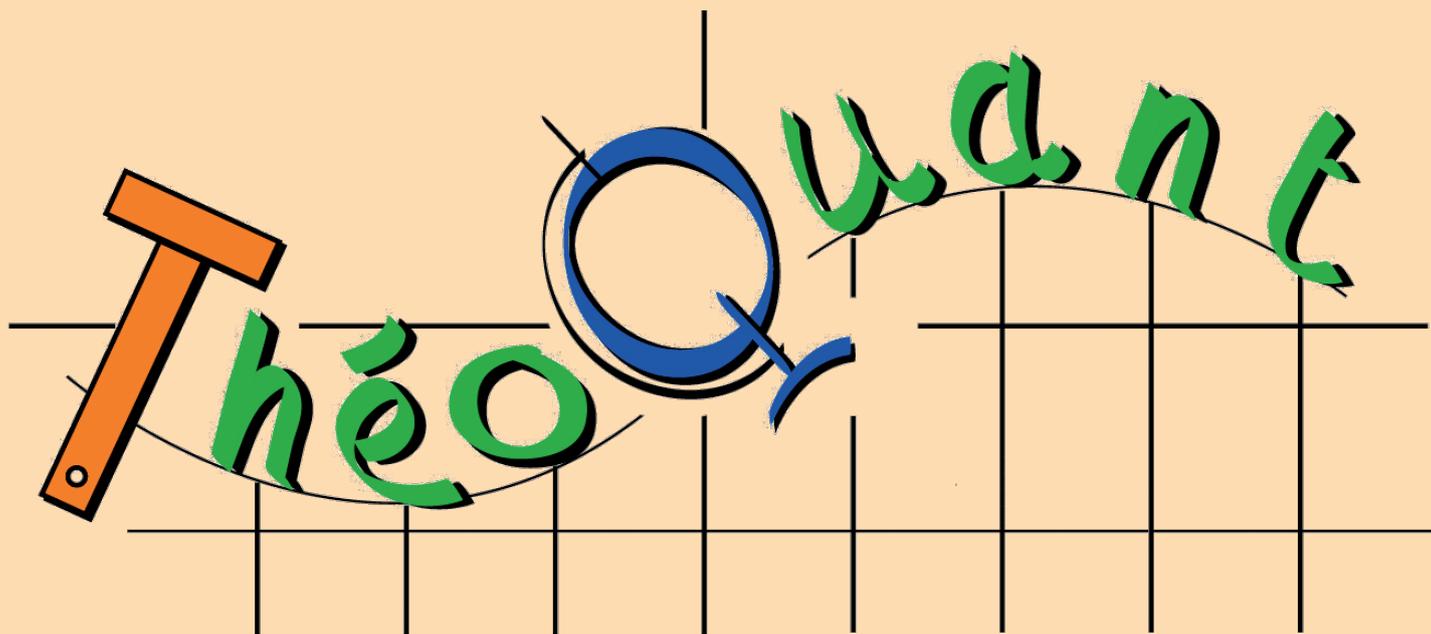


Dixièmes Rencontres de



Besançon, 23-25 février 2011

Nouvelles approches en Géographie
Théorique et Quantitative

Résumés des communications

Sommaire

| | | |
|------------|--|-----|
| | Conférences en séance plénière..... | 3 |
| Atelier 1 | Configurations paysagères et écologie spatiale..... | 4 |
| Atelier 2 | Géographie des risques..... | 15 |
| Atelier 3 | Climatologie..... | 28 |
| Atelier 4 | Occupation du sol et paysage..... | 38 |
| Atelier 5 | Géographie des risques..... | 47 |
| Atelier 6 | Emissions de polluants et politiques énergétiques..... | 60 |
| Atelier 7 | Concepts théoriques et épistémologie..... | 67 |
| Atelier 8 | Accessibilités et mobilités durables..... | 77 |
| Atelier 9 | Structures spatiales et polarités locales..... | 87 |
| Atelier 10 | Simulations spatiales et systèmes complexes..... | 102 |
| Atelier 11 | Transport, mobilités, aménagement..... | 119 |
| Atelier 12 | Démographie et disparités régionales..... | 133 |
| Atelier 13 | Transitions et potentiels territoriaux..... | 149 |
| Atelier 14 | Analyse spatiale et télédétection..... | 160 |
| Atelier 15 | Ségrégation et mobilités résidentielles..... | 170 |
| Atelier 16 | Observatoires des territoires..... | 182 |
| Atelier 17 | Analyse spatiale..... | 191 |



Partenaires des Dixièmes 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



Conseil Régional de Franche-Comté



Ville de Besançon





Conférences en séance plénière

Colette Cauvin

Université de Strasbourg

miradou@club-internet.fr

Conférence mercredi 23 février à 10 h 00

Cartographie et géographie théorique et quantitative : pour une théorie géocartographique transdisciplinaire

Dominique Peeters

Université de Louvain-la-Neuve (Belgique)

dominique.peeters@uclouvain.be

Conférence mercredi 23 février à 11 h 15

Pérégrinations périurbaines

Enric Pol

Université de Barcelone (Espagne)

epol@ub.edu

Conférence jeudi 24 février à 9 h 00

La psychologie environnementale au carrefour des sciences sociales et de l'espace. De la théorie à l'application

Yves Crozet

Université de Lyon 2

yves.crozet@let.ish-lyon.cnrs.fr

Conférence jeudi 24 février à 10h30

Accessibilité : un concept ancien pour traiter des défis nouveaux



Atelier 1

Configurations paysagères et écologie spatiale

The visual landscape evaluation along hiking trail

L'évaluation du paysage visible au long d'un itinéraire pédestre

Mathieu Rogowski

Department of Regional and Tourism Geography / Institute of Geography and Regional Development
University of Wrocław
mateusz.rogowski@wp.eu

Abstract

A desire for admiring extensive panoramas from scenic points is one of the most important motives of the sightseeing tourism in mountain regions. This can be named as the scenic values. The second essential factor is the location in attractive landscape with landform diversity and natural landcover diversity. This are the landscape values.

The landscape and scenic values are constituents of the visual landscape. The perception of the environment research confirms that 87 % of our perception of the landscape is visual (landscape as physiognomy) - which in Polish geographic literature is compared to visual perception.

The aim of the present study is to compile the opinion of landscape and scenic values in five hiking trails running by diverse types of landscape of Lower Silesia in Poland. The choice of the routes to analysis was connected with distinguishing diverse types of scenery in physiognomical aspect in Poland, distinguished by J. Wyrzykowski et al. (1991):

1. The hilly landscape – Trzebnickie Hills,
2. The flat landscape at the bottom of the valley – Wrocławska Plain,
3. The landscape of low mountains - Sleza Massif,
4. The landscape of medium mountains - Kamienne Mts.,
5. The landscape of high mountains - Karkonosze Mts. (Giant Mts.).

This trails lead through diverse landforms and geoeological layers in particular landscape regarding to worth landscape boundaries and ecotone areas.

The landscape values of hiking trails has been determined and based on five equal criteria and the scenic values on six equal criteria. This evaluation is a part of hiking trails attraction evaluation which is composed of tourist values, transportation accessibility and the state of tourism development.

The process of visual landscape grading is achievable thanks to GIS tools, provided that an appropriate amount of input data can be gathered.

Bibliography

Wyrzykowski J. et al., 1991, *OcenakrajobrazuPolski w aspekciefizjonomicznynapotrzebyturystyki*, Wrocław University, Wrocław

Quantifier la fragmentation du paysage par le réseau routier

Xavier Girardet et Jean-Christophe Foltête

Laboratoire ThéMA, UMR 6049 CNRS ; Université de Franche-Comté
xavier.girardet@univ-fcomte.fr

MOTS CLES

Ecologie du paysage • biodiversité • dispersion • connectivité • réseau écologique • théorie des graphes

1. Contexte et objectifs de l'étude

Depuis les années 70, on assiste en France et en Europe, à une densification du réseau de grandes infrastructures de transport (lignes à grande vitesse et autoroutes). Ceci a pour conséquence d'augmenter la fragmentation du territoire et d'accroître l'effet de barrière sur les déplacements et la dispersion des espèces. Ce processus spatial s'accompagne d'une diminution de la connectivité entre les différents milieux nécessaires au bon déroulement des processus écologiques. Ainsi la restauration de la connectivité entre ces milieux est devenue un enjeu majeur au maintien de la biodiversité. Ce constat a été relayé par les instances politiques nationales et internationales, dès 2002, lors du sommet de la Terre à Johannesburg, et en 2008 en France lors du Grenelle de l'environnement. Dans ce contexte, la France cherche d'ici à 2012 à se doter d'une « Trame Verte et Bleue », une structure réglementaire ayant pour objectif la prise en compte, à toutes les échelles, des réseaux écologiques dans les documents d'urbanisme et les études d'impact des grandes infrastructures de transport. Ce nouveau dispositif s'accompagne de nouveaux besoins pour les aménageurs sur la définition des réseaux écologiques, l'analyse de la variabilité des échelles d'observation et la disponibilité de méthodes, reproductibles, d'analyse des effets de l'anthropisation du territoire sur ces réseaux écologiques.

La recherche sur les réseaux écologiques a connu ces dernières années un intérêt accru en écologie spatiale, et en sciences humaines. La modélisation des réseaux écologiques par la mobilisation de la théorie des graphes est devenue un outil d'analyse innovant, offrant de nouvelles perspectives à l'écologie du paysage (Urban et Keitt, 2001 ; Saura et Pascual-Hortal, 2007 ; Dale et Fortin, in press). Un graphe est défini par un ensemble de nœuds et de liens. Dans un graphe paysager, les nœuds représentent les taches

d'habitat d'une espèce cible ou d'un ensemble d'espèces, et les liens les relations fonctionnelles, pouvant symboliser les déplacements entre ces taches. La théorie des graphes offre ainsi un bon compromis entre la complexité de mise en œuvre du modèle de connectivité et son degré de réalisme. Plusieurs études ont déjà montré l'intérêt de l'utilisation du modèle des graphes paysagers ou « network theory » pour guider les stratégies de conservation ou de restauration de certains éléments du paysage jouant un rôle important dans la connectivité au sein d'un réseau écologique (Minor et Lookingbill, in press). A travers l'utilisation d'indices de connectivité sur le graphe généré, il est possible de rendre compte de la fragmentation et de l'effet de barrière d'aménagements, tels que le réseau routier, sur le paysage (Fu et al, 2010).

Ces réflexions sont mises en œuvre dans le cadre d'un travail de thèse et d'un programme de recherche, GRAPHAB, dont l'objectif est de tester un protocole méthodologique dédié à l'évaluation de l'impact des grandes infrastructures de transport sur la connectivité des habitats de la faune sauvage. Le programme de recherche est fondé sur l'hypothèse que l'impact des grandes infrastructures de transport se situe au-delà des abords immédiats de l'aménagement, zonage communément pris en compte dans le bilan LOTI accompagnant leur projet et leur suivi.

Dans le cadre de cette étude, nous nous proposons de tester les degrés de fragmentation des différentes hiérarchies de route sur un habitat forestier. Il s'agira d'évaluer le potentiel fragmentant de chaque axe routier en fonction de son importance vis-à-vis du trafic, puis d'évaluer les effets cumulatifs de l'ensemble de ces axes sur la fragmentation.

2. Données et méthodes

Le terrain d'étude s'étend sur 123 000 ha du premier plateau jurassien au sud, aux plateaux haut-saônois au nord, et est traversé par la basse vallée du Doubs de Besançon à Montbéliard. Il est coupé d'est en ouest par l'autoroute A36 et la nationale N273 pour les principaux axes.

Seules les taches de forêt supérieures à 1 ha ont été conservées. Les taches de forêt sont issues de la BD Topo (IGN, 2009) et cartographiées à une résolution de 10m.

Le réseau routier est tiré de la base de données vecteur de la BD Topo et hiérarchisé selon la largeur, le trafic et l'équipement de la voie (grillage). L'attribut « Importance » de la base offre la possibilité en outre de hiérarchiser le réseau. Il contient 5 classes, numérotées de 1 à 5, représentant la hiérarchisation du réseau routier fondée, non pas sur un critère administratif, mais sur l'importance des tronçons de route pour le trafic routier. Ainsi les axes reliant les principales métropoles et constituant l'essentiel du réseau européen sont classés 1, les liaisons entre les départements sont classés 2, les liaisons de ville à ville à l'intérieur d'un département sont classées 3, les axes permettant de se déplacer rapidement à l'intérieur d'une commune et en zone rurale sont classés 4 et les axes permettant de desservir l'intérieur d'une commune sont classés 5.

Dans un premier temps le graphe planaire est construit, chaque tache de forêt est reliée à ses plus proches voisins. Le réseau routier n'est pas pris en compte. Le graphe paysager ainsi obtenu constitue un « état initial ».

Dans un second temps, pour chaque classe de route, le graphe planaire correspondant est reconstruit. On obtient alors un graphe pour chaque type de route. Soit un graphe initial et 5 graphes propres aux routes d'importance 1 à 5.

L'ensemble des calculs sont réalisés sur les distances fonctionnelles entre les taches. Pour chacun des 6 graphes obtenus, deux indices de connectivité sont calculés :

Le PC global, "probability of connectivity" (Saura et Pascual-Hortal, 2007 ; Saura et Rubio, 2010) calculé pour des distances de dispersion croissantes. Le PC renseigne sur le degré de fragmentation du paysage à chaque seuil de distance.

Le dPC, une mesure locale (attribuée à la tache) de la variation du PC obtenue par le retrait tour à tour de chaque tache. Cet indice permet de rendre compte pour chaque tache de l'importance du rôle qu'elle joue dans la connectivité globale du réseau et de les localiser.

3. Résultats attendus et perspectives

La distance de dispersion étant fonction de la taille de l'espèce, le calcul du PC sur des distances de dispersion croissantes permettra de quantifier le degré de fragmentation du paysage pour différentes tailles d'espèces. Il sera possible d'identifier pour quelles classes de route et pour quelles espèces le paysage semble plus ou moins fragmenté. La localisation des taches importantes au maintien de la connectivité globale du réseau sera un élément aisément interprétable qui pourra être mobilisé dans le cadre de plan de conservation.

Afin d'augmenter le degré de réalisme du modèle, il serait possible de calculer les distances entre les taches selon des valeurs de résistance attribuées aux différentes classes de routes. Ceci permettrait de faire varier les résistances pour une même classe de route, et de nuancer l'aspect infranchissable ou non de certaines classes du réseau routier (axes routiers clôturés).

4. Bibliographie

- Dale, M.R.T. et Fortin, M.J., From Graphs to Spatial Graphs. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. (in press)
- Fu, W. et al., 2010. Characterizing the "fragmentation-barrier" effect of road networks on landscape connectivity: A case study in Xishuangbanna, Southwest China. *Landscape and Urban Planning*, 95(3), p.122-129.
- Minor, E.S. et Lookingbill, T.R., A Multiscale Network Analysis of Protected-Area Connectivity for Mammals in the United States. *Conservation Biology*, (in press)
- Saura, S. et Pascual-Hortal, L., 2007. A new habitat availability index to integrate connectivity in landscape conservation planning: Comparison with existing indices and application to a case study. *Landscape and Urban Planning*, 83(2-3), p.91-103.
- Saura, S. et Rubio, L., 2010. A common currency for the different ways in which patches and links can contribute to habitat availability and connectivity in the landscape. *Ecography*. 33, p.523-537.
- Urban, D.L. et Keitt, T.H., 2001. Landscape Connectivity: A Graph-Theoretic Perspective. *Ecology*, 82(5), p.1205-1218.

Caractérisation de la connectivité des habitats du petit rhinolophe en Franche-Comté

Pierline Tournant*, Sébastien Roué et Jean-Christophe Foltête***

*UMRThéMa / Université de Franche-Comté

** CPEPESC Franche-Comté

pierline.tournant@univ-fcomte.fr

MOTS CLES

Fragmentation • conservation • écologie du paysage • graphes paysagers

1. Contexte et objectif

Le petit rhinolophe (*Rhinolophus hipposideros*) est une espèce de chauve-souris qui était autrefois communément répandue dans le nord ouest de l'Europe. Sa distribution a connu une réduction spectaculaire lors des 50 dernières années (Motte et Libois 2002). Les causes de ce déclin ne sont pas encore bien identifiées. Plusieurs hypothèses ont été proposées pour l'expliquer, notamment celle de la diminution des habitats spécifiques de cette espèce, due à la fragmentation du paysage (Hirzel et Arlettaz 2003).

En effet, de part la nature diverse de ses activités comme la réaffectation de terres agricoles, le développement de l'urbanisation ou encore la construction d'infrastructures de transport, la société humaine tend à réduire la taille des populations animales, les menaçant via divers processus tels que la fragmentation des habitats (Brooks et al. 2002). Les taches d'habitats favorables deviennent alors discontinues, le passage de l'une à l'autre problématique, et les populations animales sont alors contraintes à un fonctionnement en métapopulation, à savoir en groupe d'individus plus ou moins importants, séparés dans l'espace, et liés entre eux par des flux d'individus. Leur maintien est donc fortement dépendant du niveau de connectivité spatiale entre ces taches (Fahrig 2003) et de leur intégration au sein d'un réseau. Cette nécessité rend les métapopulations particulièrement sensibles aux modifications dues à certains aménagements du territoire, qui peuvent aboutir à rompre localement la connectivité entre plusieurs sous-populations.

Par ailleurs, le petit rhinolophe est une espèce qui est d'autant plus sensible aux modifications de son environnement puisqu'elle utilise le paysage de manière très caractéristique. En effet, la plupart des auteurs s'accordent sur l'importance de la présence de boisements linéaires (haies, rangées d'arbres à espacement faible, lisières de bois) formant un réseau à proximité des gîtes,

cette espèce répugnant à traverser des espaces découverts. Les individus utilisent ces formations linéaires à la fois comme routes de vol reliant les gîtes aux terrains de chasse, et comme lieux de chasse (Bontadina 2002). De plus, le petit rhinolophe s'avère sensible aux émissions lumineuses produites par les agglomérations urbaines.

L'objectif de cette étude est donc de caractériser la connectivité des habitats préférentiels du petit rhinolophe afin de mesurer l'impact de la fragmentation du paysage, susceptible de menacer les populations de cette espèce en Franche-Comté.

2. Données et méthode

L'approche choisie consiste tout d'abord à étudier la configuration spatiale des habitats d'intérêt pour l'espèce, sous l'angle de la connectivité fonctionnelle. D'un point de vue méthodologique, la modélisation de la connectivité entre les taches d'habitat d'une population peut être réalisée de plusieurs façons différentes. Une piste émergente en écologie du paysage consiste à utiliser la théorie des graphes (Urban et Keitt 2001) pour représenter le paysage sous la forme de graphe de connectivité (ou réseau), où les taches d'habitat constituent les nœuds et où le lien entre deux taches données existe si la probabilité de passage est jugée supérieure à un certain seuil, en fonction de la capacité de mouvement de l'espèce considérée. Le but étant ensuite de confronter les différents degrés de cette connectivité avec la distribution de l'espèce observée sur le terrain.

Les graphes paysagers sont fondés sur la définition des taches d'habitat (les nœuds du graphe) et sur les relations possibles entre ces taches (les liens du graphe). Entre deux taches, les liens peuvent correspondre à des corridors explicites (des haies par exemple). Plus souvent ils représentent le trajet défini pour minimiser le coût de déplacement, en fonction des milieux rencontrés. Le

graphe dans son ensemble permet de disposer d'une représentation simplifiée de la structure de déplacement de l'espèce liée à l'habitat choisi, sous la forme d'un réseau. De par cette forme réticulaire, cette représentation est directement adaptée pour analyser la connectivité. D'une part le graphe paysager permet de mesurer la connectivité globale de l'habitat, d'autre part il permet de connaître la contribution de chaque tache ou de chaque lien du graphe au sein de la connectivité globale. Ceci revient à estimer l'importance de chaque élément par rapport à la structure d'ensemble, et finalement à attribuer un rôle plus ou moins stratégique à certaines taches ou à certains passages entre taches.

La mesure du degré de connectivité, et par conséquent de fragmentation des habitats d'une espèce, doit s'amorcer par l'état des lieux des habitats. C'est seulement une fois cet état des lieux effectué que des évaluations de présence et d'abondance de cette espèce peuvent être envisagés. Dès lors, une cartographie exhaustive de l'habitat du petit rhinolophe par l'intermédiaire de traitement d'image, photo-interprétation et intégration de données issues de la BD Topo de l'IGN a été réalisée dans un premier temps à partir de la connaissance de la biologie de l'espèce. Il s'agit d'identifier l'habitat optimal, les éléments à caractère neutre, ceux qui sont utilisés pendant les déplacements et enfin ceux qui constituent des barrières. De plus, une couche des niveaux de pollution lumineuse a été modélisée,

intégrée et mise en conformité avec les autres données spatiales. L'ensemble de cette démarche aboutit à une cartographie numérique à 25 m de résolution spatiale. Cette carte couvre une large zone correspondant à la majeure partie de la région de Franche-Comté.

Une fois la cartographie des habitats établie, l'application de la méthode des graphes paysagers peut être appliquée sur les taches que forme les parties favorables du paysage selon le critère choisi pour relier ces taches, à savoir la distance euclidienne ou les distances coûts qui prennent en compte la difficulté pour un animal de traverser un type d'habitat donné. Ensuite, plusieurs métriques sont disponibles pour caractériser le graphe produit qui permettent de rendre compte de la qualité de la connectivité entre ces taches au sein du paysage considéré.

3. Perspectives

Ces résultats vont nous permettent dans un premier temps de prédire les endroits les plus favorables à l'établissement de populations de petits rhinolophes et dans un second temps d'indiquer les zones à classer comme « sensibles » d'un point de vue de la connectivité. Ces zones pourront être par la suite protégées en priorité afin de maintenir cette connectivité et donc de conserver les populations de cette espèce au sein de la Franche-Comté.

4. Références bibliographiques

- Bontadina, F. (2002). *Conservation ecology in the horseshoe bats *Rhinolophus ferrumequinum* and *Rhinolophus hipposideros**. Ph.D thesis, University of Berne.
- Brooks, T. M., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., da Fonseca, G. A. B., Rylands, A. B., Konstant, W. R., Flick, P., Pilgrim, J., Oldfield, S., Magin, G. and Hilton-Taylor, C. 2002. Habitat loss and extinction in the hotspots of biodiversity. *Conservation Biology*, **16**(4): 909-923.
- Fahrig, L. 2003. Effect of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* **34**(1): 487-515.
- Hirzel, A. H. and Arlettaz, R. 2003. Modeling habitat suitability for complex species distributions by environmental-distance geometric mean. *Environmental Management*, **32**(5): 614-623.
- Motte, G. and Libois, R. 2002. Conservation of the lesser horseshoe bat (*Rhinolophus hipposideros* Bechstein, 1800) (Mammalia : Chiroptera) in Belgium. A case study of feeding habitat requirements. *Belgian Journal of Zoology*, **132**(1): 49-54.
- Urban, D. and Keitt, T. 2001. Landscape connectivity: A graph-theoretic perspective. *Ecology*, **82**(5): 1205-1218.

Pratiques spatiales des populations animales : analyses par les trajectoires

Elodie Buard

COGIT / Institut Géographique National

Elodie.buard@ign.fr

MOTS CLES

Trajectoires • stations • activités

1. Contexte

Cette contribution s'inscrit dans un travail de thèse qui vise à identifier et expliquer les interactions entre les pratiques des herbivores et l'occupation du sol. En effet, les animaux sont attirés dans leurs déplacements par les ressources du sol (végétation et eau) et l'occupation du sol change après les passages et la consommation en ressources des herbivores. Pour évaluer le changement du sol issu de la pression exercée par les herbivores, nous voulons identifier leurs lieux de passage et de séjour récurrents. Pour cela nous nous appuyerons sur le cadre de pensée de la Time-Geography.

La Time Geography (Hägerstrand, 1970; Langran, 1988; Peuquet, 1994) apporte un cadre pour appréhender les déplacements liés aux activités quotidiennes des individus en fonction de leurs budgets-temps. Elle met l'accent sur les enchaînements des déplacements en fonction des contraintes d'accessibilité et d'ordre de réalisation. La Time Geography vise à décrire les trajectoires possibles d'un individu en fonction de ses activités et de son environnement (Lenntorp, 1976). Une trajectoire est donc « l'ensemble des positions et déplacements concrets qu'effectue un individu dans l'espace-temps » (Chardonnel, 2001). Les trajectoires sont choisies par l'individu en fonction des activités envisagées, les activités constituant des stations dans la trajectoire reliées par des déplacements (Hägerstrand, 1985). On retiendra la notion de « station » définissant un lieu, une portion d'espace, occupé sur une certaine durée, entre deux déplacements. Surtout utilisée pour caractériser un lieu d'activité dans la trajectoire journalière d'un individu (Savary et al., 2004), cette notion peut être transférée pour analyser les pratiques spatiales de troupeaux d'animaux : les stations sont des lieux assimilés à des pauses dans les déplacements.

2. Objectifs

L'objectif de cette contribution est de développer des outils pour décrire et analyser les pratiques spatiales des populations animales dans l'espace et le temps en se basant sur des concepts de la Time Geography. L'approche suivie est d'identifier des lieux de fréquentations récurrentes pour évaluer la pression dans ces lieux, ce qui nécessite également d'identifier qui fréquente ce lieu (i.e. quelle espèce), avec quelle intensité et pourquoi choisir ce lieu. La pression d'un lieu peut donc être définie par le nombre d'animaux fréquentant ce lieu, mais aussi par l'espèce présente (un éléphant ayant plus d'impact sur le sol qu'un zèbre) et la durée de présence. Nous mettrons ainsi en évidence les lieux fréquentés par différents troupeaux. D'autre part, dans les lieux fréquentés, nous distinguons les lieux de séjours récurrents et les lieux de passage récurrents parce que la pression sur ces zones est de nature différente : dans le premier cas, les ressources peuvent être prélevées par les troupeaux (s'ils boivent par exemple) ; dans le deuxième cas, il s'agit d'un piétinement de végétation qui dégrade le sol.

Pour réaliser ce travail, nous disposons de données topographiques qui situent les points d'eau, la végétation, le relief et les routes, ainsi que des données de trajectoires GPS suivant quelques groupes de différentes espèces (éléphant, zèbre, buffle) et des comptages à des zones fixes de l'espace.

3. Méthodes : identifier les lieux de fréquentation par les lieux de séjour et de passage

Les animaux fréquentent les lieux avec plus de variabilités temporelle et spatiale que les hommes. Cependant il arrive que les troupeaux reviennent à des mêmes lieux en raison de leurs préférences (Dejaifve 2004) et que certains troupeaux réalisent des circuits

(Bailey et al. 1989 ; Ganskopp 2001). A cause de leur récurrence, ces circuits définissent des zones à forte pression environnementale. Ces zones sont très fréquentées soit par un grand nombre d'animaux ou de troupeaux, soit pendant de longues périodes, soit de façon répétée. On qualifiera de « lieux de fréquentation » ces lieux s'ils sont fréquentés de manière récurrente.

Lieux de séjour : vers une identification des stations

Tout d'abord, nous nous appuyons sur la Time Geography pour définir des stations qui sont les lieux

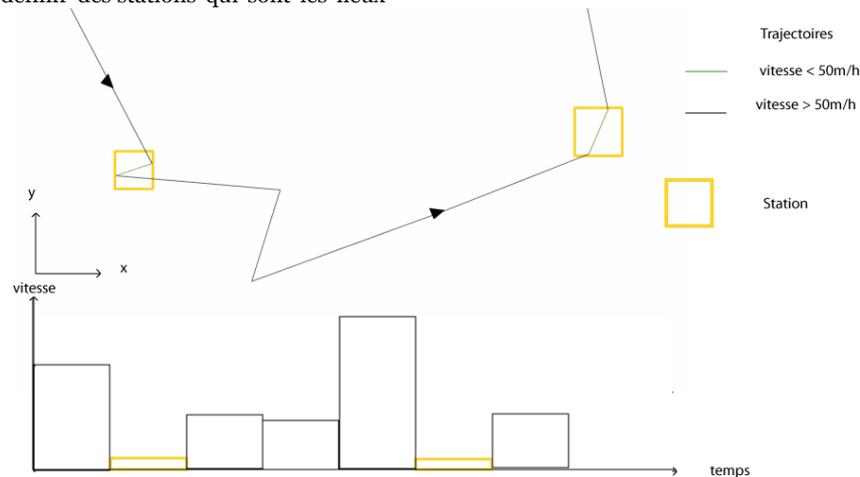


Fig 1 : Identification de stations à partir des vitesses des segments de trajectoire

Pour représenter les stations, le centre de la station et son étendue doivent être identifiés. D'abord, l'étendue est fonction du nombre de points successifs proches, la distance entre ces points devant rester inférieure à une distance seuil. Ensuite, pour déterminer le centre, nous appliquons un algorithme de moyenne mobile : une

de séjour des troupeaux. Dans les stations, les troupeaux ne bougent pas ou peu, leur vitesse est presque nulle. Pour identifier les stations, nous appliquons donc un seuil de vitesse entre les points d'une trajectoire. A titre illustratif, le seuil choisi en figure 1 est de 50m/h. Sur cette figure, deux segments de trajectoires ont une vitesse inférieure au seuil, ce qui implique l'existence de deux stations. Sur le graphique sous la figure sont indiquées les vitesses des segments en fonction du temps. Leur vitesse est constante entre les points acquis par le GPS. La fréquence d'acquisition définit une durée fixe des segments, seule leur vitesse change.

moyenne est calculée à chaque point ajouté, tout en vérifiant le respect de la condition de distance seuil.

Ainsi une trajectoire peut être découpée en plusieurs stations, ayant des durées différentes et des étendues différentes, comme sur la figure 2.

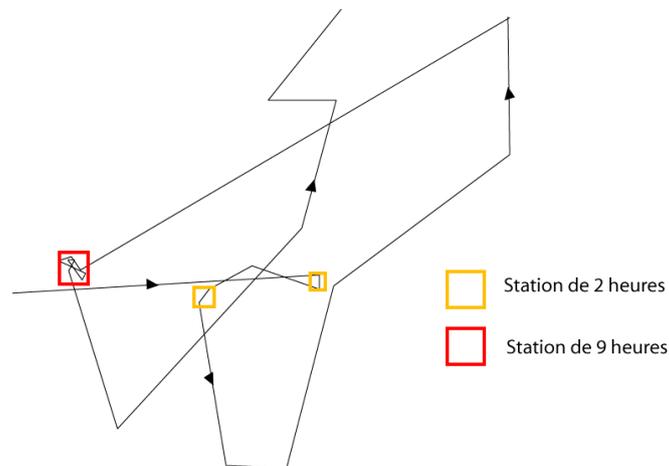


Fig 2 : Trajectoire découpée en stations de durée et d'étendue différentes

Les stations peuvent correspondre à une durée longue sur une faible étendue (beaucoup de points proches) ou à une durée courte sur une grande étendue (peu de

points éparpillés), à condition que cette étendue reste inférieure au seuil spatial (Fig3).

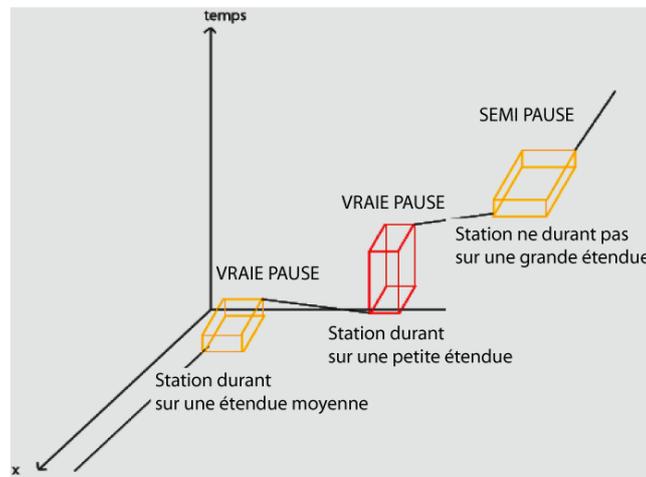


Fig 3 : Stations correspondant à des durées et des étendues différentes

Pour identifier le type de stations pratiquées par les troupeaux, nous avons calculé les aires moyennes des stations ayant des durées différentes pour différentes espèces. La figure 4 présente la variabilité inter espèces des types de pauses. Pour les zèbres, plus la pause est courte, plus la station est étendue. Pour les buffles, l'étendue de la station est pratiquement identique,

quelque soit le temps de pause. Les stations sont donc pratiquées différemment selon les espèces. Notre hypothèse est que l'activité des troupeaux varie selon le temps passé dans les stations (Benhamou, 2004) et cette activité dépend de l'espèce et de ses besoins en ressources.

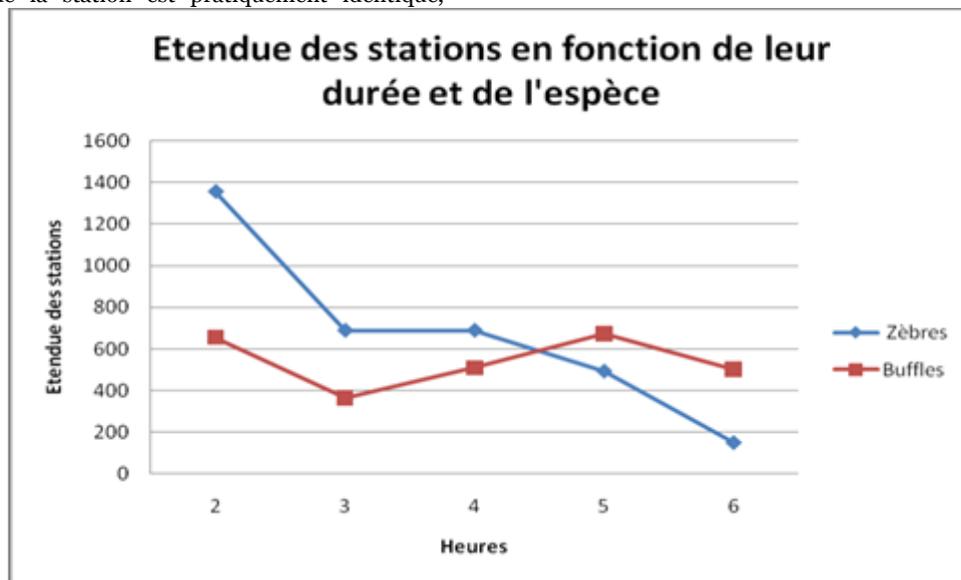


Fig 4 : Relation entre étendue des stations (en m²) et heures passées pour deux espèces

Lieux de fréquentation à partir des stations

Les stations sont des lieux de séjours identifiées au niveau d'un troupeau. En superposant les stations de différents troupeaux, nous constatons l'existence de

lieux où les stations sont récurrentes qui définissent des lieux de fréquentation. Nous distinguons deux niveaux de récurrence : les lieux de fréquentation issus des stations d'une même espèce et ceux de plusieurs espèces.

Lieux de fréquentation à partir des lieux de passage : les couloirs

De la même manière que les lieux de séjour, nous avons étudié les lieux de passage en réalisant des agrégations de trajectoires des animaux. Nous distinguons donc un simple déplacement qui est un passage entre deux stations d'un couloir qui est un passage récurrent pour plusieurs trajectoires. Un couloir est donc également un lieu de fréquentation, qui peut être identifié pour une seule espèce ou plusieurs. Ces couloirs ont été calculés par intersection de buffers sur les trajectoires et ont différentes intensités selon le nombre de buffers qui se croisent. Un résultat est présenté en figure 6.



Fig 5 : Des stations de zèbres ayant des durées différentes

La figure 6 donne un exemple de couloirs pour les groupes de zèbres, les couloirs étant de 2 intensités différentes. De la même manière une étude est à mener sur l'existence de couloirs pour une et plusieurs espèces et leur intensité de fréquentation. Le travail de construction des couloirs à forte fréquentation à partir des lieux de passage afin d'évaluer la pression sur les

4. Résultats

Les lieux de fréquentations sont identifiés en fonction des espèces et sur différentes périodes.

La figure 5 présente un exemple de stations correspondant respectivement à 2 heures et 4 heures pour une espèce, le zèbre. On remarque que les stations peuvent être isolées ou concentrées. Dans ce dernier cas, il s'agit de lieux de fréquentation. Certains lieux sont fréquentés sur une certaine durée, d'autres combinent des stations de durées différentes. La localisation des lieux de fréquentation issus des stations devra être étudiée d'abord pour construire ces espaces puis pour évaluer l'impact des activités sur les ressources (eau et végétation).

ressources est en cours. La localisation des couloirs devra être analysée en fonction des données topographiques, notamment la végétation, les routes et le relief, pour connaître le rôle de l'espace sur le passage des troupeaux.



Fig 6 : Couloirs pour trois groupes de zèbres

5. Références

- Bailey D.W., Ritterhouse L.R., Hart R.H., Swift D.M., Richards R.W., , 1989, Association of relative food availabilities and locations by cattle, *Journal of Range Management*, 42, p. 480-482.
- Benhamou S., 2004, How to reliably estimate the tortuosity of an animal's path: straightness, sinuosity, or fractal dimension?, *Journal of Theoretical Biology* 229:209-220.
- Chardonnel S., La time-geography : les individus dans le temps et dans l'espace, *Modèles en analyse spatiale*, sous la direction de Léna Sanders, Chapitre 4, 2001, Traité IGAT, Editions Hermès, pp 129-156.
- Dejaifve P.-A., Mautrait E., 2004 , Etude éthologique des troupeaux de bovins charolais dans la R.N.N. du Val d'Allier, rapport, LPO Auvergne, ONF, DIREN Auvergne.
- Ganskopp D., 2001, Manipulating cattle distribution with salt and water in large arid-land pastures: a GPS/GIS assessment, *Applied Animal Behaviour Science*, 73, p. 251-262.
- Hägerstrand T., « What about people in regional sciences? », *Papers of the Regional Science Association*, vol 24, 1970, pp 6-21.
- Hägerstrand T., « Time-Geography : focus on the corporeality of man, society and environment », *The Science of Praxis of Complexity*, The United Nations University, 1985, pp 193-216.
- Langran G., « A Framework for Temporal Geographic Information », *Cartographica*, vol 25, n°3, 1988, pp 1-14.
- Lenntorp B., "Path in Space-Time Environments. A Time-Geographic Study of Movement Possibilities of Individuals", *Meddelanden från Lunds universitets geografiska institution, Avhandlingar LXXVII*, Lund, 1976.
- Peuquet D.J., « It's about time: A conceptual framework for the representation of temporal dynamics in geographic information systems », *Annals of the Association of the American Geographers*, vol 84, n°3, 1994, pp 441-461.
- Savary L., Zeitouni K., « Modélisation et analyse spatio-temporelle de la mobilité urbaine », *7ème conférence du GDR SIGMA*, Cassini'04, Grenoble, Juin 2004, pp. 27-32.



Atelier 2

Géographie des risques

La presse française, une source pour l'étude spatiale et temporelle des attitudes : potentialités et outils d'analyse appliqués aux événements de crue

Emeline Comby, Yves-François Le Lay et Hervé Piégay

Université de Lyon / UMR 5600 « Environnement, Ville, Société »
emeline.comby@ens-lyon.fr

MOTS CLES

Analyse de contenu • Analyse de données textuelles • Attitudes • Crues • Presse

Résumé

La presse locale a été décriée pour ses biais. Elle offre une vision de phénomènes rendue partielle par le choix des journalistes qui se focalisent sur les intérêts humains (les vies et les biens), l'inhabituel, l'inattendu, l'émotion et l'actualité brûlante (Salomone *et al.*, 1990). Cette sélection des informations relève d'une vision partielle qui est dictée par une ligne éditoriale, par les intérêts personnels des auteurs, par la logique commerciale de satisfaction du lectorat (Sood, 1987). En dépit de la qualité variable des informations que véhicule la presse (Waitt, 1995), cette source s'avère particulièrement riche pour les recherches géographiques (Burgess, 1990). Ainsi la presse a-t-elle été utilisée pour analyser des crises dues aux crues et débordements (Alexander, 1980 ; Gregory and Williams, 1981 ; Le Lay et Rivière-Honegger, 2010). Elle permet de décrire l'événement dans ses déclinaisons temporelles et spatiales, mais aussi de préciser le jeu des protagonistes (Torre et Lefranc, 2006). Etant donné qu'elle se présente comme un miroir des représentations sociales, tout en les façonnant (Loë, 1999), elle se prête à l'étude des attitudes à l'égard des crises et des risques. Il est ainsi possible d'aborder les enjeux à différentes échelles temporelles, celle de l'aléa en s'appuyant sur les jours ou les semaines qui suivent la crise, mais aussi celle de la résilience du système en analysant plusieurs décennies pour comparer les différents événements répertoriés au cœur d'un même espace. Il est alors possible d'étudier les ruptures et les tendances spatio-temporelles en termes d'attitudes vis-à-vis du cours d'eau, de les quantifier et de les spatialiser.

Cette communication vise : (a) à aborder la question des ressources disponibles aujourd'hui pour l'étude des crues

et (b) à développer différentes voies possibles pour l'exploitation quantitative de ce matériel en s'appuyant sur des études de cas complémentaires.

Cette intervention démontre l'intérêt du recours aux articles en géographie, en comparant deux types d'accès à l'information : l'un traditionnel aux archives et l'autre plus récent à distance et sous format numérique. Des campagnes de sauvegarde, d'archivage et plus récemment de numérisation ont mis à l'honneur la presse française, qu'elle soit d'envergure nationale, régionale ou locale. Ainsi, des collections numérisées de la Bibliothèque nationale de France deviennent disponibles via la bibliothèque numérique Gallica, tout comme certains fonds issus des archives départementales ou des bibliothèques municipales des grandes villes de province. Ces dernières années, s'est développé dans le monde de la recherche le recours à des bases de données payantes, telles Lexis-Nexis ou Factiva (Driedger, 2007). Enfin, la consultation classique de textes dans les différents lieux d'archivage demeure possible, sous la forme d'exemplaires papiers, de microfilms ou de CD.

Trois corpus principaux ont été mis en place pour montrer les intérêts et les limites de ces différents types d'accès aux sources :

- A l'échelle nationale, le moteur de recherche de la bibliothèque numérique Gallica permet de rédiger des requêtes simples à distance et d'appréhender ainsi la période qui s'étend du milieu du XIX^e siècle à la

Seconde Guerre mondiale. La presse nationale et parisienne y est bien représentée, avec *La Croix* (quotidien dès 1883), *Le Figaro* (depuis 1854), *Le Temps* (lancé en 1861), *L'Humanité* (fondé en 1904), *La Presse* (lancée en 1836), *Le Journal des Débats politiques et littéraires* (disponible sur Gallica à partir de 1814), *Le Gaulois* (créé en 1868), *Le Petit Paris* (fondé en 1876) et *Le Matin* (accessible sur Gallica à partir de 1905). Une recherche des occurrences du terme « inondation » permet de mieux comprendre les atouts et les lacunes d'une telle base de données, en comparant les résultats obtenus pour chacun des titres.

- A l'échelle régionale, la Bibliothèque municipale de Grenoble dispose d'une collection du *Petit Dauphinois* et du *Dauphiné Libéré*, quotidiens emblématiques de l'information régionale. L'élaboration d'un événementiel a permis de consulter la batterie d'articles de presse publiés pour rendre compte de 111 aléas entre 1882 et 2005.
- A l'échelle locale, les représentations liées à la rivière, aux inondations et aux politiques de gestion de l'eau ont été abordées à partir d'un corpus d'articles publiés dans deux hebdomadaires du bassin versant de la Drôme – *Le Journal du Diois* à l'amont et *Le Crestois* à l'aval – entre 1981 (création des contrats de rivière en France et mise en place du Syndicat mixte de la rivière Drôme, prémices d'une gestion concertée et intégrée à l'échelle du bassin versant) et 2008 (réunion d'une nouvelle Commission Locale de l'Eau en vue de la préparation du deuxième SAGE et du troisième contrat de rivière). Un corpus de 1103 articles a été constitué aux Archives départementales de la Drôme où ils ont été photographiés. Un sous-corpus de 141 articles traitant directement des crues a été extrait et intégralement ocrisé à l'aide d'un logiciel de reconnaissance de caractère.

Ces trois corpus ont été explorés grâce à différents traitements dont la diversité et la complexité sont sans cesse croissantes. Ainsi, les logiciels d'analyse de données textuelles (ADT) se diffusent et se multiplient, leurs principes de fonctionnement pouvant varier sensiblement (Comby *et al.*, 2010).

D'une part, l'analyse de contenu requiert la formulation préalable d'hypothèses et le choix de variables et de modalités pertinentes (Moodie, 1971). La catégorisation et le codage des articles restent un processus qualitatif, tandis que le décompte de ces catégories permet des analyses quantitatives (Boholm, 2009). Les tables ainsi produites ont fait l'objet d'analyses statistiques uni et bivariées, mais aussi multivariées, grâce au logiciel R (Ihaka et Gentleman, 1996).

D'autre part, les analyses de données textuelles sont une approche transversale, pour la linguistique comme pour les sciences humaines et sociales. Sur le premier corpus, des décomptes et des fréquences d'occurrences ont été réalisés afin de cerner les aléas perçus comme extraordinaires par un journaliste ou par une communauté, ce qui a justifié leur médiatisation dans les différents quotidiens. Fondées sur les 141 articles du troisième corpus, d'autres analyses (l'analyse factorielle des correspondances ou le score de spécificité par exemple) mettent en lumière l'intérêt de l'approche quantitative proposée par la plateforme logicielle ouverte TXM qui procède d'une fédération de recherches et développements en textométrie. En outre, les articles donnent à voir des hauts-lieux du risque qu'un système d'information géographique (SIG) a permis de spatialiser. Ainsi, une approche quantifiée et spatialisée des territoires du risque facilite l'appréhension des traits culturels d'une communauté locale.

Les résultats des analyses menées sur les trois corpus montrent que les articles de presse se prêtent à l'étude des attitudes qui sont adoptées à l'égard des paroxysmes hydrologiques et des risques associés. Les inondations révèlent des « territoires de l'eau » (Ghiotti, 2007) latents. En effet, les analyses statistiques et la production (carto)graphique soulignent la complexité du jeu d'acteurs en mettant en valeur des représentations et des pratiques difficiles à concilier, et permettent d'en dégager leur évolution tout au long du XX^e siècle ainsi que leur variabilité spatiale. La discussion porte sur les ressources disponibles, leur potentiel et leurs limites, ainsi que les perspectives méthodologiques, qu'il s'agisse de l'analyse de contenu ou de l'outil textométrique.

Références bibliographiques

- Alexander D., 1980, "The Florence Floods – What the Papers Said", *Environmental Management*, 4 (1), 27-34.
- Boholm M., 2009, "Risk and Casualty in Newspaper Reporting", *Risk Analysis*, 29, 11, pp. 1566-1577.
- Burgess J., 1990, "The Production and Consumption of Environmental Meanings in the Mass Media: A research Agenda for the 1990s", *Transactions of the Institute of British Geographers*, New Series, 15, 2, 139-161.
- Comby E., Le Lay Y.-F., Merchez L., Tabarly S., 2010, "Visages médiatiques du barrage des Trois-Gorges : l'analyse statistique des données textuelles en géographie", *Géococonfluences*, <http://geoconfluences.ens-lsh.fr/doc/etpays/Chine/ChineScient7.htm>.
- Driedger S.M., 2007 "Risk and the Media: A comparison of Print and Television News Stories of a Canadian Drinking Water Risk Event", *Risk Analysis*, vol. 27, n°3, 775-786.

- Gregory K. et Williams R.F., 1981. "Physical geography from the newspaper", *Geography*, 66 (1), 42-52.
- Ghiotti S., 2007, *Les territoires de l'eau Gestion et développement en France*, Paris, 248 p.
- Ihaka R. et Gentleman R., 1996, "R: a language for data analysis and graphics", *Journal of Computational and Graphical Statistics*, 5, 299-314.
- Le Lay Y.-F. et Rivière-Honegger A., 2010. "Le journaliste face à la terre inondée : l'apport de la presse quotidienne régionale dans l'analyse du rôle des représentations environnementales et paysagères". In Galop D. (dir.), *Paysages et environnement. De la reconstitution du passé aux modèles prospectifs*. Besançon, Presses universitaires de Franche-Comté, 465-480.
- Moodie D.W., 1971, "Content Analysis: A Method for Historical Geography", *Area*, 3, 3, pp. 146-149.
- Loë (de) R.C., 1999, "Dam the news: Newspapers and the Oldman River Dam project in Alberta", *Journal of Environmental Management*, 55, 219-237.
- Salomone K.L, M.R. Greenberg, P.M. Sandman, D.B. Sachsman, 1990, "A question of Quality: How Journalists and News Sources Evaluate Coverage of Environmental Risk", *Journal of Communication*, 40, 4, 117-130.
- Sood R., G. Stockdale, E.M. Rogers, 1987, "How the News Media Operate in Natural Disasters", *Journal of Communication*, 37, 3, 27-41.
- Torre A. et Lefranc C., 2006, "Les conflits dans les zones rurales et périurbaines. Premières analyses de la presse quotidienne régionale", *Espaces et sociétés*, 2/3, 93-110.
- Waite G., 1995, "Media Representation of Forestry and Soil Issues in the Australian Press, 1990-1991", *Australian Geographical studies*, 33, 2, 299-307.

Analyse et mesure de la perception d'un risque naturel : le cas des coulées boueuses en Alsace

Carine Heitz

CEMAGREF/GESTE – ENGEES, Strasbourg

carine.heitz@cemagref.fr

1. Contexte

Selon Le Bissonnaise *et al.* (2002) l'Alsace est une des régions françaises les plus touchées par les coulées boueuses. Les spécificités en termes d'occupation urbaines du sol et les caractéristiques physiques et agricoles de la région (sols limoneux, relief de collines, secteurs de grandes cultures) favorisent leur formation. Entre 1982 et 2005, 225 communes alsaciennes ont ainsi été touchées au moins une fois par ce type d'événements (Auzet *et al.*, 2005; Heitz, 2004). Par le biais de la consultation des dossiers d'indemnisation au titre de catastrophes naturelles recensés dans la région, Heitz (2004) et Auzet *et al.* (2005) ont pu montrer que les dégâts ne diminuent pas malgré la mise en place d'actions curatives. En effet, la plupart des recherches se concentre sur la seule diminution des dégâts, principale préoccupation de nombreux acteurs intervenant dans la gestion des risques ou ayant subi une catastrophe. Plusieurs actions sont possibles :

- « physiquement », elles se concentrent autour de la mise en place de solutions curatives agronomiques ou techniques (barrages, digues, etc.);
- à un échelon économique : taxes et subventions sont déterminées pour inciter à adopter des comportements (en termes d'utilisation des sols) entraînant moins de situations à risques ;
- les mesures menées d'un point de vue sociologique sont centrées autour de campagnes de prévention et de gestion de crise.

Le dernier point soulève le fait qu'une réflexion sur la connaissance de la vulnérabilité des territoires soumis au risque devient nécessaire. Notre problématique de travail est la suivante : la prise en compte des niveaux de perception du risque par les acteurs concernés apporte des éléments essentiels pour déterminer/modifier leurs comportements mais aussi pour améliorer les politiques de réduction des risques en insistant sur les attentes des populations. Notre postulat est que les degrés de perception des risques sont le fruit d'interactions entre

les facteurs suivants : la proximité de la zone de source du risque, le niveau d'information relatif à ce risque, le niveau de protection, le sentiment de sécurité face à ce risque et la mémoire du risque. Ce postulat permet de justifier l'importance d'une étude pluridisciplinaire de la question des risques : les aspects sociaux mais aussi la prise en compte de la dimension spatiale d'un risque expliquant les perceptions que nous pouvons en avoir.

2. Démarche et protocole mis en place

Nous avons choisi de sonder les acteurs de proximité, c'est-à-dire concernés à des degrés différents par la gestion du risque de coulées boueuses :

- les populations résidentes peuvent exercer de fortes pressions (sur les élus) afin de trouver rapidement des solutions pour limiter les dégâts dans leurs habitats ;
- les élus sont les premiers intervenants entre les populations, les services de l'Etat et les agriculteurs. Ils sont au cœur même des prises de décisions en termes de protection/prévention face au risque ;
- les agriculteurs montrent une solide connaissance des processus de coulées boueuses et des situations pouvant entraîner des risques. De ce fait, ont-ils une perception du risque différente de celle des populations ou des gestionnaires ? Se sentent-ils responsables de la genèse des coulées boueuses ?

