*, Geovis 2008, Girona.
- Guimerà R., Mossa S., Turtschi A. Amaral L.A.N., 2005, The worldwide air transportation network : anomalous centrality, community structure and citie's global roles, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102, 7794-7799.
- Patuelli R., Reggiani A., Gorman S., Nikamp P., Bade F., 2007, Network analysis of commuting flows : a comparative static approach to German data, *Networks and Spatial Economics*, 7, 315-331.

# Un dispositif pédagogique expérimental dynamique de simulation d'accessibilité et d'inégalités géographiques dans la ville : le modèle ACCESSIM

**Matthieu Delage, Florent Le Néchet, Thomas Louail, Hélène Mathian**

UMR 8504 Géographie-cités, CNRS/Université de Paris 1  
[matthieu.delage@parisgeo.cnrs.fr](mailto:matthieu.delage@parisgeo.cnrs.fr)

## 1. Une expérimentation géographique à l'aide de la simulation informatique

De plus en plus utilisée par les géographes, la simulation informatique permet de comprendre, tester des hypothèses ou même prévoir l'évolution des territoires. La Simulation Orientée Agents (SOA) est un courant de ce domaine. Elle est utilisée lorsque « la problématique amène à s'intéresser à un phénomène collectif et qu'on suppose que celui-ci émerge et évolue en fonction d'interactions opérant au niveau élémentaire » (Sanders 2001).

Dans ce modèle, les acteurs sont représentés par des agents virtuels, en interaction dans un environnement commun. Parmi les exemples d'applications de la simulation orientée agents sur des questions classiques de géographie urbaine (Benenson et Torrens 2004), on citera la simulation du trafic urbain (Banos et al., 2005) ou de la reproduction de l'évolution des systèmes de villes (Pumain et al., 2008).

Le poster que nous proposons présente le modèle AccesSim développé dans un cadre pédagogique et de vulgarisation, pour la simulation de déplacements individuels et de l'accès à des services dans la ville. L'objectif de ce petit laboratoire urbain est de sensibiliser un à un certain nombre de notions centrales en géographie telles que l'accessibilité, la centralité, l'efficacité économique et les inégalités territoriales, ainsi que l'apprentissage et l'adaptation d'un système.

Le modèle de simulation que nous avons développé se veut simple et ludique. Dans un contexte urbain, deux logiques sont mises en regard. D'une part celle des habitants qui sont contraints par des déplacements pour accéder à des services<sup>1</sup> de proximité. D'autre part celle des services qui sont contraints à une certaine fréquentation pour durer. Les coûts associés aux déplacements pour les uns et les performances des autres sont évalués au cours de la

<sup>1</sup> Nous prenons ici une définition large de "service" recouvrant un vaste champ d'activités qui comprend l'administration, les transports, les activités financières et immobilières, les services aux entreprises et aux particuliers, l'éducation, la santé et l'action sociale et aussi les commerces.

simulation ; les configurations peuvent être modifiées pour optimiser l'un et/ou l'autre des points de vue.

Le poster présente tout d'abord de manière synthétique le fonctionnement du modèle :

- l'espace, ses composantes et la diversité de situations initiales (différentes formes de villes, différentes répartitions de service et d'individus).
- les différents agents, leurs motivations et leurs contraintes.

L'accent est mis sur le fait que l'utilisateur est expérimentateur, et peut tester différents scénarii selon ses intuitions. Au cours de la simulation, l'utilisateur voit en temps réel la manière dont les individus parcourent le réseau à la recherche de commerces. La ville devient fourmilière. Exploitant l'approche interactive et visuelle, l'utilisateur peut, au gré de ses intuitions, rajouter des services ou au contraire en supprimer. Il voit comment les individus s'adaptent à ce nouvel environnement et comment l'attractivité des services varie. Les conséquences de ses choix peuvent être évaluées à plusieurs niveaux géographiques (figure 1) : taux de satisfaction des individus à l'échelle des quartiers, moyenne des distances parcourues par les individus à l'échelle de la ville et enfin les ventes totales des boulangeries à l'échelle de la ville. La carte montre en temps réel la satisfaction des différents agents: celle des services se lit à leur taille. Celle des habitants est résumée par un indice au niveau des quartiers où ils habitent: on peut suivre en temps réel *la carte du bonheur* !

## 2. Un retour d'expérience pédagogique

Dans le cadre d'un public jeune, le modèle a été spécifié avec des enfants pour les agents-résidents et des boulangeries pour les agents-service. L'objectif était de sensibiliser un public jeune à des notions telles que :

- l'accessibilité à des services et le concept d'aires de chalandise ;
- la satisfaction individuelle et la satisfaction collective ;
- les inégalités territoriales et l'efficacité d'un réseau de services ;
- l'apprentissage et l'adaptation d'un système.