L'Alsace montre trois zones où les coulées boueuses sont les plus fréquentes et dévastatrices : l'Outre-Forêt, le Sundgau et le Kochersberg. Dans l'ensemble de ces zones nous avons sélectionné onze communes qui présentent des caractéristiques physiques et socio-économiques proches. Elles ont des particularités (date de la dernière coulée boueuse, dommages recensés, mise en place d'ouvrages de protection, etc.) qui

permettent des recoupements entre les données obtenues.

La méthode d'enquête a été sélectionnée sur la base d'autres enquêtes menées sur les risques aussi bien à l'échelle locale que nationale (Alibert *et al.*, 2006; Beck et Glatron, 2006; Duflos et Hatchuel, 2004; Glatron et Beck, 2005; Glatron et Beck, 2008; Picard, 2009) et cela dans le but de pouvoir faire des comparaisons. Des questionnaires d'enquêtes ont été créés (suite à des entretiens semi-directifs) et déposés dans les boîtes aux lettres des individus en fonction de leur proximité à la zone d'aléa, suivant un plan d'échantillonnage spatial original (en zones de ruissellement déterminant la proximité aux zones d'aléa ou d'enjeux, soit en zones « sources », « cibles », de « transition » ou « non concernées »). La passation est de type « auto-administré » sans relance et une enveloppe pré-affranchie permet aux individus de renvoyer le questionnaire une fois rempli. Le codage de chaque questionnaire localise les individus répondants dans la commune et permet une cartographie des résultats.

3. La qualification de la perception du risque pour comprendre les attitudes face au risque

Nous axerons notre présentation autour de trois résultats significatifs :

- les questions relatives à la protection permettent de sonder les enquêtés sur les mesures concrètes à prendre. Nous avons pu constater que quelle que soit la zone de ruissellement, les actions de protection ou de prévention doivent être prises par la mairie. La zone de ruissellement n'influence pas les initiatives de protection individuelle (la population se reposant sur la municipalité ou l'État), mais nous avons pu noter que la localisation par rapport aux zones d'enjeux influence le sentiment de sécurité induit par certaines mesures de protection. Par exemple, les habitants en zones « cibles » se sentent bien protégés par des aménagements de type bassins de rétention contrairement aux populations des autres zones ;
- la perception des risques se module avec la variabilité spatiale du risque. Nous avons pu observer que la proximité aux zones d'aléa ou d'enjeux influence fortement les attitudes des individus. D'une part, les zones de ruissellement sont fortement corrélées aux taux de réponse, donc à la volonté de participer à l'enquête et à l'intérêt que suscite la problématique des coulées boueuses chez l'individu sollicité. D'autre part, les zones de ruissellement influencent la nécessité de désigner

des responsables. Les enquêtés en zones « cibles » de ruissellement sont les plus virulents sur la responsabilité des agriculteurs dans la formation des coulées boueuses. Pour ces mêmes enquêtés, ce sont d'ailleurs aux agriculteurs d'agir en premier pour diminuer la risque. Les autres enquêtés sont moins enclins à désigner des responsables : ils constatent le rôle des zones agricoles dans la genèse des coulées boueuses, mais replace les problèmes d'érosion dans des contextes politiques plus larges. Ils estiment que les agriculteurs et les élus locaux doivent agir pour diminuer le risque ;

- nous avons pu noter dans la littérature (Bickerstaff, 2004; Cohen *et al.*, 2008; Grothmann et Reusswig, 2006; Weinstein, 1989) que l'expérience vécue influençait fortement les degrés de perception des individus. En effectuant des comparaisons entre groupes sinistrés et non sinistrés, nos résultats tendent à montrer que l'expérience vécue n'a pas d'influence sur les indices de perception du risque de coulées boueuses, allant à l'encontre des conclusions des études précitées.

4. Conclusion et perspectives : vers une complexification de l'utilisation des données

Sur la base d'autres études de perception utilisant l'approche psychométrique (Fischhoff *et al.*, 2000; Lai et Tao, 2003; Sjöberg, 2000; Sjöberg *et al.*, 2004; Slovic, 1992), nous avons sélectionné les facteurs nécessaires pour pouvoir répondre à nos hypothèses de départ. Nous avons dû laisser de côté des facteurs tels que le caractère volontaire ou non du risque, son caractère menaçant ou son caractère dangereux. Cette omission entraîne des biais et la conclusion de notre exposé permettra de discuter de la pertinence du calcul d'un indice de perception et de la façon dont l'ensemble des facteurs peut être intégré à ce calcul. De plus, nous discuterons de l'utilisation de l'indice de perception, qui n'a pas pour unique vocation de pointer les zones où les perceptions au risque sont les plus importantes. Nous souhaiterions intégrer cet indice dans l'estimation même de la vulnérabilité des espaces soumis aux coulées boueuses, renforçant directement les liens entre les dimensions sociales, physiques, économiques et les représentations des risques. De ce fait, la spatialisation de nos indices est un point original de notre démarche car elle permet d'établir une relation entre perception et vulnérabilité des milieux cartographiés.

Références bibliographiques

- Alibert, D., Bigot, R. et Foucaud, D., 2006. Les effets de l'instabilité professionnelle sur certaines attitudes et opinions des français, depuis le début des années 1980, *Cahier de Recherches*, n°C225. CREDOC.
- Auzet, A.-V., Heitz, C., Armand, R., Guyonnet, J. et Moquet, J.-S., 2005. *Les "coulées de boue" dans le Bas-Rhin : analyse à partir des dossiers de demande de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle*, Institut de Mécanique des Fluides et des Solides, Strasbourg.
- Beck, E. et Glatron, S., 2006. La vulnérabilité socio-spatiale des citadins aux risques majeurs. Risques industriels et risque sismique dans l'agglomération de Mulhouse, *Actes de SAGEO 2006. Colloque International de Géomatique et d'Analyse Spatiale*. Recherches et Développements, 11-13 septembre 2006, Strasbourg, pp. 12.
- Bickerstaff, K., 2004. Risk perception research: socio-cultural perspectives on the public experience of air pollution. *Environment International*, 30(6): 827.
- Cohen, M., Etner, J. et Jeleva, M., 2008. Dynamic decision making when risk perception depends on past experience. *Theory and Decision* 64(2-3): 173-192.
- Duflos, C. et Hatchuel, G., 2004. *Opinions sur les catastrophes naturelles, le développement durable et l'environnement au début 2004*, CREDOC.
- Fischhoff, B., Slovic, P., Lichtenstein, S., Read, S. et Combs, B., 2000. How safe is safe enough? A psychometric study of attitudes toward technological risks and benefits. In: P. Slovic (Editor), *The perception of risk*. Earthscan, pp. 80-103.
- Glatron, S. et Beck, E., 2005. Prévention des risques majeurs dans l'agglomération mulhousienne : quelles perceptions et quels points de vue des actions ? *Les Cahiers de l'IAURIF*, 142: 105-117.
- Glatron, S. et Beck, E., 2008. Evaluation of socio-spatial vulnerability of citydwellers and analysis of risk perception: industrial and seismic risks in Mulhouse. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 8: 1029-1040.
- Grothmann, T. et Reusswig, F., 2006. People at risk of flooding: Why some residents take precautionary action while others do not. *Natural Hazards*, 38(1-2): 101-120.
- Heitz, C., 2004. *Analyse des demandes d'indemnisation de catastrophe naturelle liées à des coulées de boue et caractérisation des bassins versants amont (Sundgau, Alsace)*, IMFS, Université de Strasbourg 90 pp.
- Lai, J.C.-L. et Tao, J., 2003. Perception of environmental hazards in Hong Kong Chinese. *Risk Analysis*, 23(4): 679-684.
- Le Bissonnais, Y., Thorette, J., Bardet, C. et Daroussin, J., 2002. *L'érosion hydrique des sols en France*. IFEN, Orléans, 106 pp.
- Picard, R., 2009. *La protection de l'eau : une forte sensibilité, une faible implication, Consommation et Modes de vie*. CREDOC.
- Sjöberg, L., 2000. Factors in risk perception. *Risk Analysis*, 20(1): 1-11.
- Sjöberg, L., Moen, B.-E. et Rundmo, T., 2004. *Explaining risk perception. An evaluation of the psychometric paradigm in risk perception research*, Rotunde, 84, Norwegian University of Science and Technology Department of Psychology, Trondheim, Norway.
- Slovic, P., 1992. Perception of risk: Reflections on the psychometric paradigms. In: S. Krinsky et D. Golding (Editors), *Social theories of risk*. Praeger, pp. 117-152.
- Weinstein, N.D., 1989. Effects of personal experience on self-protective behavior. *Psychological Bulletin*, 105(1): 31-50.

The Spatio-Temporal Patterns of Fear of Crime in Major Swiss Cities

Christian Kreis

Institut de criminologie et de droit pénal, Ecole des sciences criminelles / Université de Lausanne
christian.kreis@unil.ch

KEY WORDS

Community policing • fear of crime • neighborhood development • GIS • geostatistics

1. Context

The current research¹ project is a preliminary study undertaken in view of a planned evaluation of community policing programs in Switzerland's five largest urban areas. Community policing (police de proximité) is a new policing strategy that broadens the mission of the police from a narrow, reactive focus to control crime to a mandate to explore creative, proactive solutions to tackle a host of nuisances such as crime, fear of crime, and disorder that undermine the quality of life in urban neighborhoods. Its proponents argue that the traditional, re-active policing methods are ill-suited to halt the spread of incivilities and thus propagate a pro-active approach to community disorder before the latter becomes a chronic neighborhood blight.

Community policing's emphasis on order maintenance reflects research from the 1980s that showed fear in urban environments to be more closely correlated with disorder than with objective risk of crime (Skogan and Maxfield, 1981; Skogan, 1986). In neighborhoods where both people and buildings appear disorderly, local residents become wary about their personal safety and tend to retreat to their fortified homes, a process which seriously weakens existing mechanisms of informal social control and opens the door to even more disorder, vandalism, and more serious crime (Wilson and Kelling, 1982; Skogan, 1990). To halt this spiral of neighborhood decay, the police must address a host of non-crime related activities, some of which were

not previously considered to lie within their domain of responsibility.

In Switzerland, beginning in the mid-1990s, a number of urban and cantonal police departments began gradually to adopt the community policing paradigm. In the cities of Basel, Bern, Geneva, Lausanne, and Zurich, the local police departments implemented major organizational reforms (Bolle and Knoepfler, 2000; Sauter et al., 2005). This long and uninterrupted period make these cities ideal cases for community policing evaluation.

Community policing evaluation requires more than a police-internal appraisal of law enforcement activities using traditional data such as arrest and clearance rates. As police officers become proactive problem-solvers, police performance has to be measured in terms of citizen satisfaction, neighborhood livability, and the prevalence of fear of crime (Moore and Kelling, 1989; Trojanowicz and Bucqueroux, 1994). Accordingly, the planned evaluation of community policing in the five biggest Swiss cities aims to assess the impact on these three concepts commonly recognized in the literature as valid indicators of police performance.

The current study is an exploratory analysis of the spatio-temporal patterns of these three indicators. Somewhat surprisingly, whereas GIS systems have been used extensively to determine the location of crime hotspots, very few studies have employed them to explore the links between neighborhood disorder, crime, and the fear of crime from a spatio-temporal perspective (Doran and Lees, 2005).

¹ * This research was supported by funding from the Swiss National Science Foundation (Award No. 100015-122463). The opinions, findings, and conclusions or recommendations expressed herein are those of the author and do not necessarily reflect those of the aforementioned agency.

2. Data and Methods

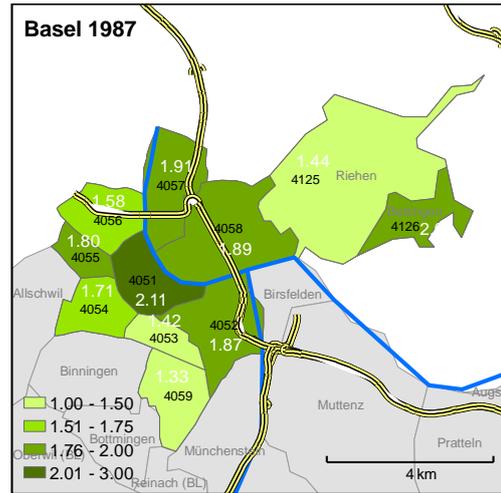
The data used as indicators come from standing survey instruments, namely the Swiss Crime Survey, which has polled residents of the five cities repeatedly between the mid-1980s and 2005. The data sets retained the ZIP Code number (*codes postaux*) of the address of each survey respondent, which serves as geographic indicator.

Using ZIP Code districts as proxies for urban neighborhoods, unweighted means or percentage values of different variables were calculated for the total survey sample of individual neighborhoods. Colored maps of the five cities were drawn to display the spatial distribution of these attribute values. This visual interpretation of the data was complemented with quantitative analysis of spatial autocorrelation (Moran's Index) to test these patterns for statistical significance.

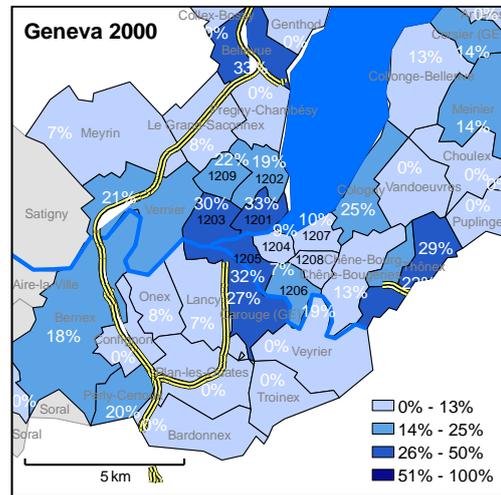
3. Results

The spatio-temporal patterns of the indicators of fear of crime, disorder, and public satisfaction with the police exhibited great variance over the long time-span evaluated. As to the three indicators used to measure fear of crime, there was one recurrent theme: over the study period, fear levels tended to drop in the city centers and simultaneously to rise in the outskirts and surrounding suburbs.

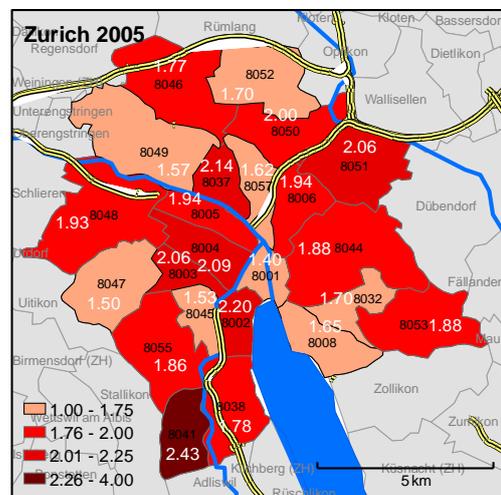
This shift of fear levels from the city centers to the outskirts became most apparent for fear measured as the felling of safety while walking alone at night in the three Swiss German cities of Basel, Bern, and Zurich between 1987 and 2005. In Lausanne and Geneva, for which the time span of available data was much shorter, the spatial dynamics proved less pronounced. Similarly, if fear was measured as the perceived risk of a household burglary, the neighborhoods that exhibited higher levels of fear tended to be found on the five cities' outskirts towards the end of the study period with the city centers displaying the lowest levels of fear in all five major agglomerations. Finally, if fear was measured as the avoidance of certain areas or people, the spatio-temporal patterns followed a different trajectory but the central assertion that fear had become increasingly concentrated in the city outskirts at the end of the study period still holds true.



Fear of crime is highest in the city center in Basel.



Signs of social disorder are concentrated in a few mostly urban neighborhoods in Geneva



No clear spatial trend is discernible in public satisfaction with the police in Zurich.

The spatio-temporal patterns of disorder on the other hand revealed no such clear-cut spatial trends. This may be due in part to the shorter observation periods for these variables, which were introduced only in 1998. Nevertheless, one valid observation that can be made is that the highest levels of disorder were concentrated in the city centers especially of Bern, Geneva, and Zurich, and to a lesser extent, Basel and Lausanne. Physical and social disorder appeared foremost to be urban phenomena that seriously afflicted only a handful of neighborhoods within any one city.

Finally, the spatio-temporal patterns concerning the police proved more amorphous still so that spatial trends were much harder to discern. On policing, the geostatistical tools employed showed virtually no clustering in the data at all.

4. Discussion

Interesting though these spatio-temporal patterns appear, some threats to validity and reliability of the results remain. For some neighborhoods, the sample size was quite small and the sampling bias rather high. Moreover, by calculating unweighted means or percentages for the total survey sample of individual neighborhoods, the study did not control for the socio-demographic characteristics of survey respondents. The study is currently being refined using weights based on census data.

These inaccuracies notwithstanding, the current study has demonstrated clearly the importance of the spatial dimension for any more sophisticated analysis of the subject at hand. This goes in particular for the planned regression analyses of the key indicators of community policing impact. As the calculations of Moran's I for different variables have shown, there is considerable and highly significant spatial autocorrelation present in the data, which means that future analyses must make use of spatial and multi-level regression techniques to attempt to integrate the spatial dynamics into the regression model.

5. References

- Bolle, P.-H., Knoepfler, J., 2000, La police de proximité en Suisse: Cinq modèles pour une définition, in Institut des Hautes Etudes de la Sécurité Intérieure (ed.), *Les dilemmes de la proximité*, IHESI, Paris, 103-122.
- Doran, B. J., Lees, B. G., 2005, Investigating the spatiotemporal links between disorder, crime, and the fear of crime, *The Professional Geographer*, 57, 1-12.
- Moore, M. H., Kelling, G. L., 1989, *The Evolving Strategy of Policing*, U.S. Department of Justice, National Institute of Justice; and John F. Kennedy School of Government, Harvard University, Washington, DC.
- Sauter, R., Schedler, K., Schäfer, W., 2005, Forschungsprojekt „Urbane Sicherheit“, in *Konferenz der Städtischen Polizeidirektorinnen und Polizeidirektoren (KSPD)*, Polizeidepartement Zürich (eds.), Community Policing: Modelle für eine vernetzte Polizeiarbeit in der Schweiz, Schulthess, Zürich, 73-182.
- Skogan, W. G., 1986, Fear of Crime and Neighborhood Change, in Reiss, A. J., Tonry, M. (eds.), *Communities and Crime*, University of Chicago Press, Chicago, 203-229.
- Skogan, W. G., 1990, Disorder and Decline: Crime and the Spiral of Decay in *American Neighborhoods*, The Free Press, New York, Toronto.
- Skogan, W. G., Maxfield, M. G., 1981, *Coping with Crime: Individual and Neighborhood Reactions*, Sage Publications, Beverly Hills, California.
- Trojanowicz, R. C., Bucqueroux, B., 1994, *Community Policing: How to Get Started*, Anderson Publishing, Cincinnati, Ohio.
- Wilson, J. Q., Kelling, G. L., 1982, Broken windows: The police and neighborhoods safety, *The Atlantic Monthly*, 249, 29-38.

Apports de la théorie des graphes en géographie des risques : de nouveaux outils de modélisation, de compréhension et d'évaluation

Serge Lhomme^{*et}, Damien Serre*, Youssef Diab* et Richard Laganier****

**Université Paris Est - Ecole des ingénieurs de la ville de paris (EIVP)*

*** Université Paris Diderot - Paris 7*

serge.lhomme@eivp-paris.fr

MOTS CLEFS

Théorie des graphes • géographie des risques • évaluation quantitative

1. Introduction : géographie des risques, évaluation, spatialité et réseaux

« La géographie des risques a su bâtir un socle conceptuel autour des notions d'aléa, d'enjeux, de vulnérabilité, de résilience... en les reliant aux concepts classiques de la géographie » (Vinet, 2010). Ce socle conceptuel nécessite la mise en place d'outils d'évaluation, sans quoi ces concepts resteraient en réalité de simples notions non applicables aux territoires. En effet, « un concept intègre généralement dans sa définition un moyen de mesurer ou de repérer ce qu'il décrit » (Dauphiné, 2003). Or, au-delà même des débats existant sur les définitions de ces différents concepts, ces outils d'évaluation sont problématiques et souvent réduits à des questions d'ordre économiques dès que l'on quitte l'étude de l'aléa. Ainsi, dans ces recherches évaluatives, la composante spatiale du risque est dans la plupart des cas ignorée.

« Le risque est pourtant un objet défini spatialement. Les composantes du risque s'inscrivent en effet dans l'espace. L'aléa se caractérise ainsi par son étendue. De même, le site et la situation d'une catastrophe constituent d'importantes clés pour comprendre les origines du danger, les formes des dommages et les populations qui sont le plus touchées. » (Reghezza, 2006). Ainsi, « l'espace sur lequel s'exercent les menaces n'est pas neutre, il constitue la composante intrinsèque du risque » (Veyret, 2003). L'analyse spatiale, qui propose des méthodes et des outils permettant une « analyse formalisée de la

configuration et des propriétés de l'espace géographique, tel qu'il est produit et vécu par les sociétés humaine » (Pumain, 1997), peut permettre de prendre en compte la composante spatiale du risque dans les recherches évaluatives.

La prise en compte de la spatialité du risque incite dès lors à quitter la zone de l'aléa pour étudier les conséquences en dehors de celle-ci. En effet, « la vulnérabilité des territoires se ramifie à l'image des réseaux et une catastrophe naturelle paralyse non seulement les régions sinistrées, mais également toutes celles qui en dépendent par l'intermédiaire des réseaux » (Gleyze, 2005). Les réseaux caractérisent alors la diffusion du risque sur le territoire, car ils matérialisent en partie l'existence d'échanges ou plus généralement de mises en relation sur celui-ci (Groupe réseau, 1987). Or, il apparaît que « la théorie la plus ancienne et la plus formalisée pour les composantes d'un réseau n'est autre que la théorie des graphes » (Saglietto, 2006). Ces réseaux peuvent être techniques ou sociaux.

La pertinence de cette théorie en géographie des risques est ici interrogée au travers de trois exemples :

- la vulnérabilité structurelle des réseaux de transport,
- la résilience des réseaux techniques face aux risques d'inondation,
- l'efficacité des réseaux organisationnels en période de crise.

Quels sont les apports et les limites de ces méthodes? Quelle est la valeur heuristique de ces travaux? Autant de questions auxquelles la géographie des risques se doit de répondre afin de consolider son socle conceptuel et théorique.

2. Trois différentes applications de la théorie des graphes en géographie des risques

Il existe une littérature importante concernant les infrastructures réseaux dont une partie traite de leur vulnérabilité ou de leur fiabilité (Murray et al., 2007). Aussi performantes soient-elles, les méthodes généralement présentées dans cette littérature ne permettent pas de comprendre les dysfonctionnements lorsque le réseau est endommagé. En effet, ces méthodes n'étudient pas la manière dont la structure du réseau influe sur la vulnérabilité de celui-ci. On parle alors de vulnérabilité structurelle (Gleyze et Reghezza, 2007). Dans cette perspective, un indicateur de référence a été défini pour caractériser la vulnérabilité structurelle des réseaux de transport: la vulnérabilité élémentaire (Gleyze, 2005). On peut alors tenter d'approximer cet indicateur par des indicateurs descriptifs de la structure du réseau, afin de comprendre les dysfonctionnements susceptibles de survenir lorsque celui-ci est endommagé. Les indicateurs de base de la théorie des graphes, comme le degré et l'éloignement moyen, ne sont pas satisfaisants pour approximer celle-ci (Gleyze, 2005). Par contre, la centralité intermédiaire offre de meilleurs résultats, notamment couplée à l'indicateur de contournement proximal (Gleyze, 2005). Les corrélations restent imparfaites, car les réseaux présentent des singularités dont il est difficile de rendre compte. En revanche, une éventuelle classification des éléments vulnérables semble possible, à condition d'améliorer encore les connaissances concernant l'évaluation de la configuration des réseaux (Lhomme et al., 2010).

La résilience est un concept émergent en géographie des risques. Une étude concernant la résilience des réseaux semble pertinente pour évaluer la résilience urbaine (Lhomme et al., 2010). Cependant, quelles propriétés doit respecter un réseau pour être résilient ? Il convient alors de retenir qu'un système se doit d'être redondant pour être résilient. Les problématiques de connectivité sont alors mises en exergue. La solution la plus intuitive pour étudier la redondance d'un graphe revient à étudier le nombre de chemins indépendants entre deux sommets de ce graphe. En effet, plus ce couple possède de chemins indépendants, plus sa redondance sera forte. Des indicateurs comme le degré d'un point ne sont alors pas suffisants pour caractériser la redondance d'un réseau en un point. D'autres indicateurs existent comme le *clustering* coefficient,

qui ne peut différencier les structures faibles, ou le *redundancy ratio*, qui peut donner des résultats incohérents en certains points. Ainsi, deux nouveaux indicateurs ont été définis (Lhomme et al., 2010). L'intérêt de ces indicateurs est alors de permettre une évaluation des capacités d'absorption de ces réseaux face à d'éventuelles perturbations. Que ce soit concernant l'étude de la vulnérabilité ou de la résilience de réseaux techniques, la théorie des graphes permet de caractériser les aspects structurels liés au risque, et permet ainsi de dépasser les aspects purement matériels et/ou fonctionnels.

Au-delà des réseaux techniques, la théorie des graphes est utilisée par les sociologues pour étudier les réseaux sociaux et organisationnels (Wasserman et Faust, 1994). Or, en géographie des risques, les aspects organisationnels de l'après crise peuvent être traités à l'aide des outils développés par les sociologues. Il est alors possible d'utiliser la théorie des graphes pour évaluer les changements organisationnels dans des études comparatives, ainsi que le degré de cohérence des organisations intervenant lors de la phase post-catastrophe (Comfort et al., 2009). De plus, la théorie des graphes offre des possibilités de modélisation permettant d'identifier les différents modes d'interaction entre ces organisations ou les configurations problématiques (Varda et al., 2007).

3. Conclusion : un socle conceptuel à consolider

La théorie des graphes semble être un outil intéressant pour la géographie des risques en tant qu'outil d'évaluation (de la vulnérabilité structurelle des réseaux de transport, d'un indicateur de résilience urbaine...), de modélisation (des interactions entre différentes organisations...) et de compréhension (des mécanismes d'endommagement, des problématiques de continuité de fonctionnement, de l'efficacité des organisations en période de crise...). Néanmoins, les limites de cet outil restent nombreuses, car la théorie des graphes est issue d'un « modèle », qui n'est par essence qu'une représentation simplifiée du monde. La théorie des graphes ne peut donc pas être une théorie intégrative en gestion des risques. La théorie des graphes n'est qu'un outil et n'est généralement pas utilisée seule mais dans une méthodologie générale. La théorie des graphes est alors pertinente pour étudier des aspects spécifiques du risque (par exemple les aspects structurels). Cependant, la principale limite peut être formulée sous la forme d'une interrogation : Comment évaluer des outils étudiant des concepts dans la plupart des cas polysémiques? La valeur heuristique de ces travaux est donc difficile à déterminer. La véritable problématique concerne le socle conceptuel et théorique de la géographie des risques qu'il faut encore consolider.

4. Références

- Comfort L. K., Oh N., Ertan G., 2009, The Dynamics of Disaster Recovery: Resilience and Entropy in Hurricane Response Systems 2005–2008, *Public Organization Review*, pp. 309–323
- Dauphiné A., 2003, *Risques et catastrophes. Observer, spatialiser, comprendre, gérer*. Paris, Armand Colin (Coll. «U – Géographie»), 288 p. (ISBN 2-200-26583-2)
- Gleyze J.-F., 2005, *La vulnérabilité structurelle des réseaux de transport dans un contexte de risques*, Thèse de doctorat en Analyse Théorique et Epistémologique en Science Géographique, Université Paris VII- Denis Diderot, 848 p.
- Gleyze J.-F., Reghezza M., 2007, La vulnérabilité structurelle comme outil de compréhension des mécanismes d'endommagement, *Géocarrefour*, Vol.82/1-2, numéro spécial "Le risque: de la recherche à la gestion territorialisée", novembre 2007, 14 pages
- Groupe Réseaux, 1987, GROUPE RESEAUX : Demande de création d'un Greco « réseaux », cahier n°9, pp. 15-29
- Lhomme S., Serre D., Diab Y., Laganier R., 2010, Etude de la redondance des réseaux pour évaluer leur capacité à fonctionner en mode dégradé, *conférence Sageo 2010*, Toulouse, 3p.
- Murray A. T., Matisziw T. C., Grubestic T., 2008, A methodological overview of network vulnerability analysis, *Growth and Change*, Vol. 39 No.4, pp.573-592.
- Pumain D., 1997, Pour une théorie évolutive des villes, *Espace géographique*, 1997/2
- Reghezza M., 2006, *Réflexions sur la vulnérabilité métropolitaine. La métropole parisienne face au risque de crue centennale*, Université de Nanterre - Paris X, 384 p.
- Saglietto L., 2006, Quelques points de repères dans l'étude des réseaux par la théorie des graphes, *Networks and communication studies*, vol. 20, n°1-2, p. 195-216
- Varda D. M., Forgette R., Banks D., Contractor N., 2008, Social Network Methodology in the Study of Disasters: Issues and Insights Prompted by Post-Katrina Research, *Population Research and Policy Review*, pp. 11–29
- Veyret Y. (sous la direction de), 2003, *Les risques*, A. Colin. SEDES 255p.
- Vinet F., 2010, *Le risque inondation : Diagnostic et gestion*, Tec & Doc Lavoisier , 328 pages
- Wasserman S., Faust K., 1994, *Social Network Analysis Methods and Applications*, Cambridge: Cambridge University Press, 857 p.



Atelier 3

Climatologie

Interpolation spatiale des précipitations quotidiennes à l'échelle régionale en Amazonie

Drapeau G.^{1,2,3}, Ronchail J.^{1,3}, Guimberteau M.³, Joly D.⁴, Mering C.^{1,2}, Cochonneau G.⁵, de Oliveira E.⁶, Espinoza J-C.⁷, Guyot J-L.⁵, Lavado W.⁸, Noriega L.⁹, Pombosa R.¹⁰, Vauchel P.¹¹, Villacis M.¹²

1 Université Paris Diderot, Paris, France.

2 Pôle de Recherche pour l'Organisation et la Diffusion de l'Information Géographique, Paris, France.

3 Laboratoire d'Océanographie et du Climat : Expérimentations et Approches Numériques, Institut Pierre Simon Laplace, Paris, France.

4 Centre National de la Recherche Scientifique, UMR Théma, Besançon, France.

5 Institut de Recherche pour le Développement, Brasília, Brésil.

6 Agência Nacional de Águas, Brasília, Brésil.

7 Centre National d'Études Spatiales, Toulouse, France.

8 Servicio Nacional de Hidrología y Meteorología, Lima, Pérou.

9 Servicio Nacional de Hidrología y Meteorología, La Paz, Bolivie.

10 Instituto Nacional de Hidrología y Meteorología, Quito, Équateur.

11 Institut de Recherche pour le Développement, Lima, Pérou.

12 Escuela Politécnica Nacional, Quito, Équateur.

Ces dernières années, l'Amazonie a connu de nombreux extrêmes hydroclimatologiques. Des sécheresses (1997/98, 2005, 2010) et des crues extraordinaires (1999, 2006, 2009) ont eu en effet des impacts dramatiques sur le milieu naturel et sur les sociétés amazoniennes. Alors que les modélisations climatiques les plus fiables projettent pour les prochaines décennies une intensification du cycle hydrologique en Amérique du Sud tropicale accompagnée d'une baisse significative des précipitations dans le bassin amazonien, il devient crucial d'affiner notre connaissance du cycle de l'eau actuel dans cette région. On estime notamment que la diminution des pluies à l'échelle du bassin pourrait, par effet de rétroactions positives avec la couverture forestière, aboutir au dépérissement d'une grande partie de la forêt sempervirente d'ici la fin du siècle. Ces résultats obtenus par modélisation nécessitent aujourd'hui d'être confrontés à des observations climatologiques et écologiques aussi fiables et exhaustives que possible, qui devront permettre de préciser ce diagnostic. Aussi dans le contexte d'une intégration grandissante des études environnementales appartient-il à chaque discipline d'apporter son expertise et ses connaissances à l'ensemble de la communauté scientifique.

Bon nombre d'études environnementales (Écologie, Hydrologie...) nécessitent l'emploi de données de précipitations fiables et spatialisées. Or l'observation *in situ* des précipitations en Amazonie se confronte bien souvent aux difficultés propres à ce terrain. La couverture de la totalité de ce bassin gigantesque (plus de 6000000 km²), peu densément peuplé et divisé entre 6 pays, se caractérise

ainsi par la densité exceptionnellement faible du réseau de mesure. Ce dernier est ensuite très hétérogène dans l'espace et ne s'est développé que très récemment dans le temps, ne permettant pas la réalisation de séries temporelles au-delà de quelques décennies. Le développement récent de la mesure des précipitations par télédétection devrait remédier aux problèmes posés par ce faible échantillonnage dans le futur. Cependant, ces données ne peuvent apporter aujourd'hui des séries temporelles suffisantes et montrent une forte incertitude quantitative sur l'estimation des pluies en Amazonie. De plus il est également nécessaire de disposer d'observations au sol satisfaisantes pour permettre une calibration correcte de ces données satellitaires. L'observation *in situ*, ponctuelle, reste donc une donnée fondamentale. Une étude préliminaire à l'échelle du bassin du Rio Negro, un des principaux affluents de l'Amazone, a notamment montré l'intérêt de ces données pour la modélisation hydrologique. En revanche, à l'échelle du bassin dans son ensemble, la question de l'interpolation spatiale des données ponctuelles devient prépondérante. Du fait de la très faible densité des observations, associée à la diversité du relief et des systèmes précipitants dans les différentes parties du bassin, la spatialisation des pluies se révèle être un processus délicat. Nous proposons ici de comparer différentes méthodes d'interpolation de précipitations quotidiennes. La spécificité de chaque méthode est discutée et évaluée au regard de la performance des pluies estimées pour la modélisation hydrologique.

Les données de précipitations utilisées ont été collectées dans le cadre des activités de l'Observatoire de Recherche en Environnement (ORE) HyBAm (« Contrôles géodynamique, hydrologique et biogéochimique de l'érosion/altération et des transferts de matière dans le bassin de l'Amazonie »). Cet observatoire résulte d'un partenariat entre l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD) et les différents services météorologiques et hydrologiques des pays amazoniens. Il vise notamment à assurer le maintien et à compléter le réseau d'observation météorologique et hydrologique dans le bassin amazonien, à rendre les données recueillies disponibles et à rassembler une communauté de chercheurs sur ces thématiques de recherche. Un grand nombre de données de pluie journalière a ainsi été acquis, et suite à un contrôle de qualité stricte, une base de données comptant environ 700 stations réparties sur la totalité du bassin a été réalisée. La période considérée, 1980-2009, correspondant à une normale climatique, doit permettre la représentation adéquate de la variabilité interannuelle, des différents événements hydroclimatologiques récents, ainsi que la discrimination des tendances potentielles.

Différentes méthodes d'interpolation sont comparées. La première méthode, classique dans les géostatistiques, consiste en un krigeage ordinaire appliqué à l'ensemble des données quotidiennes. Celui-ci repose sur la construction d'un variogramme décrivant la variabilité moyenne des précipitations dans l'espace. Les pluies quotidiennes ont alors été préalablement transformées afin d'en normaliser la distribution et de réduire l'influence des quelques valeurs très élevées sur le calcul du variogramme. Cette méthode présente l'avantage d'être relativement simple à mettre en œuvre, mais elle ne repose que sur la variance spatiale des précipitations, fonction de la distance séparant les postes climatologiques. Étant donnée la faible densité des mesures, la prise en compte de variables auxiliaires, décrivant notamment la topographie, corrélées aux précipitations, doit permettre l'amélioration de l'estimation. Cependant, la relation statistique entre les pluies et les variables auxiliaires n'est pas significative au pas de temps journalier, la spatialisation des pluies dépendant plus des caractéristiques propres à l'événement pluvieux qu'aux caractéristiques du substrat continental. On procède donc à une agrégation temporelle des pluies

avant d'effectuer un cokrigeage colocalisé. Un krigeage des ratios quotidiens de pluies nous permet ensuite, en multipliant ces deux estimations, d'introduire l'influence des variables auxiliaires sur les pluies agrégées dans l'estimation des pluies quotidiennes. Bien qu'améliorant l'estimation des précipitations, cette seconde méthode reste globale, c'est-à-dire qu'elle traite uniformément l'ensemble des données. Or, à l'échelle du bassin amazonien, il paraît raisonnable de penser que l'on s'écarte sensiblement de l'hypothèse de stationnarité, et que la relation entre les variables auxiliaires (la topographie) et les pluies peut différer selon la sous-région considérée. La dernière méthode d'interpolation cherche à répondre à ces interrogations en appliquant des régressions locales entre les pluies agrégées et les variables auxiliaires. Le bassin amazonien est tout d'abord divisé en polygones, chaque polygone dépendant du même voisinage de stations pluviométriques. Pour chaque polygone est ensuite effectué le calcul de régression linéaire multiple. Finalement, les résidus (différences entre les pluies agrégées et les pluies estimées par régression) sont krigés et cette estimation est ajoutée aux résultats de la régression. Comme précédemment, la multiplication par un krigeage des ratios pluviométriques quotidiens nous permet finalement d'obtenir l'estimation des pluies quotidiennes.

Pour évaluer les différents jeux de pluies obtenus, la comparaison des climatologies de chaque série permet dans un premier temps d'identifier l'apport des variables auxiliaires dans la spatialisation des pluies. On utilise ensuite chacune des séries de précipitations quotidiennes pour modéliser les débits du fleuve Amazone et de ses principaux affluents sur l'ensemble de la période d'étude à l'aide du modèle de surface Orchidee développé à l'IPSL. La comparaison de ces résultats de modélisation hydrologique avec les débits mesurés par l'ORE HyBAm ainsi qu'avec les simulations basées sur des pluies modélisées montre l'apport remarquable des précipitations basées sur les observations dans la description de la variabilité interannuelle et des valeurs extrêmes des débits. Enfin, il apparaît que les données prenant en compte les variables auxiliaires liées à la topographie restituent de manière plus fidèle le signal hydrologique sur l'ensemble du bassin.

Références bibliographiques

- Costa, M.H. & Foley, J.A. (1998) A comparison of precipitation datasets for the Amazon Basin. *Geophysical Research Letters*, 25, 155-158.
- Espinoza Villar, J.C., Ronchail, J., Guyot, J.-L., Cochonneau, G., Filizola, N., Lavado, W.S., De Oliveira, E., Pombosa, R. & Vauchel, P. (2009) Spatio-temporal rainfall variability in the Amazon basin countries Brazil, Peru, Bolivia, Colombia, and Ecuador). *International Journal of Climatology*, 29, 1574-1594.
- Goovaerts, P. (2000) Geostatistical approaches for incorporating elevation into the spatial interpolation of rainfall. *Journal of Hydrology*, 228, 113-129.
- Hunter, R.D. & Meentemeyer, R.K. (2005) Climatologically aided mapping of daily precipitation and temperature. *Journal of Applied Meteorology*, 44, 1501-1510.
- Joly, D., Brossard, T., Cardot, H., Cavailles, J., Hilal, M. & Wavresky, P. (2009) Interpolation par régression locales: application aux précipitation en France. *L'Espace Géographique*, 38, 157-170.
- Joly, D., Brossard, T., Cardot, H., Cavailles, J., Hilal, M. & Wavresky, P. Temperature interpolation based on local information: the example of France. *International Journal of Climatology*, Sous Presse.

- Negron-Juarez, R.I., Li, W., Fu, R., Fernandes, K. & De Oliveira Cardoso, A. (2009) Comparison of precipitation datasets over the tropical South American and African continents. *Journal of Hydrometeorology*, 10, 289-299.
- Ronchail, J., Ngo-Duc, T., Getirana, A., Drapeau, G., Guimberteau, M., Espinoza Villar, J.C. & Guyot, J.-L. (2010) Fichiers de pluies et modélisation hydrologique : Applications en Amazonie. *Actes du 23e Colloque de l'AIC*, Rennes, France, septembre 2010. pp. 529-534. Association Internationale de Climatologie.
- Vila, D.A., De Goncalves, L.G.G., Toll, D.L. & Rozante, J.R. (2009) Statistical evaluation of combined daily gauge observations and rainfall satellite estimates over continental South America. *Journal of Hydrometeorology*, 10, 533-543.
- Willmott, C.J. & Robeson, S.M. (1995) Climatologically aided interpolation (CAI) of terrestrial air temperature. *International Journal of Climatology*, 15, 221-229.

Les modèles climatiques régionaux : outils de décomposition des échelles spatiales

J. CRETAT, B. POHL et Y. RICHARD¹

Centre de Recherches de Climatologie, CNRS UMR 5210 / Université de Bourgogne, Dijon, France

julien.cretat@u-bourgogne.fr

1. Contexte de l'étude et objectif

Les modèles de circulation générale de l'atmosphère (MCG), notamment ceux utilisés par le GIECC (2007), fournissent une information à résolution spatiale encore trop grossière pour considérer les interactions entre les échelles larges et les échelles fines (régionales à locales). Opérant sur un domaine géographique limité, les modèles climatiques régionaux (MCR par la suite) sont des outils permettant de désagréger dynamiquement les données issues de MCG, c'est-à-dire d'augmenter la résolution spatiale (Fig. 1a) en basant leurs calculs sur les lois de la thermodynamique de l'atmosphère. Alimentés aux bornes du domaine par les données de large échelle issues des MCG, et résolvant à l'intérieur du domaine les processus d'échelles fines, les MCR constituent un outil privilégié pour (i) spatialiser des champs géophysiques, et (ii) étudier les interactions d'échelles spatiales (Fig. 1b).

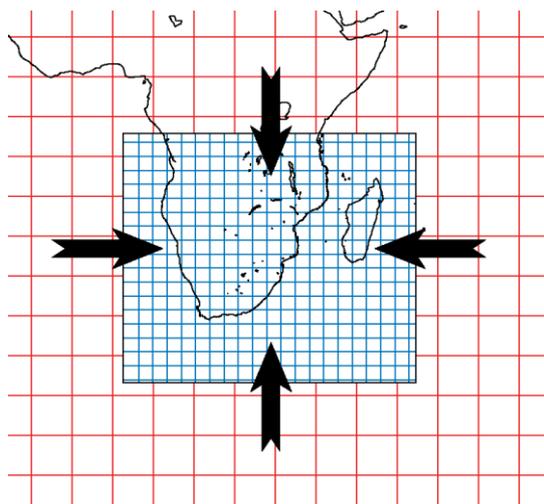
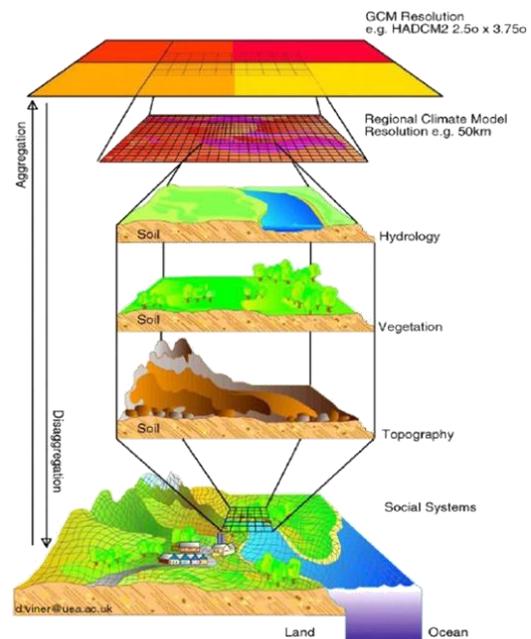


Figure 1 : a) Illustration d'un domaine à aire limitée dans un MCR (grille bleu) alimenté aux bornes latérales (flèches noires) par des données à plus faible résolution spatiale issues d'un MCG (grille rouge).



b) Schéma conceptuel montrant l'intérêt de la régionalisation dynamique par une meilleure prise en compte des états de surface. Source : <http://www.cru.uea.ac.uk/cru/info/modelcc/scalediag.jpg>.

L'objectif de cette étude est de mettre en place un protocole expérimental pour distinguer les échelles spatiales impliquées dans la variabilité de variables climatiques, principalement les pluies, à différentes échelles spatio-temporelles. Ce protocole est appliqué en Afrique australe, région pour laquelle les interactions d'échelle sont peu connues, de Décembre 1993 à Février 1994 (DJF94 par la suite). Cette saison correspond au cœur de la saison des pluies d'été sur la région ; il s'agit en outre d'une saison proche de la normale pluviométrique en Afrique du Sud et non soumise à El Niño Southern Oscillation (ENSO).

2. Données et méthodes

Le MCR utilisé est l'Advanced ResearchWeatherForecast (WRF par la suite, Skamarock et al., 2008). Il est initialisé par les réanalyses européennes ERA40 (Uppala et al., 2005) pour les données atmosphériques (température, humidité, pression, vents), les températures de surface de la mer et les conditions de sols (humidité à différentes profondeurs), et par les données de l'United State Geological Survey (USGS : Anderson et al., 1976) pour la topographie, l'occupation du sol, les types de sols et leurs caractéristiques physiques (albédo, LAI, fraction végétale, ...). Les données de surface USGS sont disponibles à une résolution de 30 secondes d'arc. Les champs ERA40 sont disponibles sur une maille d'environ 150km, qu'il s'agira donc de désagréger à 35km.

Pour répondre à cet objectif, une simulation d'ensemble est conduite, consistant à simuler 30 fois la saison DJF94 afin d'étudier les points communs et les différences entre les 30 expériences numériques. Les 30 expériences sont initialisées le 17 Novembre 1993 et s'achèvent le 28 Février 1994. L'unique différence entre elles concerne les conditions atmosphériques initiales, c'est-à-dire les champs atmosphériques injectés aux bornes latérales du domaine au premier pas de temps simulé (le 17 Novembre 1993). Pour les pas de temps suivants, les 30 expériences sont alimentées aux bornes latérales toutes les 6 heures par l'information large échelle contenue dans les champs atmosphériques ERA40. Les 15 jours du 17 novembre au 1er décembre ne sont pas analysés par la suite, car ils correspondent à la mise à l'équilibre du modèle (qui permet de s'affranchir de la perturbation des conditions initiales).

Deux métriques sont utilisées pour distinguer les échelles spatiales en jeu. Au pas de temps saisonnier, le coefficient de variation est calculé comme le ratio entre l'écart-type inter-expériences et la moyenne des 30 expériences. Au pas de temps intrasaisonnier, la reproductibilité des variations jour à jour est calculée comme le ratio entre la variance de la moyenne d'ensemble (c'est-à-dire la moyenne des 30 expériences) et la variance de toutes les expériences. Quel que soit la métrique, de fortes valeurs seront interprétées comme un signal reproductible, donc fournit par les conditions de forçage latéral imposées par la large échelle. A l'inverse, de faibles valeurs seront interprétées comme un signal d'échelle fine peu reproductible résultant d'interactions régionales à locales entre la surface et l'atmosphère (mal décrites par les champs de forçage latéraux ERA40 du fait de leur résolution grossière) et ou de la dynamique stochastique de l'atmosphère accrue aux échelles fines.

3. Résultats

Au pas de temps saisonnier, WRF simule des cumuls précipités maximaux dans les tropiques, de la cuvette congolaise à Madagascar, résultant soit d'un nombre

élevé de jours pluvieux (Fig. 2c : partie sud de la cuvette congolaise), soit d'un nombre réduit de jours pluvieux mais avec des quantités importantes (Fig. 2d : à proximité de Madagascar). Le massif du Drakensberg (sud-est de l'Afrique australe) enregistre les cumuls saisonniers les plus importants des latitudes subtropicales (Fig. 2a). Malgré quelques biais, la géographie générale de la pluviométrie saisonnière simulée par WRF est généralement conforme aux observations (non montré).

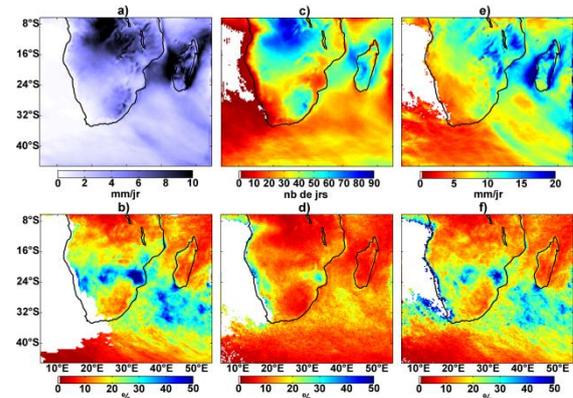


Figure 2 : (a) Pluviométrie saisonnière de la moyenne des 30 expériences. (b) Coefficient de variation inter-expériences. (c-d) et (e-f) Comme (a-b) pour le nombre de jours pluvieux (cumul journalier $\geq 1\text{mm/jr}$) au cours de la saison et leur intensité moyenne.

La Figure 2b montre que ces deux régions sont associées à des incertitudes minimales, c'est-à-dire que les 30 expériences tendent à y décrire plus ou moins 30 fois la même information. Il en est de même pour les régions les plus sèches. Chaque expérience y simule ainsi des cumuls pluviométriques très proches, démontrant que ces structures dépendent de phénomènes large échelle imposés aux bornes latérales du domaine. Les incertitudes maximales (se traduisant par des désaccords entre les expériences) sont localisées au centre du domaine (autour de 24°S), et dans une moindre mesure dans le sud-ouest de l'océan Indien. Elles correspondent à l'extension spatiale maximale des systèmes pluviogènes. Cette extension varie sensiblement d'une expérience à une autre du fait du comportement chaotique de la variabilité climatique aux échelles fines. Cette incertitude ne résulte pas de variations inter-expériences en termes de nombre de jours pluvieux simulés au cours de la saison DJF94 (Figs. 2c et 2d), mais découle exclusivement de variations inter-expériences de l'intensité moyenne des jours pluvieux. L'intensité des cumuls précipités parait par conséquent nettement plus influencée par les échelles fines que par la large échelle.

Au pas de temps intrasaisonnier, la Figure 3 montre la partie reproductible (c'est-à-dire l'information commune aux trente expériences) des variations jour à jour de la hauteur géopotentielle à 500hPa (Z_{500}) et

des précipitations, calculée sur chaque point de grille du domaine. La reproductibilité varie fortement d'une variable à une autre. Z500 est une variable peu dépendante des conditions de surface, résultant presque exclusivement de variations large échelle de la température. Il est donc logique que ce paramètre soit nettement plus reproductible que les précipitations, variable discontinue dans le temps et l'espace. Pour ces deux variables, la Figure 3 montre néanmoins une géographie similaire de la reproductibilité jour à jour. Cette dernière est forte aux bornes sud-ouest et nord-est qui correspondent à des flux large échelle entrants dans le domaine simulé, donc à un fort contrôle exercé par la large échelle. Elle tend à diminuer en s'en éloignant pour être minimale au centre du domaine, et à proximité des bornes opposées à celles des flux entrants. Cette géographie suggère que la taille du domaine simulé doit être suffisamment grande pour permettre au MCR de simuler des processus de petite échelle, et de probables effets de bords le long des bornes soumises à des flux sortants.

4. Conclusion

En travaillant sur un espace géographique limité, les MCR permettent d'effectuer des simulations d'ensemble à haute résolution tout en limitant les contraintes informatiques (temps de calcul et capacité

de stockage). L'analyse de ces simulations permet d'une part de détecter l'information dépendant de la large échelle (les structures pluviométriques saisonnières dans notre cas) qui est restituée par toutes les expériences numériques. Elle permet d'autre part de détecter l'information plus chaotique dépendant des échelles régionales à locales, qui se caractérise par des disparités importantes entre les différentes expériences. Ces simulations d'ensemble permettent de mieux prendre en compte les incertitudes associées à la variabilité spatiale et temporelle des précipitations, variable la plus difficile à simuler en raison de son caractère discontinu.

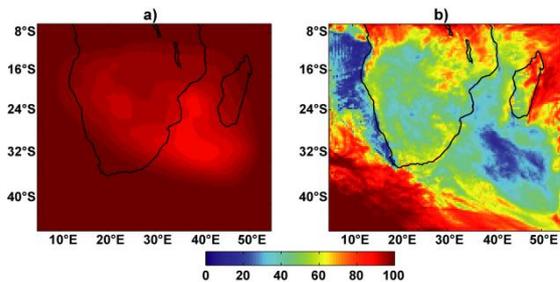


Figure 3 : Reproductibilité jour à jour (%) de la hauteur géopotentielle à 500hPa (a) et des précipitations (b).

Références

- Anderson J. R., Hardy E. E., Roach J. T., Witmer R. E., 1976, A land use and land cover classification system for use with remote sensor data. U.S. *Geological Survey Professional Paper* 964, 28 p.
- GIECC, 2007, Climate Change 2007, The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon S., Qin D., Manning M., Chen Z., Marquis M., Averyt K. B., Tignor M. and Miller H. L. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Skamarock W., Klemp J. B., Dudhia J., Gill D., Barker D., Duda M., Huang X., Wang W., Powers J., 2008, *A description of the advanced research WRF version 3*. NCAR Technical Note, NCAR/TN\2013475+STR, http://www.mmm.ucar.edu/wrf/users/docs/arw_v3.pdf
- Uppala S. M., Kallberg P. W., Simmons A. J., Andrae U., Bechtold V. D. C., Fiorino M., Gibson J. K., Haseler J., Hernandez A., Kelly G. A., Li X., Onogi K., Saarinen S., Sokka N., Allan R. P., Andersson E., Arpe K., Balmaseda M. A., Beljaars A. C. M., Van de Berg L. et al., 2005, The ERA-40 re-analysis, *Quarterly Journal of Royal Meteorology Society*, 131, 2961-3012.

Températures quotidiennes en Bourgogne : comparaison entre données observées et données simulées par un Modèle Climatique Régional

CUCCIA C.¹, RICHARD Y.¹, CASTEL T.¹, JOLY D.², BOIS B.^{1,3}, MARTEAU R.¹

1 Centre de Recherches de Climatologie, UMR 5210 CNRS / Université de Bourgogne

2 Laboratoire THEMA – UMR 6049 CNRS/Université de Franche-Comté

*3 Institut Universitaire de la Vigne et du Vin « Jules Guyot », Université de Bourgogne
ce0520cu@u-bourgogne.fr*

MOTS CLÉS

Interpolationspatiale • classification hiérarchique ascendante • température • Bourgogne • modèle climatique régional
• ARW/WRF

Résumé

Ce travail a pour but de produire des champs continus, à partir de températures quotidiennes ponctuelles, afin entre autres de les confronter aux températures simulées par le modèle climatique régional ARW/WRF. L'interpolation préalable permet de s'affranchir des biais d'échelles introduits par la confrontation directe point-maille (surface). L'application d'un modèle d'interpolation unique pour interpoler la totalité des températures quotidiennes ne donne pas de résultats de qualité. A l'opposé, l'interpolation spatiale quotidienne ne peut être transposée à une période non couverte par l'observation. Ce travail présente les résultats d'une approche combinant la Classification Hiérarchique Ascendante (CHA) et l'interpolation multivariée.

Pour réaliser les interpolations spatiales de températures, 24 stations météorologiques fournissent des enregistrements quotidiens de températures issues du réseau Météo-France ont été retenues sur la période 1973-2009. Les températures minimales (Tn) et maximales (Tx) ont été traitées indépendamment. Des paramètres environnementaux (altitude, latitude, longitude, pente, orientation, occupation du sol ...) issus notamment de Modèle Numérique de Terrain (MNT) et de données de NDVI sont utilisés comme variables explicatives.

La méthode consiste dans un premier temps, à calculer les anomalies spatiales quotidiennes de températures.

Ainsi, la moyenne de chaque jour est nulle à l'échelle de la Bourgogne (désaisonnalisation). Ensuite, les jours ont été classés par CHA, selon le critère d'agrégation de Ward, en fonction de leurs similitudes dans la distribution spatiale des anomalies spatiales quotidiennes de températures. Dans un deuxième temps, un modèle d'interpolation est élaboré pour chacun des groupes obtenus. Ces modèles sont construits (i) à partir des paramètres environnementaux, utilisés en tant que variables explicatives dans la régression multiple linéaire puis (ii) par le krigeage des résidus de la régression.

Les résultats de la classification ont permis d'identifier quatre groupes de jours pour les Tn et trois groupes pour les Tx. L'effectif des groupes est assez homogène. Chaque groupe représente un type de répartition spatiale récurrent des températures en Bourgogne. D'un groupe à l'autre, ces répartitions sont nettement différenciées, mettant en lumière des gradients Nord-Ouest/Sud-Est ou inversement des gradients Sud-Est/Nord-Ouest. Il apparaît que l'altitude joue un également rôle majeur, tantôt selon des gradients normaux, tantôt selon des gradients inverses (inversions de température, uniquement pour les Tn). L'intérêt sera d'évaluer la capacité du MCRARW/WRF à (i) identifier ces configurations spatiales et (ii) à les reproduire.

Cohérence spatiale du démarrage et de la fin de la saison des pluies en Afrique de l'Est : sensibilité à certains facteurs méthodologiques, géographiques et pluviométriques

Joseph Boyard-Micheau et Pierre Camberlin

CRC Centre de Recherches en Climatologie, UMR 5210 CNRS et Université de Bourgogne

Joseph.Boyard-Micheau@u-bourgogne.fr

L'espace Kenya Nord-Tanzanie (6°N-6°S ; 33°E-42°E) présente une organisation géographique complexe et fortement contrastée entre l'est et l'ouest. L'Est se caractérise par les grandes plaines arides aux altitudes peu élevées et qui décroissent en direction du littoral, l'ouest s'illustre par une topographie plus développée, composée de hauts plateaux compris entre 1000 et 2000 mètres ainsi que de massifs montagneux bien plus élevés, dépassant parfois les 4000 mètres. Les précipitations sont concomitantes à la migration saisonnière de la zone de convergence intertropicale de part et d'autre de l'équateur. Elles se répartissent annuellement en deux saisons, les « short rains » et les « long rains », correspondant respectivement au printemps boréal (Mars à Mai) et à l'automne boréal (Octobre à Décembre). Toutefois, cette bimodalité ne s'exprime pas de la même manière selon les régions considérées, avec notamment, des saisons sèches moins marquées à proximité du lac Victoria.

La vulnérabilité des zones agricoles pluviales, face à la variabilité pluviométrique nécessite de trouver des solutions efficaces pour limiter les effets du climat sur les récoltes et donc sur la qualité de vie des populations. La prévision, avant le démarrage des saisons des pluies des différentes caractéristiques de ces dernières, apparaît comme un moyen d'aider à l'établissement de stratégies agricoles d'adaptation face aux aléas pluviométrique. Haylock et Mc Bride (2001), Moron *et al* (2006, 2007) posent comme hypothèse que la prévisibilité potentielle d'une variable climatique est d'autant plus limitée que sa cohérence spatiale est faible. Partant de ce postulat, une estimation de la prévisibilité potentielle du démarrage et de la fin de saison des pluies sera réalisée à partir d'une étude approfondie de leur cohérence spatiale.

La cohérence spatiale est estimée à l'aide de scores statistiques tels que le nombre de degrés de liberté spatial (Moron *et al*, 2006 et 2007), la variance temporelle de la moyenne des anomalies standardisées (Marteau *et al*, 2009) ou encore l'analyse en composantes principales. Les dates de démarrage et de fin sont calculées à l'échelle de la station à partir de définitions symétriques faisant intervenir des critères agroclimatologiques basés sur des seuils empiriques de précipitations. Ainsi, le démarrage de la saison des pluies se définit comme le premier jour d'une séquence pluvieuse de j jours, recevant une quantité de pluie de h mm sans enregistrer une séquence sèche de k jours, au cours d'une période de K jours qui suivent (Sivakumar, 1988 ; Ati *et al*, 2002). Cette définition est renseignée par les données de pluies quotidiennes fournies par le Kenya Meteorological Department, l'Igad Climate Prediction and Application Center et le Tanzania Meteorological Agency sur la période 1961-2001 et recueillies dans 53 stations réparties de manière homogène sur l'ensemble de l'espace étudié.

La complexité géographique, la variabilité des régimes pluviométriques annuels moyens et certains choix méthodologiques liés à la définition des descripteurs sont autant de facteurs capables d'influencer la cohérence spatiale du démarrage et de la fin de saison, et donc la qualité de la prévision finale. La sensibilité de la cohérence spatiale à ces trois facteurs, a donc été analysée.

Les définitions des dates de début et fin de saison font intervenir plusieurs seuils dont le choix des valeurs reste arbitraire. Il existe une variabilité non négligeable des dates de démarrage/fin calculées en fonction des valeurs de seuils retenues avec un effet non négligeable sur la

cohérence spatiale. Une technique est cependant présentée afin d'extraire de façon optimale le signal régional débarrassé des effets locaux et des choix arbitraires des valeurs seuils.

La diversité des entités topographiques contribuant à la complexité de la région, telle que les hauts reliefs et la côte

par exemple, semblent peu influencer la cohérence spatiale des dates de démarrage et fin de saison des pluies. Enfin, certaines stations proches du lac Victoria présentent un régime pluviométrique annuel moyen quasi trimodal avec présence de pluies au cours de la saison sèche Juillet-Aout. Il est montré que même si la définition des dates de début et de fin des saisons des pluies en est affectée, l'inclusion de ces stations dans le jeu de données ne perturbe pas sensiblement l'identification des modes dominants de variabilité des dates de démarrage et fin.

Références bibliographiques

- ATI O.F., STIGTER C.J., and OLADIPO E.O., 2002: A comparison of methods to determine the onset of the growing season in Northern Nigeria. *International Journal of Climatology*, 22, 731-742.
- MARTEAU R., MORON V., and PHILIPPON N., 2009: Spatial coherence of monsoon onset over Western and Central Sahel (1950-2000). *Journal of Climate*, 22, 1313-1324.
- HAYLOCK M., and MCBRIDE J., 2001: Spatial coherence and predictability of Indonesian Wet Season rainfall. *Journal of Climate*, 14, 3882-3887.
- MORON V., ROBERTSON A.W., and WARD M.N., 2006: Seasonal predictability and spatial coherence of rainfall characteristics in the tropical setting of Senegal. *Monthly Weather Review*, 134, 3248- 3262.
- MORON V., ROBERTSON A.W., WARD M.N., and CAMBERLIN P., 2007: Spatial coherence of tropical rainfall at the regional scale. *Journal of Climate*, 20, 5244-5263.
- SIVAKUMAR M.V.K., 1988: Predicting rainy season potential from the onset of rains in southern sahelian and sudanian climatic zones of West Africa. *Agricultural Forest and Meteorology* 42, 295-305.



Atelier 4

Occupation du sol et paysage

L'apport d'un Modèle Numérique d'Élévation pour une analyse de visibilité

Alain Sauter

Laboratoire THEMA - UMR 6049 CNRS et Universités de Franche-Comté et de Bourgogne
alain.sauter@univ-fcomte.fr

M O T S - C L E S

Modèle numérique d'élévation • modélisation paysagère • paysage visible

1. Contexte et problématique

Le calcul et la modélisation des bassins de visibilité sont désormais utilisés dans plusieurs domaines tels que la lutte contre les incendies ou la construction de bâtiments hauts (Fisher, 1996; Liu et al., 2010). Dans d'autres domaines, la pratique perce doucement depuis quelques années. C'est le cas de l'archéologie (Nuninger et Sanders, 2006) ou encore de l'analyse des paysages. Cette communication concerne ce dernier domaine.

Bien que l'analyse de la visibilité paraisse un atout pour caractériser les paysages, force est de constater, au regard du nombre de publications traitant le sujet, que l'utilisation d'une démarche de mesure quantitative des éléments visibles du paysage n'est pas encore entrée dans les habitudes, et encore moins dans les portés à connaissance destinés aux gestionnaires du paysage. Ce constat renvoie à la polysémie du mot « paysage », à sa dualité objectif/subjectif.

Cependant, les études paysagères sont de plus en plus présentes dans le cadre des politiques d'aménagement. Elles doivent en principe apporter une information précise permettant de relever des enjeux. Ceci plaide en faveur d'une utilisation plus courante de l'analyse du paysage visible (Wieber, 1985) et de la visibilité. Dans le même temps, les bases de données géographiques mobilisables gagnent en accessibilité, en couverture, en qualité et en résolution.

Une thèse en cours (Sauter et al., 2009) porte sur la production d'indicateurs des dynamiques paysagères sur le territoire d'une grande agglomération, entre le milieu des années 80 et le milieu des années 2000. Des bases de données de référence couvrent cette agglomération aux deux dates, mais avec des caractéristiques différentes, ce qui implique un travail de mise en concordance de ces données pour les deux dates. Le caractère diachronique de l'étude a été

l'occasion d'évaluer l'intérêt de l'utilisation d'un modèle numérique d'élévation (MNE) à haute résolution plutôt que de recourir à la méthode des hauteurs standardisées. Pour mémoire, un MNE est une matrice qui indique des valeurs d'élévation précises au dessus du sol (exemple, l'élévation de la couronne d'un arbre au dessus du niveau de la topographie, obtenue par stéréorestitution ou relevé LIDAR), alors que la méthode des hauteurs standardisées assigne une élévation normée à chaque type d'occupation du sol. Les MNE sont encore assez peu répandus et coûteux, mais sortent maintenant du domaine des données très rares. Ceci nous amène à nous interroger, d'une part, sur les problèmes de méthode pour leur intégration dans les modèles de visibilité, et d'autre part, sur les bénéfices et les inconvénients de cette intégration. Quels sont les problèmes d'appariement avec les autres données en entrée ? Les résultats sont-ils significativement différents de ceux obtenus avec la méthode des hauteurs standardisées ?

2. Méthodes et données

Les algorithmes de calcul de bassins de visibilité procèdent par lancers de rayons à partir de points de vue, simulant les directions du regard. Ceci représente un nombre très élevé de calculs pour un traitement systématique de la visibilité dans l'espace, en fonction de l'extension du champ visuel, de la densité des points de vue, et de la résolution des données. Une modélisation peut ainsi demander plusieurs jours de calcul si l'on décide de simuler un regard qui porte loin tout en utilisant une résolution spatiale très fine. Réduire la profondeur du champ visuel ou la densité des points de vue de façon abrupt nuirait à la pertinence des résultats. Il semble pourtant nécessaire de trouver un compromis entre finesse des résultats et délais de production. Une piste consiste donc à tirer parti du phénomène naturel de dégradation des détails

visuels suivant la réduction géométrique et le voile atmosphérique (Cavallès et Joly, 2005). Si, dans les premières centaines de mètres autour du point de vue, l'information doit être précise pour saisir la complexité d'une zone d'habitation, le besoin n'est plus le même pour un massif forestier situé à quelques kilomètres, qui offre au regard une masse plus ou moins uniforme. Cette propriété du paysage suggère ainsi d'emblée qu'un MNE à haute résolution n'est vraiment utile que pour l'analyse des premiers plans.

Au delà, un travail important de mise en concordance des données doit être effectué, pour apparier les trois entrées principales d'une modélisation de la visibilité : un MNE, un modèle numérique de terrain (MNT) et un modèle d'occupation du sol (MOS), qui permettent de caractériser le contenu du paysage. Souvent, MOS et MNE proviennent de sources différentes, présentent des résolutions différentes, et sont éventuellement acquis à des moments différents, alors que le MNE apporte une information sur l'élévation des objets de l'occupation du sol. Il faut donc mettre en concordance ces sources : éliminer du MNE les édifices bâtis après la réalisation du MOS (ou le contraire), modifier le MOS pour tirer parti de détails importants révélés par le MNE (arbres isolés, haies). Davantage, les écarts de résolution entre MOS et MNE posent de nombreux problèmes (faut-il privilégier la définition des objets ou la hauteur de masques?) Ces problèmes peuvent être résolus par des ensembles de règles de superposition et de voisinage (donner la priorité à l'élévation d'une maison plutôt qu'au vide d'une rue), mais l'effet de ces règles n'est pas sans conséquence sur le résultat des modélisations.

Une comparaison des résultats sur la visibilité est mise en œuvre sur trois transects coupant des terrains aux caractéristiques différentes, choisis pour leur complexité dans les premiers plans : 1) une zone urbaine dense ; 2) une zone d'étalement urbain et 3) un village au bâti diffus. Ces trois transects font l'objet de deux méthodes de simulation, utilisant soit des hauteurs standardisées, soit les élévations issues du MNE. Les résultats, c'est à dire la quantité d'espace visible (ampleur de vue), sont ensuite exprimés en surface euclidienne et en surface angulaire.

3. Résultats et perspective

En premier lieu, l'utilisation d'un MNE plutôt que des hauteurs standardisées demande une lourde préparation de la donnée. Dans le cas de cette étude, la mise en concordance du MNE à 1 mètre de résolution avec l'occupation du sol à 10 mètres de résolution a nécessité l'élaboration d'un modèle de correction complexe. La procédure d'ensemble a été traduite par une routine, mais cette phase est difficilement généralisable et de nombreux problèmes sont résolus au cas par cas, laissant ce moment comme incompressible. En comparaison, la définition des hauteurs standardisées nécessite uniquement de définir des élévations pour chaque type d'objet, puis de les appliquer aux types d'occupation du sol concernés.

Le deuxième constat porte sur les résultats de la modélisation. Il apparaît que l'espace visible depuis un transect est plus vaste en utilisant le MNE. La différence n'est pas très élevée, de l'ordre de 60 ares en moyenne pour un transect long de 200 mètres. La comparaison des contenus visuels affine ce constat : il semble que les plages agricoles soient moins visibles, et que les éléments boisés le soient plus. Ce qui confirme l'intérêt du MNE pour traduire la complexité visuelle dans les premières centaines de mètres. La lecture des résultats sous forme de coupe le long du transect, à la manière d'une coupe topographique, montre des variations significatives mais très localisées, sur quelques éléments particuliers.

En conclusion, et en complément des travaux de Brossard et al. (2008), on retient que l'utilisation d'un MNE à haute résolution dans le cadre d'une modélisation des visibilités est un apport localement positif, sous réserve de disposer de cette donnée et de s'intéresser à des phénomènes locaux, tels que l'avancée de l'urbanisation ou de l'enfrichement. Pour une caractérisation globale des visibilités, l'utilisation d'un MNE à haute résolution ajoute une grande complexité pour une faible différence de résultat.

4. Références

- Brossard T., Joly D. et al., 2008, Modélisation opérationnelle du paysage, in Brossard T. & Wieber J.-C. (eds.), *Paysage et information géographique*, Hermes Lavoisier, , 119-139.
- Cavallès J., Joly D., 2005, *Les paysages périurbains et leur prix*, Les cahiers de la MSH Ledoux, Besançon.
- Fisher P., 1996, Extending the applicability of viewsheds in landscape planning, *Photogrammetric engineering & remote sensing*, 62, 1297-1302.
- Liu L., Zhang L. et al., 2010, An improved line-of-sight method for visibility analysis in 3D complex landscapes, *Science China*, 53, 2185-2194.
- Nuninger L., Sanders L., 2006, La modélisation des réseaux d'habitat en archéologie : trois expériences, *M@ppemonde*, 3, 28.

Sauter A., Ormaux S. et al., 2009, Landscape and public policies: evaluation and indices, *Papers on tools and methods of territorial intelligence, International conference of territorial intelligence, Besançon, 2008.*

WieberJ.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, Ottawa, 167-178.

Affiner l'occupation du sol à partir de Corine Land Cover afin d'identifier une trame écologique du Massif central

Céline Sacca, Pierre-Olivier Mazagol et Bernard Etlicher

Université de Saint-Étienne Jean Monnet, F-42023, France

CNRS UMR 5600 Environnement-Ville-Société

Université de Lyon, F-42023 Saint-Étienne, France

Celine.Sacca@univ-st-etienne.fr

1. Contexte et objectif

Le travail que nous présentons s'inscrit au sein des nouvelles orientations prises par les politiques de protection et de gestion de l'environnement. Depuis peu en effet, ces politiques prennent une dimension spatiale à travers les corridors écologiques indispensables à la conservation de la biodiversité. Anticipant ces nouvelles orientations de gestion environnementale définie à la suite du Grenelle de l'environnement, l'association des parcs du Massif Central (IPAMAC) avec le soutien du MEDDAD, de la Fédération des Parcs et les financements « Massif Central » s'est lancée dans une réflexion portant sur l'identification d'une trame écologique à l'échelle du Massif élargi à la région Languedoc-Roussillon et étendu aux Pyrénées catalanes. Pour cela, il est nécessaire dans un premier temps et c'est l'objet de cet article, de préciser l'occupation du sol afin d'identifier les différentes sous trames présentes au sein de l'aire d'étude.

2. Données et méthode

La démarche s'appuie sur les données d'occupation du sol Corine Land Cover 2006. Disponibles et relativement homogènes sur l'ensemble de la zone d'étude, ces données présentent néanmoins deux limites majeures. Premièrement leur précision impose une utilisation au 100 000^e qui constitue de fait, l'échelle de travail. Deuxièmement, la typologie des classes parfois très générique, comporte certaines confusions qui conduisent une même classe à regrouper des réalités différentes. C'est notamment le cas des landes.

Pour affiner l'occupation du sol à partir de Corine Land Cover, deux entrées principales ont été utilisées.

La première est une entrée basée sur l'importance de l'emprise humaine dans le Massif central. Excepté pour

les milieux humides et aquatiques qui résultent de conditions locales, elle s'inspire largement des travaux des géographes qui comme A. Fel (1962) notamment ont synthétisé les systèmes agraires du Massif central dans les années cinquante. Cette approche ancienne garde encore aujourd'hui toute sa pertinence, nonobstant les mutations socio-économiques importantes réalisées depuis. En effet certains éléments des paysages ancestraux perdurent, et si les modèles économiques ont changé, le paysage garde largement une empreinte des traditions ancestrales. Cette approche est d'autant plus pertinente qu'aujourd'hui, pour lutter contre l'uniformisation des milieux, les territoires recherchent la sauvegarde de la diversité des paysages en référence aux traditions ancestrales. Quatre sous trames ont ainsi été identifiées : les milieux cultivés, les milieux agro pastoraux, les milieux forestiers et enfin les milieux humides et aquatiques.

La seconde entrée, combinée avec les données géologiques, s'appuie sur les étagements biogéographiques. Ceux-ci ont été définis à partir des cartes de végétation et obtenus par modélisation en comparant le Modèle Numérique de Terrain (MNT) et le plan théorique modélisé pour chaque étage (fonction trend).

Cette deuxième entrée part du principe que les classes Corine Land Cover peuvent, en fonction de l'étage et de la géologie, caractériser des réalités différentes. C'est ainsi que les « landes et broussailles » (code 322 de la nomenclature Corine Land Cover) appartiennent à la sous trame forêt aux étages méditerranéens (mésoméditerranéen et supraméditerranéen) alors qu'ils ont été affectés à la sous trame des milieux agropastoraux pour les autres étages. De même, si les codes Corine Land Cover permettent avec plus ou moins de précision de distinguer feuillus et conifères, la question essentielle du reboisement ne peut être totalement appréhendée. Cependant et compte tenu des enjeux en termes de biodiversité, il est apparu essentiel d'identifier là où c'était possible les formations forestières qui ne relèvent pas des forêts

naturelles. Ainsi, les formations de conifères aux étages où la forêt naturelle est une forêt de feuillus peuvent être identifiées comme liées à l'extension des reboisements de résineux de production monoculture.

3. Résultats

Les résultats se présentent sous la forme d'un tableau à trois dimensions qui présentent en ligne, les classes Corine Land Cover avec leurs codes respectifs ; en

colonne, les étages identifiés sur la zone d'étude et aux intersections ligne/colonne, figure l'appartenance aux sous trames. La carte qui en résulte propose ainsi une nouvelle lecture des données Corine Land Cover. L'originalité de la méthode tient dans la double approche qui permet de spécifier les contributions de chaque classe aux différentes sous trames en ventilant les taxons Corine Land Cover à contributions multiples. Son intérêt est la possibilité qu'elle offre de préciser l'occupation du sol à partir de données disponibles sur l'ensemble du territoire français.

4. Bibliographie

- Burel F., Baudry J., 2000, *Écologie du paysage. Concepts et méthodes et applications*, Tec & Doc, Paris, 356 p.
- Fel A., 1962- *Les Hautes Terres du Massif Central, tradition paysanne et économie agricole*. Thèse de doctorat, Université de Clermont-Ferrand, Clermont-Ferrand, 340 p.
- Gauquelin T., Delpoux M., Durrieu G., Fabre A., Fontès J., Gouaux P., Le Caro P. et O'Donoghue M-H, Jolly M.C., et Lecompte M., 1988 : L'origine de l'asylvatisme d'altitude en Auvergne : une question controversée ; l'exemple du Cantal, *Documents de cartographie écologique*, 31, p 49-60.
- Julve P. 1988 Carte phytogéographique de la France : in <http://www.ecosociosystemes.fr/phytogeographie.html>
- Ozenda, P., 1985- *La végétation de la chaîne alpine*, Masson, 340 p

Analyse spatiale de structures paysagères : Identification, caractérisation et modélisation multi- niveaux. Application en contexte agricole bocager.

Clémence Vannier

Laboratoire COSTEL / UMR 6554 LETG / Université Rennes 2

clemence.vannier@univ-rennes2.fr

MOTS CLÉS

Analyse spatiale • multi-niveaux • télédétection • géomatique • modélisation multi-agents

1. Contexte et objectif

L'évolution des modes d'occupation et d'utilisation des sols ont des conséquences fondamentales sur l'environnement. Dans les régions caractérisées par une agriculture intensive, comme la Bretagne, l'intensification croissante des territoires agricoles entraîne une dégradation des milieux « naturels », et de profonds changements dans les structures paysagères (bocages, zones humides, ...) (Cheverry, 1998). Or, ces structures jouent un rôle déterminant dans la conservation des écosystèmes, de la biodiversité tant faunistique que floristique (Baudry et al. 2000; Mérot et al., 1999; Saunders et al., 1991), mais aussi sur la qualité de l'eau, des sols, etc.

L'évolution des pratiques agricoles et des structures paysagères dépendent à la fois de facteurs locaux, de politiques locales, et de politiques globales (Houet et al., 2008). Les pratiques agricoles sont mises en place par les agriculteurs sur le territoire sous la contrainte de ces facteurs à différents niveaux d'organisation (Thenail, 2002; Thenail et Baudry, 2001; Vannier, 2010). Ce travail porte plus particulièrement sur les pratiques effectuées sur les haies bocagères. En effet, ces structures paysagères ont un rôle multifonctionnel et les pratiques agricoles effectuées sur les haies ont un impact avéré sur le plan environnemental (notamment dans son rôle de corridor écologique pour la faune et la flore environnante). Le site d'étude privilégié pour cette étude est la Zone Atelier de Pleine-Fougères (<http://www.caren.univ-rennes1.fr/pleine-fougères>) située en Bretagne au nord-est de l'Ille-et-Vilaine, au sud de la Baie du Mont-Saint-Michel (48° 36' N, 1° 32' W).

L'objectif principal de ce travail est de mettre en relation la dynamique de pratiques d'acteurs à différents niveaux d'organisation et leur traduction paysagère en termes de continuités et discontinuité de structures paysagères (en particulier des haies) à différentes échelles.

Dans un premier temps il s'agit d'identifier et de caractériser les structures et éléments de structures paysagères, à partir de données de télédétection à différentes échelles. Plus particulièrement, l'objectif est d'évaluer le potentiel de données satellitaires à haute et très haute résolution spatiale pour l'identification et la caractérisation d'éléments fins du paysage.

Dans un second temps il s'agit d'analyser le contexte dans lequel ces structures évoluent afin de modéliser les interactions entre les éléments du système agricole bocager. Plus particulièrement, l'objectif est d'identifier les facteurs qui jouent sur la dynamique spatiale et temporelle de répartition des haies afin d'analyser comment certains types de structures émergent et évoluent dans le paysage.

2. Données et méthode

Nous avons choisi d'utiliser dans cette étude des données de télédétection spatiale et aéroportée couvrant un large panel de résolutions spatiales et spectrales (Tableau 1).

Afin de déterminer le potentiel des données de télédétection pour identifier et extraire des éléments fins tels que les haies, une carte de référence est utilisée pour la validation. Cette cartographie est effectuée à partir d'une photo-interprétation de l'orthophotoplan de l'IGN et de la numérisation manuelle des haies pour l'ensemble du site d'étude. Dans cette cartographie, les haies sont représentées sous forme de polygones, elles comportent une information de longueur mais aucune information de structure (largeur de canopée, trouées,...).

Afin d'étudier le contexte paysager dans lequel les haies évoluent, nous disposons d'une base de données spatialisée de l'occupation du sol entre 2000 et 2009 au niveau parcellaire sur l'ensemble du site d'étude. Il s'agit d'une donnée vectorielle de polygones représentant les parcelles et surfaces artificialisées dont la typologie est la suivante : Route, Chemin, Surface bâtie, Voie ferrée, Eau, Bois,

Tableau 1 – Caractéristiques des données de télédétection

| | Ortho- photoplan | Kompsat 2 | | Spot 5 | | Aster Vnir | Irs P6 Liss III |
|----------------------------------|---------------------|------------|--|------------|--|-------------------------------------|--|
| Date | Eté 2002 | 28/09/2008 | | 24/09/2002 | | 09/09/2004 | 27/05/2005 |
| Résolution spatiale (m) | 0.5 | 1 | 4 | 5 | 10 | 15 | 23 |
| Résolution spectrale (µm) | Panchro- matique | 0.5 – 0.9 | 0.45–0.52 0.52–0.60 0.63–0.69 0.76–0.90 | 0.5–0.9 | 0.51–0.73 0.61–0.68 0.78–0.89 1.58–1.75 | 0.52–0.60 0.63–0.69 0.78–0.86 | 0.52–0.59 0.62–0.68 0.77–0.86 1.55–1.70 |

Le traitement des données de télédétection pour l'identification des structures paysagères est effectué à partir d'une méthode orientée objets (Benz et al., 2004 ; Burnett et Blaschke, 2003). Le traitement s'effectue en deux étapes, une segmentation multicritères (prenant en compte des facteurs d'échelle, de forme, de réflectance, d'homogénéité et de compacité) et une classification par fonction d'appartenance (basée sur des indicateurs de brillance, moyenne et ratios dérivés des propriétés de réflectance des objets) (Vannier et Hubert-Moy, 2008). Les classifications sont confrontées à la carte de référence afin d'évaluer les objets correctement détectés, les erreurs d'omission, et les erreurs commises. On évalue ensuite, à partir de la carte de référence, le pourcentage de longueur de haies correctement détecté par chaque capteur, par rapport à la longueur totale numérisée. Puis, on évalue cartographiquement le type d'éléments de structure représentés et les éléments de structure non représentés par ces cartes.

La caractérisation des éléments de haies est effectuée à partir de la cartographie la plus fine, celle produite par le traitement de l'image Kompsat2. Cette étape consiste à caractériser le réseau de haies en trois classes : les haies continues, discontinues et très discontinues (typologie des chambres d'agriculture) (Vannier et Hubert-Moy, 2010). La continuité des haies est calculée à partir d'une analyse de la composition, la morphologie et l'arrangement spatial des éléments boisés sur des bordures de champs. Une haie est qualifiée de continue si elle est couverte par plus de 75% de canopées, une haie est qualifiée de discontinue si elle est couverte par plus de 50% de canopées et si les trouées sont inférieures à 10m, une haie est qualifiée de très discontinue si elle est couverte par moins de 50% de canopées et si les trouées sont supérieures à 10m.

Le contexte paysager, c'est-à-dire les patrons d'organisation des structures au sein de la mosaïque agricole, est défini à partir de l'analyse de la base de données SIG du site d'étude. Ce sont les dynamiques d'occupation du sol qui sont analysées à partir des successions de prairies et cultures dans les parcelles, entre 2000 et 2009. Ces successions sont de cinq types : toujours

en prairie, à dominante prairiale, mixte, à dominante culturale, toujours en culture. Une analyse spatiale de voisinage de ces surfaces est effectuée, elle consiste à analyser la répartition spatiale du voisinage des surfaces selon les types de succession d'occupation du sol. Elle s'effectue à deux niveaux d'organisation, le niveau parcellaire, le niveau de l'ilot de parcelles (groupe de parcelles homogènes).

Il s'agit ensuite de mettre en relation l'analyse de la répartition spatiale des haies selon les dynamiques d'occupation des sols correspondantes, puis d'en analyser les évolutions en termes de continuité ou discontinuité des structures paysagères dans le temps.

3. Principaux résultats

Les classifications des images satellites produisent les résultats suivants : l'orthophotoplan permet d'extraire 74% du linéaire de haies, l'image Kompsat 2 permet d'extraire 97% du linéaire, l'image Spot5 (5m) permet d'extraire 87% du linéaire, l'image Spot5 (10m) permet d'extraire 83% du linéaire, l'image Aster Vnir permet d'extraire 70% du linéaire et l'image IrsLiss permet d'extraire 28% du linéaire. L'analyse des résultats cartographiques montre que les données grossières qui ne détectent que peu de haies en pourcentage fournissent en revanche une réelle information sur la structure du paysage ; chaque type de carte produit ainsi des informations différentes, à des échelles différentes, et ces informations sont complémentaires. La finesse des éléments extraits à partir de l'image Kompsat2 permet de produire des indicateurs de continuité de canopées fiables et qui peuvent être mis en place sur de larges étendues.

L'analyse de la répartition spatiale des dynamiques d'occupation des sols mettent en évidence des logiques spatiales différentes selon les niveaux considérés. Au niveau parcellaire, les dynamiques semblables se regroupent en patches de parcelles voisines et ayant la même gestion ; au niveau des ilots parcellaires, la

répartition spatiale est plus homogène, il ne se dégage pas de logique spatiale particulière.

Les continuités et discontinuités des haies et les successions d'occupation du sol traduisent des pratiques d'agriculteurs sur le territoire. L'analyse de la répartition spatiale de ces éléments (haies et éléments de haies,

parcelles, ilots et successions d'occupation du sol, etc.) à différents niveaux d'organisation va permettre de déterminer des logiques spatiales de pratiques d'acteurs. La perspective est alors de mettre en place un modèle multi-agents, prenant en compte explicitement ces pratiques d'acteurs à différents niveaux d'organisation, afin d'analyser comment certains types de structures émergent et évoluent dans le paysage.

4. Références bibliographiques

- Baudry J., Burel F., Thenail C., Le Coeur D., 2000, A holistic landscape ecological study of the interactions between farming activities and ecological patterns in Brittany, France, *Landscape and urban planning*, 50, 119-128.
- Benz U., 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, 239-258.
- Burnett C., Blaschke T., 2003, A multi-scale segmentation/object relationship modeling methodology for landscape analysis, *Ecological modeling*, 168, 233-249.
- Cheverry C., 1998, *Agriculture intensive et qualité des eaux*, INRA Ed., Versailles.
- Houet T., Corgne S., Hubert-Moy L., Marchand J.P., 2008, Approche systémique du fonctionnement d'un territoire agricole bocager, *Espace Géographique*, 3, 270-286.
- Mérot P., Gascuel-Oudoux C., Walter C., Zhang X., Molenat J., 1999, Bocage landscape and surface water Pathways, *Revue Internationale des Sciences de l'Eau*, 12/1, 23-44.
- Saunders D.A., Hobbs R.J., Margules C.R., 1991, Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review, *Conservation Biology*, 5, 18-32.
- Thenail C., 2002, Relationships between farm characteristics and the variation of the density of hedgerows at the level of a micro-region of bocage landscape. Study case in Brittany, France, *Agricultural Systems*, 71, 207-230.
- Thenail C., Baudry J., 2001, Modélisation des systèmes techniques agricoles contribuant aux dynamiques des structures paysagères : de la parcelle à l'exploitation agricole et au paysage, in Hubert-Moy L. (éd.), *Etude des changements d'utilisation et d'occupation du sol: échelles et modèles*, séminaire de l'UMR 6554, Rennes, 16-24.
- Vannier C., 2010, Représentation spatiale de pratiques agricoles territorialisées à partir de données de télédétection, échelle, objets, pixels, *Géopoint 2010 : Les échelles pour les géographes et les autres*, Avignon, Juin 2010.
- Vannier C., Hubert-Moy L., 2008, Detection of wooded hedgerows in high resolution satellite images using an object-oriented method, *Proceedings of the 2008 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, Boston (USA), July 2008, vol. IV, 731-734.
- Vannier C., Hubert-Moy, 2010, Wooded hedgerows characterization in rural landscape using very high spatial resolution satellite images, *Proceedings of the 2010 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, Honolulu (USA), 25-30 July 2010, 347-350.



Atelier 5

Géographie des risques

Exploratory Analysis of Forest Fires Spatial Distribution Using Multivariate Variography

Carmen Vega Orozco*, **Mikhail Kanevski***, **MarjTonini*** and **Marco Conedera*****

**Institute of Geomatics and Analysis of Risk (IGAR), University of Lausanne, Switzerland*

***WSL Swiss Federal Research Institute, Insubric Ecosystems Research Group, Switzerland*

CarmenDelia.VegaOrozco@unil.ch

KEYWORDS

Spatial analysis ● geostatistics ● variogram ● cross-variogram ● forest fires

1. Introduction

Forests cover about 30% of the total planet land area and they play an essential role in the dynamic of the life considering their function in the ecological wealth and the well-being of people (FAO, 2005). A major factor perturbing distribution and composition of forest life is *fires*. This phenomenon can profit forest ecosystems by regulating the functioning of these communities, influencing plant growth and reproduction. However, some other non-fire-adapted forest ecosystems, human activities and environment can be negatively affected. Fire reduces the biomass stimulating soil erosion by wind and water, decreases the water infiltration capability of soils, increases the superficial runoff of snowmelt and rainfall, involves loss of biodiversity, releases carbon to the atmosphere, etc. To society, fire increases the vulnerability of human settlements, health, and activities at reducing forest areas which can give protection against natural hazards such as snow avalanches, rock fall, flooding, etc. (Conedera M. *et al.*, 2003). Worldwide statistics reveal a growing trend of these fires producing remarkable impacts on ecosystems, regional economies, human health and safety and global climate change. Therefore the identification of vulnerable regions to fire and the understanding of their distribution in space and time are crucial to mitigate fire-related problems, to improve fire occurrence prediction and fire management planning.

Currently, forest fire sequences can be analyzed and monitored by using diverse statistical tools. They can be modeled as a stochastic point process where events are characterized by their spatial locations, occurrence in time, size of burned area, and other additional information such ignition cause, slope and altitude

(Digital Elevation Models – DEMs), distribution of vegetation (landuse), etc.

This research deals with the application of multivariate geostatistical tools (variography) to perform spatial pattern exploratory analysis in forest fire sequences, aiming to understand how data are distributed in space as well as describing the spatial continuity of the phenomena under study. Methodology is applied to the forest fire database of canton Ticino (Switzerland) for a period from 1969 to 2008. Results reveal correlation between topographic characteristics at the canton level. Comprehensive analyses of variograms and cross-variograms between topographic features, burned area, ignition causes, duration, etc., were performed to analyze spatial and temporal correlation.

2. Variography

A fundamental part of geostatistics is to analyze and determine quantitative measures of spatial correlation characterizing the spatial phenomena under study. The assessment of this spatial continuity is generally done by modeling the variogram (Olea R., 2006) referred as the main measure of variography or structural analysis. Therefore, variography can be considered a key point for most geostatistical models. A fundamental assumption in variography is the existence of spatial correlation which states that neighborhood points have rather closer values than those that are farther apart (Kanevski M. and Maigan M., 2004).

Measurement points are discrete points distributed in space, and for that, the variogram looks at points separated by lag distance h (a vector having module and direction) and compares the measurement values (Kanevski M. and Maigan M., 2004). In the multivariate case, as it is used in this paper, values of

different variables characterizing phenomena are compared to each other. In order to compute correlation measures (variogram) some quantization of the lag and angle space should be used. Angle and lag tolerances are used to find pairs which are used for structure computations. The variogram for lag distance h is defined as the average squared difference of values separated approximately by h (Kanevski M. *et al*, 2009):

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} (Z(x) - Z(x+h))^2$$

Where $Z(x)$ is a random function (x is the spatial coordinates vector describing the position of the measurement points in one-, two-, or three-dimensional space); h is the lag distance; and $N(h)$ is the number of pairs for lag distance h . Since a variogram is a difference of a squared function, its values are very sensitive to outliers (i.e. very high values of data), and it is only valid for a distance one half of the field size (Kanevski M. *et al*, 2009).

When looking at the variogram definition, it is evidently that variograms describe spatial dissimilarity. That is, when data are correlated, the value of a variogram is small at small distances, and it is greater at greater distances. Therefore, the closer the values at large distances the more continuous and smooth is the function.

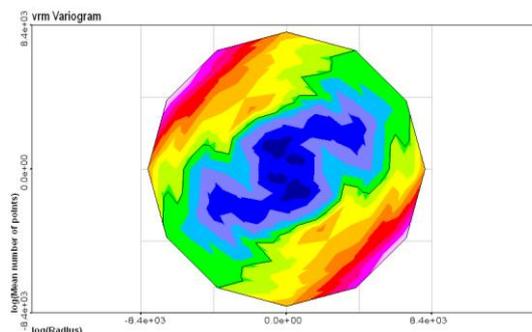
More robust methods when outliers are present compared to variograms are madograms and rodograms which can also be used as a measure of spatial continuity, at least for descriptive purposes (Kanevski M. and Maigan M., 2004):

Madogram:

$$M(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} |Z(x) - Z(x+h)|$$

Rodogram:

$$R(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} |Z(x) - Z(x+h)|^{1/2}$$



Cross-variography is used to characterize the spatial relationships between several variables characterizing phenomena. Cross-variogram is given by (Kanevski M. *et al*, 2009):

$$\gamma_{ij}(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} (Z_i(x) - Z_i(x+h))(Z_j(x) - Z_j(x+h))$$

Where $Z_i(x)$ is a random function of the i variable and $Z_j(x)$ is a random function of the j variable.

3. Data

The real case study is based on the 2'401 forest-fire event data of Canton Ticino (Switzerland) for a period of 39 years from January 3rd 1969 to August 8th 2008. This data has been collected by the local Forest Service of the canton for most forest fires in its territory since 1900. But it was only after 1969 when the dataset was enlarged to include drawings of the burned area on maps. In 1990, the existing data was organized in a relational database including the location of the ignition points and the fire perimeters in a GIS platform by the Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research. This wildfire database includes the following variables: geographical location consisting on X and Y coordinates, an ID number for each fire, date and time of fire ignition (day-month-year), duration of fire, fire cause, size of burned area, altitude of the ignition point, and topography of the burned areas (slope), etc.

4. Results

Variograms were calculated to analyze spatial continuity of distribution of forest fires burned area and to describe correlation between burned area, topographic features and fire ignition causes. The first application of variography is concerning the spatial correlation analysis of burned area distribution of forest fires in canton Ticino during the observation period: 1969 to 2008.

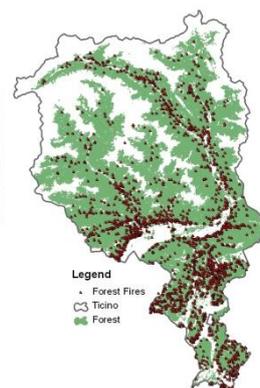


Figure 1. Variogram for forest fire burned area distribution in canton Ticino

Variogram of burned area distribution (figure 1) clearly illustrates anisotropy in the 45° east-north axis. In this direction, burned area is much less variable (more continuous) than in the transverse direction (45° north-south). This spatial continuity puts in evidence the influence of valleys in the distribution of forest in the canton territory, determining the distribution of fires. Geographically speaking, valleys in the canton are largely present and probably the most influenced valleys are the two major Swiss valleys, Ticino and Maggia, which are found around the Lake Maggiore.

The canton is split topographically in two parts by the *Monte Ceneri*: 1) the northern part, more mountainous called *Sopraceneri* and 2) the southern part, less mountainous, called *Sottoceneri*, is the region around the Lake Lugano characterized by a hilly region where most of the population is settled. To analyze the distribution of forest fire burned area at the regional level, data was divided regarding this geographic characteristic and variography was performed for each case.

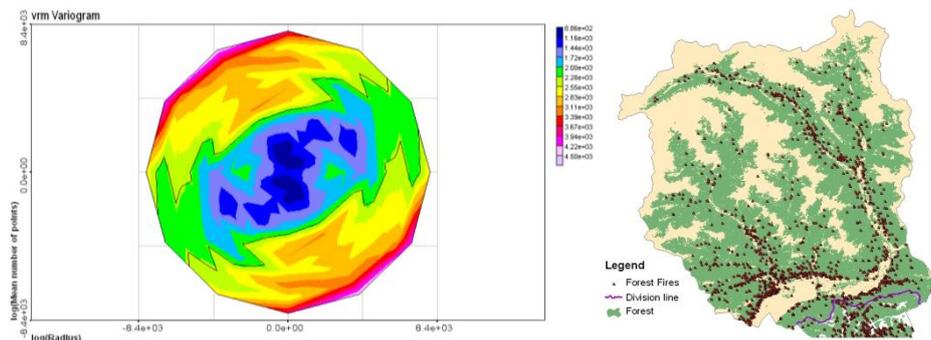


Figure 2. Variogram for forest fire burned area distribution in Sopraceneri region

Spatial continuity of burned area in Sopraceneri region (figure 2) shows anisotropy in the 45° east-north direction, experiencing the same behavior than the

variogram of the entire canton territory. This situation is probably due to the presence of the two major valleys in this region.

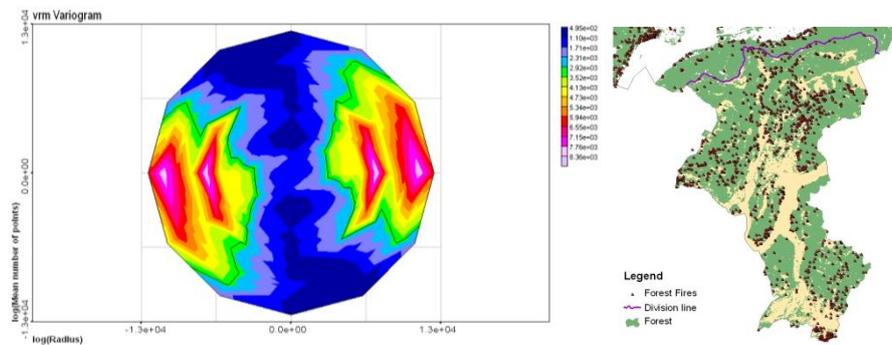


Figure 3. Variogram for forest fire burned area distribution in Sottoceneri region

When looking at variography of burned area in Sottoceneri region (figure 3), anisotropy is completely different than anisotropy in the Sopraceneri region (see

figure below). Here, variogram exposes anisotropy in the north-south direction determining that burned area changes less continuous in the east-west direction.

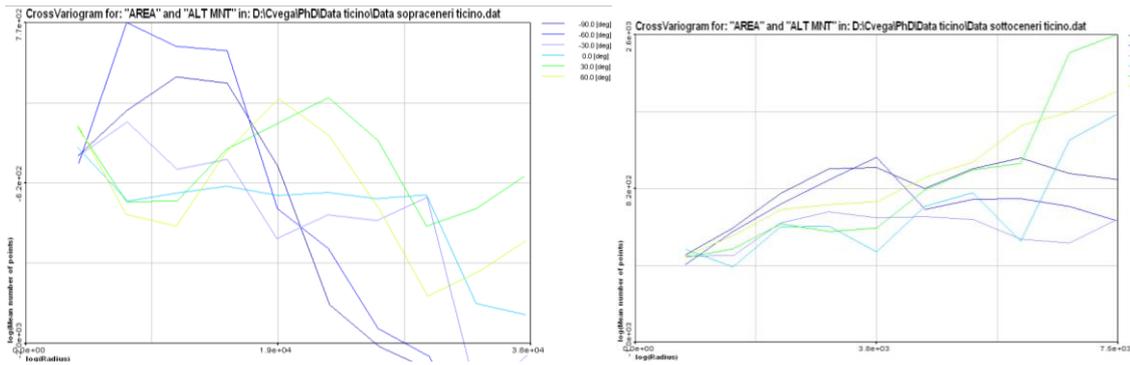


Figure 4. Cross-variogram for forest fire burned area and altitude in Sopraceneri (left) and Sottoceneri (right) regions

Cross-variography for burned area and altitude in Sopraceneri region (figure 4) exposes a negative correlation between these two features (see figure above). This means that at higher altitudes burned area is smaller and vice versa. Anisotropy is detected in the 45° east-north direction. It can be marked that most of the fires occurring at higher altitudes are mainly caused by lightning which only happen during the summer season. These fires are probably smaller in size since

they are known to happen in a specific time of the year facilitating a response to fire. In Sottoceneri region, burned area presents a positive correlation with altitude having anisotropy in the 40° west-north direction. This region, correlation has a very different behavior regarding the Sopraceneri region because in Sottoceneri region majority of fires are caused by human actions.

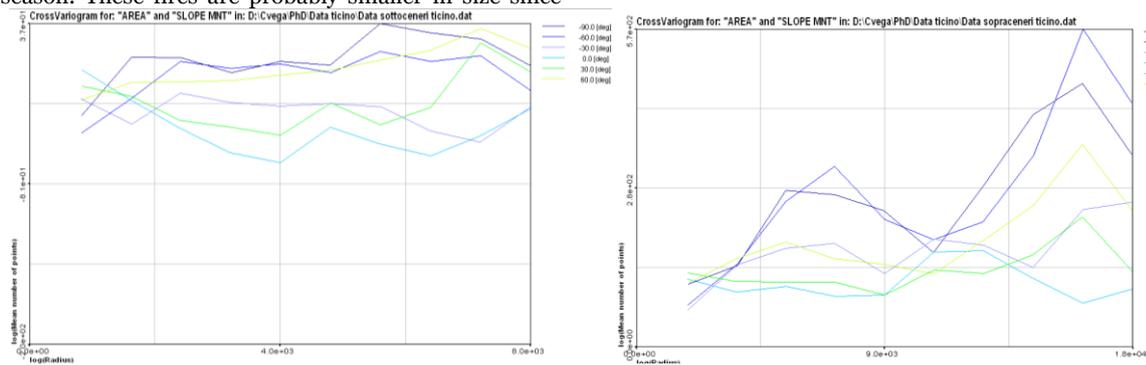
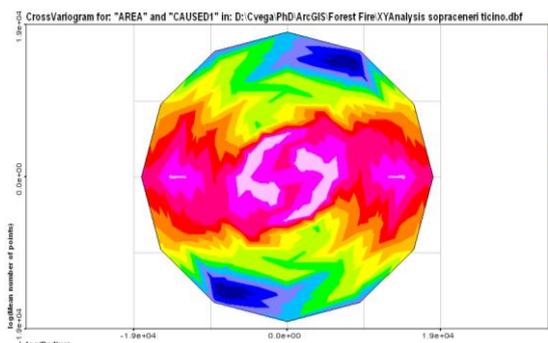


Figure 5. Cross-variogram for forest fire burned area and slope in Sopraceneri (left) and Sottoceneri (right) regions

These variograms (figure 5) show a positive correlation between burned area and slope feature; meaning that at higher slope variations burned area is greater too. This correlation is more evident in the Sopraceneri region than in the Sottoceneri. This is probably due to the fact that Sopraceneri is a more mountainous area presenting greater slope values than the Sottoceneri.

Figure 6. Cross-variogram for forest fire burned area and ignition causes

This cross-variogram (figure 6) reveals a negative correlation between burned area and ignition causes. Ignition causes where qualified in a range from 1 to 3 where 1 corresponds to human causes and 3 to lightning causes. These results ratify the assumption that smaller sizes of burned area correspond to fires ignited by lightning causes.



5. Conclusions

Geostatistical tools were applied to estimate anisotropic spatial correlation between forest fires structures. Cross-correlation analysis was performed through

cross-variograms which revealed spatial relationships between these fires and DEM features such spatial dependence of forest fire burned areas with altitude and slope characteristics.

Variography is a powerful tool to study the correlation structure of spatial data. In the present research it was

efficiently applied for the analysis of forest fires spatial data. Robust variographic measures can overcome problems with extremes and outliers. Future researches concern spatial predictability of forest fires and complete spatio-temporal geostatistical modeling.

6. References

- Conedera M., Peter L., Marxer P., Forster F. Rickenmann D and Re L., 2003, Consequences of forest fires on the hydrogeological response of mountain catchments: a case study of the RialeBuffaga, Ticino, Switzerland, *Earth Surface Processes and Landforms*, 28, 117-129.
- FAO, 2005, Global Forest Resources Assessment 2005 progress towards sustainable forest management, *FAO Forestry*, Paper 147.
- Olea R., 2006, A six-step practical approach to semivariogram modeling, *StochEnvrion Res Risk Assess*, 20, 307-318.
- Kanevski M. and Maigan M., 2004, *Analysis and Modelling of Spatial Environmental Data*, EPFL Press.
- Kanevski M., Pozdnoukhov A. and Timonin V., 2009, *Machine Learning for Spatial Environmental Data: theory, applications and software*, EPFL and CRC Press.