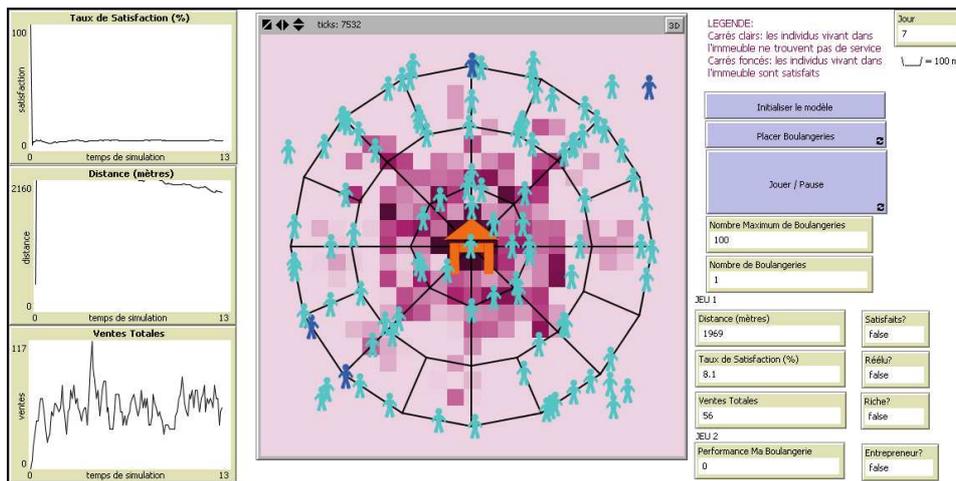


Figure 1 : Modèle AccessSim, une interface visuelle et interactive réalisée sous la plateforme Netlogo (Wilensky, 1999).

## 2. Un retour d'expérience pédagogique

Dans le cadre d'un public jeune, le modèle a été spécifié avec des enfants pour les agents-résidents et des boulangeries pour les agents-service. L'objectif était de sensibiliser un public jeune à des notions telles que :

- l'accessibilité à des services et le concept d'aires de chalandise ;
- la satisfaction individuelle et la satisfaction collective ;
- les inégalités territoriales et l'efficacité d'un réseau de services ;
- l'apprentissage et l'adaptation d'un système.

Il s'agissait de montrer que de tels environnements de simulation permettaient de mettre en œuvre un cadre ludique qu'un jeune public intègre facilement comme étant une représentation simple de la réalité. Avec seulement quelques informations sur le fonctionnement des agents et sans consigne précise, les jeunes utilisateurs se donnent les moyens, avec différentes stratégies, d'approcher les notions pour lesquelles le modèle a été construit.

Si un tel modèle ne démêle pas l'écheveau complexe de la réalité, sa simplicité permet de faire saisir quelques-unes des variables qui sont en jeu au sein de l'espace géographique, comme décrit précédemment. L'environnement visuel et interactif suffit ensuite à la compréhension du modèle. Les outils à la disposition des utilisateurs sont présentés soit pour intervenir sur la configuration, soit pour analyser la situation. Il peut lui-même décider de les utiliser ou non comme des outils d'évaluation, et surtout de choisir le point de vue de cette évaluation. Il n'y a pas une solution optimale définie a priori. L'utilisateur effectue sa propre recherche d'optimalité selon le point de vue qu'il a choisi.

Il est intéressant de mettre en regard ce type d'expérimentation permise par ces nouveaux environnements informatiques avec des dispositifs expérimentaux à même visée pédagogique plus traditionnels recréant par d'autres moyens des mondes virtuels<sup>2</sup> (Audigier, 1995 ; Mercier, 1990).

<sup>2</sup> Claude Mercier a par exemple proposé en 1990 « le jeu du boulanger » pour l'apprentissage de la théorie des lieux centraux.

## 3. Conclusion

Cette expérience a permis de construire un outil très visuel, dont le caractère pédagogique est évident. L'étape pédagogique est une première étape de développement de ce modèle. Il demeure un outil d'analyse et de réflexion interdisciplinaire avec un potentiel heuristique pour le chercheur qui peut le spécialiser pour interroger l'urbain différemment, voire à d'autres échelles géographiques.

## 4. Bibliographie

- Banos A., Chardonnel S., Lang C., Marilleau N., Thévenin T., 2005, Simulating the swarming city : a MAS approach, Proceedings of the 9th International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management, London, June 29-30.
- Benenson I., Torrens P., 2004, *Geosimulation: Automata-based Modeling of Urban Phenomena*, Wiley and sons.
- Coutard O., Dupuy G., Fol S., 2004, Mobility of the Poor in Two European Metropolises: Car Dependence versus Locality Dependence, *Built Environment*, 30(2), 138-145.
- Audigier F. (dir.), 1990, Construction de l'espace géographique, INRDP.
- Mercier C., 1990, L'apprentissage de la théorie des lieux centraux, *L'information géographique*, 54(1), 32-40.
- Pumain D., Sanders L., Bretagnolle A., Glisse B., Mathian H., 2008, The Future of Urban Systems, in : D. Lane, D. Pumain, S. Van der Leeuw, G. West (eds.), *Complexity perspectives on innovation and social change*, ISCOM, Springer, Methodos Series, Berlin, chapter 13.
- Sanders L., 2007, Agent models in urban geography, in : Phan D., Amblard F. (eds.), *Agent-Based Modelling and Simulation in the social and human sciences*, Oxford, Bardwell Press, 147-167.
- Wilensky U., 1999, Netlogo:

<http://ccl.northwestern.edu/netlogo>

# Où met-on en quartiers la démocratie locale en Île-de-France ?

**Anne-Lise Humain-Lamoure**

UMR Géographie-cités, CNRS/Université de Paris 1

[alhumain@yahoo.fr](mailto:alhumain@yahoo.fr)

La loi de démocratie de proximité, adoptée en février 2002, encourage fortement ou impose, selon les cas, la création de quartiers de démocratie locale, subdivisions institutionnalisées du territoire communal. Le quartier, au-delà d'un espace de vie, devient un territoire politique à produire, ici, dans le contexte urbain hétérogène et complexe de l'agglomération parisienne.