Analyse de l'impact d'une inondation sur le fonctionnement du réseau de gestion des déchets

Exemple de la Vendée et de la Charente-Maritime, suite au passage de la tempête Xynthia

Hélène Beraud, Bruno Barrocaet Gilles Hubert

Université Paris Est – Marne la Vallée, Département de génie urbain, LEESUUMR MA 102

Helene.Beraud@univ-mlv.fr

MOTS CLEFS

Inondation • Réseau de gestion des déchets • Analyse fonctionnelle • Territoire • Xynthia

Résumé

Le fonctionnement du réseau² de gestion des déchets est indispensable au bon fonctionnement d'un territoire. Outre son impact visuel et psychologique fort, il soulève des questions de salubrité et de santé publique essentielles, d'autant plus prégnantes en période d'inondation que le volume de déchets générés est souvent considérable, et de nature nouvelle (déchets mouillés, mélangés, voire pollués).

L'eau dégrade en effet tout ce qu'elle touche. Matériaux de construction, branchages, mobiliers, stocks d'entreprises, d'exploitations agricoles ou de supermarchés, boues, gravats, cadavres d'animaux se retrouvent mouillés, mélangés, voire pollués par des hydrocarbures et des substances toxiques. Ainsi, à Dresde, suite à la crue de l'Elbe en 2002, la production de déchets avait atteint l'équivalent de trois années de production de déchets en période normale. Face à cela, aux risques sanitaires et environnementaux majeurs, leur gestion pose un réel problème. Que faire de ces déchets ? Comment les collecter ? Où les stocker ? Comment les traiter ? Qui est responsable ? Ces questions sont encore aujourd'hui sans réponse. De ce fait, le retour à la normale du territoire est souvent ralenti, pendant plusieurs mois après la catastrophe, par ces amas de déchets en attente de traitement. Ainsi, à la Nouvelle-Orléans, neuf mois après la catastrophe due au passage du cyclone Katrina, un tiers des déchets devait encore être trié. Une étude portant exclusivement sur les déchets générés dans l'État du Mississippi estimait qu'il faudrait environ cinq ans

pour en venir à bout (Hassett et Handley, 2006). C'est dire l'ampleur de la tâche.

Loin d'être sans risque, cette durée de traitement des déchets pose des problèmes considérables pour le territoire. Nettoyer est ainsi le premier réflexe des populations, des acteurs locaux pour oublier, mais également pour redémarrer le plus rapidement possible. Le réseau de gestion des déchets se doit donc de fonctionner en période de crise (Beraud, Barroca et Hubert, 2010). Or, la connaissance de ses dysfonctionnements en cas d'inondation est encore faible. Comment le réseau de gestion des déchets fait-il face à une inondation ? Quelles difficultés peut-il rencontrer ? Quels sont ses points de faiblesse ? Comment doit-il s'organiser pour absorber les déchets générés par l'inondation ? Un travail de recherche mené dans le cadre d'une thèse³ essaie de répondre à ces questions, en se basant sur une observation des réseaux de gestion des déchets des territoires vendéens et charentais inondés en février 2010, suite au passage de la tempête Xynthia, et une étude théorique des dysfonctionnements du réseau de gestion des déchets.

Les résultats de cette étude doivent nous permettre de mieux connaître les dysfonctionnements potentiels du réseau de gestion des déchets.

Les principales étapes méthodologiques de cette étude sont décrites succinctement dans les lignes ci-dessous.

² Le terme réseau est pris dans cette communication au sens de réseau technique urbain, tel que Gabriel Dupuy le définit dans « L'urbanisme des réseaux : théories et méthodes » (1991).

³ Thèse d'Hélène Beraud sur « L'amélioration de la résilience du réseau de gestion des déchets comme contributeur à la résilience des territoires aux inondations. Les déchets post inondation. », menée sous la direction de Gilles Hubert et de Bruno Barroca au LEESU (Laboratoire eau environnement et système urbains).

Analyse des conséquences de l'inondation des littoraux vendéens et charentais, suite à la tempête Xynthia, sur le fonctionnement du réseau de gestion des déchets.

Suite au passage de la tempête Xynthia, de nombreuses maisons ont été inondées, générant par là même une quantité très importante de déchets. Quels déchets ont été produits (nature, quantité) ? Quels dysfonctionnements les acteurs de la gestion des déchets ont-ils rencontrés ? Quels enseignements peut-on tirer de cette inondation sur le fonctionnement du réseau de gestion des déchets ? L'analyse d'un rapport réalisé par l'association Robin des Bois sur les déchets générés par la tempête Xynthia (Robin des Bois, 2010) nous permet de répondre à ces questions et d'avoir, ainsi, une première connaissance des dysfonctionnements auxquels doit faire face un réseau de gestion des déchets en cas d'inondation.

Cependant, la situation des territoires inondés suite à la tempête Xynthia n'est pas généralisable. Elle est en partie spécifique au territoire analysé. Afin de pouvoir mettre en évidence en quoi elle se différencie d'autres territoires, d'autres organisations de gestion des déchets (déchets ménagers notamment), elle doit donc s'accompagner d'une analyse théorique des dysfonctionnements potentiels du réseau de gestion des déchets.

Modélisation théorique des dysfonctionnements potentiels du réseau de gestion des déchets.

Mettre en évidence les dysfonctionnements potentiels du réseau de gestion des déchets nécessite de comprendre comment le réseau de gestion des déchets fonctionne. Pour cela, dans un premier temps, nous considérons le réseau de gestion des déchets comme un système, c'est-à-dire comme « un objet qui, dans un environnement, doté de finalités, exerce une activité et voit sa structure interne évoluer au fil du temps sans qu'il perde son identité unique » (Le Moigne, 1977). Le réseau de gestion des déchets « peut en effet être considéré comme un objet composé d'éléments ou de sous-systèmes organisés en fonction d'un but, d'une finalité (« gérer les déchets »), en interrelation constante entre eux et avec un environnement. Comprendre le fonctionnement de ce système nécessite

de caractériser sa structure, son environnement, ses fonctions, ainsi que les conditions de son fonctionnement (Villemeur, 1988). L'analyse fonctionnelle permet tout cela. Cette méthode rend en effet possible « la compréhension et la description synthétique du fonctionnement du système étudié : elle définit ses limites, son environnement, sa constitution, et elle recherche les fonctions qu'il assure » (Peyras, 2002). Elle permet ainsi d'établir les principes de fonctionnement du réseau de gestion des déchets et d'en déterminer les mécanismes.

Une fois le fonctionnement défini, nous avons déterminé ses dysfonctionnements pour chacune des phases de la crise (en période de pré crue, de crue et de post crue) en se basant notamment sur des retours d'expériences.

Comparaison des résultats obtenus par la modélisation théorique et les observations du retour d'expérience, et recherche de facteurs explicatifs à travers l'analyse des territoires inondés.

Les dysfonctionnements repérés à l'aide de l'analyse fonctionnelle ont été comparés aux dysfonctionnements mis en évidence sur le terrain. Des différences existent entre l'analyse théorique et le retour du terrain.

Les réseaux de gestion des déchets sur les territoires étudiés semblent avoir connus des dysfonctionnements limités. Quelles sont donc les caractéristiques territoriales (enjeux présents, usage du sol, organisation d'acteurs, localisation des sites de la gestion des déchets, etc.) qui ont permis aux territoires de la Vendée et de la Charente maritime de faire face aux difficultés posées par l'inondation ? Pour répondre à cette question, les territoires inondés seront analysés à travers l'étude de l'occupation du sol, le recensement et la spatialisation des enjeux, l'analyse des acteurs de la gestion des déchets, etc.

L'ensemble des résultats de cette étude permettra de définir de manière précise et illustrée les dysfonctionnements du réseau de gestion des déchets.

Notre communication se propose de présenter la méthodologie et les résultats de ce travail.

Références bibliographiques

- Assemblée nationale, 2010, *Rapport d'information sur mes raisons des dégâts provoqués par la tempête Xynthia*, Rapport n° 2697.
- BERAUD H., BARROCA B., HUBERT G., 2010, Flood resilience urban territories, *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 12, EGU2010-7875, 2010 EGU General Assembly 2010.
- DUPUY G., 1991, *L'urbanisme des réseaux : théories et méthodes*, A. Colin, Coll. U. Géographie, Paris.

- HASSETT W. L., HANDLEY D. M., 2006, Hurricane Katrina : Mississippi's Response, *Public Works Management policy*, n° 10, pp 295 - 305.
- PEYRAS L., 2002, *Diagnostic et analyse de risques liés au vieillissement des barrages. Développement de méthodes d'aide à l'expertise*, Thèse de doctorat, Université Aix-Marseille II, Aix en Provence.
- ROBIN DES BOIS, 2010, *Les déchets de la tempête Xynthia*, Rapport d'enquête, 110 p.
- Sénat, 2010, *Rapport d'information fait au nom de la mission commune d'information sur les conséquences de la tempête Xynthia*, Tome 1, Rapport n° 647.
- VILLEMEUR A., 1988, *Sûreté de fonctionnement des systèmes industriels. Fiabilité - Facteurs humains – Informatisation*, Eyrolles, Coll. Études et recherches d'Électricité de France, Paris.

Quelle relation entre risque sanitaire et pauvreté ?

Paludisme et vulnérabilité économique à Dakar

Agnès Couvray*, Sébastien Oliveau et Richard Lalou**

*Université de Provence, UMR 6012 ESPACE

**IRD, UMR 151 LPED

MOTS CLEFS

Paludisme • Dakar • Risque • Pauvreté • Vulnérabilité

1. Paludisme urbain et pauvreté

Malgré des décennies de lutte, le paludisme demeure un problème de santé publique majeur en Afrique avec près de 1 millions de décès chaque année (Salem, 1994). Avant tout rurale, la maladie revêt cependant des aspects particuliers en milieu urbain où elle se conjugue différemment selon les sous-espaces urbains, du fait de l'hétérogénéité sociale, spatiale et environnementale des villes (Trape, 1991, Salem, 1994, Mouchet & Carnevalle, 2004). C'est le cas de l'agglomération de Dakar, capitale du Sénégal, qui constitue de ce point de vue un excellent terrain d'étude (Borderon et al. 2010).

En effet, Dakar connaît une forte croissance urbaine et peine à intégrer correctement les populations immigrées. La pauvreté et l'importante pression foncière accentuent la vulnérabilité des populations, particulièrement dans les environnements favorables au paludisme (zones en eau ou inondable). Les cartographies existantes le montrent bien (Salem, 1998 ou plus récemment Ndour, 2009).

Notre travail a pour objectif de construire l'espace géographique du risque, c'est-à-dire d'identifier, localiser et hiérarchiser les espaces à risque anophélien, puis de dresser la cartographie de la pauvreté.

Nous pourrions ainsi voir s'il existe un lien entre la localisation dans un espace à risque et un niveau économique faible. Autrement dit, déterminer si les pauvres sont plus exposés. A ce risque s'ajoute la question de la vulnérabilité, c'est-à-dire ici la capacité de faire face au risque et à la maladie. Cette capacité a un coût que les populations pauvres n'ont pas toujours les moyens d'assumer. La finalité de cette recherche consiste à dresser la cartographie des populations les

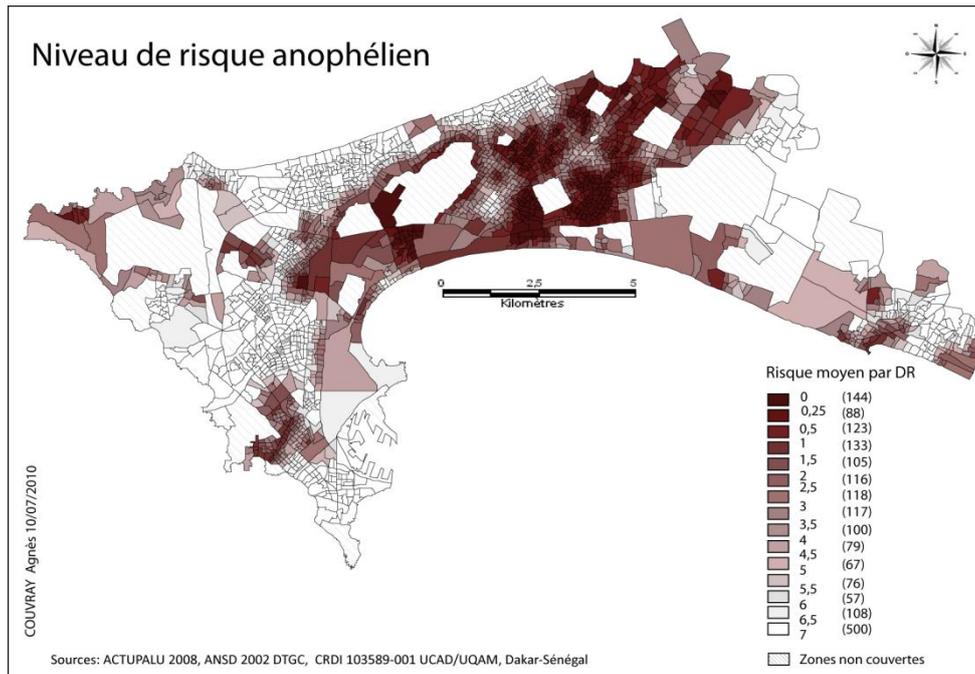
plus vulnérables au paludisme, c'est-à-dire les populations cumulant risque anophélien et absence de moyens de lutte ou de prévention.

Leur mise en relation révèle une forte hétérogénéité spatiale en terme de densité anophélienne et de transmission du paludisme, d'une part entre le centre ville et sa banlieue, et d'autre part, à une échelle plus fine, en fonction de la distance aux zones en eau et zones humides (Trape, Salem *et al.*, 1992 et 1994).

2. Lier le risque anophélien à la vulnérabilité économique

Risque anophélien

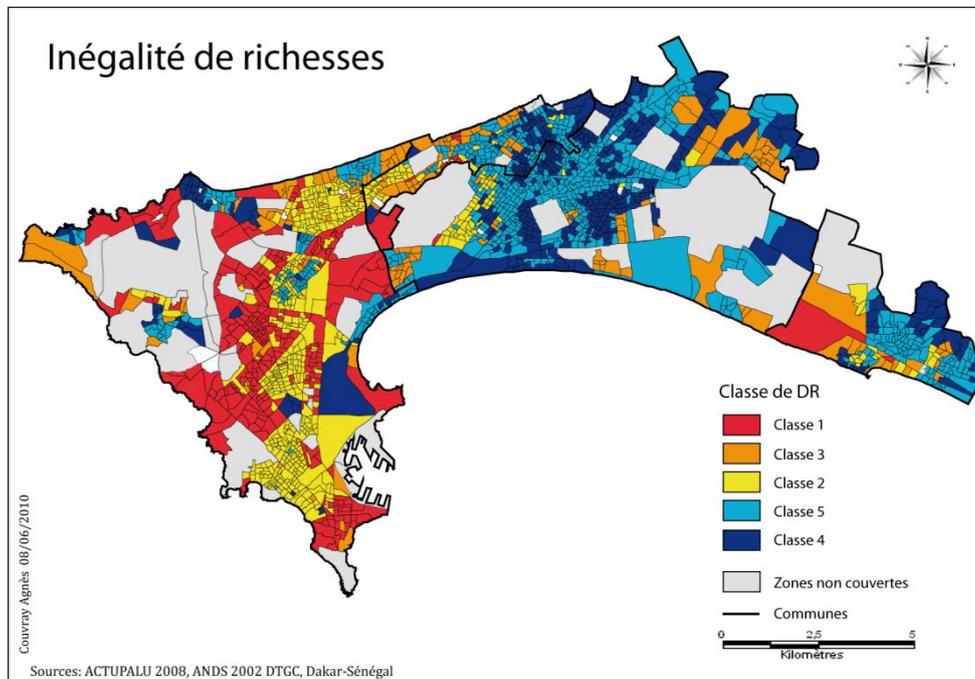
La première étape a consisté à déterminer et localiser les espaces favorables à la reproduction des moustiques. Pour cela, nous avons eu à notre disposition un ensemble de couches SIG localisant ces espaces. Ces données sont issues de travaux de télédétection réalisés à l'Institut des Sciences de la Terre de Dakar et au sein du programme ANRACTUPALU. Ces couches SIG ont été intégrées dans le logiciel Mapinfo pour créer la couche « grands gîtes larvaires potentiels ». C'est à partir de cette couche, combinée à la couche District de Recensement (DR) que les espaces à risques ont été calculés. Pour cela, nous avons effectué des calculs de distance, en estimant une zone de risque comprise entre 0 et 600 mètres du gîte. Afin d'obtenir un gradient fin du risque, les buffers ont été créés tous les 100 mètres. La quasi-totalité des DR concernés étant traversés par plusieurs niveaux de risques, une requête spatiale a été réalisée afin de déterminer un niveau moyen de risque par DR. Les espaces à risque ont ainsi été localisés et hiérarchisés.



Pauvreté

Concernant la pauvreté, nous avons choisi l'approche par les conditions de vie. Nous nous sommes appuyés sur différentes variables du recensement de 2002, disponibles au niveau des districts de recensement (unité la plus fine du recensement sénégalais, voir Oliveau et al., 2009). Notre base de données est

composée de 76 variables relatives à l'habitat et l'équipement des ménages. Sur le plan méthodologique nous avons utilisé une analyse en composantes principales, complétée par une classification ascendante hiérarchique pour mettre en avant les différences de pauvreté. Les résultats nous ont permis de réaliser la cartographie des inégalités de richesse dans l'agglomération.



Mise en relation

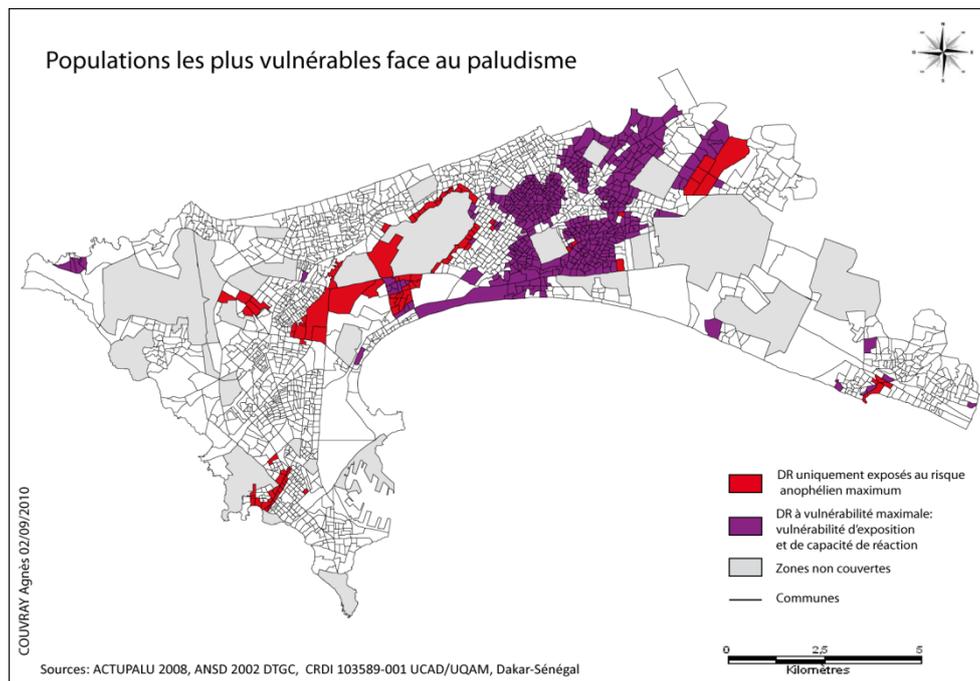
Une fois le risque anophélien et la pauvreté traités séparément, nous les avons mis en relation. Pour cela, nous avons tout d'abord réalisé un test du khi-deux afin de savoir si les populations pauvres sont plus exposées au risque anophélien. Par ailleurs, nous avons aussi croisé spatialement ces deux variables pour localiser les populations les plus vulnérables. Pour réaliser cette cartographie, nous avons superposé la géographie du risque anophélien maximum avec celle de la pauvreté. La densité anophélienne, régit par la distance au gîte, étant considérée comme premier facteur de risque de transmission (Salem, 1994), 2 niveaux de vulnérabilité ont été créés.

3. Pauvreté et exposition au risque : un lien marqué

L'analyse des résultats sur le risque anophélien met en évidence une forte inégalité spatiale en termes d'exposition. Cette-ci se traduit à l'échelle des communes par une forte opposition entre Dakar et sa banlieue. Dakar est de loin la moins exposée avec un taux d'exposition de 51,8%, pour seulement 6,9% de DR en zone à risque maximum. A l'opposé, Pikine, est

la plus exposée, elle cumule à la fois le fait d'avoir le taux d'exposition le plus fort (95,6%) et d'être la plus exposée au risque maximum (60,9%).

La mise en relation du risque anophélien et de la pauvreté par le test du Khi-deux, nous a permis de montrer le lien entre le niveau de richesse des populations et leur localisation dans ses espaces à risque anophélien dans l'agglomération. La mesure de l'intensité de la relation a révélé que la localisation des populations était expliquée à 29% par le niveau économique. Ce dernier est donc une des composantes majeures déterminant la localisation des populations. La mise en relation des contributions et des signes de la contingence a démontré que ce sont les DR de la classe la plus pauvre qui sont les plus « sélectifs » avec une localisation préférentielle dans les espaces à risque anophélien maximum. Enfin, nous avons localisés les populations les plus vulnérables au paludisme en termes d'exposition et de capacité de réaction, selon deux niveaux de vulnérabilité. Cette carte met en évidence l'extrême vulnérabilité des populations de banlieue, notamment à Pikine, populations cumulant pauvreté et localisation dans les zones de bas fonds, espaces favorable au paludisme. Cette carte pourrait servir à déterminer des zones prioritaires d'intervention en cas d'épidémie de paludisme.



4. Références bibliographiques

- Borderon M., Perchoux C., Oliveau S., Audard F., LALOU R., Malaria risk in Dakar : socio-spatial inequalities and urban environment, *poster présenté au 6ème colloque EDEN (Emerging Diseases in a changing European environment)*, 10-12 mai 2010, Montpellier.
- Daffé G. et Diagne A., *Le Sénégal face au défis de la pauvreté, les oubliés de la croissance*, Editions KARTALA, CRES et CREPOS, 2008.
- D'Ercole R. et al., Vulnérabilités urbaines dans les pays du Sud, *Cybergeo*, 06 avril 2009.
- Diop A., *Dynamique de l'occupation du sol dans les niayes de la région de Dakar de 1954 à 2003 : exemples de la Grande Niayes de Pikine et la Niaye de Yeumbeul*, mémoire de master 2, 2006.
- Kobiane J.F., Habitat et biens d'équipement comme indicateurs de niveau de vie des ménages : bilan méthodologique et application à l'analyse de la relation pauvreté scolarisation, *African Population Studies*, 2004, Vol. 19, No. SA, 265-283.
- Larivière M. et Abonnenc., *Les gîtes larvaires de CULICIDAE dans la presqu'île du Cap Vert*, 1958.
- Machault V. et al., « Highly focused anopheline breeding sites and malaria transmission in Dakar », *Malaria Journal*, 2009.
- Mouchet J. et al., *Biodiversité du paludisme dans le monde*, John LibbeyEurotext, 2004.
- Ndour M.M.M., *Cartographie du risque paludique à Dakar*, mémoire de master 2 de géographie de l'université de Provence (spécialité structures et dynamiques spatiales), 2009, non publié.
- Oliveau S., Audard F., Bonnefoy J-L., N'Donky A., Retour sur une expérience d'échantillonnage spatiale (choix des lieux d'enquête dans l'agglomération dakaroise), *Colloque Théoquant*, 4-6 mars 2009, Besançon.
- Salem, G., Espace urbain et risque anophélien à Pikine, *Cahier Santé*, 4, ORSTROM, 1994, 347-57.
- Salem, G., *La santé dans la ville, géographie d'un petit espace dense : Pikine (Sénégal)*, Karthala-ORSTROM, 1998.
- Trape J.F., *Paludisme et urbanisation en Afrique tropicale*, ORSTROM, 1991.
- Wade S. et al., *Télé-détection des catastrophes d'inondation urbaine : le cas de la région de Dakar (Sénégal)*, 2009, non publié.

Atelier 6

Emissions de polluants et politiques énergétiques

Les échelles d'étude de l'îlot de chaleur urbain et ses relations avec l'occupation du sol et la géométrie de la ville

Ariane Sakhy, Malika Madelin et Gérard Beltrando

UMR 8586 PRODIG, CNRS/ Université de Paris-Diderot
ariane.sakhy@univ-paris-diderot.fr

1. Contexte et objectif

La canicule d'août 2003 a causé plus de 1000 décès à Paris. Les températures élevées, renforcées par l'îlot de chaleur urbain (Oke, 1976), ont occupé un rôle prépondérant sur la surmortalité observée dans la ville (Hémon, Jouglà, 2004). Les températures minimales, pendant les nuits de la première quinzaine d'août 2003 (23,7°C pour le 6 août 2003 et 25,5°C pour les 11 et 12 août 2003) ont dépassé la moyenne mensuelle des températures minimales (14,8°C) mais également celle des maximales (23,6°C) pour la période 1961-1990 (Météo-France). Dans le contexte actuel de réchauffement climatique, il s'avère important de déterminer la relation qui existe entre vague de chaleur et surmortalité à différentes échelles spatiales. La présente étude porte sur les relations qui existent entre les températures de surface, la morphométrie du bâti et la densité des surfaces végétalisées durant cette période de l'été 2003 qui a été favorable à la formation d'un îlot de chaleur urbain. Par ailleurs, nous nous intéressons à la question des échelles pertinentes selon les phénomènes étudiés et à celle de l'agrégation spatiale.

2. Données et méthode

Afin d'observer l'évolution spatiale et temporelle de l'îlot de chaleur urbain du 1er au 14 août 2003, nous utilisons les images MODIS – Land Surface Temperature (résolution : 1 km) ainsi qu'une image LANDSAT du 09/08/03 (30 m), sur une zone s'étendant d'est en ouest de Meaux à Mantes-

la-Jolie et du sud au nord de Melun à Creil. A partir de cette dernière image et de la BDTopo (IGN 2002), nous estimons à plusieurs échelles, d'une part les variables liées à l'occupation du sol et d'autre part, les variables définissant la géométrie de la ville. Les variables d'occupation du sol consistent en l'emprise au sol des bâtiments et des voiries, la présence de végétation et d'eau. Pour ce qui concerne les variables relatives à la géométrie de la ville, nous calculons la hauteur moyenne des bâtiments, le ratio entre la hauteur moyenne des bâtiments et la largeur moyenne de la rue (indice H/W ; Oke, 1987) ou encore au *Sky-View Factor* (Watson, Johnson, 1987) qui représente la part visible du ciel vue de la rue. Le but de ces traitements est de superposer les données relatives à l'occupation du sol et à la géométrie de la ville, ainsi définies, afin de mettre en évidence leurs liens avec les données de températures de surface.

3. Principaux résultats

Les résultats obtenus montrent une faible relation entre les températures de surface des images MODIS et l'emprise au sol du bâti à l'échelle kilométrique. Par contre, ceux obtenus selon une grille de résolution 30 m, avec les températures de brillance (issues de l'image LANDSAT) sont significatifs. Ils montrent les zones sensibles à une forte chaleur en rapport avec le bâti. L'influence de la végétation sur les températures est clairement mise en évidence quelque soit l'échelle choisie (relation négative).

4. Références bibliographiques

- Besancenot J.P., Cohen J.C., 2007, Changement climatique, canicules et allergies : la nouvelle donne culturelle. AIC 2007, *XXe Colloque de l'Association Internationale de Climatologie : Changements climatiques et risques sanitaires en France*, septembre 2007, 37-44.
- Dousset B., Gourmelon F., 2003, Satellite multi-sensor data analysis of urban surface temperatures and landcover, *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, 58, 1-2, 43-54.
- Cadot E., Spira A., 2006, Canicule et surmortalité à Paris en août 2003, Le poids des facteurs socio-économiques, *Espace, populations et sociétés*, 2-3, 239-249.
- Champiat C., 2009, Identifier les îlots de chaleur urbains pour réduire l'impact sanitaire des vagues de chaleur, *Environnement, risques et santé*, 8, 5, 399-411.
- Hémon D., Jouglé E., 2004, *Surmortalité liée à la canicule d'août 2003*, Rapport INSERM, Paris.
- Oke T.R., 1987, *Boundary layer climates*, Methuen, New York.
- Watson I.D., Johnson G.T., 1987, Graphical estimation of sky-view factors in urban environments, *Journal of Climatology*, 7, 193-197.

Évaluation des émissions de polluants des systèmes de transports à la demande

Julie Prud'homme

UMR 6012 ESPACE / Université d'Avignon et des pays de Vaucluse
julie.prud-homme@etd.univ-avignon.fr

MOTS - C L E S

Modèle d'émission de polluants • transports à la demande • échelle des territoires

Les enjeux environnementaux des différents aspects de la société prennent une place toujours plus importante dans les discours politiques, médiatiques, etc. Le domaine des transports n'y fait pas exception. Il est même l'un des secteurs les plus souvent mis en cause.

Les gaz et substances émises lors de la combustion du carburant ont un impact global en participant au phénomène de l'effet de serre et ont un impact plus direct sur la santé publique, dans lequel les transports routiers sont directement impliqués. Leurs impacts environnementaux, notamment les différents polluants émis, sont désormais bien connus (Hickman *et al.*, 2003). L'usage massif des véhicules personnels est souvent mis en cause. Des systèmes de transport alternatifs ont été pensés et mis en place dans un premier temps pour des raisons sociales de mobilité des individus. Il est désormais nécessaire d'en évaluer les performances environnementales. Les Transports A la Demande (TAD) en sont un exemple (Castex, 2007, CERTU, 2010). Ces systèmes de transport sont déclenchés à la suite d'un besoin exprimé par un individu en favorisant le regroupement des clients dans les véhicules grâce à des fenêtres de temps autorisées (ou temps de détour) par les clients par rapport aux horaires qu'ils indiquent. Elles permettent d'effectuer d'éventuels détours par rapports au plus court chemin pour prendre en charge d'autres clients et ainsi favoriser le regroupement des clients dans les véhicules. Ils sont étudiés depuis une vingtaine d'années mais n'ont que très rarement concerné les aspects environnementaux de leur mise en service.

Pour cela, nous adaptons au cas particulier des TAD un modèle d'émission mis en place pour des flottes de véhicules individuels. Le calcul des émissions se fait principalement par une sommation des émissions de chaque polluant produites lors de la circulation « à chaud » et des surémissions lors du (des) démarrage(s) ainsi que la circulation alors que le moteur n'est pas encore à température optimale. L'utilisation des véhicules individuels suit un schéma simple : démarrage au point de départ, arrêt au point d'arrivée ; alors que celle des TAD est un peu plus complexe :

démarrage au dépôt de véhicules, arrêt au point de départ du premier client, redémarrage, arrêt au point de départ du second client, redémarrage, arrêt au point d'arrivée du premier client, redémarrage, arrêt au point d'arrivée du second client. Ce sont des différences de fonctionnement qu'il est nécessaire de prendre en considération dans la constitution d'un modèle d'évaluation des impacts environnementaux des TAD.

Cela revient donc à employer le modèle d'émission ainsi établi avec des informations sur des tournées effectuées par les véhicules d'une flotte de TAD. Des simulations de mise en œuvre de systèmes de TAD sont effectuées. Elles emploient un noyau d'optimisation des tournées qui minimise le temps de parcours pour les usagers tout en favorisant le regroupement des clients dans les véhicules (Garaix, 2005). Des demandes de service sont créées de manière aléatoire, spatialement (arrêt de départ et arrêt d'arrivée) dans un panel d'arrêts prédéfinis par nos soins sur le territoire et temporellement (heure de départ). Pour évaluer les effets du taux de regroupement sur les quantités de polluants émis, nous faisons varier le nombre de demandes de service par les clients fictifs et la taille de la fenêtre de temps autorisée par les clients ; cela sur trois échelles de territoire différentes (région de la Bretagne, agglomération de Rennes, Rennes intra-muros). La densité d'arrêts sur chaque territoire est différente, avec une nette augmentation de celle-ci avec la diminution de la surface du territoire d'étude. Nous effectuons donc une série de simulations en modifiant et combinant ces différents paramètres en entrée.

Les résultats des simulations sont analysés dans le but de vérifier le postulat selon lequel l'augmentation du regroupement des clients dans les véhicules engendre une diminution du nombre de véhicules roulant et ainsi la diminution des émissions de polluants par le système de TAD.

Les résultats des différentes simulations confirment qu'il y a bien une diminution du nombre de véhicules avec l'augmentation du taux de regroupement (*cf.* Annexe 1) et que globalement, les émissions de

polluants diminuent également avec l'augmentation du taux de regroupement. Cependant, la relation n'est pas linéaire et est ponctuée par de nombreuses variations. Il y a donc d'autres éléments qui entrent en jeu dans la variation de la quantité de polluants émis par les véhicules. Des analyses plus précises des résultats issus des simulations apportent des éléments d'explication des différentes variations de la relation émissions de polluants / taux de regroupement. Le postulat formulé est vérifié aux deux échelles géographiques les plus grandes (agglomération de Rennes et Rennes). Pour le territoire le plus grand (Bretagne), par contre, les résultats ne convergent pas vers le postulat. Il n'y a pas de liaison claire entre les variations de ces deux variables. Nous avançons une explication liée à la

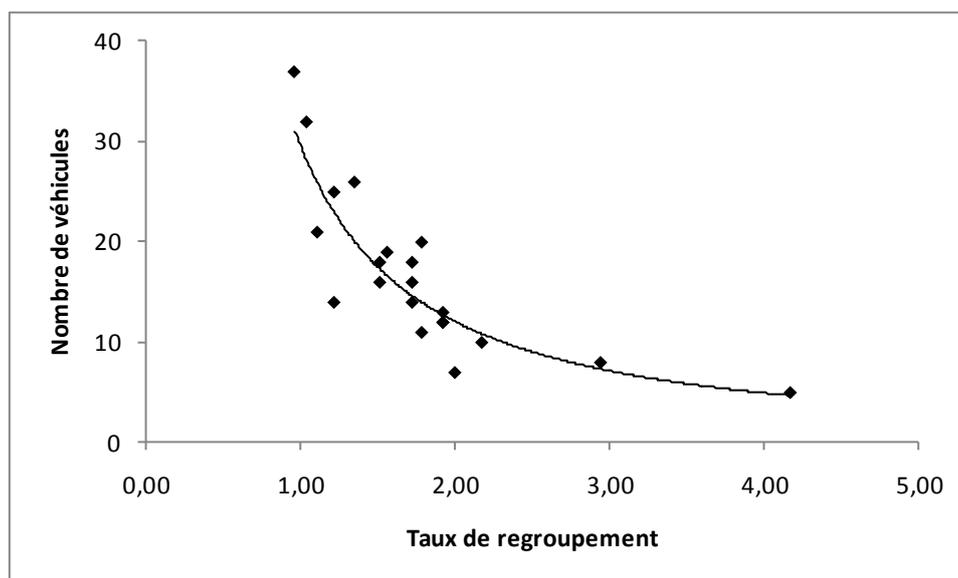
densité des arrêts sur le territoire, et donc de la distance entre ceux-ci, qui provoque une augmentation du kilométrage des véhicules pour effectuer le regroupement des usagers. On présente également l'hypothèse du rôle de la structure des réseaux routiers qui influeraient sur les distances parcourues par les véhicules selon la capacité du réseau à proposer des alternatives de cheminement à un même point.

Cette analyse met en évidence une implication de certaines caractéristiques territoriales à considérer dans l'évaluation des performances environnementales des systèmes de TAD. La forme des réseaux routiers, qui peut être liée aux différents contextes géographiques, est une piste ouverte qu'il reste à explorer pour affiner l'analyse.

Références bibliographiques

- Castex E., 2007, *Le Transport À la Demande (TAD) en France : de l'état des lieux à l'anticipation. Modélisation des caractéristiques fonctionnelles des TAD pour développer les modes flexibles de demain*, Thèse de doctorat, Avignon, France.
- CERTU, 2010, *Le transport à la demande en 140 questions*, Éditions du CERTU.
- Garaix T., Josselin D., Feillet D., Artigues C., Castex E., 2005, Transport à la demande points à points en zone peu dense. Proposition de méthode d'optimisation de tournées, *Cybergeo*, article sélectionné de *SAGEO 2005*, Avignon 20-23 juin 2005, France, <http://www.cybergeo.eu/index2650.html>
- Hickman J., Hassel D., Joumard R., Samaras Z., Sorenson S., 2003, *Environment, energy and transport*, EU-PORTAL, Matériel pour l'enseignement dans le domaine des transports.

Annexe



Annexe 1. Relation entre le taux de regroupement et le nombre de véhicules en circulation

Vers des outils et méthodes d'analyse et d'évaluation de l'efficacité énergétique des territoires

Pierre-Jean Cholley

UMRThéMa / Université de Franche-Comté

pierre-jean.cholley@univ-fcomte.fr

1. Contexte et objectif: une lecture nouvelle de l'énergie dans les territoires

A l'heure actuelle encore peu d'outils d'aide à la décision proposent une lecture spatiale et systémique de l'énergie, ou de l'efficacité énergétique, et encore moins intègrent la notion fondamentale de territorialisation à leur grille d'analyse. Celle-ci se définit par la contextualisation des données spatio-temporelles sur un territoire donné. Ce manque de vision globale de la problématique énergétique nous amène à nous poser la question des outils et méthodes à développer. L'objectif est d'améliorer la lisibilité et la compréhension de cette problématique pour apporter des solutions efficaces face au défi énergétique et climatique que nos sociétés auront à relever lors de ce siècle. Le projet de recherche que nous allons présenter ici vise principalement, à travers la production de connaissances nouvelles, à améliorer la définition de la relation entre l'énergie et les territoires avec comme entrée privilégiée l'efficacité énergétique. Nous nous proposons d'envisager une lecture nouvelle des territoires au travers des systèmes énergétiques qui les composent, et ainsi de « décloisonner » la vision énergétique traditionnelle. La recherche a pour ambition d'apporter une lecture géographique territorialisée de l'efficacité énergétique, notamment par la définition d'indicateurs composites. C'est précisément cette notion d'efficacité, centrale dans la problématique énergie / climat / environnement, qui nous amènera à définir et évaluer des potentiels d'efficacité ou d'économie dans les territoires et ainsi d'identifier des « gisements de Mégawatts ».

L'idée est également de se doter d'outils et méthodes complémentaires à la vision et à l'analyse socio-économique traditionnelle de l'impact de l'énergie sur l'environnement. Habituellement, les économistes définissent les « responsabilités » des dégradations environnementales au travers de facteurs spécifiques comme la taille de la population, le niveau de consommation ou encore les types de technologies employées. Et ainsi d'obtenir des coefficients d'efficacité relatifs au coût de production d'un bien ou d'une activité. Là, la géographie se propose d'apporter une vision plus globale de l'efficacité énergétique en ramenant l'équation à l'échelle des territoires et en prenant en compte les spécificités des

systèmes et des acteurs entrant en jeu. L'intérêt porte aussi plus spécifiquement dans la définition et la prise en compte systémique des « coûts sociaux » de l'énergie au-delà des classiques externalités négatives prises en considération. C'est cette mesure des externalités globales et du coût réel de la ressource qu'il conviendra de mettre en parallèle avec les « potentialités d'économies d'énergie des territoires ».

Pour mener à bien cette réflexion, un certain nombre de « verrous théoriques » sont à faire sauter. Il nous faudra apporter des réponses complémentaires à celles émises habituellement par les sciences socio-économiques, environnementales ou l'ingénierie énergétique, notamment autour des « systèmes énergétiques des territoires » et des « potentialités énergétiques ». Mais le principal élément de réponse que nous aurons à fournir consistera en la proposition d'une nouvelle définition du concept « d'efficacité énergétique » appliquée au territoire. En effet, là où l'ingénierie n'y voit que l'optimisation contrainte par la technique, la réglementation (notamment environnementale et sanitaire), et l'économie d'un processus de production d'énergie finale à partir d'énergie primaire (Sarlos et Al., 2003), la vision géographique donne une approche systémique intégrant notamment les notions de contexte, d'échelle, et de temps. Cette entrée multidimensionnelle permet une territorialisation, plus adaptée à la complexité des paramètres et des acteurs entrant en jeu dans la question énergétique. Néanmoins une fois ces concepts posés il convient de définir comment les faire entrer dans les processus actuels d'évaluation et d'analyse sachant que les entrées actuelles sont essentiellement économiques.

2. Méthodologie : la recherche d'indicateurs énergétiques pertinents

Ce travail de recherche s'inscrit dans la continuité des travaux de compréhension puis de formalisation des systèmes énergétiques entamés par l'équipe du Laboratoire ThéMA. Dans notre travail de réflexion, qui se situe en amont des outils d'aide à la décision et d'une éventuelle instrumentation spécifique, on peut distinguer trois étapes successives de l'analyse de la donnée énergétique :

1° Redéfinir les données utilisables et mobilisables pour un usage large et contextualisé et ainsi permettre de territorialiser véritablement l'information. Cette exploitation de la donnée s'accompagnera nécessairement d'un travail de réflexion sur les niveaux d'échelles spatio-temporelles et les possibilités d'agrégation territoriale et des systèmes ou sous systèmes énergétiques.

2° Poursuivre et affiner le travail de l'équipe de ThéMa sur l'identification et la définition « d'indicateurs énergétiques territoriaux » capables d'offrir une meilleure lisibilité de la donnée énergétique et particulièrement des différentes « potentialités d'efficacité énergétique » dans les territoires : gisements d'économies / de Négawatts, gisements d'efficacité, synergies, effets de réseau, etc... ; mais aussi des problèmes et contraintes engendrées par l'organisation énergétique actuelle des territoires (précarité énergétique, pression sur les réseaux et les territoires, externalités, coûts sociaux, etc...)

3° Exploiter moyens techniques et outils existants pour tester des hypothèses de travail, vérifier les évolutions et les possibilités de suivi sur le sujet. Deux outils seront notamment mis à contribution dans cette phase de test :

- L'outil d'analyse et de suivi OPTTEER (Observatoire Territorial Énergétique de la Région Franche Comté), intégrant des données de production de consommations d'émissions de CO₂ et de contexte avec, en particulier, la mise en œuvre des fonctionnalités existantes en matière de création d'indicateurs, de construction de territoires à la demande.

- La Plate Forme 3X20, opérationnelle en 2011, qui est un outil de suivi des actions d'économies d'énergies entreprises sur 27 Collectivités test Franco-suissees, avec notamment l'expérimentation d'indicateurs contextualisés

d'analyse de l'efficacité des politiques énergétiques, essentiellement au travers du suivi de la mobilisation des acteurs du territoire.

A terme, la recherche devra permettre de faire un certain nombre de propositions concrètes en matière d'instrumentation permettant d'amender les outils et les méthodes existants en matière de gestion/.prospective territorialisée de l'énergie.

3. Résultats attendus : la recherche d'outils opérationnels

La formalisation des concepts énoncés, au travers de propositions d'application concrètes, a pour but de fournir aux décideurs et aux acteurs la connaissance nécessaire pour répondre aux impératifs du problème énergétique de leurs territoires. Concrètement, nous espérons donner les moyens aux acteurs locaux d'engager, notamment dans le cadre des Plans Climat-Energie Territoriaux, un Etat des lieux véritablement territorialisé. Ainsi, leur permettre de mettre en évidence les besoins, les dysfonctionnements ainsi que les potentialités de leur territoire, et proposer des actions à envisager pour mettre à profit les « gisements » d'économies ou d'efficacités identifiés. La production de connaissances nouvelles sur un territoire doit passer par une mutualisation des données. Cette mutualisation est la garantie de créer des indicateurs composites inédits offrant une vision renouvelée et permettant une plus grande mise en réseau des acteurs. Ceux-ci bénéficiant alors de larges retours d'expériences et d'une capacité d'analyse accrue. Notre démarche doit d'une part répondre à des besoins réels et identifiés des acteurs du territoire, et d'autre part être force de proposition de solutions nouvelles de gouvernance et d'action.

4. Références bibliographiques

- Avocat H., Chanard C., Fléty Y., Ibrahim K., Sède-MarceauM.-H. (de), Thiam S. 2008, *Projet Opteer : étape 2*, Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie, 90 p.
- Lazzeri Y. et Al, 2006, *Les indicateurs de développement durable, questionnements et expériences*, l'Harmattan, Paris.
- Sarlos G., HaldiP-A., Verstraete P., 2003, *Systèmes énergétiques, offre et demande d'énergie: les systèmes d'analyse*, Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne.
- Sède-MarceauM.-H. (de), Ibrahim K., 2006, Fondements et méthodologie pour une modélisation dynamique des systèmes énergétiques territoriaux, XLIIème Colloque de l'ASRDLF (Association de Science Régionale De Langue Française) - XIIème Colloque du GREBAM (Groupe de Recherches sur les Espaces et les Réseaux du bassin Méditerranéen), sur le thème : " Développement local, compétitivité et attractivité des territoires ", Sfax.
- Sède-MarceauM.-H. (de), Moine. A., 2009. Observation : concept an implications,*International conference of Territorial Intelligence*, Besançon, 16-17 Octobre 2008.
- Sède-MarceauM.-H. (de), Moine A., 2010, a paraître. L'observation territoriale,*Communication et langages*, numéro spécial « observation ».

Atelier 7

Concepts théoriques et épistémologie

Les Petits Mondes de la Géographie Théorique et Quantitative : Analyse de réseaux de chercheurs

Sylvain CUYALA

UMRGéographie Cités / Equipe PARIS / Université Paris I Sorbonne

Nous nous intéressons ici à la manière dont se construisent et se développent les réseaux de scientifiques. L'exemple des géographes francophones européens du mouvement dit théorique et quantitatif a été retenu pour illustrer notre propos.

De nombreux historiens de la géographie (Robic M.-C., Rey V., 1983, Pumain D., Saint-Julien T., Vigouroux M., 1983, Orain O., 2003, Cauvin C., 2007, etc.) ont décrit comment le monde géographique francophone européen (France, Belgique et Suisse) a vu l'apparition, à la toute fin des années 1960, d'un mouvement scientifique en rupture avec une géographie qualifiée de « traditionnelle », de « classique ». Des géographes ont découvert de nouvelles façons de faire et de penser en provenance du monde anglo-saxon ou d'autres disciplines (physique, mathématiques, etc.). Ils s'en sont inspirés, s'en sont démarqués, en ont fait état, et les ont diffusées. Depuis une quarantaine d'années, des géographes que l'on étiquette et qui s'étiquettent de différentes manières (« Géographie Théorique et Quantitative » (GTQ), « géographie quantitative », « Nouvelle Géographie », « analyse spatiale », etc.) se sont constitués en réseaux plus ou moins interconnectés, contribuant à former une structure et à diffuser un mouvement scientifique. Différents individus, par leurs échanges, ou leur absence d'échanges (volonté de ne pas s'inscrire dans un réseau par exemple), ont façonné un mouvement qui a perduré.

L'étude que nous réalisons vise à montrer et à comprendre la diffusion et l'évolution structurelle des réseaux formés par les géographes du mouvement théorique et quantitatif depuis son apparition à la fin des années 1960 jusqu'à son inscription dans un moment que Kuhn (1983) appela « science normale ». Le mouvement théorique et quantitatif s'est développé jusqu'à représenter plusieurs dizaines d'individus dans le monde francophone européen. Il a notablement modifié le visage de l'Ecole française de géographie et de sesendants belges et suisses.

D'un point de vue méthodologique, nous avons choisi de formaliser les différents réseaux à partir de données quantifiées dans un souci d'objectivation.

1. Les sources d'information

Nous avons choisi un certain nombre de sources pour formaliser les réseaux de chercheurs. La première d'entre elles est *Le Répertoire des géographes français*. Il ne s'agit pas ici de déterminer des relations directes entre individus mais bien plus de comprendre qui s'identifie à quoi. Il paraît raisonnable de penser que des géographes se reconnaissant derrière les mêmes mots-clés ont une probabilité d'être en relation plus forte que les autres. Cela nous renseigne a minima, et avec tous les biais que ce type de source comporte, sur les personnes concernées par notre étude. Cette source indique également, mais de manière lacunaire, les laboratoires, les universités ou encore les GDR d'appartenance des personnes figurant dans cet annuaire.

Les revues nous ont permis de relever des relations directes entre individus à travers des co-publications notamment. *L'Espace Géographique*, par exemple, a publié de nombreux articles de GTQ signés par plusieurs auteurs. Cette revue à comité de direction et de lecture nous a en outre donné des informations sur des individus se rencontrant régulièrement pour décider des articles à publier ou encore de la politique éditoriale de la revue.

Nous avons également choisi de nous intéresser aux rencontres favorisées par les stages de formation aux méthodes quantitatives (CNRS et autres), des colloques thématiques ou encore des Journées Géographiques (commission de GTQ par exemple).

Enfin, dernière source d'information : les interviews. Grâce au dépouillement des Répertoires et des autres sources, nous avons déterminé un échantillon. Parmi celui-ci, des individus sont interviewés. Nous nous intéressons à leur parcours, à ce qui a déterminé leur cheminement, leur

intérêt pour la GTQ. En quoi leurs relations et leurs rencontres ont été déterminantes ? Avec qui ont-ils été en interaction privilégiée ?

La combinaison de ces différentes sources (liste énoncée non exhaustive) nous permet de construire les réseaux de géographes de la GTQ. L'utilisation de ces sources n'est intéressante et pertinente que dans l'optique de les recouper. Elles présentent toutes des lacunes (information non systématisée, numéros de revue manquants, listes de participants à des colloques disparues, etc.). En les croisant, il devient possible de réaliser cette analyse. Cette complémentarité des sources nous permet d'identifier des personnes comme nœuds des réseaux, ainsi que de déterminer les liens qu'elles ont entre elles selon leur participation à des publications communes (articles, ouvrages), à des stages.

2. Les types de réseaux de scientifiques

Nous avons construit des types de réseaux différents en croisant les sources et en cumulant sur toute la période. Ceci nous donne une image synchronique des réseaux de la GTQ.

Nous avons décidé d'une typologie a priori correspondant à la nature des liens observés :

- Réseaux de proximité à travers l'appartenance à une même université, un même laboratoire et/ou une même ville (possibilité d'habiter dans une ville et de travailler ailleurs) ;
- Réseaux de formation (participation à des stages CNRS formant aux méthodes quantitatives et/ou à des écoles thématiques, etc.) ;
- Réseaux d'échanges par communications (participations à des colloques, à des séminaires, à ThéoQuant !) ;
- Réseaux de participation à des groupes ou associations spécialisés, avec des rencontres périodiques (par exemple : GDR et/ou commissions du CNFG, possiblement comités de lecture de revues) ;
- Réseaux de co-publication (dans des revues et/ou des ouvrages)

Nous émettons l'hypothèse que cette typologie représente des possibilités d'interaction croissante entre les individus du réseau. Un dernier type, un peu en dehors de cette hiérarchie : les réseaux informels pouvant être révélés par les interviews (lien d'affinité entre des personnes impliquant des échanges et des rencontres).

Chaque type de réseau comprend un certain nombre de réseaux comportant eux-mêmes un effectif spécifique. Les réseaux peuvent être locaux, régionaux, nationaux ou encore internationaux.

3. Les positions dans les réseaux

Les réseaux ne sont pas structurés de manière homogène. Chacun d'entre eux peut être globalement interconnecté mais des parties connaissent des relations plus intenses et régulières au fil du temps. Nous cherchons à déterminer l'existence ou l'absence, l'apparition et la disparition, la nature et la force des relations entre les individus faisant partie de ce mouvement. Cela nous amène à déceler l'existence ou l'absence d'un réseau en *petits mondes*.

Cette notion a été introduite et formalisée par S. Milgram (1967) grâce à une expérience originale qui lui permit de démontrer que certains individus hyper-connectés font le lien entre d'autres plus en marge du réseau. L'étude de ces réseaux a connu une réactualisation avec D.J. Watts et S.H. Strogatz dans un ouvrage intitulé *SixDegrees: the Science of a Connected Age* (2003). Ces derniers définissent en effet les réseaux en *petits mondes* par deux propriétés : la longueur moyenne des chemins dans le réseau, qui correspond au nombre moyen de liens nécessaires pour relier un sommet du graphe (c'est-à-dire un individu du réseau) à n'importe quel autre (cette longueur est très réduite dans un *petit monde*) et le coefficient d'agglomération, ou *Clustering coefficient*, qui est une mesure de la vraisemblance que deux sommets d'un graphe (ou individus d'un réseau) associés à un nœud (c'est-à-dire un individu du réseau très connecté au réseau) soient associés entre eux. Un coefficient d'agglomération élevé indique une *tendance à la grégarité* élevée. Cela est le cas dans les réseaux en *petits mondes*.

En liaison directe avec cette hypothèse du réseau en *petits mondes* de la GTQ, nous avons codifié en liens faibles et liens forts les types de relations entre les géographes de ce mouvement. Nous nous appuyons, pour mener à bien notre analyse, sur les articles de M. Granovetter sur « The Strength of WeakTies » (1973). Il y définit la nature des liens entre les individus d'un réseau tantôt par la proximité sociale de la relation, tantôt par la fréquence des rencontres. Il sera nécessaire de se poser la question des seuils pour déterminer la nature de ces liens. La participation commune de deux géographes à un colloque dénote, selon nous, l'existence entre eux d'un lien faible mais une co-publication constitue un lien fort. Le classement des liens interpersonnels que l'auteur réalise en fonction de leur « force » nous est très utile. Ces derniers ont le mérite de permettre de décomposer la nature des interrelations grâce à la constitution de seuils.

Finalement, selon les degrés de participation au réseau, des figures centrales (et au contraire des électrons plus libres) sont identifiées, ainsi que des relais entre des réseaux. Les données sont en cours d'analyse et nous espérons pouvoir vous communiquer les premiers résultats lors des rencontres. Nous vous présenterons une image synchronique des réseaux des géographes du mouvement théorique et quantitatif. Leur évolution sera exposée dans une prochaine communication.

4. Quelques références bibliographiques essentielles:

- Barnes J.E., *Social networks*, Reading, Mass, Addison Wesley, 1972.
- Barnes T. J., «Lives lived, and lives told: biographies of geography's quantitative revolution. », *Society and Space: Environment and Planning*, 2001, p. 409-429.
- Barnes T. J., « Placing ideas: Genius Loci, heterotopia, and geography's quantitative revolution. », *Progress in Human Geography*, n°29, 2004, p. 565-95.
- Barnes T. J., « Quantitative revolution (geography of) », in Kitching R., Thrift N.J., *International Encyclopaedia of Human Geography*, Oxford, Elsevier, à paraître prochainement.
- Besse J.-M., « Le lieu en histoire des sciences. Hypothèses pour une approche spatiale du savoir géographique au XVIe siècle », *MEFRIM*, Tome 116, n°2, 2004, p. 401-422.
- Burton I., "The Quantitative Revolution and Theoretical Geography," *The Canadian Geographer*, Vol. 7 (1963), p. 151-162.
- Cauvin C., « Géographie et mathématique statistique, une rencontre d'un nouveau genre », *La Revue pour l'histoire du CNRS*, automne 2007, N° 18, p. 15-23.
- Claval P., *Histoire de la géographie française de 1870 à nos jours*, Paris, Nathan, 1998, 583 p.
- Chamussy H., « Le groupe Dupont ou les enfants du paradigme », in KNAFOU R. (éd.), *L'état de la géographie. Autoscopie d'une science*, Paris, Belin, 2000, p. 134-144.
- Degenne A., Forsé M., *Les réseaux sociaux*, Paris, Armand Colin, 2004 (a), 285 p.
- Granovetter M.S., « The Strength of Weak Ties », *American Journal of Sociology*, 1973, p. 1360-1380.
- Haggett P., *The Geographer's Art*, Oxford, Blackwell, 1990.
- Haggett P., «Revolutions and quantitative geography: some personal reflections on the bicentennial», 1989.
- Kuhn T.S., *La Structure des révolutions scientifiques*, Paris, Flammarion (Champs), 1983.
- Lazega E., *Réseaux sociaux et structures relationnelles*, Paris, PUF, « Que sais-je ? », 1998, p. 127.
- Livingstone D.N., *Putting Science in Its Place: Geographies of Scientific Knowledge*, Chicago, University of Chicago Press, 2003.
- Orain O., *Le plain-pied du monde. Postures épistémologiques et pratiques d'écriture dans la géographie française au XXe siècle*, thèse de géographie soutenue en 2003 sous la direction de Robic M.-C., Université de Paris 1, 405 p.
- Pumain D., Saint-Julien T., Vigouroux M., « Jouer de l'ordinateur sur un air urbain », *Les Annales de Géographie*, n° 511, mai-juin 1983, p. 331-346.
- Pumain D. et Robic M.-C., « Le rôle des mathématiques dans une « révolution » théorique et quantitative : la géographie française depuis les années 1970 », *Revue d'histoire des sciences humaines* 2002/1, N° 6, p. 123-144.
- Pumain D., Rozenblat C. et Mathian H., « Information sur la Géographie Théorique et Quantitative en France », *Cybergeogeo*, Epistémologie, Histoire, Didactique, article 6, mis en ligne le 03 mai 1996, modifié le 04 juin 2007.
- Racine J.-B., Reymond H., *L'Analyse quantitative en géographie*, Paris, PUF, 1973.
- Rey V., Robic M.C., « La géographie rurale « quantitative et théorique » : bilan d'une décennie », *Annales de Géographie*, 1983, n°511, p. 305-330.
- Robic M.-C. (dir.), *Couvrir le monde*, Paris, ADPF, 2006, 232 p.
- Sheppard E., « Quantitative geography: representations, practices, and possibilities », *Environment and Planning D: Society and Space*, 2001, volume 19, p. 535-554.
- Tissier J.-L., Etienne J.-F., « Le répertoire des géographes français : un indicateur de l'évolution des centres d'intérêt de la recherche géographique », in Robic M.-C. (dir.), *Du milieu à l'environnement, pratiques et représentations du rapport homme-nature depuis la Renaissance*, Paris, Economica, 1992.
- Unwin D., « Euroquant at 21: "coming of age"?, » *Cybergeogeo*, 11th European Colloquium on Quantitative and Theoretical Geography. Durham Castle, UK, September 3-7, 1999, article 114, mis en ligne le 17 novembre 1999, modifié le 08 décembre 2006.
- Wasserman S., Faust K., *Social Network Analysis: Methods and Applications*, Cambridge, Cambridge University Press, 1994.
- Watts D. J., *Six Degrees: the Science of a Connected Age*, New York, Norton, 2003.

De la dimension fractale au paradigme fractal

André DAUPHINÉ

Membre du Groupe Dupont

Doyen Honoraire, université de Nice Sophia-Antipolis

L'irrégularité, les disparités territoriales sont au centre des réflexions géographiques. Décrire l'irrégularité avec une dimension fractale a constitué un progrès, simplement technique à l'origine. Puis, l'approche fractale s'est diversifiée et généralisée. Elle dépasse la simple description, s'applique aux processus, et renouvelle l'explication. Cet exposé résume cette évolution généralisante et complexifiante. Il insiste sur les aspects méthodologiques et théoriques, passant plus rapidement sur la diversification technique. Pour illustrer la diversité méthodologique, nous appliquons le formalisme auto-affine aux précipitations méditerranéennes et le formalisme multifractal à des images Landsat de villes ports.

1. Généralisations techniques : des paramètres complémentaires aux dimensions fractales

Malgré la très grande diversité des dimensions fractales, dont le calcul dépend du type de fractal considéré (P. Frankhauser, 1994, J. Russ, 1994), très vite, les fractalistes admettent les limites de la dimension fractale. Soit l'exemple très simple du monde perçu par les résidents de New York, Paris et Moscou. Ce sont trois mondes irréguliers et de textures différentes. Mais, les dimensions de pavage calculées sur les trois cartes représentatives de ces mondes sont pratiquement égales. Les chercheurs ont alors avancés d'autres paramètres fractals. Citons les plus connus : la lacunarité, la codimension ou dimension fractale relative, car indépendante de la dimension topologique du phénomène considéré. Les scan fractals, les semi-fractals, les fractals paraboliques et log périodiques sont choisis quand un ajustement linéaire s'avère peu justifié. Toutes ces techniques aboutissent à proposer au chercheur plus d'une centaine d'algorithmes. Son choix dépend de considérations méthodologiques qui méritent attention.

2. Généralisations méthodologiques : fractals auto-similaires, auto-affines et multifractals

À l'origine, les premiers fractals sont des objets mathématiques auto-similaires. Mais en appliquant le formalisme fractal à des phénomènes physiques ou sociaux, l'auto-similarité s'estompe. Les phénomènes géographiques sont en fait soit auto-affines, soit multifractals. C'est vrai des formes du relief, de couverts végétaux, de nuages ou de formes créées par les sociétés. C'est toujours vrai de la plupart des lois fréquentielles, telle la loi rang taille qui ordonne les hiérarchies urbaines. Et c'est surtout le cas de tous les processus représentés par des séries chronologiques.

Or, il n'existe pas un type, mais plusieurs classes de fractals auto-affines. Et le calcul de la dimension fractale dépend de cette identification préalable. Il convient d'abord de différencier deux classes de modèles : les modèles de Lévy et les modèles browniens. Le test pour établir cette première différenciation compare le paramètre de Hurst et le paramètre scalant δ (N. Scafetta, 2010). Quand H et δ sont inégaux, le modèle de Lévy s'impose et la valeur de H doit être déduite du paramètre scalant. Quand H et δ sont égaux, le fractal est de type brownien. À l'intérieur de cette catégorie des fractals auto-affines browniens, il est nécessaire de distinguer les mouvements fractionnaires browniens, non stationnaires, des bruits gaussiens fractionnaires, stationnaires. Cette distinction est réalisée à partir de la valeur de la pente du spectre de puissance tiré de la décomposition de Fourier ou du spectre d'énergie, issu des coefficients d'ondelettes. Ces tests et calculs sont appliqués aux séries de pluies méditerranéennes décennales. Ce sont des fractals du type bruits gaussiens fractionnaires, stationnaires, mais antipersistants ($H < 0,5$), dont la dimension fractale est proche de 1,60. Les pluies mensuelles sont du même type, mais persistants ($H > 0,5$).

Enfin, quand le géographe ne traite plus seulement un ensemble, mais une mesure affectée à un ensemble, la

méthodologie multifractale s'impose. Le formalisme multifractal généralise à des mesures, le formalisme fractal qui concerne principalement des ensembles. Par exemple, il est facile de calculer une dimension fractale globale de la localisation des gisements d'un quelconque minéral, notamment de diamants. Mais, si on rattache à cet ensemble des localisations, le prix qui est fonction de la taille des diamants, on obtient un champ des prix potentiels, qui relève du formalisme multifractal. Le formalisme multifractal met en valeur toutes les irrégularités et discontinuités, petites et grandes, d'un espace ou d'une série chronologique. Les phénomènes multifractals sont caractérisés par des fonctions qualifiées de spectre. Le spectre des dimensions généralisées, calculé à partir des informations de Rényi, permet de distinguer un monofractal d'un multifractal. D'autres spectres permettent de localiser et d'apprécier l'ampleur des irrégularités. Le lecteur ne sera pas surpris d'apprendre qu'il existe de nombreux algorithmes pour calculer ces spectres. La plupart déterminent ces spectres à partir des coefficients d'ondelettes par la méthode des maxima du module ou celle des coefficients dominants. Les villes ports de la façade méditerranéennes, illustrées par une image satellitaire, sont toutes des multifractals. Leur spectre $f(\alpha)$, présentés lors de l'exposé oral, permet de quantifier toutes les irrégularités de leur tissu urbain.

3. Généralisations théoriques : des explications disciplinaires aux théories de la complexité

Pour expliquer les phénomènes fractals, les scientifiques privilégient d'abord les théories disciplinaires qu'ils maîtrisent. Donnons en deux exemples en géographie. Nous avons, grâce à l'approche fractale, donné une nouvelle interprétation des perturbations pluvieuses, en remplaçant le modèle norvégien par une perturbation fractale (A. Dauphiné, 1998). Les perturbations ne comportent pas un front froid suivi d'un front chaud, mais un ensemble de fronts qui émergent et disparaissent à toutes les échelles spatio-temporelles. Elles sont bien évidemment le produit de la turbulence qui sévit dans toutes les dépressions atmosphériques.

L'exemple de la loi rang taille, plus compliqué, est plus instructif. Cette loi puissance et fractale, les deux n'étant pas toujours synonymes, est connue depuis 1913, et popularisée par Zipf, même si la loi des hiérarchies

urbaines a rarement une pente égale à -1. Jusqu'à une date très récente, l'interprétation de cette régularité se faisait par rapport à la loi normale. Dans les traités de géographie urbaine on insistait sur l'effet primatial ou le poids de villes de taille moyenne. En revanche, l'invariance d'échelle était rarement mentionnée. C'était normal, l'interprétation ne faisait pas référence aux fractals. Pour expliquer cette hiérarchie, diverses théories furent avancées principalement par les économistes. Elles impliquent un développement soit endogène, soit exogène, acceptant ou récusant la loi de Gibrat, soit un développement mixte. D'innombrables articles, dont A. Schaffar donne un résumé satisfaisant, discutent ce type d'arguments.

Or, les lois rang taille sont universelles. Les travaux de Zipf et de bien d'autres chercheurs le prouvent. Elles ne concernent pas seulement les hiérarchies urbaines. Elles se retrouvent en physique, biologie, économie, linguistique. Il est alors logique d'envisager des théories qui dépassent le cadre disciplinaire. D. Sornette (2000) a montré que certains principes conduisent à l'émergence de lois puissance, notamment le principe de Yule, découvert dès 1925 et réactualisé par H. Simon (1955). Au niveau théorique, quatre théories rendent compte des lois puissance, les seules à formaliser l'invariance d'échelle, une des clés de la fractalité. La théorie des systèmes auto-organisés critiques de P. Bak (1999), la théorie constructale de Béjan (2000), la théorie de la relativité d'échelle de L. Nottale (1998), et enfin une théorie que nous avons présenté à Géopoint 2010 (A. Dauphiné, 2010), et qui combine trois principes : croissance, mouvement, et sélection-optimisation.

Au-delà de leurs différences, ces quatre théories accordent une place importante au mouvement. Or, tout mouvement, la diffusion normale comme les diffusions anormales, les advections-convections comme la turbulence sont formalisées par des équations mathématiques invariantes par transformation d'échelle. C'est vrai de l'équation de Fick, et des équations de Navier Stokes ou d'équations représentatives de mouvements plus complexes (Burger, Klein-Gordon). La fractalité s'impose donc toujours dans un monde en mouvement. Cette interprétation de la fractalité par des théories de la complexité conduit à une conclusion. Quand le géographe étudie une morphologie, une structure, il peut faire l'économie de l'approche fractale. C'est impossible quand il se penche sur les dynamiques, les morphogènes.

4. Références bibliographiques

- Bak P., 1999, *Quand la nature s'organise. Avalanches, tremblements de terre et autres cataclysmes*, Flammarion, Paris.
- Béjan A., 2000, *Shape and Structure, From Engineering to Nature*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Dauphiné A., 1998, Le modèle de la perturbation fractale, Paris, *Annales de Géographie*, n° 601.
- Dauphiné A., 2010, *Une théorie générale des formes géographiques*, Avignon, Géopoint.
- Duranton G., 2008, Urban evolutions: the fast, the slow and the still, *American Economic Review*, March, 197-221.

- Frankhauser P., 1994, *La fractalité des structures urbaines*, Paris, Economica.
- Gabaix X., 1999, Zipf's Law for Cities: an Explanation, *Quarterly Journal of Economics*, 114, 739-767.
- Martin P. (2004). *Modélisation fractale et structurelle des formes en géographie. Réflexion développée à partir d'exemples karstiques*, 3 tomes, Avignon : HDR, 169 p., 314 p., 179 p.
- Nottale L. 1998, *La relativité dans tous ses états*, Hachette, Paris.
- Russ J., 1994, *Fractal surfaces*, Plenum Press, New York.
- Scafetta N., 2010, *Fractal and Diffusion Entropy Analysis of Time Series*, Saarbruck, Verlag.
- Schaffar A., 2009, La loi de Zipf dans la science régionale : entre anciennes controverses et nouvelles perspectives, *Cybergeo*.
- Simon H, 1955, On a class of skew distribution functions, *Biometrika*, 44, 425-440
- Sornette D., 2000, *Critical Phenomena in Natural Sciences*, Berlin, Springer.

Les Hystérésis : des non linéarités en Géographie

Yvette Baar, Jean-Luc Mercier, Sara Muller et Céline Tschirhart

Université de Strasbourg, EA4437 - Systèmes Géographiques Complexes

jl@unistra.fr

Résumé

Les systèmes complexes sont identifiés par des caractéristiques telles que, les rétroactions, l'auto-organisation, l'émergence, la complexité ... Ces systèmes sont évolutifs, ils concernent des processus lents ou rapides; graduels ou discrets et qui agissent et interagissent à plusieurs échelles du local au global.

Lorsque l'on dispose de données temporelles (continues ou discrètes), une hystérésis est une mémoire (effet retard) indépendante de la vitesse des processus. Lorsque les données sont majoritairement spatiales l'hystérésis permet à la fois de situer des évolutions passées et d'envisager les cheminements à venir.

Ce travail est une extension et une généralisation du fonctionnement hystérétique, nous montrons avec cinq exemples différents en géographie physique (eau et sol), en géo-histoire industrielle (Mulhouse 1746-1902), géographie de la santé (mercure en Amazonie), en géographie et

mondialisation (archipel Mélanésien), en géographie sociale (restructuration d'entreprise) ; que tous ces exemples sont construits autour d'un fonctionnement non linéaire à base de boucles d'hystérésis.

Le but de ce travail est de montrer que parmi les non linéarités intrinsèques à ces systèmes, certaines sont connues et mises en équation (eau dans le sol), d'autres le sont plus difficilement, certaines pas du tout, c'est le cas d'hystérésis impliquant des relations spatiales entre l'homme et la nature.

Du point de vue géographique, l'intérêt de cette approche est que l'intégration d'échelle et l'intégration de processus sont déjà réalisées dans le concept d'hystérésis, il n'est donc pas nécessaire de décomposer le système (spatial ou temporel) étudié pour les mettre en évidence.

Références bibliographiques

Mercier J.-L., Dubois D.M., Bernier I., Hau M., Woessner R., 2010, Between Constraint and Noise : Emergence in an industrial system, Mulhouse 1746-1902. *ECCS'10 Lisbon*, Sept. 2010.

Muller S., 2010, *Le jardin mélanésien et la mondialisation : quand l'agrobiodiversité révèle la dynamique des espaces au Vanuatu*, Thèse de doctorat, Université de Strasbourg 426 p.

Tschirhart C., 2010, *Ressources, flux et territoires : une géographie insoupçonnée du mercure le long du Rio Beni (Bolivie)*, Thèse de doctorat, Université de Strasbourg 316 p.

La sémiologie graphique à l'épreuve du mouvement : quelle(s) variable(s) pour la visualisation dynamique ?

Maher Ben Rebah* et Christine Zanin**

*UMSRIATE, Université Paris-Diderot Paris 7
Chercheur associé à l'UMR 8504 Géographie-cités
maher.benrebah@ums-riate.fr

**Université Paris-Diderot Paris7, UMR 8504 Géographie-cités
christine.zanin@univ-paris-diderot.fr

1. Contexte et objectifs

L'introduction de l'informatique, notamment les techniques d'animation et d'interactivité, a contribué à la mise en cause de certains fondements de la cartographie classique en particulier les variables visuelles. Ces dernières ont été développées selon l'hypothèse fondamentale qui considère la carte comme une image rationnelle qui n'admet pas le mouvement (Bertin 1967). Certains auteurs se sont intéressés à cette question en proposant de « nouvelles » variables visuelles dites « dynamique » (Hyward, 1984, Gersmehl, 1990, Dibiasi, 1992, Peterson, 1994 and MacEchren, 1995).

Notre papier s'inscrit dans cette perspective. Il est organisé en deux principales parties. Il sera question, d'abord, de procéder à une analyse critique argumentée par des exemples, des variables visuelles dynamiques proposées. Nous exposons ensuite notre cadre de réflexion illustré par des exemples et qui conduit à la proposition de nouvelles variables.

2. Les variables visuelles dynamiques: une analogie aux variables visuelles classiques

La revue de la littérature permet de constater que la notion des variables visuelles dynamiques n'a pas fait l'objet de définition claire. Elles sont définies par simple opposition aux variables visuelles classiques. De même, l'évaluation de l'efficacité de ces variables se réfère aux mêmes critères relatifs aux types de données représentées, ainsi que leurs implantations géographiques.

Les variables visuelles « dynamiques » les plus connues sont : la durée, le taux de changement, l'ordre (Dibiasi 1992), le moment de la présentation, la fréquence et la synchronisation (MacEachren 1994). La mise en

application de ces variables révèle que ces variables focalisent essentiellement sur l'aspect technique de la visualisation dynamique. Elles ne permettent pas toujours de mieux comprendre les changements spatio-temporels.

3. Redéfinir les variables visuelles dynamiques : les variables de la visualisation dynamique

La complexité de la visualisation spatio-temporelle est liée essentiellement à la difficulté de modéliser le temps. Les variables visuelles dynamiques devraient contribuer à mieux comprendre et visualiser les changements spatio-temporels. C'est dans cette perspective que nous inscrivons notre approche qui tend de répondre aux interrogations suivantes :

Doit-on parler de variables visuelles « dynamiques » ou de variables de la visualisation dynamique ?

Quelle est l'effet de l'animation sur le statut des variables visuelles classiques ?

Quelle est la relation entre les variables visuelles classiques et les variables visuelles dynamiques ?

Nous proposons trois nouvelles variables qui permettent de mieux visualiser et comprendre les changements spatio-temporels.

- Le rythme du changement : il s'agit de montrer l'ampleur du changement à travers la vitesse de l'animation.
- La proportionnalité temporelle : la durée de la scène de l'animation devrait être proportionnelle au temps réel. Les intervalles de temps doivent rendre compte de la régularité ou l'irrégularité du temps réel.

- La trajectoire : elle permet de retracer l'historique du phénomène dans le temps.

4. Conclusion et perspectives

L'approche des variables de la « visualisation dynamique » doit mettre l'accent sur la dimension réflexive de la cartographie dynamique. Cette dimension est le résultat de

l'interaction entre des questionnements méthodologiques conceptuels relatifs à la modélisation du temps et des solutions techniques d'animation et d'interactivité.

La question qui reste ouverte : la sémiologie de la visualisation dynamique peut-elle être standardisée est normalisée ou au contraire la logique de la cartographie dynamique (animée et interactive) tend à dépasser cet aspect normatif ?



Atelier 8

Accessibilités et mobilités durables

Modélisation et visualisation de l'accessibilité piétonne à Luxembourg-Ville

Olivier Klein*, Marc Schneider* et Nadja Victor * et **

* CEPS/INSTEAD, Luxembourg

** CRENAM, Université Jean Monnet, Saint-Etienne, France

olivier.klein@ceps.lu

MOTS - C L E S

Piéton • intra-urbain • accessibilité • modélisation • visualisation

Dans le cadre du projet INTERREGIVBNWEICMA⁴ (*Improving Connectivity and Mobility Access*), le CEPS/INSTEAD, en collaboration avec la Ville de Luxembourg, cherche à proposer des alternatives efficaces et attractives à la voiture privée notamment dans les premiers et derniers kilomètres des déplacements quotidiens. Inciter efficacement les usagers à ces alternatives engage à mieux les informer sur les options qui leurs sont offertes, et ainsi, à promouvoir aussi bien les transports publics que les mobilités douces (piétons ou vélos). En se focalisant sur les déplacements des piétons dans un espace intra-urbain, la marche est envisagée comme un déplacement différent des autres modes, qui peut être, non seulement, exclusif (uni-modal), mais aussi, combiné à d'autres modes (multi-modaux). Dans ce rôle d'interface entre les différentes solutions de transports, la marche offre notamment des possibilités de rabattements ou de correspondances. De ce fait, elle apparaît comme un liant pour le porte à porte (Amar, 2010) et, donc, comme un élément influant le choix modal particulièrement en début et en fin de parcours (l'utilisateur marche vers un arrêt de bus, d'un parking à la gare...). La promotion de la mobilité piétonne implique de démontrer aux usagers que cette forme de déplacement peut être effectivement complémentaire et/ou concurrentielle. Ce type d'information peut prendre la forme d'une visualisation cartographique des temps d'accès avec différentes formes de restitutions selon le public visé. Cette communication se focalise, d'une part, sur le choix et la collecte de données appropriées à l'étude et, d'autre part, sur la proposition d'un modèle d'accessibilité piétonne et de ses représentations associées.

⁴ www.icma-mobilife.eu

1. Collecter des données pour définir l'espace physique du piéton

L'accessibilité et la mobilité sont des dimensions primordiales de la qualité de vie. Au niveau intra-urbain, chaque jour, les piétons – avec des facultés physiques variables – peuvent se heurter à des obstacles, qui ne sont pas nécessairement perceptibles directement. Ces véritables barrières entravent et restreignent leurs possibilités de déplacements (Matthews et al., 2003).

Un piéton n'est pas simplement, et seulement, une personne qui se déplace à pied en opposition à celle qui utilise un véhicule. Dans une approche plus large, la définition peut englober diverses catégories d'usagers selon leurs capacités à se déplacer. Par exemple, de longues montées sans paliers de repos ou des surfaces inégales peuvent s'avérer des obstacles insurmontables pour une personne se déplaçant en fauteuil roulant. De la sorte, trois catégories d'usagers ont été retenus afin de prendre en compte la variabilité des capacités physiques de déplacement (Victor, 2010). (1) Les personnes à mobilité classique regroupent les usagers se déplaçant à pied sur tout types de revêtements. Leurs vitesses de déplacements sont relativement régulières et peu impactées par le dénivelé. (2) Les personnes à mobilité restreinte rassemblent des usagers, se déplaçant à pied, dont la mobilité est bridée par un coût physique important lors du déplacement. Ces personnes font souvent appel à une aide technique pour la marche (cane, béquilles...). Leurs capacités à se mouvoir sont limitées dans certains milieux : pentes fortes, revêtements non adaptés. (3) Les personnes à mobilité très restreinte utilisent une aide au déplacement matérialisée par un équipement à roues non motorisé (fauteuil roulant, poussette...). La mobilité de cette dernière catégorie d'usagers est plus particulièrement restreinte par l'inadaptation du revêtement au sol (gravillons...), par l'absence

d'aménagements spécifiques (rampes d'accès et autres adaptations) et par les caractéristiques de la voirie (largeur et hauteur de trottoir).

La modélisation et la représentation cartographique de l'accessibilité intra-urbaine de ces usagers implique la mise en place d'une définition d'un espace de déplacement piéton approprié pour chacune des catégories définies précédemment. L'ensemble des éléments ayant une influence sur les déplacements doivent être pris en compte afin que la modélisation reflète les possibilités de chaque groupe d'usagers.

Par conséquent, il convient dans un premier temps de mettre en place et de paramétrer de manière adaptée le réseau sur lequel les usagers pourront circuler. Il est donc primordial, dans la plupart des cas, de digitaliser les bords de voies ou trottoirs, rarement exhaustifs dans les bases topo-cartographiques. Ces premiers éléments sont à enrichir avec les traversées de places, et tout autres espaces publics à caractères surfaciques, franchissables de multiples façons. L'ajout de "franchissements de voies" – réglementés ou non – et de "traverses intérieures" à des bâtiments publics complète l'espace public piétonnier intra-urbain.

Une typologie des voies est un second élément indispensable à la modélisation, car la mise en place d'une hiérarchie dans les tronçons composant le réseau permet des différenciations, d'une part, selon la capacité des usagers à s'y mouvoir et, d'autre part, selon les possibilités ou restrictions d'accès qui y sont définies.

La topographie est une autre contrainte importante dans un milieu urbain, tel celui de la ville de Luxembourg. Les variations de pentes n'offrent pas les mêmes solutions de déplacements à toutes les catégories d'usagers. A partir d'études et de travaux menés par différentes associations d'aide aux personnes à mobilité réduite (ex : CRIPH, ANLH), des préconisations de quotas maximums de pourcentages de pentes sont à prendre en compte. Aussi pour modéliser l'accessibilité en tenant compte de la topographie, des vitesses moyennes ont été estimées en fonction du degré de pente.

La prise en compte simultanée de l'ensemble de ces facteurs permet de modéliser l'accessibilité piétonne des différentes catégories d'usagers dans l'espace intra-urbain.

2. Modéliser et visualiser l'accessibilité intra-urbaine des différentes catégories d'usagers

Dans le parcours d'un réseau, un individu va chercher à adopter une stratégie de déplacement en minimisant au

maximum le coût relatif au mouvement (temps le plus court, distance la plus courte, pente la plus faible, etc.). Dans la pratique, si l'on en croit P. Haggett (1973) les itinéraires auront tendance à fluctuer autour de l'optimum selon une distribution de Laplace-Gauss centrée sur ce chemin minimum coïncidant avec la valeur minimale de la courbe d'effort ou de moindre coût. Il reste à préciser cet optimum en tenant compte de la connectivité, de la topographie, d'attributs spécifiques au réseau et des coûts de déplacements associés. Ainsi, pour un individu i se déplaçant entre deux nœuds A et B, on détermine son temps de parcours t_i selon la formule suivante :

$$T_i = \sum_{j=1}^n \frac{d_{ij}}{v_{moyi}} \times j = \sum_{j=1}^n r_{ij}$$

avec d_{ij} : distance entre A et B

v_{moyi} : vitesse moyenne de l'individu entre A et B

$j = 1 \dots n$: ensemble des restrictions s'appliquant à l'individu i entre A et B selon ses caractéristiques propres (catégories d'usagers)

n : nombre de restrictions

De là, l'algorithme de Dijkstra (1959) permet de déterminer de manière optimale des parcours minimisant le temps de déplacement en prenant en compte l'ensemble des critères précités (Lee et al. 1998). Avec le développement des SIG intégrant des modules d'analyse de réseau (comme Network Analyst d'ArcGis), la capacité de mettre en place une telle modélisation, basée sur une évaluation multicritère, est possible en restituant une information pertinente à une résolution spatiale relativement fine (Atkinson et al., 2005).

A ce stade du projet, les premiers résultats permettent d'élaborer une cartographie comparative de l'accessibilité intra-urbaine des différents types d'usagers piétons. Plus qu'une simple illustration, la carte apparaît alors comme un outil révélateur de structures spatiales non directement visibles sur le terrain (Antoni et al., 2004). Elle offre l'opportunité d'évaluer l'efficacité du réseau et de hiérarchiser les différents lieux accessibles. Elle doit permettre de voir, de comprendre et de mettre en évidence des obstacles aux déplacements. Selon le paramétrage du modèle, différentes barrières intra-urbaines peuvent être identifiées qu'elles soient physiques, artificielles, environnementales ou psychologiques. Enfin, la connectivité piétonne à d'autres modes peut également être mesurée à travers des cartes d'accessibilités aux infrastructures (stations vélo!H!, gare, arrêts de bus, etc.).

3. Références bibliographiques

- Amar G., 2010, *La marche au coeur de l'intermodalité*, CAUE, Paris, 21 mai 2010.
- Antoni J.P., Klein O. Moisy S., 2004, Cartographie interactive et multimédia : vers une aide à la réflexion géographique, *Cybergeo : European Journal of Geography*, Systèmes, Modélisation, Géostatistiques, article 288, mis en ligne le 21 octobre 2004, <http://cybergeo.revues.org/index2621.html>.
- Atkinson D.M., Deadman P., al., 2005, Multi-criteriaevaluation and least costpathanalysis for an arcticall-weather road, *AppliedGeography*, 25, pp. 287-307.
- DijkstraE.W., 1959, A note on twoproblems in connexion with graphs. *NumerischeMathematik*, vol. 1, pp. 269-271.
- Haggett P., 1973, *L'analyse spatiale en géographie humaine*, Collection U, A. Colin, 390 p.
- Lee, J., &Stucky, D. ,1998, On applyingviewshedanalysis for determiningleast-costpaths on digital elevationmodels. *International Journal of Geographical Information Systems*, 12(8), pp. 891-905.
- Matthews H., BEALE L. et al., 2003, Modelling Access with GIS in Urban Systems (MAGUS): capturing the experiences of wheelchairusers, *Area*, 35 (1), pp. 34-45.
- Victor N., 2010, *Modélisation de l'accessibilité piétonne à Luxembourg-Ville*, Rapport de Stage, CEPS/INSTEAD, Master SIG et Gestion de l'Espace, Université Jean Monnet, Saint-Etienne, 54 p. (+ annexes et livret cartographique).

Profils d'environnement urbain et comportements de santé : exemple de la pratique de la marche et du vélo en Ile-de-France

**Hélène Charreire¹⁻², Paul Salze³, Arnaud Banos⁴, Dominique Badariotti³,
Christiane Weber³, Basile Chaix⁵, Romain Casey⁶, Emmanuelle Kesse-Guyot²,
Serge Hercberg², Chantal Simon⁶, Jean-Michel Oppert²⁻⁷**

¹Lab-Urba, Institut d'Urbanisme de Paris, Université Paris-Est Créteil

²UREN INSERM U557/INRA U1125/Cnam/Université Paris 13, CRNH Ile-de-France, Bobigny

³ERL7230 CNRS Image, Ville, Environnement Université de Strasbourg

⁴UMR 8504 CNRS/Université Paris 1, Géographie-Cités, Paris

⁵INSERM U 707, Paris

⁶Université de Lyon, INSERM U870, INRA U1235, CRNH Rhône-Alpes, Hospices Civils de Lyon

⁷Nutrition Pitié-Salpêtrière/UPMC-Paris 6, CRNH Ile-de-France, France. MR LISA / Université de Corse,

1. Contexte et objectif

En 2004, la promotion de l'activité physique a été déclarée "priorité de santé publique" par l'OMS. L'inactivité physique favorise en effet le développement de pathologies chroniques telles que les maladies cardiovasculaires, le diabète de type 2 et les cancers du colon et du sein (Oppert et al., 2006) ; les cancers et les maladies cardio-vasculaires étant les deux premières causes de décès en France.

La promotion d'une activité physique quotidienne telle que la marche ou le vélo est un enjeu important des politiques de santé publique relayé par les acteurs de la ville pour aménager des espaces urbains appropriés. La marche et le vélo sont parmi les formes les plus fréquentes d'activité et représentent donc des cibles prioritaires des politiques de promotion de l'activité physique car elles peuvent être réalisées tout au long de la journée. Les études menées principalement dans les pays anglo-saxons soulignent l'importance des caractéristiques de l'environnement construit comme déterminants des pratiques de la marche et du vélo (Wendel-Vos, van Hooijdonk et al. 2008) et, à plus long terme, comme déterminants du statut pondéral (Papas, Alberg et al. 2007)

Cette communication est l'occasion de présenter les relations mises en évidence, en combinant les méthodes de la géographie et de l'épidémiologie, entre pratique des activités de la marche et du vélo, et le statut pondéral et certaines caractéristiques de l'environnement de vie des sujets.

2. Données et méthode

Le territoire d'étude est la région Ile-de-France qui compte 5261 quartiers IRIS (échelle d'analyse) en 2007

Données environnementales

Il s'agit de définir le potentiel piétonnier des quartiers de résidence en combinant plusieurs sources d'informations : l'accessibilité aux espaces verts et aux services de proximité et la disponibilité en pistes cyclables pour chaque IRIS. Si ces trois caractéristiques de l'environnement 'construit' ont été utilisées dans de précédentes études anglo-saxonnes pour définir des indices de 'marchabilité' en lien avec la santé, elles ont rarement fait l'objet d'analyses en France.

Les informations relatives aux espaces verts sont issues des travaux menés par l'IAURIF sur l'attractivité des espaces verts (Legenne, 2009). La délimitation des aires potentielles d'attraction repose sur la superficie de chaque espace vert. La disponibilité en pistes cyclables (en m) a été calculée à partir des informations transmises par l'IAURIF. Enfin l'accessibilité aux services de proximité a été estimée par IRIS en utilisant un modèle de potentiel d'interaction et en prenant en compte 5 types d'équipements (poste, banque, boulangerie, pharmacie et librairie/papeterie) avec une portée de 1000 m (Weber et al., 1999 ; Banos et al., 2008). Les combinaisons entre ces trois variables ont été étudiées à partir d'une analyse en composante multiple complétée par une classification ascendante hiérarchique. Cette typologie sera complétée par la présence des routes et sentiers en tant que lieux de pratique de la marche et du vélo après acquisitions de la BD TOPO de l'IGN (travail en cours).

Données individuelles

Les analyses portent sur 603 hommes et 706 femmes qui résidaient en Ile-de-France en 2007 et qui participaient à l'étude SU.VI.MAX (Supplémentation en Vitamines et Minéraux Antioxydants). Cette étude était initialement un essai d'intervention nutritionnel réalisé entre 1994 et 2003 au sein de l'Unité de Recherche en Epidémiologie Nutritionnelle (UREN, INSERM U557/U1125 INRA/Cnam/Université Paris 13) (Herberg, Galan et al. 2004) et dont le suivi des adultes volontaires (entre 35 et 60 ans à l'inclusion) se poursuit, sous forme d'une étude de cohorte prospective.

Nos données sont issues des réponses à un questionnaire détaillé d'activité physique et des mesures anthropométriques réalisées durant l'année 2007. Dans le questionnaire d'activité physique utilisé (Modifiable Activity Questionnaire – MAQ), les sujets ont déclaré toutes les activités réalisées, dans un contexte de loisirs, au moins 10 fois au cours des 12 derniers mois et durant au moins 10 minutes par session en indiquant le temps de pratique moyen et la fréquence (par mois) de chaque activité de loisir. A partir du poids et la taille mesurées, l'indice de masse corporelle ($IMC = \text{poids}/\text{taille}^2$) de chaque sujet a été calculé. Les adresses de résidence des sujets en 2007 ont été géo-localisées.

Analyse des associations entre données individuelles et environnementales

Une analyse de variance (ANOVA) a été réalisée pour vérifier si le temps moyen de pratique de la marche et du vélo et l'IMC différaient significativement en fonction de différents profils de quartier. Les analyses ont été réalisées après ajustement sur les caractéristiques individuelles des sujets (âge, genre, niveau d'étude) et sur le niveau de revenus médian du quartier (INSEE, 2007).

4. Références bibliographiques

- Oppert J.-M., Simon C., Rivière D., Guezennec C.-Y., 2006, *Activité physique et santé. Arguments scientifiques, pistes pratiques*. Ministère de la Santé, coll. "Les synthèses du PNNS": 58 p. <http://www.sante.gouv.fr> Rubrique Nutrition.
- Herberg, S., P. Galan, et al. (2004). "The SU.VI.MAX Study: a randomized, placebo-controlled trial of the health effects of antioxidant vitamins and minerals." *Arch Intern Med* 164(21): 2335-42.
- Papas, M. A., A. J. Alberg, et al. (2007). "The built environment and obesity." *Epidemiol Rev* 29: 129-43.
- Wendel-Vos, G. C., C. van Hooijdonk, et al. (2008). "Environmental attributes related to walking and bicycling at the individual and contextual level." *J Epidemiol Community Health* 62(8): 689-94.
- Legenne C., 2009, *La desserte en espace vert : un outil de suivi de la trame verte d'agglomération*, Paris, Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de la région Ile-de-France. http://www.iaurif.org/fileadmin/Etudes/etude_585/La_desserte_en_espaces_verts_avec_signets_01.pdf
- Weber C., Hirsch J., 1999, Potential model application and planning issues. *11th European Colloquium on Quantitative and Theoretical Geography*, Durham Castle, UK, September 3-7. <http://www.cybergeog.eu/index889.html>
- Banos A., Thevenin T., 2008, Création de champs de potentiel et simulation d'itinéraires à partir de l'enquête ménages-déplacement, in *Information Géographique et Dynamique Urbaine, Volume 1 : Analyse et simulation de la mobilité des personnes*, Marius Thériault et François Des Rosiers (eds.), Hermes Sciences Publishing

3. Principaux résultats

Sept profils de quartier ont été mis en évidence (profils 1 à 7). Les sujets qui résidaient dans des quartiers de profils 1 et 5 (présence relativement importante d'espaces verts, de services de proximité et de pistes cyclables) avaient les temps de pratique moyens (marche et vélo) les plus élevés (respectivement 2,64 h/sem et 2,99 h/sem, ($p < 0.01$)), contrairement aux sujets qui résidaient dans les profils de quartiers 6 et 7 (faible présence d'espace vert, de services de proximité et de pistes cyclables) dont les temps de pratique sont les plus faibles (respectivement 1,86 et 1,47 h/sem). Les différences d'IMC moyen observées entre profils n'étaient pas significatives ($p < 0,13$).

Ce travail met en évidence différents profils d'environnements construits en combinant certaines caractéristiques de l'environnement (espaces verts, services de proximité et pistes cyclables). Les temps moyens de pratique de la marche et du vélo varient en fonction des caractéristiques de l'environnement bâti de résidence indépendamment des caractéristiques individuelles (âge, sexe, niveau d'étude) et du niveau socio-économique du quartier de résidence. La promotion d'activités physiques telle que la marche et le vélo font partie des défis à relever et s'inscrit dans un ensemble d'enjeux majeurs pour les politiques de santé publique et d'aménagement du territoire. Ce travail a été réalisé dans le cadre du projet ELIANE (Etude des LIens entre Activité physique, Nutrition et Environnement, www.elianeproject.eu), projet financé par l'Agence Nationale de la Recherche (ANR-07-PNRA-004). Une partie de ce travail est également associée au projet de recherche Compalimage (ANR-05-PNRA 010).

Caractériser et quantifier l'information produite par une enquête de mobilité quotidienne

Hadrien Commenges

UMR Géographie-cités, PARIS

hcommenges@parisgeo.cnrs.fr

MOTS-CLEFS

Mobilité quotidienne • statistique • modélisation • information

1. Contexte

Tout essai de modélisation implique la recherche d'un équilibre entre ce qui est simple et faux et ce qui compliqué mais inutile. La recherche d'un équilibre entre simplification et complétude nécessite de faire des choix, cependant, ces choix et leurs conséquences sont rarement étudiés en tant que tels. En général, plus une enquête et la base de données correspondante ont des objectifs opérationnels, en terme de planification et de gestion de réseaux et de services, moins les choix qui ont présidé à sa conception sont explicités. C'est un des points que nous voudrions développer dans cette communication à travers l'exemple des enquêtes de mobilité quotidienne. Nous analyserons en détail la façon dont sont construites les bases de données sur la mobilité, en se focalisant sur le processus de simplification qui permet de passer d'un phénomène complexe et diffus à un ensemble de lignes et de colonnes. Plus que d'étudier quelles sont les formes et caractéristiques « réelles » de la mobilité quotidienne, nous chercherons à déterminer quelles sont les formes et caractéristiques que lui ont assignées les concepteurs des enquêtes de mobilité.

La façon de donner forme à un phénomène en le faisant rentrer dans une grille de lecture et d'analyse peut être mis en relation avec la langue et le langage tels que définis par Ferdinand de Saussure. Le langage serait avant tout la discrétisation d'un réel continu (Saussure 1995) : le découpage simultané de portions de sens (signifiés) auxquelles correspondent des portions de sons (signifiants). De la même façon, toute tentative de conceptualisation d'un phénomène comporte une phase qui consiste à découper, sélectionner et nommer des portions de ce phénomène pour pouvoir les manipuler et les rendre intelligibles. Mais on peut pousser plus loin la comparaison avec la linguistique : en séparant la langue de la parole, les linguistes ont séparé un pur système de signes de l'usage qui en est fait et de la portée sociologique de son usage (Calvet

2004). De la même façon, les travaux de socio-économie des transports ont tendu à séparer l'enquête de mobilité, conçue comme pur produit technique, de sa conception et de son usage, occultant ainsi la portée sociologique de cette enquête ainsi que la conception de la mobilité qu'elle véhicule. Cette dissociation trouve ses fondements dans la conception partielle et exogène de l'outil statistique, qui est souvent vu comme un simple instrument de mesure, extérieur à une réalité qui lui préexiste (Desrosières 2003). Le travail présenté ici s'inscrit ainsi en partie dans un champ que l'on pourrait dénommer « sociologie de la statistique publique », connue dans les pays anglo-saxons sous le nom de *sociology of calculation* ou *sociology of accounting*. Il s'agit d'insister sur le processus de construction des mesures quantitatives de réalités socio-économiques. Les travaux menés par Desrosières et Thévenot (Desrosières and Thévenot 1979), (Desrosières and Thévenot 1988) sur la construction de la typologie de professions et catégories socioprofessionnelles (PCS) de l'Insee sont exemplaires en ce domaine. Ils mettent en avant un processus de co-construction du phénomène (la structuration socioprofessionnelle de la société) et de son outil de mesure (la classification de l'Insee).

Une base de données numérique est composée de lignes et de colonnes. La mise en lignes correspond à un choix concernant l'unité d'enregistrement du phénomène, la mise en colonnes correspond à un travail de mise en variables du phénomène. La description et l'explication des mobilités quotidiennes s'effectuent donc à partir d'un choix d'unités d'enregistrement d'une part et d'un travail de mise en variables d'autre part, tous deux antérieurs au traitement et à l'interprétation dont seront issues les connaissances sur les caractéristiques « réelles » de la mobilité quotidienne. Cette mise en forme est patente dans le choix des unités d'enregistrement (ménage, individu, déplacement, trajet) qui s'impose à l'utilisateur. Le trajet est défini sur un critère lié au mode de transport : tout changement de mode dans un

déplacement implique un changement de trajet. Le déplacement est défini sur un critère lié au motif : tout motif/destination atteint marque un changement de déplacement. Le ménage est défini sur un critère d'unité de logement. Finalement la seule unité d'enregistrement qui n'est pas définie sur un critère discutabile est l'individu. Il est entendu que le terme « discutabile » n'a ici aucune connotation péjorative, cependant, étant défini sur un ou plusieurs critères de sélection, ce choix ne s'impose pas et, par conséquent, il peut et doit être discuté. La notion de critère sélectif implique en effet une double action d'inclusion et d'exclusion : on inclut ce qui répond au critère et on exclut le reste. En général, on s'intéresse au caractère inclusif du critère aux dépens de son caractère exclusif. C'est donc pour mettre en lumière toutes les implications (en particulier les aspects exclusifs) d'un choix fondé sur un critère sélectif que doivent être discutées les opérations de mise en lignes et de mise en colonnes de l'enquête.

2. Objectifs, données, méthodes

Ce travail s'inscrit dans le champ de la sociologie de la statistique mais il ne se veut pas déconstructiviste ni postmoderne. Les enquêtes de mobilité quotidienne restent un outil de mesure très riche, et il ne s'agit pas de minimiser leur intérêt en montrant les mécanismes de simplification dont elles sont le résultat. Il s'agit en fait d'un essai de « métastatistique », mais pas seulement dans le sens réflexif et discursif du terme (Besson 1989). Une enquête de mobilité, comme tout

outil de mesure, ne donne pas un accès direct à la réalité mais constitue un filtre à travers lequel nous observons un phénomène. La métastatistique consistera donc, non pas seulement à produire un discours sur ce filtre, mais à le caractériser d'un point de vue quantitatif.

L'objectif poursuivi dans cette communication est d'appliquer des méthodes d'analyse originales à un outil de mesure bien ancré dans le champ de la socio-économie des transports : l'Enquête Globale Transport de la région Île-de-France, similaire aux Enquêtes Ménages Déplacements « standard CERTU ». Plusieurs travaux (Tabaka 2009, Padeiro 2009, etc.) ont récemment montré que ces sources d'information, créées dans le but d'alimenter des modèles de trafic, peuvent être dévoyées, c'est-à-dire utilisées de façon non conventionnelle pour produire des résultats originaux.

Dans le cadre de cette communication, nous essaierons de manipuler cette source d'information pour faire émerger des connaissances non conventionnelles, à la fois sur les mobilités elles-mêmes, mais surtout sur leur outil de mesure. À l'issue de ce travail, nous produirons trois types de résultats : d'abord, des résultats conceptuels issus d'une approche réflexive sur l'outil de mesure que constitue l'Enquête Globale Transport. Ensuite, des résultats empiriques issus du dévoilement de certaines informations contenues dans la base de données. Enfin, nous essaierons de caractériser et de quantifier l'information produite en appliquant une méthode originale inspirée de la théorie de l'information de Shannon (1948).

3. Bibliographie

- Besson J.-L., 1989, "Esquisse d'une méta-statistique" in Abdelmalki L., Besson J.-L., *L'observé statistique : sens et limites de la connaissance statistique dans les pays développés et en développement*, Presses universitaires de Lyon, Lyon.
- Calvet L.-J., 2004, *Essais de linguistique : la langue est-elle une invention des linguistes ?* Plon, Paris.
- Desrosières A. 2003. "Historiciser l'action publique : l'État, le marché et les statistiques" in Laborier P., Trom D., *Historicités de l'action publique*, Presses universitaires de France, Paris.
- Desrosières A., Thévenot L., 1988, *Les catégories socioprofessionnelles*, Ed. La Découverte, Paris.
- Desrosières A., Thévenot L., 1979, "Les mots et les chiffres : les nomenclatures socio-professionnelles" *Economie et statistique* 110 : 49-65.
- Padeiro M., 2009, *Le métro hors les murs. Prolongements de lignes et évolution urbaine en banlieue parisienne*, Thèse doctorale, Université de Paris-Est.
- Saussure F., 1995, *Cours de linguistique générale*, Payot, Paris.
- Shannon C. E., 1948, "A mathematical theory of communication" *Bell System Technical Journal* 27 : 379-423.
- Tabaka K., 2009, *Vers une nouvelle socio-géographie de la mobilité quotidienne. Étude des mobilités quotidiennes des habitants de la région urbaine de Grenoble*, Thèse doctorale, Université Joseph Fourier, Grenoble.

Metric embeddings of disaggregate relative accessibility information derived from open transport data

Andrew Byrd

LVMT / Université Paris-Est / Ecole des Ponts / INRETS

KEYWORDS

Multimodal urban transport • disaggregate accessibility • contractive metric embeddings • open data

Abstract

Until recently, the data necessary for detailed assessment of accessibility were relatively hard to come by. Studies were often carried out using rather large analysis zones, treated in practice as points (centroids). Over the last few years, data availability and detail have greatly improved, making such simplifications unnecessary.

We provide a disaggregate (1 minute / 100 metres resolution) representation of the time-space in which urban interactions occur by inferring lower bounds on multimodal travel times between areas of varying urban intensity. These representations are derived automatically from public transit schedules and road system data (GTFS, OSM, etc.) which are increasingly freely available for urban areas throughout the world, allowing comparative studies of variations in urban accessibility from one city to another, as well as those from one place to another within a given metropolitan area. Land-use and population data are also sampled at this resolution, with help from cadastral survey records if available.

Such disaggregate analyses yield prohibitively large result sets that are difficult to visualize and store. One approach to interpretation is on-the-fly travel time reconstruction during indicator evaluation. We also consider the viability and accuracy of compactly representing complete sets of detailed accessibility information by iteratively improving a contractive embedding of the result (a finite metric space) into a normed vectors space. The compressive effects of a transportation system on the geographic space that it serves are thus captured through an analogy with the act of crumpling a surface in several dimensions. These techniques build on work in such seemingly disparate areas as anamorphic cartograms and routing in

decentralized data networks. Aside from their value in visualising and comprehending how concrete patterns of urbanisation emerge from the tensions between temporal proximity and spatial separation, they may find applications in accelerating goal-directed shortest path algorithms: by replacing the basic Euclidean heuristic with distances in such a time-space, the search space can be significantly reduced. As our representations and the procedures for constructing them are based on analogies with physical systems, they are particularly suitable for parallelization on commodity graphics hardware.

Rather than a speculative diachronic model, we provide a synchronic representation of some verifiable characteristics of a given metropolitan area's time-space, exploiting the normative framework provided by scheduled, fixed-route public transit to infer constraints on possible interactions within the urban system. We also reflect on alternatives to classic cumulative accessibility measures that may benefit from the use of high-resolution disaggregate data. These indicators are inspired by Lorenz curves, and serve as relative indicators of accessibility to a set of urban opportunities.

Our general intent is to provide a quantitative foundation for existing intuitive judgments of "good fit" between transit systems and urban form. Initial testing has been on cities in the United States (due to data availability), and applications to Ile-de-France will follow reception of the necessary public transit data. Planned applications over the coming months are in hedonic analysis of real-estate prices, evaluation of automobile dependence, and verification of reported travel times in the Île-de-France Enquête Globale de Transport (EGT).