## 1. Contexte de l'étude

La territorialisation de ces quartiers devient l'enjeu de clivages socio-politiques qui se traduisent nettement dans l'espace. Les choix et les procédures de territorialisation sont divers et dépendent très largement, mais différemment selon les lieux, de la morphologie socio-spatiale et des appartenances politiques municipales.

La loi de démocratie de proximité enjoint fortement (jusqu'à la contrainte pour quelques villes) de découper des quartiers pour territorialiser une concertation voire une participation à l'action publique dans chaque commune. Dans les débats parlementaires qui ont précédé le vote de la loi, les représentations de ces nouveaux quartiers politiques et de leur utilité dans la gestion municipale dépendent assez fortement de la population de la commune, de sa position dans l'agglomération et fortement de l'appartenance politique de la majorité municipale. La géographie des conseils de quartier dans l'agglomération devrait donc se différencier selon ces facteurs.

Il s'agit donc de voir dans quelle mesure et comment la loi est appliquée dans l'agglomération parisienne. Quelles sont les communes qui ont découpé des quartiers ?

## 2. Données et méthodes

Pour vérifier cette hypothèse, nous avons établi un relevé exhaustif des dispositifs territorialisés au niveau du quartier dans une grande partie de l'agglomération parisienne (soit 168 communes ou arrondissements dans

l'ensemble des départements de Paris, des Hauts de Seine, de la Seine St Denis, du Val de Marne et d'une partie de la Seine et Marne densément urbanisée dans la continuité de l'agglomération<sup>1</sup>). Cette enquête établit la présence ou non de conseils de quartier ou d'une territorialisation en quartiers similaire, le nombre de quartiers en 2007, l'appartenance politique de la majorité municipale. La base de données a été ensuite complétée par des données de cadrage soit issues du recensement (population) soit calculées sous SIG (surfaces, distance au centre).

Il s'agit en premier lieu de repérer les communes qui ont créé des quartiers de démocratie locale. Ensuite, il s'agit de chercher des facteurs de présence ou d'absence de quartiers politiques dans les communes d'Île-de-France. Nous avons d'abord testé au moyen d'une régression logistique l'effet le plus évident - la population. Puis, nous avons ajouté progressivement un ensemble de variables structurelles pouvant jouer conjointement avec la population (surface de la commune, densité, distance au centre) et d'une variable politique (partis politiques majoritaires dans le conseil municipal). L'intérêt de ce type de modèle est de permettre d'évaluer la probabilité de création de quartier au regard de différentes variables et de mesurer les effets spécifiques de chacune toutes choses égales quant aux autres.

## 3. Principaux résultats

À l'échelon de l'agglomération, le choix municipal de faire des quartiers dépend en partie de la taille de la commune (population et, dans une moindre mesure, surface), de sa situation dans l'agglomération et nettement de la majorité politique du conseil municipal. Les communes qui créent volontairement des quartiers sont plutôt de grande taille et proches du centre de l'agglomération. L'application rapide, voire une anticipation, de la loi semble nettement une politique de gauche (PC, PS, Vert, MDC), notamment à Paris.4. Comparaison des valeurs radar aux données pluviométriques à une échelle micro-locale.

<sup>1</sup> Nous avons retenu en Seine et Marne, 24 communes situées surtout dans le périmètre de Marne la Vallée (jusque dans le secteur III) ou immédiatement limitrophe de la ville nouvelle.

# Travail-achat-loisirs : mobilités et hiérarchies urbaines variées

**Kamila Tabaka, Isabelle André-Poyaud, Jérémy Aubert, Sonia Chardonnel**

UMR 5194 PACTE, IEP-UJF-UPMF-CNRS, Grenoble

[kamila.tabaka@yahoo.fr](mailto:kamila.tabaka@yahoo.fr)

## 1. Contexte

L'évolution des espaces métropolitains s'inscrit dans un contexte d'accroissement et d'évolution des mobilités quotidiennes, d'une densité croissante des réseaux de circulation, liés notamment à la diminution des freins imposés par la distance. Les individus participent à la construction et la dynamique d'espaces de plus en plus vastes qu'ils fréquentent pour y exercer leurs activités quotidiennes. Ces résidents vivent en effet de moins en moins à l'échelle d'un quartier ou d'une ville, mais à celle d'un espace qui tend vers l'aire métropolitaine. Ils parcourent les espaces de façons variées et changeantes, pour toutes sortes de motifs professionnels et non professionnels (Ascher, 1995). Au rythme de ces déplacements quotidiens, les liaisons entre les différents espaces se nouent et se dénouent au cours de la journée. Ainsi, cela crée un nouveau mode d'occupation et d'appropriation collective du territoire, à la formation d'aires urbaines de plus en plus peuplées, mais aussi de plus en plus distendues, discontinues, hétérogènes et multipolaires.

Les représentations de ces flux révèlent des constellations de liens communaux plus ou moins complexes. Ces relations entre les communes peuvent être analysées selon les différentes caractéristiques des flux qu'elles reçoivent.

Nous proposons un poster pour présenter une étude sur la région urbaine de Grenoble (Isère) qui vise d'une part, à définir en quoi l'organisation spatiale des mobilités dépend des formes de semis des centres urbains et d'autre part, de voir comment en retour ces mobilités conditionnent la réorganisation des pôles.

## 2. Objectifs

Afin de mieux cerner le caractère et les formes des liens que les espaces tissent entre eux, nous cherchons à rendre compte des polarités dans la région urbaine de Grenoble par l'analyse des hiérarchies des flux de déplacements.

Les données habituellement utilisées pour mener ce type d'analyse concernent les navettes domicile-travail. Néanmoins, ce type de déplacements constitue aujourd'hui seulement entre un quart et un tiers de tous les déplacements quotidiens (23% selon l'EMD 2002 de

Grenoble). Il s'avère donc utile d'estimer comment les autres types de déplacements s'inscrivent et participent à la hiérarchie urbaine. Notre étude s'appuie sur la méthode d'analyse des flux dominants (Berroir et al., 2004) en utilisant les données de l'Enquête Ménages et Déplacements EMD (Grenoble 2002) qui nous permettent de travailler sur les flux domicile-travail, mais aussi sur les flux liés aux achats et enfin les flux liés aux loisirs (et sociabilité).

## 3. Données

Le périmètre de notre étude est celui de l'enquête ménages et déplacements réalisée en 2002 à Grenoble : 75 km du nord au sud, 80 d'est en ouest, 712000 habitants couverts. Cette enquête exceptionnelle permet d'appréhender l'ensemble du système urbain de la région : les deux grosses unités urbaines de Grenoble (400000 hab.) et Voiron (40000 hab.), les pôles plus modestes de la Côte Saint-André et Saint-Marcellin, ainsi qu'un chapelet de communes périurbaines, s'étendant le long de la vallée du Grésivaudan entre Grenoble et Pontcharra (en direction de Chambéry).

Il s'agit d'une des plus vastes EMD, qui a recensé environ 68 000 déplacements auprès de près de 7 000 ménages (17 000 individus) vivant dans 253 communes (AURG, 2004). Pour les fins des analyses décrites ci-dessous, nous utilisons uniquement une partie de cette riche base de données : les zones de résidence des enquêtés et les zones de destination de leurs déplacements individuels, ainsi que leurs motifs à destination (motif ayant engendré le déplacement). Dans un but de comparaison avec d'autres sources d'informations (recensement général de la population) et de taille d'échantillons suffisamment importante, ces données ont été agrégées à l'échelle communale.

## 4. Méthode

Pour analyser les liens entre les espaces, nous nous basons sur les travaux concernant les mobilités et les polarisations dans les aires métropolitaines (Berroir et al., 2004 ; 2006). A partir des données de navettes domicile-travail du RGP, les auteurs, en utilisant la méthode des « flux dominants » issue de la théorie des graphes et développée en 1961 par

Nuysten et Dacey, ont mis en évidence des formes de domination et de dépendance entre communes en s'appuyant pour chacune d'entre elles sur les caractéristiques de son flux majeur et de ses flux entrants.

L'aboutissement de ces analyses est une représentation du système de flux sous la forme d'un graphe, que l'on peut lire comme un arbre organisant les lieux selon leurs différents niveaux hiérarchiques.

Disposant dans les EMD d'un plus grand nombre de motifs de déplacements, nous élargirons l'analyse aux flux liés aux achats et aux loisirs/sociabilité. Ainsi, trois systèmes de hiérarchie communale seront dressés et comparés entre eux.

---

## 5. Principaux résultats obtenus

A partir des traitements automatisés<sup>1</sup> ont été élaborées pour chaque motif de déplacement deux représentations cartographiques : des graphes orientés entre communes et des cartes thématiques en oursins. Mais au-delà de ces représentations graphiques, nous cherchons à caractériser

les changements des niveaux de polarisation entre les différents motifs qui interviennent pour la plupart des communes. En analysant la recomposition des polarités, selon les trois types des flux, il s'avère que les polarités ne sont pas figées une fois pour toutes. La hiérarchie constituée à la base des flux pendulaires est remaniée par les flux de chalands et les flux de loisirs/sociabilité. Une minorité de communes ne changent pas leur niveau de polarisation, tandis que d'autres descendent ou montent dans la hiérarchie. Si les flux de travail tendent à une polarisation très concentrée (Grenoble constituant le pôle majeur), les flux liés aux achats et plus encore aux loisirs/sociabilité produisent des polarités multiples.

Nous pouvons conclure, que la construction des liens entre les espaces ne se présente pas de la même façon selon le type d'activités que les individus entreprennent.

---

<sup>1</sup> Un programme informatique permet d'obtenir des classifications des communes selon leur niveau de polarisation des flux majeurs, et indique les types de liaisons que ces communes entretiennent entre elles.

---

## 6. Bibliographie

Ascher F., 1995, *Metapolis ou l'avenir des villes*, Paris, Odile Jacob.

Aurg, 2004, *Enquête ménages déplacements 2002: premiers résultats. Recueil technique*, Grenoble, Agence d'urbanisme de la région grenobloise, Syndicat Mixte des Transports en Commun de l'Agglomération Grenobloise.