Selected references:

- Cervero, Robert. *The Transit Metropolis*. Island Press, 1998.
- Chan, T-H Hubert. *Approximation Algorithms for Bounded Dimensional Metric Spaces*. PhD Thesis, Carnegie Mellon University, 2007.
- Charron, Mathieu. *La relation entre forme urbaine et la distance de navettage : Les apports du concept de "possibilité de navettage"*. PhD thesis, U. Québec Montréal, 2006.
- Hamacher, Ruzika, and Tjandra. Algorithms for Time-dependent shortest path problems. *Discrete Optimization* Volume 3, Issue 3, September 2006.
- Hjaltason and Samet. Properties of Embedding Methods for Similarity Searching in Metric Spaces. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, pp. 530-549, May, 2003.
- Kwan, Mei-Po. GIS Methods in time-geographic research: geocomputation and geovisualization of human activity patterns. *Geografiska Annaler B*, vol. 86 n° 4, 2004.
- Miller, Harvey and Ahmed, Nobbir. Time-space transformations of geographic space for exploring, analyzing, and visualizing transportation systems. *Journal of Transport Geography* 15, 2007.
- Okuyama, Ino, and Hagihara. A Task Parallel Algorithm for Computing the Costs of All-Pairs Shortest Paths on the CUDA-Compatible GPU. *International Symposium on Parallel and Distributed Processing with Applications*, 2008.
- Silva, Cecilia. *Comparative accessibility for mobility management: The Structural Accessibility Layer*. PhD Thesis, U. Porto Civil Engineering, 2008.
- Teissier, B. Des modèles de la Morphogénèse à la morphogénèse des modèles. *La Cause Freudienne*, No. 37, 1997.
- Wiel, Marc. *La transition urbaine : Le passage de la ville pédestre à la ville motorisée*. Mardaga Editions, 1999.

Atelier 9

Structures spatiales et polarités locales

Modéliser l'attractivité des lieux globaux

Une enquête internationale auprès de 9000 étudiants de L3¹

Claude Grasland et Laurent Beauquitte

Université Paris / UMRGéographie-cités

MOTS CLES

Attractivité ● cartes mentales ● modèle gravitaire ● modèle logit

Il existe de multiples façons pour mesurer l'attractivité d'un lieu et, en fonction du thème étudié et de la méthodologie choisie, on pourra se concentrer sur les flux (économiques, culturels), la présence d'une « classe créative » ou les nombreux indices de qualité de vie. Notre hypothèse est qu'il est possible de mesurer l'attractivité des lieux en se basant sur l'étude des cartes mentales (Gould et White, 1974). La population étudiée est constituée par les futures élites (étudiant(e)s de L3) dans leur domaine respectif. Ce sont en effet ces personnes, situées à un moment clé de leur parcours étudiant, qui feront le monde de demain.

Après avoir détaillé l'enquête en elle-même, nous présentons les résultats globaux à l'aide de deux indicateurs et d'un modèle gravitaire, puis nous étudions les variables individuelles expliquant la citation des pays les plus cités à l'aide d'un modèle logit. L'ensemble montre les logiques spatiales à l'œuvre dans les représentations des étudiants enquêtés

1. L'enquête EuroBroadMap

Dans le cadre du projet EuroBroadMap(7^ePCRD), nous avons réalisé une enquête internationale auprès de 9300 étudiants de L3 dans 18 Etats et 43 villes. Le choix des Etats est lié à leur position relative à l'UE, pays fondateurs (Belgique, France), membres plus récents (Portugal, Suède), nouveaux membres (Chypre, Hongrie, Roumanie), candidats (Turquie) et voisins de l'Est ou du Sud (Moldavie, Egypte, Tunisie). Ont été également enquêtés les BRIC (Brésil, Russie, Inde, Chine) ainsi que des pays africains ayant eu des liens coloniaux avec certaines membres de l'UE (Cameroun, Sénégal). L'échantillon des étudiants était stratifié en fonction de six disciplines (lettres, arts, médecine, ingénieurs, sciences politiques, commerce) et du genre.

La première partie du questionnaire nous a permis de récolter des variables explicatives (genre, âge, mobilité familiale, niveau socio-économique familial, sentiment d'appartenance), la deuxième partie était consacrée aux lieux (villes et Etats) où les étudiant(e)s aimeraient et n'aimeraient pas vivre dans un futur proche². La question a été posée successivement pour les villes et les Etats dans la mesure où nous attendions des résultats différents en fonction de l'échelle proposée. Et les premiers résultats confirment cette hypothèse ; une ville comme San-Francisco est citée de façon exclusivement positive alors que le bilan pour les Etats-Unis est beaucoup plus nuancé.

2. Les facteurs explicatifs globaux

Si les appréciations varient en fonction des villes d'enquête, que ce soit pour les Etats ou les villes, la concentration des réponses sur quelques individus seulement reste étonnante. Trois Etats (Etats-Unis, France et Royaume-Uni) sont ainsi cités par 50% de l'échantillon total. La dispersion est sensiblement plus élevée en ce qui concerne les villes mais Paris, Londres et New York sont respectivement citées par 50, 47 et 46% de l'échantillon enquêté.

La première étape consiste à comparer deux indicateurs basiques, tant sur une base globale que par pays d'enquête : l'un lié à la connaissance (un pays ou une ville est cité ou non), l'autre est un indice d'asymétrie reflétant les proportions entre avis positifs et négatifs. Variant entre -1 (tous les enquêté(e)s n'aimeraient pas vivre dans cet Etat / cette ville dans un futur proche à 1 (tous les enquêté(e)s aimeraient vivre dans cet Etat/cette ville), ce dernier indicateur donne d'utiles renseignements sur les représentations des différents lieux mondiaux.

Ces deux indicateurs ont ensuite servi à construire un modèle gravitaire visant à expliquer les résultats (Fotheringham et O’Kelly, 1989 ; Sen et al., 1995). Nous faisons en effet l’hypothèse que les enquêté(e)s citent de façon préférentielle les Etats riches (PNB), peuplés (POP), proches (DIST) et grands (SUP). L’existence de liens coloniaux passés (COL) et la présence d’une langue commune (LANG) sont également supposées être des variables explicatives pertinentes. Le choix d’un modèle poissonien vise notamment à conserver la présence des flux nuls (d’Aubigny et al., 2000). Le modèle est donc construit sous la forme :

$$F_{ij} = \text{SCALE} \cdot \exp[a_0 + a_1 \ln \text{POP} + a_2 \ln \text{PNB} + a_3 \ln \text{SUP} + a_4 \ln \text{DIST} + a_5 \text{LANG} + a_6 \text{COLO}] + \varepsilon_{ij}$$

Comme il était attendu, en tout cas par des géographes, la ou plutôt les distances (euclidienne, linguistique) et les tailles (population, PNB) jouent un rôle important, spécialement pour l’aspect connaissance, et ce quel que soit le pays enquêté.

3. Le rôle des variables individuelles

Enfin, nous avons construit un modèle logit afin de contrôler les effets liés aux tailles des échantillons afin de déterminer, toutes choses égales par ailleurs, quels étaient les pays les plus compétitifs concernant l’attractivité. Les variables individuelles retenues concernent le genre, l’âge, le domaine d’étude et la nationalité.

Les trois pays les plus cités par les étudiants, soit par ordre décroissant les Etats-Unis, la France et le Royaume-Uni

ont fait l’objet de ce ou plus exactement de ces modèles. En effet, pour chacun de ces pays, un premier modèle vise à déterminer qui le cite ou ne le cite pas. Puis, parmi les étudiant(es) citant ce pays, un modèle est testé pour les réponses positives (oui je souhaiterais vivre dans ce pays dans un futur proche) et un pour les réponses négatives.

Les conclusions sont variables selon les cas mais le genre et le domaine d’étude constituent le plus souvent des variables explicatives significatives toutes choses égales par ailleurs.

4. Conclusion provisoire

Si ces premiers résultats montrent le poids des représentations mentales et le rôle de la (ou des) distance(s) dans ces dernières de façon convaincante, des compléments restent souhaitables.

D’autres variables pourraient être introduites dans le modèle proposé; il semble en effet que les lieux enquêtés où la probabilité d’émigration étudiante est plus élevée citent de façon positive et préférentielle les Etats restés ouverts à l’immigration. Inversement, la géographie des lieux cités négativement mérite un examen approfondi; différentes mesures de la notoriété médiatique négative (Etats en guerre, Etats voyous ou en faillite) à l’échelle mondiale restent à construire et à tester.

Ces différents modèles et hypothèses ont jusqu’ici été testés au niveau des Etats mais pourraient être appliqués aux villes et la comparaison des résultats obtenus serait sans nul doute d’un grand intérêt.

5. Références bibliographiques

- G.d. Aubigny, C. Calzada, C. Grasland, D. Robert, G. Viho et J.M. Vincent. Approche poissonnienne des modèles d’interaction spatiale. *Cybergéo*, 126, 2000.
- A.S. Fotheringham et M.E. O’Kelly. *Spatial interaction models: formulations and applications*. Kluwer Academic Pub, 1989.
- P. Gould et R. White. *Mental Maps*. Penguin books, 1974.
- T.F. Saarinen. Centering of mental maps of the world. *National Geographic Research*, 4(1):112–127, 1988.
- A. Sen, T.E. Smith, et P. Nijkamp. *Gravity models of spatial interaction behavior*. Springer, 1995.

¹Les recherches menant aux présents résultats ont bénéficié d’un soutien financier du septième programme-cadre de la Communauté européenne (7ePC/2007-2013) en vertu de la convention de subvention n°225260 (www.eurobroadmap.eu)

² Citer son pays de nationalité ou une ville de ce dernier n’était pas autorisé.

Structures spatiales des relations diplomatiques mondiales

Laurent Beauguitte* et Clarisse Didelon**

*Université Paris 7, UMR Géographie-cités

**Université du Havre, UMR IDEES

MOTS CLES

Relations diplomatiques ● voisinage ● discontinuité ● modèle logit

L'étude des relations diplomatiques a une histoire déjà longue en sciences politiques (Brams, 1966 ; Russett *et al.*, 1969 ; Snyder et Kick, 1979). Si les articles de cette discipline présentent un réel intérêt, la dimension spatiale des liens diplomatiques n'est que rarement questionnée et approfondie. Elle se limite le plus souvent à la construction de modèle explicatif sur les relations diplomatiques d'un seul pays, en l'occurrence les Etats-Unis (Xierali et Liu, 2006). Quelques papiers récents ont pourtant montré tout l'intérêt d'une démarche géographique quantitative pour valider un certain nombre d'hypothèses théoriques concernant les relations au sein du Système-monde (Neumayer 2007 et 2008). En effet, le fait qu'un pays (ou une région ou une ville) décide d'établir et de maintenir une représentation diplomatique est un indice probant que des liens autres (économiques, migratoires, financiers) existent entre ces deux entités (Pollins, 1989).

Notre communication porte plus particulièrement sur la localisation des ambassades et des consulats et du réseau de relations que ces représentations diplomatiques dessinent à l'échelle mondiale. Dans une première partie, après avoir expliqué la constitution et le contenu de la base de données utilisée, nous présenterons les caractéristiques principales de ces relations diplomatiques et nous chercherons en particulier à déterminer si les liens diplomatiques dessinent certaines formes de régionalisation. Puis nous approfondirons plus particulièrement les logiques spatiales des diplomaties faibles, c'est-à-dire les Etats appartenant au dernier quartile au regard du nombre d'ambassades envoyées vers un autre Etat.

1. Caractéristiques spatiales des réseaux diplomatiques

La base de données utilisée pour cette étude est un ensemble de trois matrices carrées orientées élaborées pendant l'été 2009 sur les pays émetteurs et récepteurs d'ambassades, de représentations diplomatiques et de consulats. Pour ce faire les sites internet des ministères

des affaires étrangères de plus de 200 pays ont été consultés et les localisations des représentations diplomatiques relevées, ainsi que leur nombre en ce qui concerne les consulats.

Si les Etats ne sont pas les seuls à envoyer des représentations à l'étranger, se limiter à ce type d'acteurs n'est pas un handicap dans la mesure où l'objectif est de produire une régionalisation à l'échelle mondiale. Or les villes et régions émettrices et réceptrices de liens para-diplomatiques appartiennent toutes peu ou prou aux Etats les plus centraux du Système-Monde (Paquin, 2004) et reproduisent dans une large mesure les choix diplomatiques des pays auxquels ils appartiennent.

Dans un premier temps, l'analyse portera sur la description des réseaux diplomatiques en passant par une approche fondée sur les méthodes d'analyse de réseaux. Ces dernières permettront notamment d'identifier et de caractériser les pays « têtes de réseaux diplomatiques » et de dessiner leurs aires d'influence. Nous chercherons à déterminer si les réseaux de relations dessinent des régions diplomatiques cohérentes, et, le cas échéant, à les caractériser.

2. Logiques spatiales des diplomaties faibles

Si les méthodes d'analyse de réseaux mettent aisément en lumière les individus centraux, la caractérisation des périphéries est parfois plus délicate. Or focaliser l'attention sur les diplomaties faibles permet de mettre en évidence des logiques spatiales nettes.

En effet, les pays souffrant de contraintes fortes dans l'envoi d'ambassades (ressources financières et humaines faibles, isolement diplomatique etc.) sont amenés à faire des choix stratégiques pour les rares ambassades dont ils disposent. Ainsi quels sont les pays vers lesquels les diplomaties faibles envoient des

ambassades ? Ces choix varient-ils en fonction de leur région d'appartenance ?

La construction d'un modèle logit permettra de valider l'hypothèse suivante : les diplomaties faibles privilégient les Etats importants, que ce soit de façon absolue (en terme de richesse, de population) ou relative (importance des flux commerciaux et financiers bilatéraux) et proches (distance euclidienne, contiguïté, langue commune, liens coloniaux).

Leurs choix semblent dessiner a contrario une image des diplomaties fortes, c'est-à-dire celles qui comptent et avec lesquelles il semble nécessaire d'établir des relations diplomatiques. Une fois cet effet banal éliminé, les processus mettant en jeu l'une des distances considérées apparaissent nettement.

3. Conclusion

Certains points méthodologiques et conceptuels méritent une plus ample discussion. Le choix de rester centré à une échelle nationale peut être questionné dans la mesure où plusieurs travaux ont montré

l'importance croissante des para-diplomaties (réseau diplomatique mis en place par un acteur infra – ville, région – ou supra-étatique). Les intégrer dans le raisonnement ne ferait sans doute que renforcer la polarisation de ce réseau, d'autant plus que seules les régions ou les villes des pays les plus développés peuvent en soutenir le financement.

Au niveau méthodologique, d'autres mesures de distance pourraient être introduites comme variables explicatives. Les modèles proposés ici sont à considérer comme des premières tentatives et non comme des résultats achevés. L'incomplétude des données pose problème pour intégrer des variables supplémentaires potentiellement explicatives, tel le respect des droits humains par les acteurs impliqués.

Enfin, il serait nécessaire d'introduire une dimension temporelle dans ce modèle. Des bases de données partiellement compatibles existent (COW) et modéliser l'évolution du réseau, à l'aide d'un modèle Siena (modèle de régression logistique permettant de quantifier l'évolution d'un graphe orienté) ou de méthodes issues des « *complex networks* », serait un approfondissement souhaitable.

4. Références

- S.J. Brams. Transaction flows in the international system. *The American Political Science Review*, 60(4):880-898, 1966.
- C.R. Flint. *The geography of war and peace: from death camps to diplomats*. Oxford University Press, USA, 2005.
- E.M. Hafner-Burton, M. Kahler, and A.H. Montgomery. *Network analysis for international relations*. *International Organization*, 63(3):599-592, 2009.
- E. Neumayer. *Geography, Power and Ideology: Diplomatic Representation in a Spatial, Unequal and Divided World*. 2007.
- E. Neumayer. Distance, power and ideology: diplomatic representation in a world of nation-states. *AREA-Institute of British Geographers*, 40(2):228-236, 2008.
- J. O'Loughlin and L. Anselin. Geography of international conflict and cooperation: theory and methods. *The new geopolitics*, p.11-38, 1992.
- E. Paquin. *Paradiplomatie et relations internationales. Théorie des stratégies internationales des régions face à la mondialisation*. Bruxelles, P.I.E., 2004
- B.M. Pollins. Does trade still follow the flag? *The American Political Science Review*, 83(2):465-480, 1989.
- B.M. Russett, C. Lamb, et al. Global patterns of diplomatic exchange, 1963-64. *Journal of Peace Research*, 6(1):37-55, 1969.
- D. Snyder and E.L. Kick. Structural position in the world system and economic growth, 1955-1970: A multiple-network analysis of transnational interactions. *American Journal of Sociology*, 84(5):1096-1126, 1979.
- P.J. Taylor. New political geographies: global civil society and global governance through world city networks. *Political Geography*, 24(6):703-730, 2005.
- P.J. Taylor et C. Flint. *Political geography: World-economy, nation-state and locality*. Longman, 1989.
- I. Vogeler. Cold war geopolitics: embassy locations. *Journal of Geography*, 94(1):323-329, 1995.
- I.M. Xierali et L. Liu. Explaining foreign diplomatic presence in the U.S. with spatial models: a liberal spatial perspective. *GeoJournal*, 67(1):85-101, 2006.
- I.M. Xierali et L. Liu. The Effect of Power and Space on Foreign Diplomatic Presence in the United States: a Spatial Modeling Approach. *Annals of GIS*, 12(2):53-63, 2006.

Identifier les pôles d'emplois d'une aire métropolitaine : apports d'une méthode générique

Application à l'aire urbaine parisienne et comparaison 1999-2006

Florent Le Néchet, Hélène Mathian, Sandrine Berroir, Thérèse Saint-Julien et Lena Sanders

UMR Géographie-cités

1. Contexte

Au cours de ce dernier demi-siècle les espaces métropolitains se sont complexifiés. Travaux théoriques (Fujita et Thisse 1996) et études empiriques (McMillen 2003, Anderson N., Bogart W., 2001, Glaeser E., Kahn M., 2001 etc.) ont mis en évidence l'émergence de pôles d'emploi secondaires, niveau hiérarchique intermédiaire entre centres traditionnels et communes résidentielles des périphéries urbaines. Un enjeu scientifique consiste à identifier l'ensemble des pôles des aires métropolitaines et à étudier leur évolution. Un pôle d'emploi en effet, correspond rarement à une entité administrative et se repère difficilement dans le paysage. Il correspond à une réalité fonctionnelle et est le résultat d'une concentration d'emplois et de pratiques individuelles de mobilité domicile-travail liées à la polarisation de ces emplois. L'identification et la délimitation de ces pôles a donné lieu à une importante littérature (Anas et al. 1998, Aguilera 2005, Giuliano, Small K., 1991, Mc Donald, 1987, McMillen 2001). Berroir et al. (2005, 2007) ont développé une méthode pour identifier les pôles d'un espace métropolitain qui a l'originalité de combiner des indicateurs de concentration et des indicateurs de polarisation. Cette méthode-prototype a été appliquée aux données du recensement de 1999 et a permis de construire une soixantaine de pôles multicommunaux pour l'aire urbaine parisienne.

D'un point de vue opérationnel ces pôles ont servi à la DREIF⁵ pour analyser la croissance de l'emploi en Ile-de-France. Ces études, effectuées à délimitation constante des pôles, ont permis d'analyser le renforcement de tendances polycentriques dans l'espace francilien (DREIF 2005, 2007). Se pose cependant la question de l'évolution des délimitations des pôles et celle de la comparabilité entre aires métropolitaines différentes. Tel est le cas par exemple

d'une recherche comparative menée sur la métropole parisienne et la région Rhin-Ruhr (Le Néchet, 2010). C'est dans ce contexte que les expérimentations faisant l'objet de cette contribution ont été développées.

2. Objectifs

Le découpage administratif en communes de l'aire urbaine parisienne forme une partition relativement régulière de l'espace (1603 communes ou arrondissements parisiens en 1999). Ce maillage renvoie cependant à une diversité d'objets faite d'espaces urbains centraux denses, de banlieues, de villes anciennes absorbées par l'étalement urbain, de villes nouvelles, d'espaces ruraux et de petites villes sur les marges de l'espace francilien. Il s'agit d'identifier dans ce magma urbain les pôles qui structurent l'espace francilien du point de vue fonctionnel. Ces pôles peuvent dans certains cas être composés d'une unique commune, mais ils sont le plus souvent multicommunaux, les plus étendus comprenant une dizaine de communes (Roissy-en-France : 8 communes, St-Quentin-en-Yvelines : 7 communes, Cergy-Pontoise : 6 communes). La méthode-prototype mise en place est fondée sur le déroulement de plusieurs étapes successives, chacune reposant sur plusieurs indicateurs et plusieurs choix de seuils. Afin de faciliter la transférabilité de cette démarche à d'autres espaces métropolitains ou au même espace à plusieurs dates, l'objectif premier est de développer une méthode générique et automatique. Un deuxième objectif est de rendre compte du changement, dans sa double dimension : l'évolution du phénomène en termes de concentration de l'emploi et de polarisation des espaces franciliens d'une part et les conséquences sur les délimitations des pôles d'autre part. La tâche est de ce fait délicate.

Il s'agit ainsi de passer d'une méthode pensée et conçue en statique à une méthode générique permettant d'analyser l'évolution du territoire. D'un point de vue

⁵ Direction Régionale de l'Équipement de l'Île de France

technique cela signifie passer d'une implémentation quasi-manuelle à une implémentation automatique, nécessitant la formalisation d'un ensemble de paramètres et seuils. Ainsi les indicateurs et les processus élaborés sont mis à l'épreuve d'une évaluation plus systématique.

La méthode peut donner lieu à des expérimentations et nous proposons d'illustrer la manière dont ces expérimentations viennent non seulement valider la méthode, mais peuvent apprendre sur la structuration de la polarisation de l'emploi.

3. Méthode

La méthode qu'il s'agit d'automatiser est détaillée dans (Berroir, 2007). La figure 1 donne le résultat obtenu lors de sa première mise en œuvre : 67 pôles multicommunaux sont obtenus, s'appuyant sur 149 communes dans l'aire urbaine de Paris.

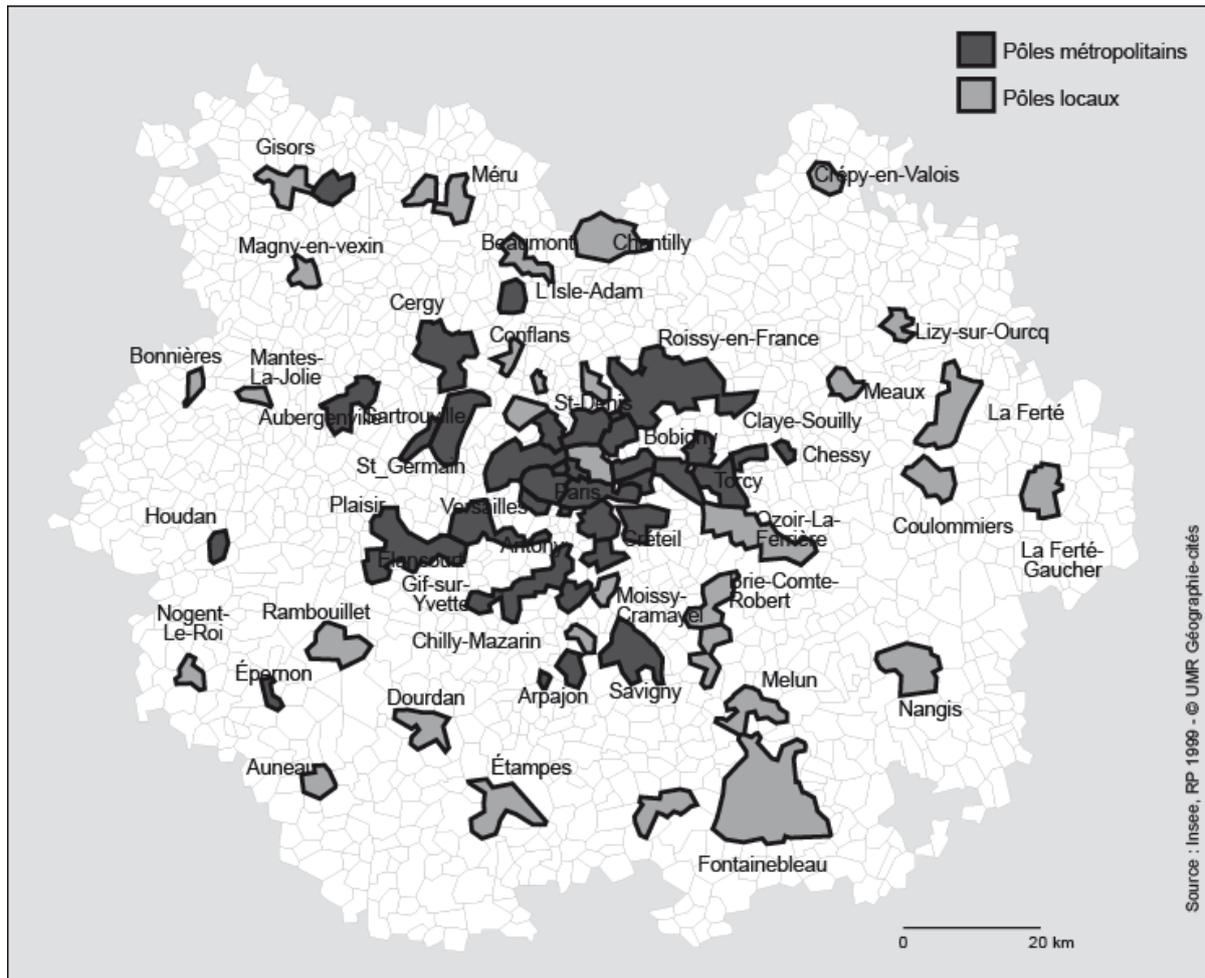


Figure 1 : pôles et organisations dans l'aire urbaine

La méthode peut être décomposée en deux grandes étapes identifiées pour l'implémentation automatique :

- La première étape consiste à identifier, parmi l'ensemble des communes de l'aire métropolitaine, celles qui ont des potentialités de pôle (communes-noyaux) en combinant plusieurs indicateurs permettant d'appréhender les différentes facettes de la centralité d'un lieu (concentration et attraction, suivant deux logiques de mesure, brute et relative). Pour cette étape, 4 seuils sont utilisés (tableau 1).
- La seconde étape consiste à agréger des communes afin de construire des pôles multicommunaux qui font sens du point de vue fonctionnel : - dans un premier temps on identifie des liens forts entre commune-noyaux proches, à partir de deux critères, le recouvrement des aires de polarisation et l'intensité de l'interaction entre les communes ;

on aboutit à une liste de couples de communes-noyaux spatialement proches et liés par des relations fortes, i.e. vérifiant simultanément les 2 critères. Mis bout à bout ces liens font émerger des sous-ensembles géographiques dont il s'agit de vérifier la cohérence d'un point de vue fonctionnel. Les entités ainsi obtenues constituent les cœurs des pôles multicommunaux ; - dans un deuxième temps

on effectue une analyse systématique des voisinages des pôles ainsi définis afin d'identifier des communes qui, bien que ne figurant pas nécessairement dans la sélection des noyaux, appartiennent au pôle multicommunal, par leur fonctionnement en termes d'échanges symétriques et de recouvrement des aires de recrutement. Pour cette étape, six seuils sont identifiés (tableau 1).

| Etape | Indicateurs | Seuils | Valeur de référence |
|---------|--------------------------------|---|--|
| Etape 1 | Densité d'emplois | - | - |
| | Nombre d'emplois | Nombre minimal d'emploi | 500 |
| | Pic d'emplois | Rayon de calcul des densités | 5 km |
| | Couverture Polarisation | Intensité minimale de la polarisation | 10 actifs |
| | Dépendance engendrée | Taux d'actif minimal pour la dépendance | 10% des actifs de la commune de départ |
| | Premier flux | - | - |
| Etape 2 | Taux moyen d'interaction | Taux moyen minimal | 2,4% |
| | Différence taux d'interaction | Différence maximale | 1.4% |
| | Rang moyen d'interaction | Rang moyen maximal | 7.5 |
| | Différence rangs d'interaction | Différence maximale | 1.4% |
| | Taux de recouvrement des aires | Taux minimal | 72% |
| | Seuil minimum d'agrégation | Score minimal | Au moins 4 des 5 seuils franchis. |

Tableau 1. Indicateurs utilisés pour chacune des deux étapes de la méthode automatique. Les valeurs des seuils correspondent à une situation de référence, proche des résultats de Berroir & al. (2007).

La méthode s'appuie donc sur 12 indicateurs, dépendant pour la plupart d'un seuil. Fixer de tels seuils sous-entend déjà une grille de lecture de l'espace géographique. Ces seuils sont en effet porteurs de sens, et synthétisent la vision « expert ». Dans la mise en œuvre de la méthode prototype, ces seuils avaient été déterminés le plus souvent indépendamment les uns des autres. Formalisés comme des paramètres d'une procédure automatique, il devient alors possible d'étudier la sensibilité des agrégats obtenus à différentes combinaisons de valeurs de ces paramètres.

La figure 2 présente un schéma simplifié du programme « *mobipoles* » : les « entrées » du modèle sont les entités géographique et des navettes domicile-travail mesurées sur ces entités. Les paramètres sont les seuils décrits dans le tableau 1., Les sorties du programme sont à la première étape les communes noyaux, à la seconde étape, les pôles multi-communaux comme présentés dans la figure 1.. L'analyse de la sensibilité des résultats aux valeurs des seuils portera sur les sorties aux deux étapes.

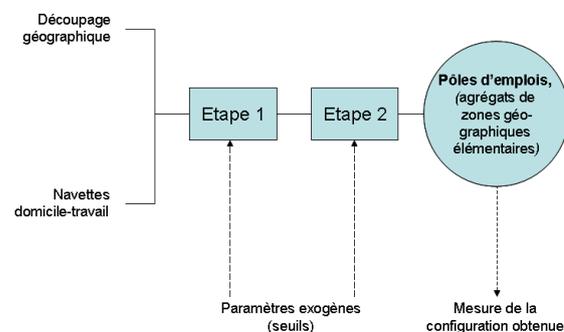


Figure 2: Etapes de la méthode générique implémentée "mobipoles".

Résultats

Nous présentons deux explorations à titre d'exemple de la démarche que nous souhaitons développer. Ces exemples portent sur les navettes domicile-travail de 1999. Mais la démarche intégrera les données sur les deux années afin d'évaluer d'une part l'évolution de l'influence des paramètres et d'autre part la sensibilité des résultats et ainsi, d'apprendre sur l'évolution des structures de polarisation de l'emploi entre les deux dates.

Chacun des deux exemples qui suivent illustrent la variabilité des résultats issus de chacune des 2 étapes de la méthode et les interprétations que l'on peut en faire. La variabilité des résultats est mesurée ici au regard d'un indicateur simple : le nombre de pôles-noyaux (étape 1) ou de pôles-multicommunaux (étape 2).

Exemple de variabilité des résultats à l'étape 1

Les graphes de la figure 3 montrent la variation du nombre de communes-noyaux identifiées à l'issue de la première étape, relativement à deux seuils: le nombre d'emplois minimum pour qu'une commune puisse être retenue comme pôle et le taux minimum de dépendance pour qu'une commune soit comptée comme dépendante d'une autre. Dans les deux cas, un seuil plus élevé correspond à un nombre plus faible de communes-noyaux retenues; la forme de ces variations représente en soi un résultat qui vient valider le choix de la valeur de référence (10%). En effet la courbe fait apparaître une rupture forte pour des taux de dépendance supérieurs à 12%, que précède un « palier » correspondant à des taux de dépendances entre 5 et 12%. Une telle analyse vient valider les choix des seuils.

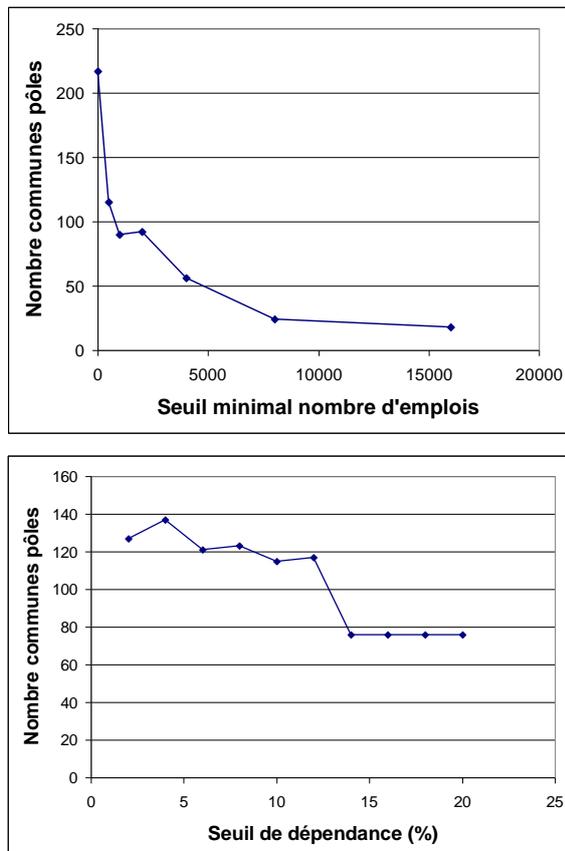


Figure 3 : Variabilité du nombre de communes-noyaux identifiées en fonction de deux seuils.

Exemple de variabilité des résultats à l'étape 2

La figure 4 illustre une analyse restreinte à un zoom autour de Marne-la-Vallée (figure 4a ; 52 communes) où la croissance de l'emploi et de la polarisation a été particulièrement forte ces dernières années. L'influence analysée est ici celle du score minimal d'agrégation : cet indicateur intègre simultanément une mesure de l'intensité et de la symétrie de l'interaction entre des noyaux contigus, susceptibles d'être agrégés en pôles multicommunaux. Plus le seuil associé à cet indicateur est élevé, moins les communes-noyaux s'agrégeront.

C'est ce que reflète la figure 4b. Mais là encore la forme de la courbe révèle des paliers qui informent sur la structuration des pôles multicommunaux, qui se construisent comme par emboitements. En diachronique, il sera intéressant d'étudier la persistance, l'évolution, ou la disparition de telle structure entre 1999 et 2006. Dans ce cas l'exploration de la variabilité nous apprend sur le phénomène lui-même.

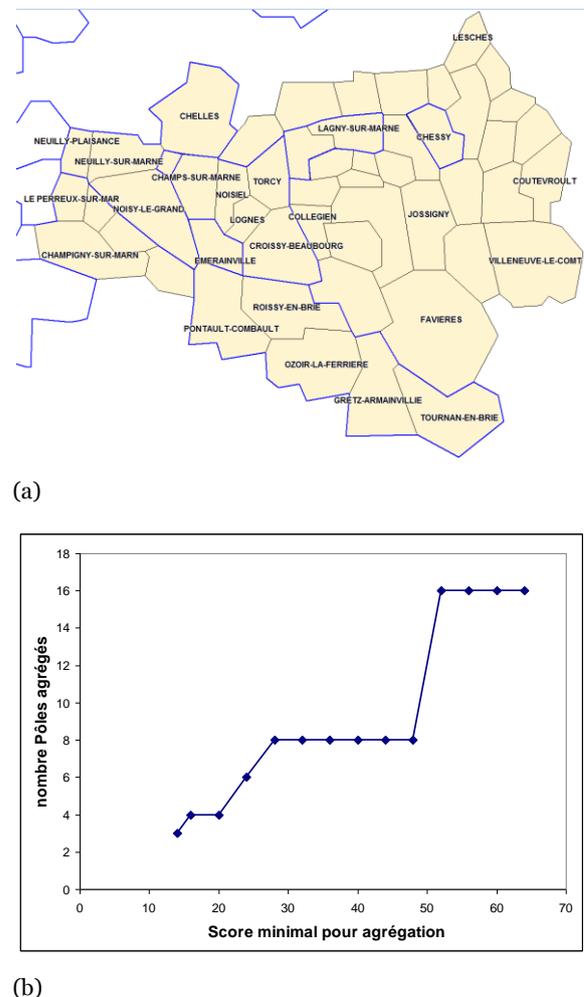


Figure 4 (a) : territoire étudié à l'Est-de-Paris (autour de Marne-la-Vallée), et pôles d'emploi (en bleu) issus de Berroir & al. (2007). (b) : nombre de pôles agrégés pour différentes valeurs du score minimal d'agrégation.

Par ces deux exemples nous montrons l'intérêt qu'il y a à explorer la variabilité des résultats, pour la validation des indicateurs et paramètres mis en œuvre. Ces expérimentations constituent aussi des grilles de lecture des structures de polarisation. Nous proposons

de les systématiser pour analyser l'évolution des pôles multi-communaux dans l'aire urbaine parisienne entre 1999 et 2006.

4. Bibliographie

- Aguilera A., 2005, Growth in Commuting Distances in French Polycentric Metropolitan areas: Paris, Lyon and Marseille, *Urban Studies*, vol. 23, 9, p.1537-1547
- Anas A., Arnott R., Small K.A., 1998, "Urban spatial structure", *Journal of Economic Literature*, vol. 36, no. 3, p. 1426-1464.
- Berroir S., Mathian H., Saint-Julien Th., Sanders L., 2007, *La mobilité dans la construction du polycentrisme métropolitain*, in Thériault M. et Des Rosiers F., *Information géographique et dynamiques Urbaines*, collection IGAT, Hermes-Lavoisier.
- DREIF, 2007, *Concurrence territoriale et complémentarité des pôles d'emploi franciliens*, rapport sous la direction de P.Rohault
- DREIF, 2005, *Le fonctionnement de l'aire urbaine de Paris ; Réalité des sous-bassins d'emploi et de vie*, P.Rohault et L.Armand
- Fujita M., Thisse J., 1996, Economics of Agglomeration, in *Journal of the Japanese and International Economies*, 10, 339-378, article n°0021
- Le Néchet F., 2010, *Approche multiscale des liens entre mobilité quotidienne, morphologie et soutenabilité des métropoles européennes. Cas de Paris et la région Rhin-Ruhr*, thèse de doctorat, université Paris-Est (sous réserve)
- Glaeser E., Kahn M., 2001, *Decentralized Employment and the Transformation of the American City* (February 2001). Harvard Institute of Economic Research Paper No. 1912. <http://ssrn.com/abstract=263257>
- Mc Donald, 1987, The identification of urban employment subcenters, *Journal of Urban Economics*, vol 21, 242-258.
- McMillen D.P., 2001, Non parametric employment subcenter identification, *Journal of Urban Economics*, vol.50, 3, p.444-473.
- McMillen D.P, 2003, Employment in Chicago: Past, present and future, *Economic Perspective*, n°20

L'INTENSITE NODALE, une mesure des correspondances intermodales et multiéchelles dans les pôles d'échanges

Cyprien Richer* et Gilles Vuidel**

*CETE Nord-Picardie, Equipe de recherche associée CETE-INRETS « Connaissance et analyse croisée de la mobilité »

**ThéMA, UMR CNRS 6049, Universités de Franche-Comté et de Bourgogne

cyprien.richer@developpement-durable.gouv.fr

1. Enjeux et problématique

Dans les régions urbaines, la « dimension multi-échelles de nos mobilités »⁶ couplée à la diversification des systèmes de transports (notamment ferroviaires) suscite un intérêt croissant pour l'aménagement de pôles d'échanges dans le cadre de politiques intermodales renouvelées (Menerault, 2006). Un pôle d'échanges correspond à un aménagement valorisant l'intermodalité qui vise à limiter les contraintes de la rupture de charge, largement perçue comme une épreuve pénalisante et inconfortable (Wardman, Hine, 2000 ; Dobruskes, Hubert, Laporte, Veiders, 2010). Pourtant, de nombreux obstacles, qu'ils soient physiques (cheminements longs et inadaptés...), tarifaires (changement de billets, surcoût...), horaires (offre de transport non coordonnée) ou institutionnels (frontières entre autorités organisatrices) rendent difficiles les transferts intermodaux et la conception intégrée des pôles d'échanges (Richer, 2007). Ainsi, le dépassement une « vision monomodale » au croisement des réseaux de transport, par l'amélioration de la signalétique, de l'information multimodale ou de « l'accessibilité » pour tous, demeure un enjeu clé des politiques de déplacements.

Dans ce contexte, notre communication porte sur l'une des problématiques de l'intermodalité, à savoir la coordination des offres de transport qui se « rencontrent » dans les pôles d'échanges. Au delà de la présence de différents modes en même lieu, quelle est la part d'offre effectivement connectée à laquelle un usager peut avoir accès ? Notre objectif, essentiellement méthodologique, est une meilleure connaissance de « l'épreuve de l'intermodalité » dans les pôles d'échanges à travers la mesure de « l'intensité nodale ». Mis au point par Francis Beaucaire (2004), cet indicateur d'accessibilité porte sur l'ajustement des offres de services horaires en mesurant le nombre de

correspondances possibles en un temps déterminé. L'automatisation et le développement de la méthode permet de mieux identifier les forces et faiblesses de la connexion intermodale (et/ou multi-échelles) dans un but scientifique mais aussi opérationnel⁷.

2. Une démarche en 5 étapes

- 1/ Le choix d'un pôle d'échanges ou d'un site mettant en relation différents réseaux de transport collectif. Lors de ce premier temps, il est nécessaire d'étudier l'agencement spatial des points d'arrêts composant le pôle d'échanges. En effet, un pôle d'échanges n'est pas un seul et unique « point de réseau » dans l'espace mais une plus ou moins bonne mise en synergie (par le mode pédestre⁸) de différents arrêts relevant de différents modes.
- 2/ Le recueil des données horaires de tous les modes de transports présents dans le pôle d'échanges étudié. Les données horaires doivent être complétées du type de mode et de l'échelle de desserte (urbaine, départementale, régionale, etc...) pour effectuer des requêtes spécifiques intermodales et/ou multiéchelles.

⁷ « L'association de plusieurs modes de transports étant susceptible d'augmenter significativement le choix de destinations possibles offert à l'utilisateur, il est essentiel que techniciens et élus locaux disposent d'outils propres à estimer les conséquences de certaines décisions en matière de connexion intermodale » (Stransky, 2008).

⁸ Selon George Amar, « l'exemple le plus caractéristique de mobilité dans la mobilité est la marche, mode à la fois, inter et intramodal, qui se glisse particulièrement facilement dans les autres ».

⁶ Selon l'expression de Jemelin, Vodoz, Pfister, 2004.

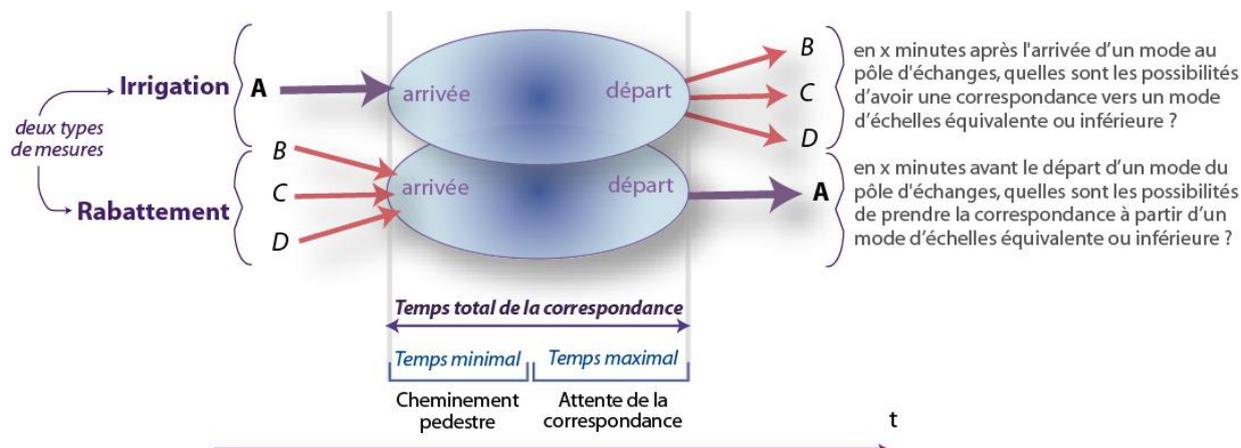
- 3/ La modélisation, pour chaque mode connecté au pôle d'échanges, « d'arcs-destinations » simplifiant les types de relations possibles à travers lesquelles les correspondances sont estimées. Laisse au libre choix de l'utilisateur, l'objectif de cette étape est de simplifier le nombre de destinations possibles (de ne pas prendre en compte tous les terminus) pour mesurer des correspondances réalistes.
- 4/ Le choix d'un ou de plusieurs temps de correspondance. Le « temps total de correspondance » qui peut être fixé librement, se compose d'un « temps de cheminement pédestre » entre le point d'arrivée et le point de départ dans le pôle d'échanges (temps minimal en dessous duquel la correspondance est impossible), et d'un « temps d'attente » fixant la durée maximale que l'usager est prêt à supporter pour continuer son déplacement. En fonction des situations (configuration du site, type de combinaison modale, ambiance du pôle d'échanges, confort du cheminement, rupture tarifaire...), le temps minimal et le temps maximal de la correspondance peuvent être très variable, ce qui va directement impacter la mesure de l'intensité nodale.

- 5/ La dernière étape concerne les requêtes effectuées dans « Access » pour produire les résultats. Il convient d'utiliser la souplesse des paramètres pour montrer toute la panoplie de résultats qui peuvent être produits ou bien cibler des requêtes en fonction des objectifs poursuivis.

3. Mesure de l'intensité nodale

Deux types de mesures doivent être distingués : « l'irrigation » estime la part de correspondance possible après l'arrivée d'une mode de transport au pôle d'échanges et le « rabattement », la part de correspondance possible avant le départ d'un mode du pôle d'échanges (voir figure ci-dessous). Ces mesures de l'intensité nodale identifient des « potentiels » qui peuvent être (ou ne pas être) activés lors d'un déplacement intermodal. A ce titre, toutes les combinaisons d'arcs n'ont pas la même importance et ne sont pas porteurs des mêmes enjeux. Cependant, ils témoignent tous du fonctionnement d'un écosystème complexe, le pôle d'échanges.

Schéma des mesures de l'intensité nodale : irrigation et rabattement

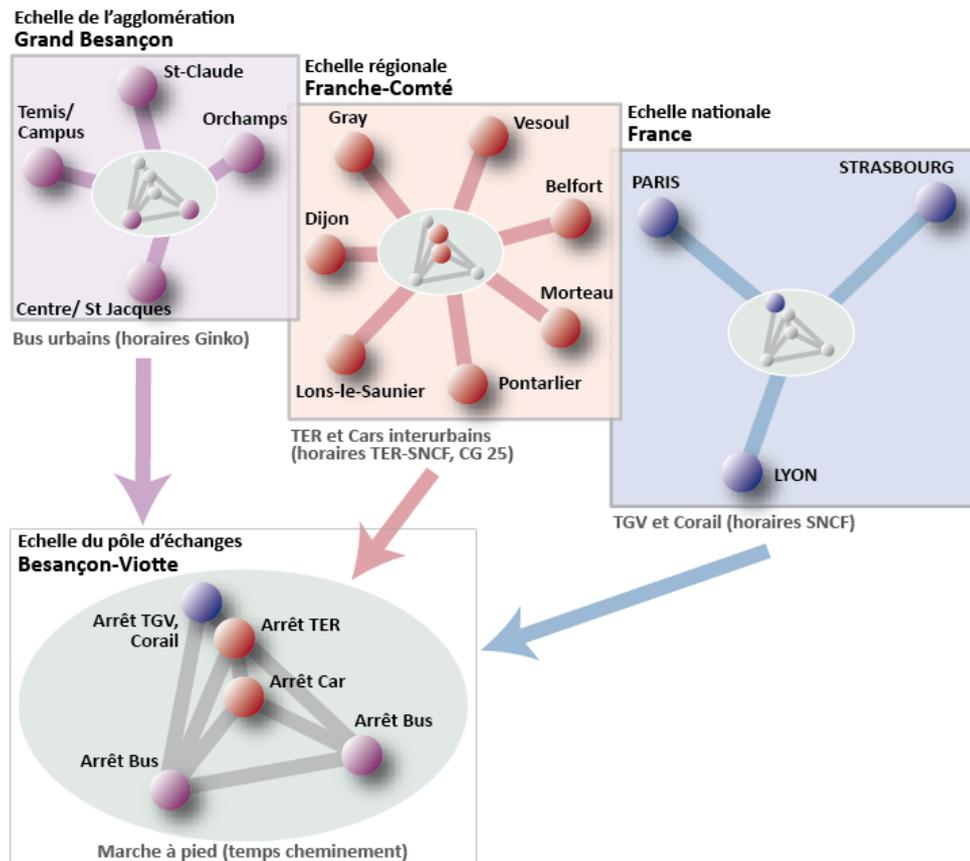


4. Application à Besançon-Viotte

L'étude de la gare de Besançon-Viotte, principal nœud ferroviaire de la région Franche-Comté, s'inscrit dans les travaux de « l'Observatoire des effets territoriaux des gares du TGV Rhin-Rhône⁹ » piloté par Pascal Bérion (ThéMA). L'analyse développée dans ce travail sur la fonction nodale du pôle bisontin s'associe donc aux réflexions sur l'agencement du site et la qualité des correspondances entre les transports urbains (réseau de bus Ginko), départementaux et régionaux (Cars interurbains, Cars SNCF et TER) et nationaux (Train corail, TGV).

⁹ Mise en service programmée de la première tranche du TGV Rhin-Rhône : décembre 2011.

Echelles et arcs-destinations connectés dans le pôle d'échanges de Besançon-Viotte



5. Principaux résultats

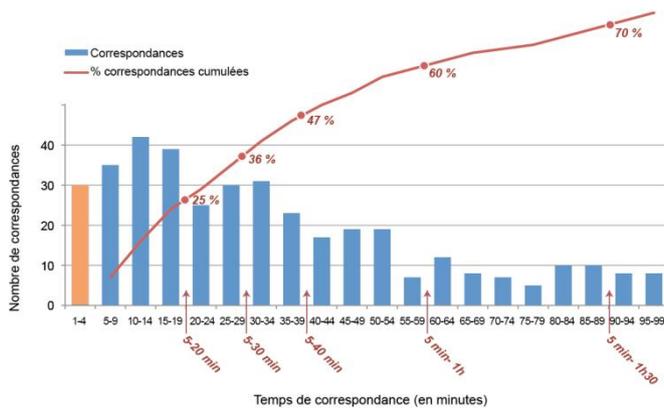
Les principaux résultats pointent des différentiels d'accessibilité assez importants en fonction des échelles associées. Au niveau du réseau Grande Ligne (TGV, Corail), la gare de Besançon-Viotte n'a aucun rôle nodal (6% d'intensité nodale). A l'inverse, les correspondances de l'échelle nationale ou régionale vers le réseau urbain témoignent de la densité de l'offre de bus avec des correspondances « efficaces » en grand nombre. Cependant, la qualité des combinaisons vers le bus est très variable en fonction des pas de temps fixés (de 61% à 94% selon la modulation des temps d'attente de 10 à 20 minutes en plus du temps de cheminement), ce qui démontre que la marge d'amélioration de l'intermodalité à Besançon-Viotte avec le réseau de bus urbain est assez important. Enfin, les investigations se sont penchées plus précisément sur les correspondances à l'échelle régionale : l'intermodalité TER à Besançon-Viotte obtient des résultats médiocres (35% d'offre connectée en 30 minutes maximum) ce qui

contraste avec la position privilégiée et le rôle de premier plan qu'entend jouer la gare dans le réseau régional franc-comtois.

Au delà des mesures globales et par couple d'échelles, des résultats plus précis sont produits. Il s'agit, à titre d'exemple de :

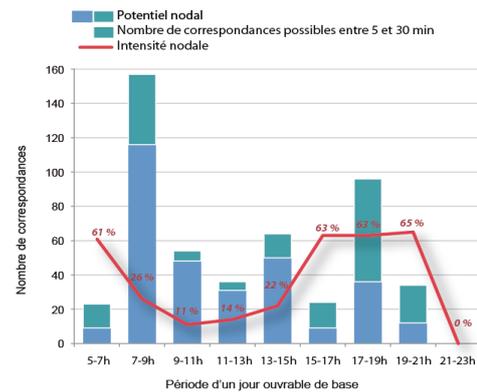
- de l'intensité nodale par couple d'arcs qui permet d'identifier finement les combinaisons intermodales les plus performantes ;
- du nombre de correspondance selon le temps d'attente qui dresse la courbe de l'intensité nodale selon la durée de la rupture de charge (figure ci-dessous à gauche) ;
- de l'intensité nodale selon la tranche horaire qui témoigne de conditions variables d'intermodalité selon la tranche horaire (figure ci-dessous à droite) ;
- du temps moyen de correspondance global, par échelles ou par arcs ;
- etc...

Nombre de correspondances possibles en fonction du temps d'attente : exemple de l'intermodalité TER



Note de lecture du graphique : il y a 42 correspondances à l'arrivée d'un mode régional vers un mode régional qui s'effectuent entre 10 et 14 minutes d'attente. Pour des correspondances comprises entre 5 et 20 minutes, l'intensité nodale est de 25 %.