Berrou S., Mathian H., et al., 2004, *Mobilités et polarisations: vers des métropoles polycentriques. Le cas des métropoles francilienne et méditerranéenne*, Pour le Plan Urbanisme Construction Architecture Pôle Sociétés urbaines, Habitat et Territoires dans le cadre du programme de recherche « Mobilités et territoires urbains », UMR Géographie-cités, CNRS, Université Paris1, Université Paris7, ENS Lettres Sciences Humaines Lyon, p.145

Berrou S., Mathian H., et al., 2006, *Mobilités et polarisations: vers des métropoles polycentriques. Le cas des métropoles francilienne et méditerranéenne*, in Bonnet M. et Aubertel P., *La ville aux limites de la mobilité*, Paris, Presses universitaires françaises, 71-81.

# Développement d'une méthodologie d'analyse spatiale de la vulnérabilité pour une approche globale du risque : application à l'agglomération lyonnaise

**Florent Renard, Pierre Chapon**

UMR 5600 Environnement, Ville, Société, CNRS/Université de Lyon 3

[florent.renard@gmail.com](mailto:florent.renard@gmail.com)

## 1. La nécessité d'une évaluation précise de la vulnérabilité lyonnaise

La communauté urbaine de Lyon nécessite tout particulièrement une grande vigilance vis-à-vis des risques, en raison des caractéristiques intrinsèques de son territoire. En effet, avec la présence de deux grands fleuves (Rhône et Saône), de nombreux ruisseaux à caractère torrentiel, un relief contrasté propice à l'accumulation d'eau dans les points bas ainsi que de fortes pentes (Chocat, 1989 ; Grand Lyon, 2004), les risques d'inondation par débordements ou ruissellement et les risques de glissement de terrain sont nombreux. A cela s'ajoute de nombreuses entreprises pétrochimiques, notamment classées Seveso II (Rufat, 2008), augmentant encore le risque technologique.

En conséquence, de nombreuses études ont été menées sur ce territoire d'étude, mais ces dernières ont la particularité d'être relativement assez imprécises et confuses. Ainsi, si le cahier risques majeurs du référentiel environnemental du Grand Lyon (Grand Lyon, 2004) s'essaye à une typologie des risques basée sur des aléas de différentes natures, l'étude portant sur la vulnérabilité ne prend en compte que la vulnérabilité humaine et l'échelle d'étude est la commune. Cette échelle d'analyse est bien insuffisante pour une agglomération urbaine dense de 57 communes sur une superficie de 51 500 hectares occupée par environ 1 450 000 habitants, pour une densité supérieure à 2600 habitants par kilomètre carré. L'espace urbain est marqué par une nette prédominance de l'urbanisation, mais comporte des secteurs fortement végétalisés (Parc de la tête d'Or au centre de l'agglomération, de Miribel Jonage plus excentré à l'est de Lyon) et une morphologie urbaine peu homogène.

L'échelle spatiale la plus fine jamais utilisée sur le Grand Lyon est celle de l'îlot du recensement INSEE. Cependant, cette étude (Rufat, 2008), bien que basée essentiellement sur l'étude des enjeux, ne distingue pas les différents types de vulnérabilité classiquement reconnus (Barczak et Grivault, 2007 ; Tixier et al., 2006 ; Propeck-Zimmerman et al., 2008). Elle mélange ainsi les vulnérabilités humaines

et matérielles, ne prend pas en compte la vulnérabilité environnementale, et ne pondère pas les différentes cibles. En outre, l'échelle d'analyse reposant sur les îlots s'avère totalement inadaptée aux contraintes du milieu.

Les enjeux de n'importe quel territoire sont de différentes natures spatiales et vectorielles (ponctuelles, linéaires ou surfaciques), et se doivent d'être harmonisées en vue de leur combinaison. C'est pourquoi nous proposons de convertir les éléments vectoriels en une représentation sous forme maillée. Ce carroyage de la zone d'étude permet de standardiser le cadre de collecte et la nature hétérogène des données afin de permettre leur confrontation. La taille des mailles se doit d'être adaptée au niveau de précision des données, mais aussi à l'espace étudié en lui-même et à sa problématique propre (Griot, 2008). Ainsi, nous avons optés pour un carroyage global du Grand Lyon de 500 mètres de côté, en nous laissant la possibilité de passer à un maillage plus fin (100 mètres de côté par exemple) afin d'analyser plus précisément les zones urbaines combinant de nombreux types d'enjeux.

Cette étude se propose donc de réaliser une évaluation de la vulnérabilité reposant sur un cadre spatial standardisée. En outre, les différents enjeux ne possédant pas la même importance ni la même utilité dans le fonctionnement territorial du Grand Lyon (l'endommagement du mobilier urbain semblant moins préjudiciable au fonctionnement de la communauté que celui des rames de métro), il sera proposé de les pondérer à l'aide d'une méthode hiérarchique multicritère.