Variation du nombre de correspondances possibles dans une journée : exemple de l'intermodalité TER



Note de lecture du graphique : entre 7h et 9h, sur 157 correspondances, 41 peuvent être réalisées entre 5 et 30 min d'attente, soit 26% d'intensité nodale sur cette tranche horaire.

6. Conclusion et Perspectives

Les résultats de ce travail démontrent que tous les modes présents dans un pôle d'échanges ne sont pas effectivement connectés, c'est à dire que les conditions minimales d'intermodalité ne sont pas toujours remplies. Les enjeux qui procèdent de cette évaluation de l'intermodalité sont de différents registres :

- *techniques*, ces mesures identifient les points de blocages dans la combinaison des services horaires qui peuvent être supprimés ou minimisés ;

- *d'aménagement*, elles participent aux réflexions sur l'agencement des lieux d'échanges et des services pouvant être associés à la correspondance car « l'étape, même forcée, s'enrichit d'opportunités » (Amar, 1996) ;
- *de planification*, les résultats peuvent dresser un objectif à atteindre en matière de politique intermodale transversale ;
- *théorique*, l'intensité nodale alimentent des contributions relevant de « l'urbanisme des réseaux » et de la « time geography » en améliorant la compréhension des discontinuités spatio-temporelles des nodosités territoriales.

7. Bibliographie

- Amar G. (1996), « Complexes d'échanges urbains : du concept au projet, le cas de la défense », *Les annales de la recherche urbaine* n°71, p. 92-100
- Amar G. (2004), *Mobilités urbaines. Éloge de la diversité et devoir d'invention*, Paris, Ed. l'Aube, 251 p.
- Banos A., Charpentier A. (2010), « Simulating pedestrian movement in dynamic environments », *Cybergeog : European Journal of Geography*, Systèmes, Modélisation, Géostatistiques, article 499, mis en ligne le 17 mai 2010.
- Banos A., Paré A. (2009), « Simuler les déplacements de piétons dans une station de métro : une approche à base d'agents », *Revue Internationale de Géomatique*, N° 19/3, pp 277-302.
- Beaucire F. (2004), « La gare de Saintes (Charente-Maritime) : lieux ou nœud de réseaux », *Journée de Géographie des Transports*, Cergy-Pontoise.
- Chapelon L. (1996), « Modélisation multi-échelles des réseaux de transport: vers une plus grande précision de l'accessibilité », *Mappemonde*, n° 3. pp. 28-36.
- Dobruskes F., Hubert M., Laporte F., Veiders C. (2010) « Réorganisation d'un réseau de transport collectif, ruptures de charge et mobilités éprouvantes : l'expérience bruxelloise », Colloque *Mobilités spatiales, Fluidité Sociale*, 25 mars 2010.

- Fiegel J., Banos A., Bertelle C. (2009), « Modeling and simulation of pedestrian behaviours in transport areas: the specific case of platform/train exchanges », *Proceedings of ICCSA 2009*, 29 June-2 July, Le Havre
- Hine J., Scott J. (2000), « Seamless, accessible travel: users'views of the public transport journey and interchange », *Transport Policy*, 7 : 217-226.
- Jemelin C., Vodoz L., Pfister B. (2004), « Entre accélération et rupture d'équilibre : une société à deux vitesses », in Vodoz L., Pfister B., Jemelin C., *Les Territoires de la mobilité. L'aire du temps*, Presses polytechniques et universitaires romandes, pp. 379-383
- L'Hostis A., Conesa A. (2008), « Définir l'accessibilité intermodale », in Banos A., Thévenin Th., *Systèmes de Transport Urbain*
- Litman T. (2008), « Valuing Transit Service Quality Improvements », *Journal of Public Transportation*, 11 (2) : 43-63 (<http://www.nctr.usf.edu/jpt/pdf/JPT11-2Litman.pdf>).
- Menerault Ph. (2006) (dir), *Les pôles d'échanges en France. État des connaissances, enjeux et outils d'analyse*, dossiers du CERTU n°172, INRETS/CODRA, 179 p.
- Paris S. (2007), *Caractérisation des niveaux de services et modélisation des circulations de personnes dans les lieux d'échanges*, Thèse de doctorat, Université de Rennes 1, 308 p.
- Richer C. (2007), *Multipolarités urbaines et intermodalité : les pôles d'échanges, un enjeu pour la coopération intercommunale ?*, Thèse de doctorat, INRETS, Université des Sciences et Technologies de Lille, 530 p.
- Stransky V. (2008), « Vers une métrique de la connexion intermodale : Un essai de quantification de la cohérence entre modes de transport complémentaires », *Cahiers Scientifiques du Transport*, n°53, pp. 29-56
- Wardman M., Hine J. (2000), *Costs of interchange: a review of the literature*. Leeds, University of Leeds, Institute of Transport Studies.

Atelier 10

Simulations spatiales et systèmes complexes

Exploring the polycentric city with an agent-based model

Rémi Lemoy^{1,2}, Charles Raux¹ et Pablo Jensen^{2,3}

¹LET (Transport Economics Laboratory),

²IXXI (Complex Systems Institute Rhône-Alpes),

³ENS Lyon Physics Laboratory, CNRS, University of Lyon,

Résumé

The general aim of this work is to explore the spatial and social configurations and evolution of cities using agent-based simulations. This study starts from the urban economic model developed by Alonso, Muth, Mills, as presented in Fujita (1989). Several developments can be added to this model, such as the introduction of transport time costs, preferences for amenities (Bruckner et al. (1999), Wu and Plantinga (2003)) or polycentrism and interactions between firms (Fujita and Ogawa (1982), Fujita and Thisse (2003)).

A first part of this research aims at reproducing the results of this classical model thanks to a population of economic agents representing households, which are given simple rules of behaviour. Once this validation of the agent-based model on a well known analytical model is done, the more interesting part is to introduce different mechanisms which are more difficult to deal with using analytical calculations. These mechanisms include preferences for amenities, which can be exogenous (Lemoy et al. (forthcoming)) or even endogenous if one links them to the evolution of the city, the polycentric city with exogenous job centers, or even endogenous formation of the centers and interactions between firms distributed on the urban area. The work presented here focuses on the study of the polycentric city, where employment centers are exogenous.

The main idea is to explore the urban structure and its evolution thanks to the powerful simulation tools provided by agent-based models. The results of the classical urban economic model are reproduced by introducing economic agents who seek to maximize their welfare.

These agents move across a simulation area corresponding to a two-dimensional grid, on which they are randomly distributed in the beginning. A central business district is introduced and agents have to commute there for work, paying a transport cost proportional to the distance. They have different lot sizes and pay a rent depending on their location. The rest of their income is spent on a composite good representing all consumptions other than housing. Their utility can be taken as a Cobb-Douglas function of composite good and surface of housing. Moves are allowed

to free places or to already occupied places with a higher bid, starting from an homogeneous agricultural rent on the whole space.

The agent-based model reproduces very accurately the results of the analytical model with homogeneous or heterogeneous agents differentiated by their income. The introduction of transport time costs or exogenous amenities for which income groups have different preferences can change the observed patterns of richer households located in the outer parts and poorer ones in the center.

The central topic explored in this work is the polycentric city, simulated thanks to the introduction of several employment centers, or by spreading a single central business district, introducing as a consequence heterogeneity within income groups. With several job centers, the simplest rule of behavior is to let agents work in the center which is closest to their residential location. Another possibility is to introduce constraints by forcing agents to work in a given center, allowing to simulate a hierarchy of centers. Such constraints introduce heterogeneity within income groups as well. The location choice of households composed of two persons working in different employment centers is also studied.

The use of agent-based models allows to study easily any relevant variable, for example the total commuting distance, at a global or disaggregated level. The study of exogenous polycentrism presented here shows that raising the number of centers and moving them apart has two main effects on the city. Firstly, it increases the surface available at a given commuting distance, which has a positive economic outcome as agents have a higher utility, and also a positive environmental outcome as it tends to decrease commuting distances. The second effect is that the competition for land between agents is made weaker. As a consequence, housing surfaces are increased, the city is more spread and this tends to increase commuting distances.

In conclusion, this research shows that rather elementary mechanisms can be used to simulate some stylized facts of the structure of cities and its evolution.

Références bibliographiques

- J.K. Bruckner, J.F. Thisse, and Y. Zenou. Why is central Paris rich and downtown Detroit poor? An amenity-based theory. *European Economic Review*, 43:91–107, 1999.
- M. Fujita. *Urban Economic Theory*. Cambridge University Press, 1989.
- M. Fujita and H. Ogawa. Multiple equilibria and structural transition of non-monocentric urban configurations. *Regional Science and Urban Economics*, 12:161–196, 1982.
- M. Fujita and J.F. Thisse. *Economie des villes et de la localisation*. De Boeck, 2003.
- R. Lemoy, C. Raux, and P. Jensen. An agent-based model of residential patterns and social structure in urban areas. *Cybergeo*, forthcoming.
- J.J. Wu and A.J. Plantinga. The influence of public open space on urban spatial structure. *Journal of Environmental Economics and Management*, 46:288–309, 2003.

Modélisation de la dynamique urbaine sous la contrainte du triptyque vitesse/densité/espace perçu

Cyril Enault

Chargé d'études / Conseil Général du Val-de-Marne
Cyril.enault@cg94.fr

MOTS CLEFS

Densité de population ● vitesse ● perception ● dynamique urbaine ● système

Depuis les années 1970, la géographie quantitative s'est tournée vers l'aspect dynamique de la modélisation en intégrant progressivement dans ses logiques les théories issues de la systémique. Au début, basée sur les principes les plus simples de type Forester, la géographie théorique et quantitative a su évoluer vers des formes bien plus complexes dans les années 80.

C'est avec l'article fondateur de W.Tobler (1979) que l'on a pu commencer à entrevoir toutes les possibilités de l'approche incrémentale en géographie. Ces travaux seront par la suite appliqués par H.Couclelis au sein d'une première modélisation dans un automate cellulaire (1985). Développé plus tardivement par le CASA de Londres, d'autres formalismes ont pu être proposées plus récemment avec le développement en parallèle de programmes associés (Batty et al. 1999). Ce n'est que bien plus tardivement que les français commencent à intégrer cette dimension cellulaire dans leur projet de recherche (Spacelle de Langlois et al. 2003, Camdeus de Antoni 2003 et Metronamica de Lajoie 2007).

La question de l'étalement urbain est particulièrement bien adaptée à ce type de modélisation comme ont pu le montrer les travaux les plus récents portant sur la croissance des aires bâties en fonction de scénarii. Sur l'ensemble des formalismes proposés, peu d'entre eux envisagent une autre voie que la logique binaire pour un critère donné et cela pour une cellule (présent 1/absent 0).

Si la modélisation que nous proposons ici s'appuie également sur un formalisme incrémental, elle met aussi en scène des jeux de paramètres dans une dimension où les valeurs prises par une variable

donnée d'une cellule donnée sont réelles au sens mathématique du terme. Par la nature même de notre modélisation, nous nous rangeons dans la catégorie des automates multiparamètres, et cela en excluant pour le moment les principes de voisinage. Il ne s'agit pas à proprement parlé d'un automate cellulaire dans la mesure où l'entité de référence de l'espace n'est pas une cellule mais une commune. Ensuite, le formalisme proposé est appliqué par le biais d'un couplage entre un Système d'information Géographique et une programmation en Visual Basic dans un tableur.

Notre formalisme se positionne à l'interaction entre le transport et l'urbanisme. Il repose sur un système différentiel basé sur un triptyque : relation combinatoire espace perçu/densité de population/vitesse routière. Si l'idée de mettre en relation ces éléments est séduisante, comment les mettre dans la pratique en scène avec rigueur ? Une telle logique est-elle pertinente pour la dynamique urbaine ? Si tel est le cas, alors pourquoi ne pas proposer des scénarii de croissance pour le futur pour la ville ?

Pour répondre à ces questions, nous commencerons tout d'abord, dans ce résumé, par décrire sommairement les éléments à intégrer, hypothèses du système, pour ensuite parler du système résultant en lui-même et enfin finir par une application de notre modélisation à l'Ile de France entre 1965 et 2030.

Les hypothèses de travail sont de quatre ordres.

En premier lieu, parlons de l'espace perçu. Ce dernier est pris comme support de la dynamique globale des densités de population. Cela signifie que le choix de localisation d'un individu donné à un instant t dépendra non pas de l'espace physique qu'il a autour de lui mais plutôt de la perception qu'il aura de ce dernier.

L'espace de mouvement sera quant lui dépendant de l'espace physique (la question de la vitesse routière). Pour ce faire, nous partirons de la théorie de A.Moles (1976) : « l'homme est au centre du monde », il est au cœur d'une logique de coquilles emboîtées les unes dans les autres, L'auteur suppose alors qu'il existe une relation inverse entre la perception de la métrique d'un objet et la distance le séparant de l'objet lui-même. Cela peut se démontrer facilement, dans le champ de perception direct d'un individu par la vision et ensuite être étendu à l'imaginaire par l'optique de l'œil. On démontre alors que, pour un individu donné, la métrique $L(x_i)$ d'un objet s'exprime en fonction de la distance à l'objet x_i soit :

$$L(x_i) = Lr^{x_i} \quad [1]$$

Où $L(x_i)$ est la métrique perçue, x_i la distance à l'individu i , r un facteur de réduction et L la métrique physique de l'objet

Or, le territoire est constitué de i individus, dans la logique d'une ville polycentrique, on peut alors étendre la formulation à

$$L(x_i) = L \sum_{n=0}^{n=i} r^{x_i} \quad [2]$$

Par transformation, on peut ensuite exprimer la distance perçue X_i et non plus la simple métrique (donc à opposer à $L(x_i)$).

La seconde hypothèse qui est à intégrer dans notre système différentiel est la vitesse routière sous la forme des modèles LWR de dynamique des fluides. Ces derniers constituent en eux-mêmes un corpus assez imposant dont nous ne retenons qu'un des modèles les plus évidents. Cela se justifie du fait de l'échelle d'observation, bien plus élevée que celle du tronçon routier. Par ailleurs, à cela vient s'adjoindre une hypothèse supplémentaire en parallèle : la parfaite capillarité de l'espace. Le modèle suivant est retenu :

$$[3] \quad \begin{cases} \frac{\square Q_i}{\square x_i} + \frac{\square K_i}{\square t} = R \\ Q_i = -aK_i^2 + bK_i \\ Q_i = K_i V_i \end{cases}$$

La première équation met en relation la dynamique des flux. Le débit Q_i avec la concentration véhiculaire K_i face à une constante de porosité R dans le réseau. Cela signifie en clair que la somme des flux entrants sur un tronçon est en pseudo équilibre avec la somme des flux sortants moyennant un paramètre R . La seconde équation, dit diagramme fondamental met en relation la concentration K_i avec le débit Q_i selon une forme parabolique. Enfin, la dernière équation dite relation caractéristique met en scène le débit Q_i avec la vitesse V_i et la concentration véhiculaire K_i .

La troisième hypothèse concerne les modèles gravitaires, elle suppose que les flux peuvent s'exprimer

selon les masses de population, elles-mêmes reposant sur le principe de C.Clark (1951). Par ailleurs, l'aspect polycentrique de la ville modifie sensiblement l'expression du modèle gravitaire en en faisant une somme :

$$Q_i = G \sum_{n=0}^{n=i} D_i e^{-\alpha X_i} Q_i = G \sum_{n=0}^{n=i} D_i e^{-\alpha X_i} \quad [4]$$

Où Q_i débit pour un lieu i , G un paramètre, D_i densité de population au centre i , α le gradient de densité de population et X_i la distance perçue au lieu i définie ci-avant.

La dernière hypothèse structure le flux en combinant deux éléments :

1/ La somme des forces appliquées sur l'individu est la résultante du jeu gravitaire, ce qui conduit au mouvement (deuxième loi de Newton)

2/ Les flux sont considérés comme convergeant vers les i centres de l'espace polycentrique.

Ces deux éléments conduisent à l'expression suivante :

$$\sum_{\vec{F}} = -\tau_i \frac{V_i^2}{x_i} \quad [5]$$

F est la force gravitaire appliquée sur l'individu i , τ est le taux local de croissance de la population en i , V_i la vitesse agrégée moyenne de l'individu i et x_i le petit pas de distance en i .

A partir de ces quatre séries d'hypothèses, et cela par le calcul algébrique, on parvient à démontrer la forme la plus probable pour le système différentiel : espace perçue/densité de population/vitesse routière. Il est alors exprimé sous cette forme :

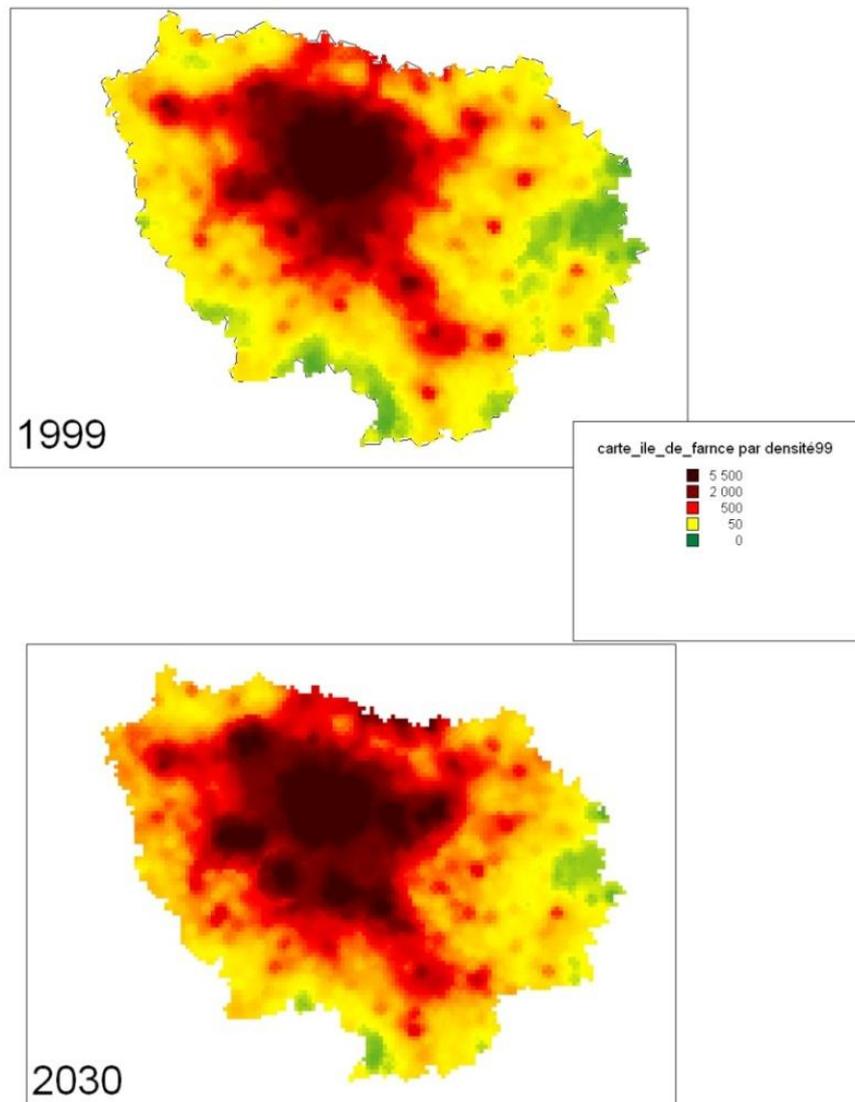
$$[6] \quad \begin{cases} \frac{dV_i}{dt} = -\Gamma - \lambda(1 - \beta X_i) g_i \\ \frac{dg_i}{dt} = \tau_i \xi V_i g_i (1 - \beta X_i) + \tau_i \Phi V_i \\ \frac{dX_i}{dt} = -\xi \tau_i \Lambda V_i (1 - \beta X_i) - \Lambda \tau_i \Phi \frac{V_i}{g_i} \end{cases}$$

Les dV_i/dt , dX_i/dt et dg_i/dt sont respectivement les variations de vitesse, d'espace perçue et de densité de population. Les fonctions X_i , V_i et g_i représentent donc l'espace perçue, la vitesse et la densité. Enfin, Γ , λ , β , ξ , Φ et Λ sont des paramètres de contrôle du système à évaluer. τ est le taux de croissance local pour un lieu i donné.

Par sa nature, le système est chaotique avec de multiples formes possibles.

La suite de ce résumé propose d'explicitier plus concrètement à travers une présentation cartographique un des résultats de l'application de ce formalisme. Le test sur les données de populations communales (1965-2007) de l'Île de France donne un

coefficient de corrélation de 0.96 calculée entre les données réelles de 1999 et les données évaluées par le modèle¹⁰. Nous en avons conclu qu'il était raisonnable de projeter des scénarii pour 2030. Nous en proposons ici un.



¹⁰ Pour caler les données nous disposons des populations communales sans double compte ainsi que des données de vitesses agrégées DIRIF à l'échelle communale pour 1999-2007.

References

- ALONSO W. (1964) *Localisation and land use*, Harvard University Press
- ANAS A., ARNOTT R., SMALL K.A. (1998) « Urban Spatial Structure », *Journal of Economics Literature*, n°36, pp.1426-1464
- ANTONI J. P. (2003), *Modélisation dynamique de l'étalement urbain : aspects conceptuels et gestionnaires : application à Belfort*, doctorat en géographie sous la direction de C. Cauvin, Université de Strasbourg.
- BATTEN D.F., BOYCE D.E. (1987), « Spatial Interaction, Transportation, and Interregional Commodity Flow Models », in *Handbook of Regional and Urban Economics*, P. Nijkamp, vol. 1, Chapter 9, pp. 357-406,
- BATTY M., LONGLEY P. (1986), « The fractal simulation of urban structure », *Environment and Planning A*, 18, pp 1143-1179
- BATTY M., XIE Y. (1994), « From cells to cities », *Environment and Planning B*, vol 21(7), pp 31-48
- BATTY M., XIE Y., SUN Z. (1999) « The dynamics of urban sprawl », CASA, Working Paper
- BONNAFOUS A., TABOURIN E. (1998) « Modélisation de l'évolution des densités urbaines », *Données urbaines II* dirigé par PUMAIN D. et MATTEI M.F., Paris, Anthropos, collection Villes, pp. 273-285.
- BUSSIÈRE R. (1975) *Interaction urbaines. Le modèle de la CRU*, Annales 1975, Paris, Centre de recherche d'urbanisme
- CARROTHERS G.A.P. (1956), « An historical Review of the Gravity and Potential Concepts of Human Interaction », *Journal of The American Institute of Planners*, 22, pp. 94-102.
- CLARK C. (1951) « Urban population densities », *Journal of the royal Statistical Society serie A*, n°114, p. 490-496
- COUCLELIS H. (1985) « Cellular World : a framework for modeling micro macro dynamics », *Environment and Planning A*, 17, pp. 585-596
- D'AUBIGNY G., CALZADA C., GRASLAND C., ROBERT D., VIHO G. et VINCENT J.-M., « Approche poissonnienne des modèles d'interaction spatiale », *Cybergeo : European Journal of Geography*, Systèmes, Modélisation, Géostatistiques, article 126, mis en ligne le 09 mars 2000, modifié le 07 juin 2007.
- DEL CASTILLO J.M., BENITEZ F.G. (1995) « On the functional form of the speed-density relationship », *I General Theory Transportation Research part B*, Vol 29B, n°5, pp. 373-389.
- DEL CASTILLO J.M., PINTADO P., BENITEZ F.G. (1993) « A formulation for Reaction Time of Traffic Flow Models », in Daganzo CF (ed) *Proceedings of the 12th International Symposium on transportation and Traffic Flow Theory Berkeley (Etats Unis) Amsterdam Pergamon* pp. 387-405
- DUBOS-PAILLARD E., GUERMOND Y., LANGLOIS P. (2003), « Analyse de l'évolution urbaine par automate cellulaire : le modèle SpaCelle », *L'espace géographique*, Tome 32, vol 4, pp 357-378
- EWING R. (1997), « Is Los Angeles Style sprawl desirable », *Journal of the American Planning Association* 63 (7), pp107-126
- FRANKHAUSER P. (1997) « L'approche fractale : un nouvel outil de réflexion dans l'analyse spatiale des agglomérations urbaines », *Population*, n°4, pp. 1005-1040
- GIORGI F., LECLERCQ L., LESORT J.B. (2002), « A traffic flow model for urban and environmental applications », in Taylor M.(ed), *Proceedings of the 15th International symposium Transportation and Traffic Theory*, 16, 18th July Adelaide, pp. 393-415
- GREENSHIELDS B.D. (1935) « A study of traffic capacity », *Highway Research Board Proceedings*, Vol 14, pp 448-477.
- ISARD W., BRAMHALL D.F. (1960), « Gravity, Potential and Spatial Interaction models », in *Methods of Regional Analysis*, W. Isard, MIT Press, Cambridge, Massachusetts, pp. 493-568.
- LAJOIE G., HAGEN ZANKER A. (2008), « La simulation de l'étalement urbain à la Réunion : apport de l'automate cellulaire métronamica pour la prospective territoriale », *European Journal of Geography*, Systèmes, Modélisation, Géostatistiques, article 405, mis en ligne le 18 octobre 2007, modifié le 21 avril 2008.
- LEBACQUE J.P.(1993), « Les modèles macroscopiques du trafic », *Annales des Ponts et chaussées*, Vol 67, pp. 28 45.
- LEBACQUE J.P., LESORT J.B. (1999), « Macroscopic Traffic Flow Models : A question of Order », *Proceedings of the 14th International Symposium and Traffic Theory*, Jerusalem, pp. 3-25
- LECLERCQ L. (2002) « Modélisation du trafic et estimation des nuisances sonores », *Modélisation du trafic* dirigé par ARON M., BOILLOT F. et LEBACQUE J.P., Actes du groupe de travail 1999, les collections de l'INRETS no83, pp. 37-54
- LEROY S.F., SONSTELIE J. (1983) « Paradise lost and regained : transportation innovation, income and residential location », *Journal of Urban Economics*, n°13, pp. 301-310
- LIGHTHILL M.J., WHITHAM G.B. (1955) « On kinematic waves : a theory of traffic flow on long crowded roads », *Proceedings of Royal Society*, n°1178, pp. 145-317
- MAHMASSANI H.S., BAAJ M.M., TONG C.C. (1988) « Characterization and evolution of spatial density patterns in urban areas », *Transportation*, vol. 15, n°3, pp. 233-256
- MC DONALD J. (1987) « The identification of urban employment subcenters », *Journal of Urban Economics*, n°2, pp.242-258
- MC DONALD J., PRATHER P. (1994) « Suburban employment centres : the case of Chicago », *Urban Studies*, n°3, pp. 20-28
- MILLS E.S. (1970) « Urban density functions », *Urban Studies*, n°7, pp. 5-20

- NEWLING B.E. (1969) « The spatial variation of urban population densities », *Geographical Review*, n°59, pp. 242-252
- NEWMAN P., KENWORTHY J.R. (1989), *Cities and automobile dependence, an international Sourcebook*, Brookfield.
- NEWMAN P., KENWORTHY J.R. (1991) « Transport and urban form in thirty two of the world's principal cities », *Transport Review*, n°3, pp. 249-272
- PAPAGEORGIOU M., BLOSSEVILLE J.M., HADJ SALEM H. (1990), « Macroscopic Modelling of Traffic flow on the Boulevard peripherique in Paris » Part I, *Modelling Transportation Research part A*, Vol. 24A, n°5, pp. 345-359
- PAYNE H.J. (1971) « Models of the freeway traffic and Control » *Proceedings of the Mathematics Modes and Public Systems San Diego Simulation Councils Inc*, pp. 51-61
- PEGUY P.Y. (2000) *Analyse économique des configurations urbaines et de leur étalement*, thèse de doctorat en Sciences Economique sous la direction A. Bonnafous, Université de Lyon II
- PUMAIN D. (1982) *La dynamique des villes*, Paris, *Economica*
- PUMAIN D., SANDERS L., SAINT JULIEN T. (1989) *Villes et auto organisation*, Paris, *Economica*
- RAVENSTEIN E., (1885), « The law of Migration », *Journal of the Royal Statistic Society*, pp. 167-235
- RICHARDS P.I. (1956), « Shockwaves on the highway », *Operations Research*, Vol 4, pp. 42-51
- ROSS P. (1988), « Traffic Dynamics » *Transportation Research part B*, Vol 32, n°7, pp 421-435
- SMALL K.A., SONG S. (1994) « Population and employment densities : structure and change », *Journal of Urban Economics*, n°36, pp. 292-313
- SONG S. (1994) « Modelling worker residence distribution in the Los Angeles region », *Urban Studies*, n°31, pp.1533-1544
- TOBLER W. (1979) « Cellular geography », in *Philosophy Geography Gale and Olsson eds Kluwer* pp. 379-386
- WANG F., ZHOU Y. (1999) « Modelling urban population densities in Beijing 1982-1990 : suburbanization and its causes », *Urban Studies*, n°36, pp. 271-287
- WHEATON W.C. (1998) « Land use and density in cities with congestion », *Journal of Urban Economics*, n°2, vol 43, pp. 258-272
- WILSON A.G. (1970) *Entropy in urban and regional modelling*, Pion, London, Great Britain
- ZHANG H.M. (1998), « A theory of none equilibrium traffic flow », *Transportation Research part B*, Vol 32, n°7, pp 485-498

Modélisation individu-centrée des mobilités quotidiennes : une application à échelle spatio-temporelle fine

Maxime Frémond, Marion Lamiral, Gilles Vuidel et Jean-Philippe Antoni

ThéMA, UMR CNRS 6049, Universités de Franche-Comté et de Bourgogne
maxime.fremond@univ-fcomte.fr

1. Contexte et problématique

Tous les acteurs impliqués politiquement ou professionnellement dans ce que l'on appelle généralement l'aménagement et l'urbanisme durables s'accordent aujourd'hui sur le fait que la planification de l'urbanisation et celle des transports sont interdépendantes, et doivent être intégrées (Wegener, 2004). Ce constat, identifié depuis longtemps par le monde académique et le monde professionnel, devient, depuis une dizaine d'années, un argument qui anime de plus en plus les réunions politiques et qui peut influencer certaines décisions. Une grande attention est dès lors portée à l'intégration des processus d'urbanisation et de transport : il s'agit de mieux comprendre leurs interactions, et, parfois, d'anticiper la manière avec laquelle ils sont susceptibles de s'influencer, à différentes échelles. Pour tenter y parvenir, de nombreux modèles ont été développés à travers le monde depuis une vingtaine d'années (on peut par exemple citer UrbanSim, Tranus, TRESIS, Meplan, etc.). Ces modèles sont désormais regroupés sous l'acronyme générique LUTI (*Land-Use and Transport Integrated models*). Développé au laboratoire ThéMA depuis 2007, le projet MobiSim correspond à l'un d'entre eux.

MobiSim se différencie des autres modèles LUTI par trois spécificités (Antoni, 2010) : (i) Une approche individu-centrée (qui s'appuie sur la théorie des Systèmes multi-agents¹¹) permettant de tenir compte des comportements (choix et décision) des agents simulés (alors que la majorité des modèles LUTI sont agrégés) ; (ii) Une approche multiscalaire (qui se fonde sur la géométrie fractale et la théorie des automates cellulaires) permettant d'associer des phénomènes et des processus dont l'échelle de manifestation et de visualisation n'est pas la même (alors que la majorité des modèles LUTI fonctionnent à une

échelle unique, généralement celle de la commune¹²) ; (iii) Une approche prospective fondée sur la méthode dite des scénarios, souvent associée à l'« école française » de prospective (la majorité des modèles LUTI fondent leur dimension prospective sur un calibrage postdictif parfois très rigide). Parallèlement à ces trois spécificités, la modélisation des relations entre les transports et l'urbanisation est séquentielle en trois étapes qui ne sont pas indépendantes, mais influent au contraire les unes sur les autres : 1. La modélisation d'une population synthétique d'agents ; 2. La modélisation des mobilités quotidiennes des agents ; 3. La modélisation de leur mobilité résidentielle. La présente communication focalise sur le second point et s'attache à décrire la manière avec laquelle le trafic généré par les agents dans le cadre de leurs mobilités quotidiennes peut être estimé et cartographié.

2. Démarche méthodologique

L'objectif de la modélisation consiste à appréhender les mobilités quotidiennes à une échelle fine, à la fois sur le plan spatial et sur le plan temporel :

- dans l'espace, la géographie de l'aire étudiée est considérée à travers un carroyage fin permettant de considérer les activités urbaines dans des cellules de taille variable, dont la plus fine est de l'ordre de 50 mètres. Ce carroyage est obtenu par une ventilation des données sociodémographiques recensées par l'INSEE et connues pour chaque commune ou chaque IRIS ; en tenant compte de l'occupation du sol, elle fait notamment intervenir le volume des bâtiments résidentiels, tel qu'il est indiqué dans la BD Topo de l'IGN. Sur cette base, l'ensemble des attributs de l'espace géographique est ensuite pris en compte sur une base cellulaire ;

¹¹ Pour autant, nous ne considérons pas MobiSim comme un Système multi-agents proprement dit.

¹² ou des unités spatiales équivalentes suivant les contextes nationaux.

- sur le plan temporel, la chronologie des déplacements et des activités des agents est prise en compte de manière continue : le modèle considère une infinité de moment t au cours desquels les événements prennent place. Ces moments peuvent ensuite être agrégés selon des périodes classiques pour considérer les mobilités quotidiennes (journée, soirée, nuit, heures de pointe, etc.) ou plus spécifiques aux déplacements modélisés (discrétisation *ad hoc*).

La démarche méthodologique résumée ci-dessous s'associe alors à une échelle spatio-temporelle fine, et découle de cette double contrainte.

Comme point de départ, nous supposons une population d'agents a^{13} , groupés en ménages m et localisés dans des logements l , dont les caractéristiques recensées par l'INSEE sont connues. Comme l'indique le tableau suivant, chacun de ces agents peut effectuer cinq types de déplacements, qui le conduisent « naturellement » vers des lieux « adéquats » (incluant des pérégrinations¹⁴), et qui peuvent être appréhendés par un modèle « à quatre étapes » :

| | Motif | Population | Localisation |
|---|---------------|-----------------------|---|
| 1 | Travail | Actifs migrants | Zones d'emplois (groupés ou diffus) |
| 2 | Etudes | Ecoliers et étudiants | Ecoles et universités (et assimilées) |
| 3 | Achats | Les autres | Commerces et services (groupés et diffus) |
| 4 | Loisirs | Les autres | Parcs, espaces de loisirs, aménités rurales |
| 5 | Réseau social | Tous | Espaces résidentiels |

Quoique relativement ancienne, la modélisation dite « à quatre étapes » reste en effet une méthode classique et pertinente pour qualifier les déplacements de personnes (Ortuzar and Willmussen, 2001). Toutefois, elle n'inclut pas *a priori* la question du temps ; nous y ajoutons donc une cinquième étape, permettant de déterminer les heures de déplacement des agents. Ainsi, à la première étape (génération du trafic), il s'agit de déterminer le nombre de départs et d'arrivée d'agents dans chaque cellule. Dans notre cas, le nombre de départ est fonction de la population d'agents, chacun ayant un choix d'activités spécifique et

¹³ Pour une question de temps, nous ne présentons pas la manière avec laquelle cette population d'agents (dite « population synthétique ») est obtenue. La méthodologie, qui se fonde sur une série de probabilités conditionnelles et sur l'algorithme d'affectation de Munkres, fait par compte l'objet d'une autre proposition de communication au colloque ThéoQuant 2011.

¹⁴ Pour les actifs et les étudiants, les pérégrinations (chaînes de déplacement) concernant les achats, les loisirs et le réseau social, sont considérées dans un *buffer* autour des déplacements liés au travail ou aux études, qui sont donc considérés comme structurants.

une probabilité donnée de les réaliser. Le nombre d'arrivées dépend quant à lui de l'attractivité des lieux, que nous notons M : elle peut être approchée par le nombre d'emplois de chaque établissement, par le nombre d'étudiants de chaque campus universitaire, le niveau de recours des commerces et des services, etc., ou encore par un paramétrage plus empirique, issu d'enquêtes ou déduit de la littérature (notamment en ce qui concerne les activités de loisirs ; cf. par exemple Deguenneet *al.*, 2002). A la deuxième étape (distribution du trafic), pour chaque motif de déplacement, les lieux de départ et les lieux d'arrivées sont reliés deux à deux dans une matrice dite d'origine-destination, obtenue par un modèle d'interaction spatiale de type Huff (1962, 1964). La troisième étape (choix modal), qui s'appuie généralement sur un modèle de choix discrets (Ben Akiva and Lerman, 1991) permettant de tenir compte du comportement des agents, n'est pas encore implémentée dans le modèle. Provisoirement, nous partons simplement du principe qu'au delà d'un certain seuil de distance, les déplacements se font en mode VP (voiture particulière), et qu'en deçà, ils se font en mode MAP (marche à pied). La quatrième étape concerne le choix temporel : pour chaque motif de déplacement, elle détermine, par une série de probabilités l'heure de départ des agents et leur durée d'activité (les actifs, par exemple, quittent leur domicile entre 7h00 et 9h00 du matin et travaillent entre 6 et 10 heures par jour, selon une distribution qui suit une loi normale). Enfin, la cinquième étape (affectation du trafic) consiste à associer un nombre de véhicules sur chaque tronçon du réseau de route à chacun des temps t de la journée, en tenant compte à la fois des pérégrinations qu'effectuent certains agents, et de la modification de leur itinéraire en fonction de la congestion (équilibre de Wardrop ; cf. Ortuzar and Willmussen, 2001), ce qui nécessite de connaître à la fois les vitesses et les capacités permises par le réseau. L'affectation proprement dite se fait ensuite par l'algorithme de Dijkstra (1959), classique pour ce genre d'opérations.

3. Validation et résultats

Les résultats de la modélisation, calibrés et validés à partir de l'Enquête ménage déplacements (EMD) réalisée en 2003 sur la ville de Besançon et/ou à partir de données de comptage obtenues auprès de la municipalité et des services de l'Etat compétents, sont multiples (trajectoires individuelles des agents, origine et destination des migrants pour chaque cellule, matrice des origines et de destinations, congestion sur le réseau de routes, etc.). Ils peuvent être synthétisés par une cartographie finale, montrant l'état du trafic routier (nombre de véhicules) tronçon par tronçon et heure par heure. L'exemple présenté porte sur les mobilités internes de la Communauté d'agglomération du Grand Besançon modélisées pour une journée type (en l'occurrence un jeudi) et présentée sous la forme d'une cartographie dynamique exportable vers l'interface interactive *Google Earth*.

4. Références bibliographiques

- Antoni J.P., 2010, MobiSim : un modèle multi-scalaire et multi-agents pour simuler les mobilités urbaines. In : Antoni J.P., *Modéliser la ville. Formes urbaines et politiques de transport*, Economica, pp. 50-77.
- Ben-Akiva M., Lerman S-R., 1991, *Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand*, The MIT Press, 390 p.
- Degenne A., Lebeaux M-O., Marry C., 2002, Les usages du temps: cumuls d'activités et rythmes de vie, *Economie et statistique*, 352-353.
- Dijkstra E.W., 1959, A note on two problems in connexion with graphs, *NumerischeMathematik*, vol. 1, pp. 269-271.
- Huff D.L., 1962, A note on the limitations of intra-urban gravity models, *Land Economics*, 38, pp. 64-66.
- Huff D.L., 1964, Defining and estimating a trading area, *Journal of Marketing*, 28, pp. 37-48.
- Ortuzar J. de D., Willmussen L. G., 2001, *Modelling transport*, Third edition, John Wiley & Sons.
- Wegener M., 2004, Overview of land-use transport models. In: Hensher D.A., Button K., (ed.), 2004, *Transport Geography and Spatial Systems, Handbook in Transport*, 5, Pergamon/Elsevier Science, pp. 127-146.

La génération d'une population synthétique localisée : un exercice préalable à la modélisation multi-agents

Un exemple à Besançon

Mehdi Iraqi, Gilles Vuidel et Jean-Philippe Antoni

ThéMA, UMR CNRS 6049, Universités de Franche-Comté et de Bourgogne
mehdi.iraqi@univ-fcomte.fr

1. Contexte et problématique

La description des comportements de localisation et de déplacement des ménages et des individus qui peuplent une ville est aujourd'hui devenue centrale dans de nombreuses études et recherches appliquées à l'urbanisme et aux politiques de transport. De plus en plus, elle pousse les chercheurs à adopter une démarche centrée sur les individus (démarche individus-centrée), qui se fonde en partie sur les acquis de la micro-simulation (Kirman, 1992 ; McBreen, 2009). Dans ce contexte, les Systèmes multi-agents (SMA) apparaissent aujourd'hui comme des outils de modélisation adaptés pour tenir compte de la dynamique de ces différents acteurs au cœur des processus liés à la mobilité et à l'aménagement urbains (Pumain et al., 1995) ; ils se révèlent en effet particulièrement bien adaptés à la modélisation comportementale au niveau des individus, notamment pour les processus menant aux choix résidentiels et aux stratégies de mobilité quotidienne (Ligtenberg, 2001). Entendu dans ce contexte, un « agent » est défini comme une entité physique ou virtuelle qui détient tout ou partie des caractéristiques suivantes : être capable d'agir dans un environnement, de communiquer directement avec d'autres agents, être mu par un ensemble de tendances qu'il cherche à optimiser, posséder des ressources propres, être capable de percevoir de manière limitée son environnement, etc. (Ferber, 1995). Pour ce faire, chaque agent doit également être localisé dans un environnement (sa localisation résidentielle) qui doit être connu à une échelle suffisamment fine pour qu'il puisse en percevoir les ressources.

Dans ce contexte, une approche SMA (ou plus généralement individus-centrée) se fonde nécessairement sur des données individuelles complètement désagrégées. Or compte tenu de la réglementation française sur les informations

démographiques (CNIL)¹⁵, visant à rendre impossible toute traçabilité individuelle, ces données ne sont pas accessibles, en France, à un niveau totalement désagrégé, mais sont a contrario livrées par l'INSEE à l'échelle agrégée de la commune ou de l'IRIS. Parallèlement, certaines études et enquêtes plus spécifiques complètent ces données, parfois à un niveau totalement désagrégé, mais elles sont peu nombreuses et ne sont pas disponibles pour tous les lieux et à toutes les dates, ni mises à jour régulièrement. Pour pallier ce problème, une solution consiste à créer une « population synthétique » à partir des données INSEE collectées régulièrement à l'échelle de la commune ou de l'IRIS, c'est-à-dire une population dont les caractéristiques individuelles des agents sont reconstruites à un niveau désagrégé N à partir des informations connues à un niveau agrégé N+1. L'objectif de la communication proposée ici consiste à montrer la démarche méthodologique permettant d'obtenir N à partir de N+1, en maximisant la cohérence des données obtenues au niveau N.

2. Démarche méthodologique

De par le monde, de nombreuses méthodes ont été développées pour répondre à ce type de problèmes, notamment aux Etats-Unis (Beckman *et al.*, 1996 ; Williamson *et al.*, 1998, 2000), au Canada (Chaker *et al.*, 2009) et au Royaume-Uni (Birkin *et al.*, XXX), où elles s'associent à la question des *microdata*. Ces méthodes se fondent toutefois sur des données de recensements nationaux qui déterminent certains choix méthodologiques, et rendent leur application difficile, voire impossible, au cas français. En France, les

¹⁵ La Commission nationale de l'informatique et des libertés (CNIL), place en effet un enjeu déontologique dans l'agrégation des recensements démographiques, dont l'objectif consiste à « protéger les libertés et la vie privée dans un monde numérique ».

recherches conduisant à la génération de populations synthétiques localisées sont encore peu nombreuses :

- dans le cadre du projet MIRO, Banos et al. (2010) construisent leurs agents à partir d'une analyse statistique (ACP puis CHA) des données EMD (Enquête ménages déplacement) et les localisent à l'échelle des bâtiments à partir des informations spatiales contenues dans la BD Topo de l'IGN ;
- dans le cadre du projet SIMULH, Mathis et al. (2006) utilisent des probabilités conditionnelles issues des données de l'INSEE pour générer des agents, qu'ils couplent à des méthodes algorithmiques pour constituer des ménages, mais ne s'intéressent pas à leur localisation précise au sein de l'espace géographique.

Basée sur ces deux approches, la démarche que nous développons ici permet de générer une population d'agents à partir des seules données du RGP (ce qui rend la méthode reproductible pour l'ensemble de l'espace français, sans recours à des données plus spécifiques et plus rares), de le regrouper en ménages, et de les localiser de manière précise au sein de l'espace urbain, à l'intérieur de cellules dont la taille est variable. Formellement, la méthode peut se décomposer en trois étapes :

- La première étape s'intéresse aux agents. Dans un premier temps, les caractéristiques des agents (âge, sexe, activités, etc.) sont obtenues à l'aide des fréquences issues du RGP de l'INSEE et de probabilités conditionnelles traduisant les dépendances des caractéristiques. Dans un deuxième temps, les agents (dont l'âge, le sexe et le statut correspondent) sont mis en couple grâce à l'algorithme hongrois de Khun-Munkres. Enfin, les enfants (dont l'âge correspond) sont affectés aux couples pour constituer les ménages ;
- La deuxième étape s'intéresse aux logements. Dans un premier temps, les caractéristiques des logements (taille, statut d'occupation, confort, etc.) sont obtenues par une série de probabilités conditionnelles déduites de la base Logements de l'INSEE. Dans un deuxième temps, les logements caractérisés sont ventilés au sein de chaque IRIS, à travers un carroyage dont la taille des cellules est ici fixée à 50 mètres, et à partir des données contenues dans la BD Topo de l'IGN. Cette ventilation fait notamment intervenir le type d'occupation des bâtiments (résidentielle, commerciale, etc.) et leur volume ;
- La troisième étape associe les résultats de la première et de la deuxième étape, afin d'affecter chaque ménage dans un logement répondant à ses caractéristiques, et donc de les localiser finement au sein des espaces urbains. Cette

affectation se fonde à nouveau sur l'algorithme de Munkres (cf. étape 1) qui nécessite la construction d'une matrice d'affectation dont le paramétrage s'avère délicat compte tenu de l'absence quasi-totale, au sein des données de l'INSEE, d'informations sur la relation ménages/logements.

3. Validation et résultats

Les résultats ainsi obtenus permettent de considérer la population et sa localisation à travers les quatre ensembles suivants :

$$A(\text{Agent}), M(\text{Ménage}), L(\text{Logement}), \text{et } C(\text{Cellule}) \\ \text{tel que } C \leftarrow L \leftarrow M \leftarrow A$$

On définit ces quatre ensembles de la manière suivante :

$$A = \{a_i, i = 1, \dots, n, n \in \mathbb{N}, n < \infty\} \text{ et } a_i \text{ un agent tel que :} \\ a_i = \{\text{âge, sexe, nationalité, couple, activité}\}.$$

$$M = \{m_j, j = 1, \dots, m, m \in \mathbb{N}, m < \infty\} \text{ et } m_j \text{ un ménage} \\ \text{tel que : } m_j = \{\cup a_i\} \subseteq A.$$

$$L = \{l_k, k = 1, \dots, p, p \in \mathbb{N}, p < \infty\} \text{ et } l_k \text{ un logement tel} \\ \text{que :}$$

$$l_k = \left\{ \begin{array}{l} \text{type, catégorie, statut, ac} \square \text{èvement, surface, pièces, motorisation,} \\ \text{stationnement, sanitaire, c} \square \text{auffage} \end{array} \right\}$$

$$\text{Avec } \text{catégorie} = \{\text{principale, occasionnel, secondaire, vacant}\}$$

$$\text{ainsi } \exists j \text{ tel que } m_j \in l_k \Leftrightarrow \text{catégorie} = \text{principale}.$$

$$C = \{c_l, l = 1, \dots, q, q \in \mathbb{N}, q < \infty\} \text{ et } c_l \text{ une cellule telle} \\ \text{que : } c_l = \{\cup l_k\} \subset L.$$

Pour chacun d'entre eux, l'ensemble des informations connues au niveau N+1, est stockée au niveau N, selon les modalités proposées dans le RGP de l'INSEE (si ces caractéristiques ne représentent pas forcément la réalité à N, elles sont théoriquement exactes à N+1). La validation de la méthodologie peut dès lors se faire par une comparaison des données N ré-agrégées à N+1 avec les données sources. Cette comparaison montre certaines incohérences, qui restent néanmoins peu nombreuses et souvent minimes, et qui peuvent être considérées comme négligeables dans le cadre d'une simulation SMA des mobilités résidentielles et quotidiennes des agents ainsi générés. Parallèlement, une cartographie fine de l'espace urbain peut être envisagée à partir des informations contenues dans le vecteur C, qui reprend lui-même l'ensemble des données permettant de caractériser les agents (vecteur A), les ménages (vecteurs M) et les logements (vecteur L).

Références bibliographiques

- Banos et al., 2010, Miro : des trajectoires individuelles à la ville en mouvements. In : Antoni J.P, *Modéliser la ville. Formes urbaines et politiques de transport*, Economica, pp. 225-253.
- Kirman A., 1992, Whom of what does representative agent represent?, *Journal of Economic Perspectives*, 6, pp. 117-136.
- Mathis P., 2006, *Cohérence entre politique des transports et politique d'aménagement*, Rapport de recherche, PREDIT-ADEME, 44 p.
- McBreen J., 2009, *Agent-based simulations in urban economics: application to traffic congestion and housing markets*, Ecole normale supérieure de Lyon, Laboratoire de physique.
- Williamson P., Birkin M., Rees P., 1998, The estimation of population microdata by using data from small area statistics and samples of anonymised records, *Environment and Planning A*, 30, pp.785-816.
- Williamson P., Voas D., 2000, An evaluation of the combinatorial optimization approach to the creation of synthetic microdata, *International Journal of Population Geography*, 6, pp.349-366.
- Beckman R.J., Baggerly K.A., McKay M.D., 1996, Creating synthetic baseline populations, *Transportation Research A*, 30, 6, pp. 415-429.
- Chaker W., Proulx M.J., Moulin B., Bédard Y., 2009, Approche multi-agents pour l'étude des déplacements multimodaux, *Revue internationale de géomatique*, 19, 4, pp. 413-441.
- Birkin M., Turner A., Wu B., 2006, *A Synthetic Demographic Model of the UK Population : Methods, Progress and Problems*, School of Geography, University of Leeds.

Comprendre la baisse de la fécondité en Inde : apport de la modélisation individu-centrée

Yoann Doignon et Sébastien Oliveau

Université de Provence, UMR 6012 ESPACE
sebastien.oliveau@univ-provence.fr

MOTS-CLEFS

Diffusion spatiale • modélisation individu-centrée • systèmes Multi-Agents • fécondité.

1. Spatialité de la baisse de la fécondité en Inde.

Les changements démographiques s'inscrivent dans des contextes spatiaux spécifiques qui traduisent des géographies particulières. La littérature est large sur le sujet, et l'existence du champ spécifique de la géographie de la population en est un bon témoin. Aussi n'est-il pas dénué d'intérêt de réinterroger nos savoirs à l'aune des perspectives nouvelles qu'apportent les sciences de la complexité.

La baisse de la fécondité en Inde constitue de ce point de vue un terrain pertinent, puisqu'elle a été bien documentée (Guilmoto, Rajan, 2001) et que ses dimensions géographiques ont été soulignées (Oliveau, 2005). La baisse de la fécondité, inscrite dans la dynamique de transition démographique, répond aux critères définissant l'innovation (Rogers, 1962). On pourra donc analyser l'ensemble de son processus à travers la grille classique de la diffusion spatiale des innovations (Hägerstrand, 1953, Saint Julien, 1985). Ce changement démographique s'inscrit en effet dans une dynamique spatiale remarquable : amorcé au sud, il se dirige vers le Nord en suivant les côtes et encerclant petit à petit un cœur de résistance "traditionnel" autour de la vallée du Gange.

Néanmoins, et dans la suite des travaux initiés par Jean-Luc Bonnefoy (2005), il apparaît pertinent de changer de perspective et d'inscrire sa réflexion non plus uniquement à des échelles agrégées, mais en se plaçant à l'échelle des individus. En effet, la fécondité est la résultante de la rencontre de deux individus et leurs choix est le fruit des contraintes qui s'imposent et des opportunités saisies. A la suite de travaux comme ceux de Daudé (2004), nous avons donc choisi d'utiliser un système multi-agents pour tenter de modéliser la diffusion de la baisse de la fécondité, en s'appuyant sur le contexte indien, dont la connaissance nous permettra de vérifier la pertinence des sorties des simulations (validation experte).

Au-delà du questionnement portant sur la baisse de la fécondité, le modèle proposé interrogera donc les effets d'émergence dans les processus de diffusion spatiale.