## 2. Principe de la méthode hiérarchique multicritère dans l'évaluation des enjeux du Grand Lyon

« Les méthodes multicritères d'aide à la décision servent à hiérarchiser des éléments et apparaissent donc adaptées pour modéliser la sensibilité » des enjeux du Grand Lyon (Griot, 2008). Le but de ces méthodes hiérarchiques multicritères (MHM) est l'évaluation de priorités entre les différents éléments composant la situation. La MHM de Thomas Saaty (1980) est la méthode la plus fréquemment employée en raison de ces nombreux avantages, et va nous

servir à l'évaluation des enjeux et des vulnérabilités lyonnaises. Elle a été choisie car elle répond précisément à la modélisation de notre situation, s'avère accessible par le plus grand nombre, et d'une grande souplesse d'utilisation et d'adaptation (Griot, 2003).

La MHM de Saaty est une théorie de mesure de critères d'une situation donnée, basée sur la dérivation de priorités d'importance relative à partir de comparaisons par paires d'alternatives homogènes partageant un attribut commun (Saaty, 1994). Cette méthode emprunte à l'approche systémique (se focalisant sur le fonctionnement de l'ensemble) et à l'approche déductive (interrelation des parties) pour structurer une situation complexe en différents éléments pouvant interagir les uns avec les autres, afin de les quantifier pour leur attribuer des valeurs relatives à leurs impacts sur le système global. Cette quantification des valeurs des différents éléments est basée sur l'expérience et le jugement d'experts, pour à terme obtenir des « priorités » des différentes composantes (Saaty, 1980).

La méthode hiérarchique multicritère de Saaty repose sur quatre principales étapes :

- une description détaillée du système étudié où plusieurs éléments et critères sont proposés pour caractériser, synthétiser la situation et décomposer le problème complexe ;

- une construction des hiérarchies afin d'organiser les éléments et les critères pour répondre à la problématique, et ceci de manière structurée et la plus complète et exhaustive possible ;

- une évaluation et un calcul formel des priorités et de l'importance relative des éléments, basés sur le jugement d'experts, puis une agrégation de leurs réponses. Lors d'entretiens semi dirigés, les experts concernés se prononcent sur les éléments qui leur semblent relativement plus important que d'autres par comparaison par paire ou binaire (*binary comparison*) ;

- une validation de la cohérence des réponses données par les experts et une agrégation de leurs résultats.

Sur la base de la méthodologie mise au point par Saaty, la première partie consiste en une description de la situation complexe dans le but d'en avoir une vision globale satisfaisante (Tixier et al., 2006). Cette décomposition hiérarchique a été réalisée en collaboration avec les experts (ingénieurs et élus) de la communauté urbaine de Lyon. Ainsi, une hiérarchie spécifique aux enjeux et aux

vulnérabilités du Grand Lyon est construite, basée sur une typologie combinant les trois principales classes d'enjeux (humains, environnementaux et matériels, eux-mêmes subdivisés précisément en cibles), les impacts et les facteurs de vulnérabilité (Merunka, 1987). Les enjeux et les cibles sont des objets, alors que les impacts et les facteurs de vulnérabilité sont des attributs (Propeck-Zimmerman et al., 2008). Les cibles et les facteurs de vulnérabilité ont été déterminés en accord avec les travaux antérieurs, puis adaptés au territoire du Grand Lyon (Barczak et Grivault, 2007 ; Tixier et al., 2006 ; Propeck-Zimmerman et al., 2008). Cette structure hiérarchique se veut donc exhaustive et spécifique à la communauté urbaine de Lyon et sert de base aux entretiens semi dirigés permettant de pondérer chaque cible. L'agrégation de leurs réponses permet de dégager des fonctions de vulnérabilité pondérant tous les enjeux recensés relativement les uns aux autres.

---

### 3. Résultats de la MHM, établissement des fonctions de vulnérabilités et cartographie

Les résultats obtenus permettent de hiérarchiser les différents enjeux et éléments du Grand Lyon, précédemment répertoriés dans la structure hiérarchique, à l'aide de fonctions de vulnérabilité. La fonction de vulnérabilité globale montre la grande importance des enjeux humains (77%). Le facteur de vulnérabilité des cibles environnementales représente 17%, alors que les enjeux matériels ne représentent que 5% de la fonction globale :

**Enjeux globaux** =  $0,772 \times \text{Enjeux humains} + 0,173 \times \text{Enjeux environnementaux} + 0,055 \times \text{Enjeux matériels}$  (1)

Pour compléter les fonctions de vulnérabilité et passer à une phase opérationnelle d'utilisation concrète et de visualisation de l'importance relative des enjeux à l'aide d'un SIG, des facteurs de quantification pour toutes les cibles recensées ont été établis afin de pouvoir harmoniser des entités géographiques surfaciques, linéaires ou ponctuelles. Au final, nous obtenons une description détaillée, homogène et objective des vulnérabilités humaines, matérielles et environnementales, ainsi que de la vulnérabilité globale du territoire du Grand Lyon. Enfin, afin d'avoir une lecture directe du risque, conjonction d'un aléa et d'une vulnérabilité (Rufat, 2008), il convient de superposer les deux cartographies.

---

### 4. Références bibliographiques

- Barczak A., Grivault C., 2007, Geographical information system for the assessment of vulnerability to urban surface runoff, Actes de Novatech 2007, 6<sup>ème</sup> conférence internationale techniques et stratégies durables pour la gestion des eaux urbaines par temps de pluie, 1, 31-146.
- Chocat B., 1989, Urbanisation et inondation : phénomènes de ruissellement, causes naturelles et facteurs d'aggravation. *Aménagement et nature*, 95, 13-15.
- Grand Lyon, 2004, e cahier risques majeurs du référentiel environnemental du Grand Lyon, 27.
- Griot, 2003, Vulnérabilité et risques liés au transport de matières dangereuses, Doctorat de l'université Montpellier 2, tome 1, 584.
- Griot, 2008, Des territoires vulnérables face au transport de matières dangereuses. Proposition d'un outil d'aide à la gestion de crise, *Géocarrefour*, 82(1-2), 51 – 63
- Merunka D., 1987, *La prise de décision en management avec expert choice*, Vuibert Gestion, Paris.
- Propeck-Zimmerman E., Saint-Gérand T., Bonnet E., 2008, Probabilités, risques et gestion territoriale : champs d'action des PPRT, *Géocarrefour*, 82(1-2), 65-76.
- Rufat S., 2008, L'estimation de la vulnérabilité urbaine, un outil pour la gestion du risque. Approche à partir du cas de l'agglomération lyonnaise, *Géocarrefour*, 82(1-2), 7-16
- Saaty T.L., 1980, *The Analytic Hierarchy Process*, New York, McGraw-Hill.
- Saaty T.L., 1994, Highlights and critical points in the theory and application of the Analytic Hierarchy Process, *European Journal of Operational Research*, 74,426-447.
- Tixier J., Dandrieux A., Dusserre G., Bubbico R., Mazzarotta B., Silvetti B., Hubert E., Rodrigues N., Salvi O., 2006, Environmental vulnerability assessment in the vicinity of an industrial site in the frame of ARAMIS European project, *Journal of Hazardous Materials*, 130, 251-264.

# Les palmarès géographiques ou la mise en compétition des territoires

**Arnaud Brennetot**

UMR 6266 IDEES, MTG, Université de Rouen

[a.brennetot@wanadoo.fr](mailto:a.brennetot@wanadoo.fr)

## 1. Contexte

La multiplication de classements à caractère géographique observée au cours des dernières années traduit un nouveau rapport aux territoires fondé sur le culte de la performance. Cette vogue abondamment relayée par les médias mais aussi par certains acteurs publics s'applique à des échelles différentes et concerne des unités spatiales fort variées : des États, des villes, des collectivités territoriales mais aussi des équipements collectifs (des universités, des hôpitaux), voire des systèmes administratifs (éducation, fiscalité). Ces classements sont utilisés à différentes échelles (le monde, les États) pour comparer les performances de types de lieux génériques. Issues des techniques de benchmarking développées dans le domaine du management, elles se fondent sur l'idée que les indices synthétiques permettent aux décideurs, privés ou publics, de mieux appréhender les performances des différents territoires et de dégager des modèles de développement adaptés à la réalisation d'objectifs prédéfinis.

## 2. L'objectif de l'étude présentée : évaluer l'évaluation

Cette proposition de communication a pour objet de mettre en évidence la structure méthodologique des palmarès géographiques à partir de quelques exemples parmi les plus renommés :

- classement des universités de Shanghai ;
- enquête PISA de l'OCDE ;
- palmarès proposés par des groupes de consultance anglo-saxons : MHRC ou EIU pour les métropoles du monde, Vision of Humanity pour le Global Peace Index ;
- palmarès diffusés au grand public sur la qualité du cadre de vie aux Etats-Unis (Sperling's Best Places) ou en France (newsmagazines : *L'Express*, *Le Nouvel Observateur*, *Le Point*).

Il s'agira de proposer une réflexion sur l'usage des données géographiques et de dégager les présupposés idéologiques qui les sous-tendent : les classements tendent en effet à instaurer une logique de compétition entre les territoires, parfois sans lien avec leurs finalités originelles.

## 3. Les données et méthodes qui seront utilisées

À partir d'une étude comparative de ces palmarès, il s'agira d'analyser les formes récurrentes à travers l'analyse de différents paramètres :

- les sources et l'établissement des données, la pertinence des critères ;
- la sélection et la pondération des variables pertinentes ;
- les techniques de classification utilisées (homogénéisation de données, conversion sous forme de bases ordinales, calcul des moyennes ordinales, décomposition des données et organisation de sous-classements thématiques) et leurs conséquences pour l'établissement des résultats ;
- les formes de présentation des données (palmarès, cartes, tableaux) et leurs implications sémiologiques pour l'interprétation ;
- la prise en compte ou non du rôle de l'espace géographique dans la constitution des résultats.

## 4. Les principaux résultats obtenus

La grille de lecture induite par les palmarès géographiques s'oppose à l'idée de particularité des lieux : il ne s'agit plus pour les habitants et leurs responsables de viser un état optimal défini de façon interne, selon des règles démocratiques par exemple, mais d'atteindre une norme externe, dictée par une autorité indépendante qui s'appuie sur des critères homogènes. Ce paradigme pousse les territoires à s'adapter et à s'aligner sur les entités spatiales qui les environnent, favorisant les phénomènes d'imitation et de concurrence. Il ne s'agit pas d'atteindre une forme de bien absolu, mais de faire mieux, ou moins mal, que ses voisins : cette lecture ordinale favorise les conceptions procédurales de la justice, au détriment des représentations substantielles.

Les palmarès géographiques introduisent une relation de compétition entre des territoires assimilés à une somme de propriétés interchangeable et quantifiables. Les lecteurs et les destinataires sont incités à adopter un point de vue

normatif valorisant l'utilité individuelle. En effet, chacun est amené à discuter, non pas les critères employés, souvent laissés à l'arrière-plan, mais bien la performance relative mesurée d'un ou plusieurs territoires pertinents : si celle-ci paraît insuffisante, l'habitant peut être conduit à réinterroger le lien qui l'unit à ce lieu et à rechercher une meilleure rentabilité. Cela revient à placer les territoires dans une relation de concurrence artificielle au sein d'un espace fondé sur la compétition marchande. Ainsi, les difficultés qu'un territoire peut rencontrer (un État, une université), notamment l'incapacité d'une partie de la population qui le fréquente à accéder aux bénéfices évalués, est souvent ignorée tandis que les écarts entre territoires sont mis en évidence pour souligner l'existence d'avantages comparatifs que les habitants, réduits à l'état d'agents économiques, peuvent mettre à profit pour élever leur niveau de satisfaction. Par exemple, les six critères pris en compte par le classement de Shanghai valorisent les établissements qui accumulent les publications et les titres honorifiques, sans accorder d'importance significative aux missions d'enseignement confiées aux universités, pour les moyens dont elles disposent pour s'acquitter de cette tâche ou pour l'origine et les caractéristiques des enseignants et des étudiants qu'elles accueillent. Il en est de même lorsqu'un responsable institutionnel conclut au mauvais fonctionnement du système national d'enseignement si celui-ci n'est pas bien classé par le PISA afin de justifier un projet de réforme devant l'opinion publique, sans considération sur la pertinence des critères ni sur les spécificités nationales (populations scolarisées, structures de financement, organisation logistique, programmes scolaires). Un tel système d'évaluation assimile l'espace

géographique à un marché concurrentiel et place l'habitant dans une relation consumériste vis-à-vis des lieux qu'il fréquente. Celui-ci est considéré comme un usager ou un client, soucieux de sa propre satisfaction avant d'être reconnu comme un citoyen motivé par l'accomplissement d'un bien commun supérieur.

En outre, on constate que les données spatiales obtenues sont très rarement présentées sous une forme cartographique. Mon hypothèse est que la carte, en regroupant les individus en classes hiérarchiques, ne permet pas une représentation détaillée des scores obtenus par chacun. Or, tout classement tend à privilégier, pour des raisons rhétoriques, la mise en valeur des entités les plus spectaculaires, le mieux, ou les moins bien, classées. Par ailleurs, le fond de carte crée un cadre visuel qui solidarise les territoires comparés : l'écart géographique perturbe la lecture de l'écart statistique et autorise des interprétations alternatives. En effet, la mise en évidence de phénomènes d'autocorrélation spatiale à l'échelle d'agréats régionaux, étatiques ou continentaux par exemple, autorise à lire les écarts comme des inégalités structurelles renvoyant à d'autres logiques que les simples performances individuelles. Cette hypothèse pourrait expliquer pourquoi la représentation de l'IDH s'effectue plus souvent sous la forme de planisphères, plus rarement de tableaux ou de palmarès, contrairement à la croissance du PIB pour lequel le rang est beaucoup plus fréquemment utilisé. La cartographie descriptive peut donc conduire à remettre en cause la grille d'analyse propre aux classements hiérarchiques au profit d'interprétations « solidaristes » et justifier la correction des inégalités lorsqu'elles paraissent injustes.

---

## 5. Bibliographie

- Boltanski L., Thévenot L., 1991, *De la justification. Les économies de la grandeur*, Gallimard.
- Brennetot A., 2008, Optimum territorial et théories de la justice, Géopoint, 17ème biennale de Géographie, Optimisation de l'espace géographique et satisfactions sociétales, Université d'Avignon.
- Brennetot A., 2006, Métropoles idéales pour cadres internationaux : classement international et réalités sociales, *Annales de la Recherche Urbaines*, 101, 109-117.
- Gadrey J., Jany-Catrice F., 2005, *Les Nouveaux indicateurs de richesse*, La Découverte, coll. Repères, 404, Paris.
- Kahn S., 2008, La guerre de l'intelligence, Les campus dans la mêlée, *La GéoGraphie Terre des hommes*, 4, 66-69.
- Kahn S., 2008, Université et internationalisation : vers la guerre des campus ?, Festival International de géographie, Les sources de conflits – mondialisation et ressources, tout fait conflit », Saint-Dié-des-Vosges.
- Moriset B., 1999, Palmarès et classements de villes dans la presse hebdomadaire française, *Géographie et Cultures*, 29.
- Milhaud O., 2008, Europe : la guerre des facs aura-t-elle lieu ?, *Cafés géographiques*, 1365, Metz, 15 mai 2008.  
[http://www.cafe-geo.net/article.php3?id\\_article=1365](http://www.cafe-geo.net/article.php3?id_article=1365)
- Pelt J.-M., 2008, *La Compétition Mère de Toutes Choses ?*, Ed. de l'Emmanuel, Paray-le-Monial.
- Sen A., 2000, *Repenser l'inégalité*, Le Seuil, Paris.