2. Modélisation individu-centrée.

L'objectif de notre travail est de modéliser les comportements sociaux et spatiaux des individus pour comprendre quels sont les éléments qui autorisent ou interdisent la transmission d'un message d'innovation, ici le comportement malthusien de réduction des naissances. Notre hypothèse est que ce message suit des canaux sociaux (ici l'appartenance religieuse), est contraint par la capacité générale à recevoir des messages (ici l'alphabétisation) et contraint par un élément spécifique : la localisation des individus et leurs interactions dans l'espace (ici le voisinage).

Ce modèle, volontairement simple permet déjà d'envisager de nombreux cas de figure et, dans une optique de simulation des comportements, offrira une complexité suffisamment difficile à maîtriser. Nous aurons donc recours à un système multi-agents pour mettre en place ce modèle de simulation. Nous avons choisi la plateforme Netlogo (Wilensky, 1999) qui permet de programmer ce genre de modèle et offre la possibilité de gérer facilement les changements de paramètres à travers une interface sous forme de fenêtres.

Il s'agit, suivant un processus temporel, de simuler la reproduction des individus. Chaque individu part avec un nombre d'enfants souhaité qui lui donne à chaque pas de temps une probabilité de se reproduire. Le résultat de cette reproduction (l'enfant) entame sa vie avec un nombre d'enfants souhaité similaire à celui de son parent¹⁶. Le message malthusien est introduit

¹⁶ Les individus ont un âge avant lequel ils ne peuvent pas se reproduire (15 pas de temps), mais peuvent accepter le message malthusien. Au-delà d'un certain âge, les individus disparaissent (55 pas de temps).

après d'un individu et celui-ci va alors diminuer son souhait de descendance¹⁷ et transmettre le message aux individus de son réseau qui peuvent ou non l'accepter. La population totale¹⁸ est partagée en 4 groupes, qui se distinguent par leur appartenance religieuse. On a repris les 4 groupes mis en avant dans leur rôle dans la transition démographique indienne : les hindous et les chrétiens au comportement malthusien et les musulmans et les tribaux, plus réfractaires à cette forme de changement social. La transmission d'individus à individus se fait en fonction de probabilités (paramétrables) d'échanges dans l'ensemble de la population. Nous créons donc pour chaque individu un réseau social spécifique, fonction de sa religion, qui détermine sa plus ou moins grande ouverture aux individus différents. De plus, chaque religion définit pour les individus une propension à recevoir un message malthusien. On peut ensuite envisager que chaque individu soit plus ou moins éduqué et que cela change sa capacité à s'informer ou à se mettre en réseau. Cette dimension spécifique n'est pas implémentée ici mais fera l'objet de développements futurs.

Par contre, une dimension spécifique des interactions sociales a été mise en avant : l'espace. En effet, nous avons fait l'hypothèse que la mise en réseau des individus est contrainte par leur proximité spatiale. Nous pouvons donc choisir dans quel rayon les individus construisent leur réseau social.

Au final, nous avons choisi de suivre en temps réel (à chaque pas de temps) l'évolution de l'ensemble de la population sous forme de courbes indiquant le nombre total d'individus, le taux d'adoption du message, le taux de reproduction (fécondité). En parallèle, une fenêtre nous permet de voir la distribution spatiale des individus et leur appartenance religieuse (couleur de l'individu) ainsi que le fait d'avoir adopté l'innovation (changement de couleur). Cette cartographie individuelle du changement social a été complétée par une cartographie agrégée, où l'espace a été scindé en 81 cellules qui reprennent les moyennes des individus qui la composent. En effet, c'est généralement à un niveau supérieur à l'individu que s'observent les changements démographiques et on retrouve donc un "visage" plus connu de la diffusion.

3. Du particulier au général : les enseignements des simulations.

Trois configurations du modèle sont présentées ici. La première élimine le facteur religieux dans la

¹⁷ Nous avons arbitrairement choisi de diviser par deux le nombre d'enfants souhaité, mais ce paramètre est modifiable.

¹⁸ L'utilisateur du modèle peut faire varier la population initiale, ce qui a un impact sur le démarrage ou non du processus de diffusion. Par ailleurs, la complexité des calculs mis en œuvre n'autorise pas encore de prendre en compte des populations importantes. Au-delà de XXX individus initiaux les temps de calculs deviennent trop longs pour effectuer des simulations répétées.

construction du réseau social et la probabilité d'adoption et ne comprend pas de contrainte spatiale. La deuxième introduit la religion. La dernière introduit la contrainte spatiale. Ces trois configurations entraînent des résultats radicalement différents lors des simulations et nous renseignent donc sur les facteurs en œuvre dans la diffusion. Dans un second temps, une analyse plus spécifique des formes spatiales émergentes est proposée à partir de ces simulations.

Ainsi dans un cas d'homogénéité sociale (pas de religion), c'est le nombre de liens dans les réseaux sociaux qui influence le plus la vitesse de la diffusion. L'introduction de l'hétérogénéité marque le rôle de l'ouverture entre les communautés religieuses comme principal acteur de la vitesse de diffusion.

Dans ces deux cas, on ne distingue pas de forme spatiale spécifique. La diffusion est spatialement aléatoire. Il faut introduire une contrainte spatiale (proximité spatiale du réseau social) pour que l'on voit apparaître un phénomène de diffusion spatiale. Autrement dit, et ce résultat dépasse le cas étudié, nous avons montré que la diffusion spatiale des innovations est avant tout le résultat de contraintes spatiales existant au niveau des individus contraignant leurs interactions. C'est bien la spatialité des interactions sociales qui définit la dimension spatiale de la diffusion d'une innovation.

Enfin, une étude spécifique des formes spatiales engendrées nous a montré deux cas de figure spécifiques. D'abord un "dépeuplement" de l'espace (la densité d'agents dans un espace diminue car la fécondité diminue) qui peut mener à faire disparaître toute la population. Ensuite un phénomène de "repeuplement" est parfois observé (dans des configurations très particulières concernant le nombre de liens dans le réseau social et des distances faibles qui contraignent sa formation). Après s'être dépeuplés, certains espaces qui n'ont pas été vidés de leur population, voient repartir leur population à partir d'un individu qui n'a pas reçu l'information malthusienne.

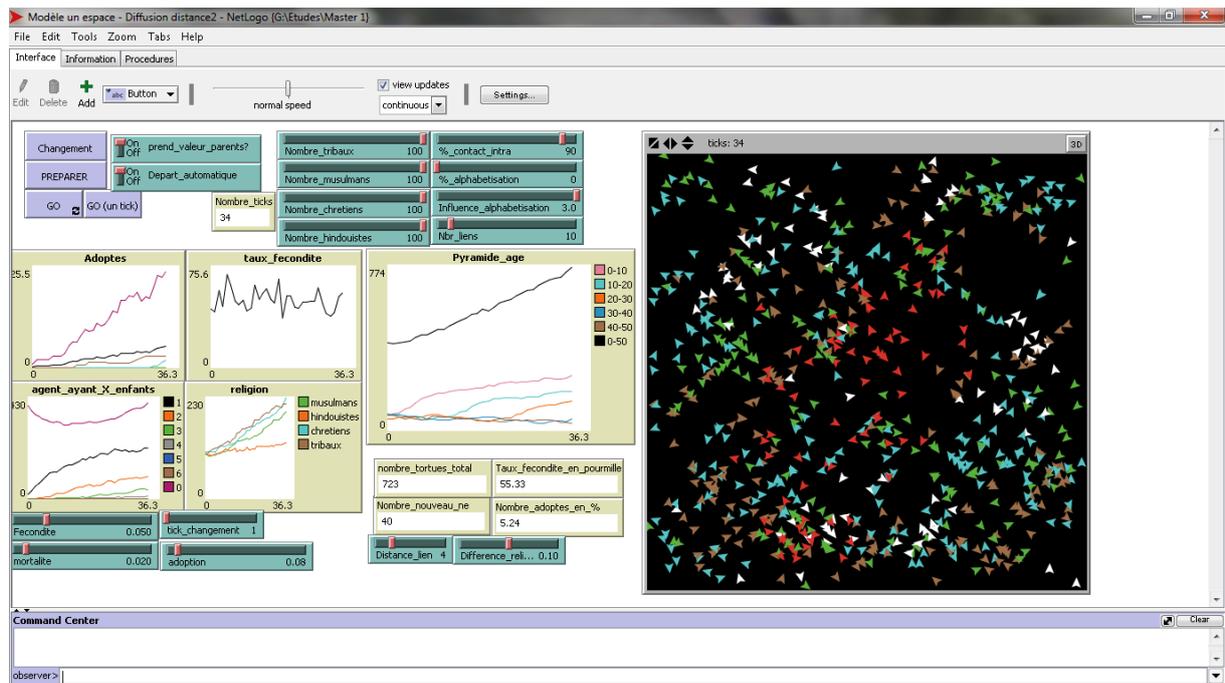


Tableau de bord et contrôles du modèle sous NetLogo

4. Références bibliographiques

- BONNEFOY J.L., 2005, *Étude de géographie théorique et expérimentale*. HDR de l'Université de Provence (3 vol.)
- DAUDE E., 2004, « Apports de la simulation multi-agents à l'étude des processus de diffusion », *Cybergeog : European Journal of Geography*, 16 p.
- GUILMOTO C. Z. and S. IRUDAYA RAJAN, 2001, « Spatial Patterns of Fertility Change in Indian Districts », *Population and Development Review*, 27, 4, 713-738
- HÄGERSTRAND T., 1953, *Innovation diffusion as a spatial process*, University of Chicago press, Chicago, 334 p.
- OLIVEAU S., 2005, « Mapping out fertility in South India : Methodology and results » in RAJAN S.I. *et al.*, (Ed.), *Fertility Transition in South India*, Sage, New Delhi, pp. 90-113.
- ROGERS E., 1962, *Diffusion of innovations*, Free Press, New York, 518 p.
- SAINT-JULIEN T., 1985, *La diffusion spatiale des innovations*, Montpellier, GIP RECLUS, 37 p.
- WILENSKY U., 1999, *NetLogo*, <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>, Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University, Evanston, IL.

Atelier 11

Transports, mobilités, aménagement

Modélisation des déplacements secondaires : la segmentation des chaînes de déplacements pour une meilleure compréhension des logiques de mobilités

Lionel Kieffer et Frédéric Audard

UMR 6012 ESPACE, CNRS/Université de Provence
frederic.audard@univ-provence.fr

M O T S - C L E F S

Mobilité • déplacements secondaires • time-geography

Les déplacements de personnes aujourd'hui, sont plus nombreux qu'ils ne l'ont jamais été. De plus, ils paraissent aujourd'hui plus diffus, à la fois dans le temps et l'espace. Le rapport espace-temps est au cœur des débats politico-économiques actuels et les aménagements contemporains ont permis de « réduire les distances ». Ainsi par une compression de l'espace-temps, les possibilités de déplacements croissent (Zahavi, 1974 ; Crozet et Joly, 2006).

L'étude des déplacements des individus a évolué en même temps que les déplacements eux-mêmes. Ces différentes évolutions nous amènent à nous interroger aujourd'hui sur la définition même du sens du déplacement lui-même. Les recherches actuelles se concentrent sur les déplacements d'un lieu vers un autre dans leur globalité ; d'autres approches, désagrégées, posent la question des chaînes de déplacements sans toutefois considérer les processus de choix liés aux différents déplacements de cette chaîne. Il est pourtant nécessaire d'analyser ces mobilités particulières dans un contexte spécifique de temps et d'espace (Chardonnel, 2001).

1. Objectifs

Chaque arrêt fait lors d'une sortie du domicile recèle une importance pour la suite du trajet considéré et doit donc être pris en considération, en complément des autres déterminants de la sortie. Les termes de sortie, chaîne et déplacements sont regroupés et explicités dans le schéma ci-dessous :

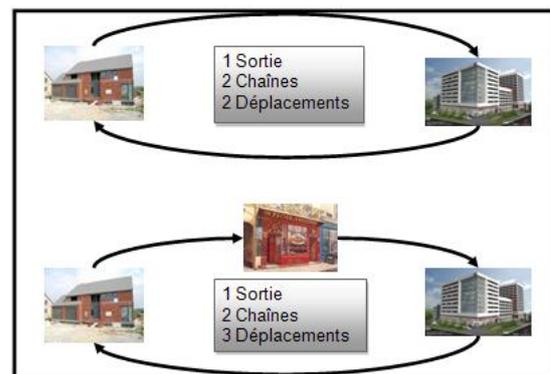


Figure 1: Chaîne de déplacements et sorties (Source : LET, 2000)

Alors que les études antérieures proposent une analyse des sorties ou dans le meilleur des cas des chaînes de déplacements, il semble judicieux de s'intéresser à chacune des composantes de la sortie, soit à chaque déplacement. Nous proposons ici de ne plus réfléchir en termes de déplacements origine-destination, mais de traiter les arrêts effectués au cours de la sortie définissant chacun des déplacements que nous nommerons ici déplacements secondaires. Ces derniers englobent tous les trajets des individus qui ne concerne pas le domicile-activité principale, c'est-à-dire des arrêts à des « stations » (Chardonnel, 2001) pour un motif donné à un temps donné.

L'objectif de cette recherche est double. Dans un premier temps, il s'agit de comprendre les processus de choix et les déterminants qui sont liés aux

déplacements secondaires pour, dans un deuxième temps, élaborer un modèle prévisionnel de ces déplacements.

2. Génération, distribution et affectation des déplacements secondaires

Comme l'ensemble des déplacements, les déplacements secondaires peuvent être appréhendés suivant différentes approches et méthodes. Que l'approche soit agrégée ou désagrégée, les recherches développées aujourd'hui tendent à préférer les méthodes de modélisation segmentées, souvent en quatre étapes. Cette méthodologie semble adaptée, par certains aspects, à l'analyse des déplacements secondaires, régit par des processus de choix identiques à un déplacement principal. En effet, tout déplacement doit répondre à une série de questions correspondant aux différentes étapes de la modélisation :

- Dois-je effectuer un déplacement ? Etape de génération de trafic
- Ou dois-je me rendre ? Etape de distribution
- Par quel mode de transport ? Etape de répartition modale
- Par quel itinéraire ? Etape d'affectation de trafic

Nous concentrerons ici notre travail sur les étapes de génération, de distribution et d'affectation de trafic. On peut imaginer que la répartition modale joue un rôle dans la détermination d'un déplacement secondaire. Toutefois, notre recherche vise à spatialiser les déplacements secondaires, c'est-à-dire comprendre la distribution spatiale des points d'arrêts liés aux déplacements secondaires. Cette détermination passe obligatoirement par la définition d'une activité (génération), de ses destinations possibles (distribution), et d'un degré de « déviation » acceptable (affectation). La répartition modale, quant à elle, si elle est certainement liée aux autres étapes de la modélisation, ne contribue pas directement à la définition de points d'arrêts liés à un motif spécifique d'une chaîne de déplacements.

4. Références

- Chardonnel S., 2001, La time-geography: les individus dans le temps et dans l'espace, in Sanders (dir.) *Modèles en analyse spatiale, information géographique et aménagement du territoire*, Hermès science publications, 129-156.
- Crozet Y., Joly I., 2006, *La "Loi de Zahavi" : quelle pertinence pour comprendre la construction et la dilatation des espaces-temps de la ville ?*, PUCA recherches n°163.
- Hourdez, P., 2005, *Une histoire de la conjecture de Zahavi : constance versus Inconstance des budgets-temps de transport*, <http://www.transponte.com>.
- LET, MVA, IMTrans, 2000, *Formation à la modélisation des transports*, Rapport PREDIT.

Notre recherche s'attachera donc à définir, par une régression pas-à-pas mixte, l'ensemble des facteurs explicatifs de la répartition spatiale des points d'arrêts. La modélisation à quatre étapes marque ici sa limite concernant les déplacements secondaires, l'ensemble des facteurs explicatifs étant liés potentiellement aux trois étapes analysées ici.

3. Principaux résultats

Cette recherche trouve son terrain d'étude sur la Communauté d'Agglomération du Grand Besançon et se base sur l'enquête ménage-déplacements réalisée en 2005 sur cet espace. Les recherches effectuées jusqu'ici font émerger certains résultats consacrant la spécificité disciplinaire géographique dans l'étude des transports de personnes. Les facteurs explicatifs mettent en évidence des variables liées à des notions de distance, de distance-temps, de proximités, d'espace vécu. Ainsi, les destinations des déplacements secondaires paraissent être déterminées par une multitude de facteurs, différents en fonctions des motifs de ces déplacements.

Quelques soient les motifs de déplacements (travail, études, loisirs, achats, réseaux sociaux...), notre recherche montre une persistance, pour les déplacements secondaires, des facteurs identifiés pour les motifs principaux des déplacements. Toutefois, les facteurs de distance apparaissent plus complexes concernant les déplacements secondaires. La simple distance au domicile, souvent seule considérée pour les déplacements principaux, ne suffit pas à déterminer les choix de destination des déplacements secondaires, également déterminés par la distance à l'ensemble des origines ou destinations considérées. La déviation temporelle et spatiale considérée entre la sortie considérée comme directe et la chaîne de déplacements apparaît également être un déterminant important dans les choix de destination des déplacements secondaires.

L'approche développée ici trouve sa limite dans la disponibilité de certaines données permettant, entre autre, de définir au mieux l'espace perçu et l'espace vécu des individus, liés à une historicité des mobilités résidentielles par exemple.

TriftN., 1977, *An introduction to time-geography*, Norwich, Geo Books CATMOG n°13, 20p.

Zahavi Y., 1974, *Travel time budgets and mobility in urban area*, Rapport pour le département des transports des Etats-Unis et le ministère des transports de la R.F.A., 81p.

Comparaison méthodologique de modèles neuronaux et multinomiaux : application au partage modal des actifs du Luxembourg

Hichem Omrani⁽¹⁾, Philippe Gerber⁽¹⁾, Samuel Carpentier⁽¹⁾ et Omar Charif^{(1) et (2)}

(1) CEPS/INSTEAD, Luxembourg

(2) Université de Technologie de Compiègne (UTC), France
hichem.omrani@ceps.lu

1. Contexte

À travers le développement de l'économie internationale ainsi que des moyens de transport et de télécommunication, le processus émergent de métropolisation au Luxembourg attire une part croissante d'entreprises, de capitaux et de travailleurs – surtout les plus qualifiés (Walther, Dautel, 2010). Ainsi, entre 1985 et 2007, l'emploi salarié a plus que doublé, passant de 141 700 à 316 500 unités. En termes de transport, cela se traduit notamment par une augmentation de la mobilité domicile-travail du fait entre autres d'une spécialisation fonctionnelle de l'espace. L'accroissement des mobilités permet parallèlement d'exercer une influence grandissante sur des ensembles territoriaux de plus en plus vastes au sein d'une aire métropolitaine expansive (Gerber, Carpentier, Klein, 2011). De par son ampleur, cette mobilité constitue aujourd'hui un défi, à la fois pour le développement durable des infrastructures de transport luxembourgeoises et transfrontalières, mais également pour le changement de pratiques modales de la part des individus et des ménages.

Afin de mieux cerner les arbitrages individuels qui conduisent à l'utilisation d'un mode de transport particulier, décrits dans un premier point, nous proposons de modéliser le partage modal des actifs résidents luxembourgeois lors d'un déplacement quotidien contraint, à savoir le trajet domicile-travail, selon plusieurs techniques statistiques de modélisation que nous abordons en deuxième lieu, avant de terminer sur les résultats attendus.

2. Données de cadrage et contexte géographique des déplacements domicile-travail

Grâce à l'analyse des données de l'enquête PSELL-3 de 2007¹⁹, nous remarquons que l'usage de la voiture seule atteint 76% pour les résidents actifs pour un déplacement domicile-travail régulier au Luxembourg (résultats tirés de Carpentier, Gerber, 2009). Par ailleurs, la proportion de personnes utilisant les transports en commun, seuls ou combinés à d'autres modes, correspond à 15%. L'usage des transports publics se porte massivement vers le bus (dans 80% des cas). Enfin, les actifs résidents sont 9% à se rendre au travail à pied ou à vélo.

Le choix modal est notamment guidé par certaines caractéristiques sociodémographiques des individus. Les plus discriminantes d'entre elles sont le genre, la catégorie socioprofessionnelle et, dans une moindre mesure, l'âge. Par exemple, les différences de genre se traduisent par une moindre utilisation de la voiture chez les femmes et un usage plus intensif des transports en commun. L'usage de la voiture dépend également de la catégorie socioprofessionnelle et, plus particulièrement, du niveau de vie. Sans surprise, les actifs aux revenus les plus faibles utilisent moins la voiture : parmi eux, 61% prennent la voiture seule, contre 80% pour les ménages les plus aisés. Cette différence s'explique par une moindre motorisation des ménages actifs modestes.

¹⁹ Source : PSELL-3/2007, CEPS/INSTEAD, STATEC. Le PSELL-3 s'inscrit dans le programme statistique « EU-SILC » de l'Union européenne (European Union – Statistics on Income and Living Conditions), dont la coordination est assurée par Eurostat, l'Office statistique des Communautés européennes.

Outre les différences sociales, le deuxième groupe explicatif majeur du choix du mode de transport est lié à l'inégale répartition territoriale de l'offre de transport. Pour rejoindre un bassin d'emploi encore très fortement concentré sur la ville de Luxembourg et sa proche périphérie, toutes les communes ne disposent pas de transport collectif adéquat. Par ailleurs, si l'on se place du point de vue de la demande des individus, l'avantage comparatif donné à un mode de transport plutôt qu'à un autre dépend non seulement de la distance à parcourir, mais aussi du lieu de résidence et du lieu de travail. Ainsi, on observe que la progression de l'utilisation de la voiture coïncide avec un allongement des distances parcourues. Ce phénomène est sans doute lié à la persistance d'une périurbanisation. Pour autant, ces constats méritent une exploitation statistique plus fine.

3. Méthodologie et originalité de l'approche proposée

Afin de raisonner toutes choses égales par ailleurs en fonction des options décrites précédemment par rapport au choix modal des actifs, plusieurs méthodes de modélisation ont été testées. Cette communication souhaite s'attarder sur la comparaison de trois d'entre elles. La première est classique puisqu'il s'agit de d'un modèle logit multinomial à choix discrets (Ben-Akiva, Lerman, 1985). La deuxième provient d'un réseau artificiel de neurones (Faghri, 1991) de type

feedforward. Enfin, la troisième méthode est sans doute, à notre connaissance, la plus originale puisqu'il s'agit d'une application d'un réseau de neurones selon la théorie de l'évidence (Shafer, 1976, Denoeux, 2000). Pour le dire rapidement, elle consiste à utiliser une base d'entraînement utilisée dans le réseau de neurones pour calculer les preuves fournissant une classification des données d'entrées.

En plus des variables mentionnées dans la première partie, tous ces modèles intègrent également des temps de parcours perçus au niveau des transports en commun de la part des individus prenant uniquement la voiture. Ces temps déclarés sont destinés à contrôler, en sus du contexte sociodémographique, géographique et économique, les représentations liées à l'accessibilité face à la dépendance automobile (Petit, 2009).

4. Résultats attendus et perspectives

Selon les premiers tests effectués, le dernier type de modèle fournit de meilleurs résultats en termes de performance de prédiction à partir d'une grille d'évaluation issue des « Receiving Operating Characteristics » (ROC curve). A partir de cette validation, il sera possible d'intégrer ces estimations dans un système multi-agents appliqué au territoire luxembourgeois de telle sorte à prédire l'évolution du partage modal dans les dix ou vingt prochaines années.

5. Références bibliographiques

- Ben-Akiva M., Lerman S. R., 1985, *Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
- Carpentier S., 2007, *Mobilité quotidienne et ancrage résidentiel : différenciation des pratiques spatiales et des représentations sociales selon la structure urbaine. L'exemple du Luxembourg*. Thèse de doctorat, Université Louis Pasteur.
- Carpentier S., Gerber P., 2009, Les déplacements domicile-travail : en voiture, en train ou à pied ? *Vivre au Luxembourg*, 53, mars, 2 p.
- Denoeux T., 2000, A neural network classifier based on Dempster-Shafer theory. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics A*, 30(2):131-150.
- Faghri A., Hua J., 1991, Evaluation of Artificial Neural Network Applications in Transportation Engineering. *Transportation Research Record*, TRB, National Research Council, pp. 71-80.
- Gerber P., Carpentier S., Klein O. (2011), Local mobilities and cross-border urban sprawl. In Sohn C., (eds), *Luxembourg: an emerging cross-border metropolitan region*, Brussels: Peter Lang (forthcoming).
- Petit S., 2009, Le processus de dépendance automobile au Luxembourg. In Bousch P. et al. (eds) *L'Atlas du Luxembourg / Der Luxembourg Atlas*. Köln: Emons, pp. 89-90.
- Shafer G., 1976, *A Mathematical Theory of Evidence*. Princeton University Press.
- Walther O., Dautel V., 2010, Intra-regional employment growth in Luxembourg (1994-2005). *Geografiska Annaler: Series B, Human Geography* 92: 1: 45-63.

Relation entre Morphologie urbaine et Mobilité. Apports de la théorie des graphes et de l'analyse morphologique confrontés aux Enquêtes Ménages-Déplacements (EMD)

Tran D .B., Ignatowicz M., Frigui R., Moreno D., Piombini A., Badariotti D.

ERL 7230, Laboratoire Image, Ville, Environnement, CNRS/Université de Strasbourg
dong-binh.nguyen@live-cnrs.unistra.fr

MOTS - CLEFS

Morphologie urbaine • mobilité urbaine • enquête Ménages – Déplacements • théorie des graphes • indicateur morphologique • Le Havre • Pau • Strasbourg

Résumé

Ce projet propose une méthode de caractérisation de la morphologie des tissus urbains, du point de vue des proximités, de l'accessibilité et du fonctionnement des mobilités, par des indicateurs de graphes et des indicateurs morphologiques.

Le débat concernant la relation entre la mobilité, la consommation d'énergie qui en résulte et la forme urbaine s'est considérablement développé depuis la thèse de Newman & Kenworthy (1989). La complexité de cette relation dans un contexte socio-économique précis se résume selon Allaire (2007) à quatre éléments : la taille de la ville et la densité de population à l'échelle de l'agglomération ; la distance du domicile – travail par rapport au centre-ville, l'accessibilité au système de transport et le design du quartier. Pouyane (2004) a proposé une relation triangulaire entre la mobilité, la forme et les variables socio-démographiques.

La forme urbaine joue un rôle-clé, à l'interface de l'activité de transport et du mode de déplacement. Nous nous intéressons à l'échelle de design du quartier et tenterons donc de répondre aux questions suivantes :

- Comment la forme de ville influence-t-elle la mobilité des individus ?
- Quel est le rôle du contexte socio-économique au sein de cette relation ?

Ce projet s'intéresse particulièrement à l'analyse de la contribution des typo-morphologies urbaines, en tant que support des déplacements, aux mobilités et aux transports urbains. L'organisation des tissus urbains, selon leurs plans, impacte directement les distances de déplacements et leur organisation. En effet, la forme de la ville, et notamment son plan et ses types morphologiques, détermine le linéaire de voirie et les distances intra-urbaines d'immeuble à immeuble, et donc de local à local (quelle que soit leur destination) qui en découlent. Associé à l'organisation sociale et fonctionnelle de la ville, le linéaire de voirie contribue ainsi fortement à la mobilité urbaine, notamment aux distances parcourues. L'évaluation des capacités d'un type de tissu donné, en termes d'économie de mobilité, ou la conception de nouveaux tissus plus économes des mobilités humaines, deviennent dès lors des enjeux importants des politiques de transports urbains.

Notre hypothèse est qu'il existe des morphologies, des modes d'agencements urbains, qui sont plus efficaces en termes d'économie de distance et de répartition du trafic. Nous cherchons donc à identifier, dans les tissus existants, des morphologies plus efficaces afin de les reproduire dans le cadre d'extensions urbaines nouvelles. Celles-ci doivent en l'occurrence minimiser les déplacements globalement et localement, en autorisant une bonne organisation du trafic, sans surcharger excessivement certaines voies.

Par ailleurs, la présence ou le développement d'un transport en commun (TC) modifie la structure locale et globale des distances et de la mobilité, en hiérarchisant cette mobilité et en valorisant certaines proximités. L'impact des TC sur la structure des

distances intra-urbaines d'immeuble à immeuble et sur la mobilité devra donc être prise en compte dans notre approche. Le problème devient alors de réussir à évaluer la contribution de chaque type morphologique à l'allongement des distances intra-urbaines de déplacement, en mode individuel ou en TC. Ceci ne pourra se faire qu'en mettant en relation une mesure comparable de ces distances intra-urbaines avec des mesures de mobilité.

Il existe généralement trois types d'analyse pour étudier l'impact de la forme urbaine sur la mobilité :

- les simulations en fonction de mobilité et des variables d'usage du sol ;
- les recherches descriptives concernant la mobilité des habitants et la ville ou bien ses quartiers ;
- et en enfin les statistiques multi-variables entre un ensemble de variables des formes urbaines et celles de mobilité (Crane, 1999 ; Handy, 1996).

Nous proposons, dans un premier temps, deux méthodes, à la fois descriptives et statistiques, qui utilisent la théorie des graphes et des flux pour observer les rapport des tissus urbains avec la mobilité à travers la proximité (Badariotti, Banos, Moreno, 2007, 2009) et en fonction des trajectoires et des itinéraires émis lors de la mobilité des individus. Ainsi conformément à notre hypothèse qu'il existe des morphologies urbaines qui sont plus efficaces face à la

mobilité, la localisation de pôles d'échanges intermodaux pourra être étudiée afin d'en faire des points d'attraction de la dynamique ou en prenant en compte les points déjà existants.

La morphologie du tissu urbain, issue de la métrique paysagère (McGarigal et Barbara, 1994), sera également confrontée aux indicateurs de graphe pour révéler des morphologie-types et aux indicateurs EMD afin de tester leurs impacts sur la mobilité des individus.

Deux échelles de travail seront examinées : l'échelle de l'agglomération et celle du quartier, correspondant aux zonages issus des enquêtes EMD. Nous traitons trois villes qui ont des contextes urbains très différents, à savoir Strasbourg- ville frontière aux tissus urbains compacts et hétérogènes, Le Havre – ville littorale reconstruite après la guerre, et Pau – ville touristique très étalée, en utilisant les données cartographiques (empreinte au sol des bâtiments et réseau de voirie) et les résultats issus des Enquêtes Ménages - Déplacements (EMD) de ces trois villes (respectivement en 2009, 2006 et 2007). L'objectif principal est de mettre en évidence la contribution des morphologies locales au fonctionnement global de la ville, par le biais des proximités particulières qu'elles dessinent et des mobilités qu'elles induisent. Ceci permet de relancer la réflexion sur les proximités et les voisinages en ville, en relation avec les déplacements induits.

Références

- Allaire J., 2007, *Forme urbaine et mobilité soutenable : enjeux pour les villes chinoises*. Thèse de Doctorat en Sciences économiques, Université Pierre Mendès France, Grenoble, 328p.
- Badariotti D., Banos A., Moreno D., 2009 : « Morphologie urbaine et réseau. Etude des discontinuités induites par le réseau de circulation à l'aide du modèle Remus », *Revue Internationale de géomatique*, vol 19, 1/2009, p.45-66
- 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*, article 403, URL : <http://www.cybergeo.eu/index10993.html>
- Charron M., 2007, *La relation entre la forme urbaine et la distance de navettage: les apports du concepts de "possibilités de navettage"*, Thèse de Doctorat en études urbaines, INRS ? Université de Québec à Montréal, 242p.
- Crane R., 1999. *The impacts of Urban Form on Travel: A Critical Review*, Lincoln Institute of land Policy, Working Paper, 48 p.
- Handy S. (1996), Methodologies for exploring the link between urban form and travel behavior, *Transportation Research Part D*, vol. 1 n° 2, pp. 151-165.
- Macgarigal K., Barbara J.M., 1994, *Fragstats - Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure*, Portland (OR): USDA Forest Service, Pacific Northwest Research station; General Technical Report PNW-GTR.NewmanP.W.G.,Kenworthy J.R., 1989, *Cities and automobile dependence*. An international sourcebook, Brookfield : Gower Technicals.
- Pouyanne G., 2004, *Forme urbaine et mobilité quotidienne*, Thèse de Doctorat en sciences économiques, Université de Bordeaux.

L'influence de la mobilité quotidienne sur la mobilité résidentielle au Luxembourg

David Epstein

ERL 7230, Laboratoire Image, Ville, Environnement, CNRS/Université de Strasbourg

Cellule Géographie et Développement, CEPS/INSTEAD, Luxembourg

david.epstein@live-cnrs.unistra.fr

1. Contexte général et objectifs de la communication

La mobilité résidentielle (MR) et la mobilité quotidienne (MQ) sont des thématiques qui, abordées de manières séparées, ont été relativement bien approfondies. Leur étude simultanée l'est relativement moins (Gerber & al., 2008), même si dès 1980, M. Bassand et M.C. Brulhardt précisaient déjà de manière conceptuelle que les différents types de mobilités entretiennent entre eux divers rapports « *de causalité, de complémentarité, de subsidiarité, de substitution, d'incompatibilité...* ».

Dans la relation entre les lieux de domicile et les lieux quotidiennement fréquentés, les travaux de Y. Zahavi (1979) ont mis en avant que les budgets-temps de transport quotidien restaient stable à environ une heure par jour. Ainsi, l'amélioration de la vitesse de déplacement au cours des cinquante dernières années a permis le réinvestissement progressif, sous forme de distance, du temps gagné. Ceci explique l'étalement de nos territoires de vie quotidienne, dans lesquels le lieu de résidence s'est éloigné toujours plus du lieu de travail (Le Breton, 2008). Ainsi et jusqu'alors, la mobilité quotidienne a été considérée comme la variable d'ajustement de la mobilité résidentielle.

Aujourd'hui pourtant, ce mécanisme de report semble atteindre ses limites voire s'inverser : la constance du budget-temps paraît remise en question (Levison & Yao, 2005) du fait d'une « mise en tension » du système (Genre-Grandpierre & Josselin, 2006). Le Luxembourg est ainsi un territoire d'étude particulièrement intéressant : en effet, son fort attrait économique a permis une augmentation particulièrement importante et continue de la population résidente et frontalière, et ce depuis les années 1980 (STATEC, 2005). Cette augmentation rapide a eu pour effet d'accroître très fortement la pression sur le logement, en favorisant l'éloignement des centres urbains (par choix ou par obligation). Parallèlement, l'emploi luxembourgeois se concentre toujours plus au niveau des centres urbains et

notamment à Luxembourg-Ville²⁰. Cette dynamique de désajustement renforce encore un peu plus la dépendance au système automobile (Dupuy, 1999) de ce pays déjà particulièrement motorisé (OCDE, 2007), accroissant par répercussion les difficultés à se déplacer (ralentissements, embouteillages quotidiens, etc.).

De ce contexte de mobilité difficile, il en résulte des budget-temps de transport élevés, de même qu'une forte imprévisibilité de leurs durées : cette situation accentue les tensions de la vie quotidienne (perte de temps, difficulté d'organisation, de prévision, stress lié au risque de retard et au risque routier).

Ainsi, comment sont perçues les conditions de mobilité quotidienne au Luxembourg ? Les contraintes de la mobilité quotidienne peuvent-elles déclencher une mobilité résidentielle qui viserait à les réduire ? Ces tensions ont-elles une place importante aussi bien dans une décision de déménager que dans les choix de relocalisation ? Si oui, quels sont les différents types d'arbitrages observés ? Comment s'articule chez ces personnes, la relation entre les préférences, les besoins, les impératifs et les compromis au sein de ces deux types de mobilité ?

2. Objectifs et méthodologie

Cette communication tentera de répondre à ces questionnements en traitant à la fois la mobilité résidentielle et la mobilité quotidienne, sous l'aspect des tensions générées par les déplacements quotidiens. Elle vise également à établir une typologie des différents arbitrages réalisés par les individus.

Pour se faire, elle se base sur une série de 14 entretiens individuels exploratoires réalisés courant 2010 auprès de travailleurs luxembourgeois et de frontaliers lorrains ayant déménagé entre 2005 et 2008. Les personnes

²⁰ La capitale du Grand-Duché représentait 36% des emplois du pays en 1981, 38% en 1991 (Diederich, 1998) et près de 52% en 2005 (CEPS/INSTEAD, 2008)

interrogées ont été sélectionnées au sein du fichier de l'IGSS²¹. Le processus de sélection se divise en deux grandes étapes successives :

- une sélection selon des critères socio-démographiques et résidentiels (personnes ayant déménagé entre 2005 et 2008, occupant un travail à temps complet etc.),
- selon des critères d'évolution de la distance au lieu de travail²² entre les deux domiciles successivement occupés (rapprochés, éloignés, même classe de distance)

Par ailleurs, et afin de prendre en compte les caractéristiques du cycle de vie, les individus ont été répartis selon 2 classes d'âge. 35 ans a été retenu comme année charnière (Girard & Bastide, 1974 ; Bonvalet, 1994). Au final, et après application de tous les critères susmentionnés, 120 numéros d'anonymats ont été sélectionnés. Le tableau suivant (Fig.1) illustre la répartition de cette sélection.

| | Evolution de la distance des personnes par rapport à leur lieu de travail entre 2005 et 2008 | | | Total |
|--|--|-------------------------|---------|-------|
| | Rapproché | Même classe de distance | Eloigné | |
| nombre de personnes de moins de 35 ans | 20 | 20 | 20 | 40 |
| nombre de personnes de plus de 35 ans | 20 | 20 | 20 | 40 |
| Total | 40 | 40 | 40 | 120 |

Fig.1 : répartition des groupes de l'échantillon

Après demande de levée d'anonymat auprès des services de l'IGSS, 120 noms et adresses ont été obtenus. Sur ces 120 personnes, 42 étaient joignables par téléphone : 14 personnes ont accepté notre demande d'entretien en face à face.

Au cours de ces entretiens, la même grille d'interview est utilisée dans un souci de comparabilité. Celle-ci aborde quatre grands thèmes : le contexte de la mobilité quotidienne actuel au Luxembourg, les raisons du déménagement, les critères de relocalisation et enfin l'évolution de la mobilité quotidienne avant/après déménagement. Les entretiens ont été enregistrés intégralement puis retranscrits. L'analyse effectuée sur ces retranscriptions est de type « analyse de discours » : elle cherche à comprendre le sens du discours dans son ensemble plus qu'à se baser sur la fréquence d'utilisation de certains mots. Cette étape est fondée sur de nombreuses relectures destinées à faire ressortir à la fois des logiques apparentes (et sous-

jaçantes), mais également des comportements communs.

3. Principaux résultats de l'étude

Plusieurs résultats ressortent de cette étude. Premièrement, la relation MQ/MR dépend avant tout de l'objectif de la mobilité résidentielle (lorsqu'il y'en a un) et/ou du degré de contrainte dans laquelle cette dernière a été réalisée. Nous avons ainsi pu distinguer trois grands types de relation entre MQ et MR, variant selon ce degré de liberté :

- Les mobilités résidentielles de type « choisies » révèlent des motivations liées à la propriété d'un bien immobilier et au projet familial. La mobilité quotidienne y est un critère second (et non secondaire) autant dans la décision de déménager que dans le choix de relocalisation. La MQ n'est cependant pas hors de l'arbitrage, et a tendance à circonscrire l'espace dans lequel est susceptible de s'effectuer le déménagement.
- Au cœur des mobilités résidentielles de type « réduction des contraintes », la mobilité quotidienne tient une place majoritaire (temps de trajets, distance kilométrique, accessibilité aux biens et services) aussi bien dans la décision de déménager que dans les choix de relocalisation. Toutefois ces déménagements visant à réduire les contraintes des déplacements ne se réalisent pas au détriment de la qualité de vie ou du logement.
- Les mobilités résidentielles « imposées à l'individu » (rupture familiale, difficultés économiques) s'organisent selon un principe de minimisation des changements. L'attachement au lieu et aux personnes y est fort. La relocalisation se fait dans le secteur le plus proche possible de l'ancien, en accord avec l'aspect économique du « nouveau » ménage.

Enfin, il a semblé ressortir que la zone des 60 minutes par trajet domicile-travail serait une plage de temps « charnière » en matière de relation entre mobilité quotidienne et mobilité résidentielle au Luxembourg. Ce temps de trajet est d'une part le temps maximum qu'il ait été donné de constater pour les ménages ayant cherché à s'éloigner (ainsi même que pour les autres), et fut d'autre part le point de rupture des personnes s'étant rapprochées de leur lieu de travail dans le but de détendre leurs contraintes quotidiennes.

²¹ Inspection Générale de la Sécurité Sociale du Grand-Duché de Luxembourg

²² La commune de travail est renseignée dans le fichier IGSS

4. Bibliographie indicative

- BASSAND M., BRULHARDT M.C., 1980, *Mobilité spatiale. Bilan et analyse des recherches en Suisse*, Saint-Saphorin (Suisse), Ed. Georgi, 300 p.
- BONVALET C. (dir.), 1994, *Logement, mobilité et populations urbaines. Programme interdisciplinaire de recherche sur la ville*. Ed. CNRS, 135p.
- DUPUY G., 1999, *La dépendance automobile. Symptômes, analyses, diagnostic, traitements*, Ed. Anthropos, 160 p.
- GENRE-GRANDPIERRE C., JOSSELIN D., 2006, Dépendance à l'automobile, tension dans les mobilités et stratégies des ménages, *Cybergéo*, Sélection des meilleurs articles de SAGEO 2006, article 419, mis en ligne le 23 avril 2008, modifié le 04 juillet 2008. URL : <http://www.cybergeo.eu/index17762.html>.
- GERBER P., 2008, (dir.) *Mobillux. Comprendre les interactions entre les mobilités quotidienne et résidentielle au Luxembourg et son aire métropolitaine transfrontalière*. Rapport scientifique final pour le FNR, Luxembourg, juin 2008, 120 p.
- GIRARD A., BASTIDE H., 1974, Mobilité de la population et motivation des personnes : une enquête auprès du public, *Population*, n°3, pp. 759-607 ; *Population*, n°4, pp. 743-769.
- LEVISON D., YAO W., 2005, The rational locator reexamined : are travail times still stable?, *Transportation*, n°32, pp.187-202.
- OCDE, 2007, *Examens territoriaux de l'OCDE* ; Luxembourg, Ed. OCDE, 214p.
- STATEC (Service Central de la Statistique et des Etudes Economiques du Luxembourg), 2005, *L'économie luxembourgeoise en 2003 – 2004 : un kaléidoscope*, Ed. STATEC, 206 p.
- ZAHAVI Y., 1979, *The unified mechanism of travel (UMOT) project*, US Department of Transportation, Washington DC.
- DIEDERICH R., 1998, *Accessibilité et flux à Luxembourg-Ville : simulation plurimodale de la circulation motorisée*, Thèse de doctorat de géographie, Université Louis Pasteur, 632p.

Les politiques de transport face au challenge de la mobilité durable : entre rupture et continuité

Yves Crozet, Aurélie Mercier et Nicolas Ovtracht

Laboratoire d'Economie des Transports (Université de Lyon, CNRS)

yves.crozet@let.ish-lyon.cnrs.fr

MOTS - CLEFS

Accessibilité • évaluation des politiques de transport • mobilité • SIG • modélisation

1. Contexte

Cette contribution fait suite à la communication « L'accessibilité : du concept à l'outil d'évaluation des politiques de mobilité urbaine durable » (Crozet et al, 2009), présentée lors du colloque TheoQuant 2009. Elle présentait comment l'outil MOSART, en mobilisant le concept d'accessibilité, permettait d'analyser les politiques urbaines et de transport. Elle s'intéressait ainsi au changement de paradigme en termes de politiques de transport et d'aménagement du territoire dans les villes européennes, observé depuis le milieu des années 90. A l'objectif de maximisation de la vitesse de déplacement, qui a connu son « apogée » dans les années 70 et 80, semblait se substituer un objectif de mobilité soutenable visant à optimisation de l'espace urbain. La contribution présentée pour Theoquant 2011 prolonge cette nouvelle approche de la mobilité en s'intéressant plus particulièrement à la mobilité durable. Face à ce challenge de la ville du XIXème siècle (Banister, 2008), les politiques de transport et d'aménagement du territoire sont certes guidées par des contraintes environnementales et financière mais également par un souci d'acceptabilité sociale et spatiale. Cette « nouvelle donne » ne va pas sans re-penser les conditions de mobilité qu'elles soient liées au nombre de déplacements ou de leur longueur, au report modal en faveur des modes doux ou collectifs ou, plus généralement, au temps de transports (Metz, 2009). On observe ainsi un « retour à la lenteur », qui se traduit par un nouvel ensemble de priorités visant à redistribuer l'espace urbain en limitant la place accordée aux modes automobiles. Toutefois, en réalité, la réduction des vitesses semble davantage prendre la forme d'un « trafic apaisé ». Si, en milieu urbain, l'accroissement de la part de l'espace accordée aux transports en commun de surface s'effectue au détriment du réseau routier, de nouvelles infrastructures routières périurbaines sont actuellement en projet. Pour répondre au challenge de la mobilité durable, et plus généralement de la ville durable, les politiques de transport oscillent entre

rupture et continuité, comme l'illustre le cas de l'agglomération lyonnaise. Dans ce contexte, le concept d'accessibilité, et plus particulièrement d'accessibilité gravitaire (Hansen 1959, Koenig 1980, Geurs et Wee 2004) en associant les éléments moteur (les opportunités à destination) et résistant (le coût généralisé) d'un déplacement, s'avère pertinent pour comprendre les politiques de transport et d'aménagement du territoire en milieu urbain.

2. Objectifs

En considérant le cas de l'agglomération lyonnaise, cette étude propose un double éclairage des politiques de transports. Elle illustre comment, dans une même agglomération, des politiques de transport pouvant être envisagées comme antagonistes se révèlent en réalité complémentaires. Différents types de scénarios seront testés, en considérant leur impact sur l'accessibilité de différents types d'usagers (automobilistes, usagers de transports en commun) en fonction de leur lieu de résidence.

- La première partie de l'étude présente des scénarios de politiques de transport favorables aux transports en commun. Les infrastructures considérées sont celles présentées par les élus à un horizon de 2015. En milieu urbain, nous considérons ainsi la mise en service de deux nouvelles lignes de transports en commun en site propre, l'extension de lignes de métro B et de tramway T1, ainsi que la réorganisation du réseau de bus. Ces réalisations sont accompagnées, en périphérie, de la nouvelle desserte Tram-Train de l'Ouest lyonnais. L'impact de ces nouvelles politiques est dès lors envisagé à l'échelle du Grand Lyon.
- La seconde partie de l'étude s'intéresse plus particulièrement aux automobilistes. Elle envisage tout d'abord la mise en place d'un péage urbain.

Différents types de péages (péage de zone, péage cordon) appliqués à différentes zones (Lyon/Villeurbanne, Grand Lyon) et en fonction de différents montants sont considérés. Par ailleurs la simulation du Tronçon Ouest du Périphérique, infrastructure autoroutière, est également envisagée de façon concomitante ou non à la mise en place d'un péage urbain. L'impact de ces nouvelles politiques est alors envisagé à l'échelle de l'aire urbaine de Lyon.

3. Méthodologie

Cette étude sera menée en mobilisant la plateforme de modélisation MOSART (Modélisation et Simulation de l'Accessibilité aux Réseaux et aux Territoires), développée au Laboratoire d'Economie des Transports, à l'échelle de l'aire urbaine de Lyon. MOSART a été initialement créé comme un Système d'Information Géographique. Deux types de bases sont présents dans l'outil : les réseaux de transport et les données socio-économiques. Le réseau routier, reconstitué à partir de la base NAVTEQ, se compose de plus de 90.000 nœuds et de 220.000 liens. En outre, chacune des 100 lignes de bus, 4 lignes de métro et 3 lignes de tramway, composant le réseau de transports en commun urbain, est caractérisée par ses différentes stations, sa vitesse commerciale et sa fréquence. MOSART intègre également le système de vélos en self-service Velo'v avec ses 340 stations et le réseau ferroviaire régional avec 10 lignes. Parallèlement aux réseaux de transport, le SIG s'appuie sur des données socio-économiques issues principalement des recensements de l'INSEE. L'analyse de données issue de MOSART « Version 1 » se concentre sur une approche temporelle par le biais de mesures isochrones de l'accessibilité. Dans la seconde version développée depuis 2009, MOSART s'est enrichi d'un modèle de transport permettant des calculs de temps de déplacement plus précis. La mise en œuvre conjointe des modules SIG, aménagement du territoire et du modèle de transport vise à mener des analyses spatiales de type gravitaire à une échelle très détaillée. L'aire d'étude est ainsi divisée en un quadrillage de 4.344 zones variant de 250 mètres à 2 kilomètres de côté en fonction de leur localisation au centre ou en périphérie.

L'outil MOSART est utilisé dans notre étude dans l'optique de mesurer l'accessibilité gravitaire en milieu urbain. L'accessibilité peut être définie comme une mesure de la séparation spatiale des activités humaines (Morris et al., 1978). Nous nous intéressons plus particulièrement à l'accessibilité aux emplois. Si les relations « domicile-travail », ne génèrent que 18% des déplacements quotidiens sur l'agglomération lyonnaise, elles « structurent » l'emploi du temps des actifs. Parmi la variété de mesures recensées dans la littérature (Pirie, 1979; Handy et Niemeier, 1997; Geurs et Wee, 2004), nous travaillons à partir des location-

basedmeasures et, plus particulièrement, des mesures gravitaires de l'accessibilité. Ces mesures s'inscrivent dans une dimension d'aménagement du territoire et reposent sur la relation entre la distribution des activités et le système de transport. A partir des travaux d'Hansen (Hansen, 1959), l'accessibilité gravitaire depuis la zone i aux opportunités localisées dans la zone j s'écrit :

$$A_i = \sum_{j=1}^n E_j e^{-\beta C_{ij}}$$

avec E_j le nombre d'opportunités (d'emplois) de la zone j , C_{ij} le coût généralisé (somme du coût temporel et du coût monétaire) de déplacement entre les zones i et j , β un paramètre de sensibilité au coût de déplacement et n le nombre de zones.

4. Résultats

Les scénarios de politiques de transport laissent apparaître différents types de résultats.

La réorganisation du réseau de transports en commun (TC) se traduit par une amélioration de l'accessibilité aux emplois pour les usagers des transports collectifs. Ce sont essentiellement les actifs résidant à proximité d'une nouvelle ligne de transport en commun en site propre (TCSP) qui voient leur niveau d'accessibilité aux emplois s'accroître. L'impact de la réorganisation du réseau de bus sur l'accessibilité est moins perceptible. La mise en service de nouvelles lignes de TCSP permet aux transports collectifs d'améliorer leur compétitivité face à l'automobile. On observe ainsi que l'accessibilité aux emplois du Grand Lyon se révèle meilleure en transports collectifs qu'en voiture particulière pour les actifs résidant à proximité des lignes fortes (lignes de TCSP). A l'inverse, malgré la congestion routière, la voiture offre de meilleurs résultats pour rejoindre les emplois du centre-ville depuis l'Ouest lyonnais.

La mise en place d'un péage offre des résultats plus contrastés. Dans le cadre d'un péage de zone (avec tarification unique), les automobilistes localisés à l'intérieur de la zone ou bien à l'extérieur de sa première couronne connaissent une baisse d'accessibilité aux emplois. En revanche, l'accessibilité des automobilistes actifs localisés en seconde couronne peut, dans certaines zones, s'accroître en raison d'un report modal de certains automobilistes vers les transports en commun. La mise en service du Tronçon Ouest du Périphérique n'offre une amélioration du niveau d'accessibilité que pour les automobilistes résidant à proximité.

Bibliographie

- Banister, D., 2008, The sustainable mobility paradigm, *Transport Policy*, 15, 73-80.
- Geurs, K. T., Van Wee G. P., 2004. Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: review and research directions, *Journal of Transport Geography*, 12, 127-140.
- Handy, S. L., Niemeier, D. A., 1997. Measuring accessibility : an exploration of issues and alternatives, *Environment and Planning A*, 29, 1175-1194.
- Hansen, W. G., 1959. How accessibility shapes land use, *Journal of the American Institute of Planners*, 25, 73-76.
- Koenig, J.G., 1980. Indicators of urban accessibility: theory and application, *Transportation*, 9, 145-172.
- Metz, D., 2009. The Limits to Travel : How far will you go?, *Traffic Technology International*, 41-48.
- Morris, J.M., Dumble, P. L., Wigan, M. R., 1978. Accessibility indicators for transport planning, *Transportation research A*, 13, 91-109.
- Pirie, G. H., 1979. Measuring accessibility : a review and proposal, *Environment and Planning, A*, Vol. 11, 299-312.

Atelier 12

Démographie et disparités régionales

Mesurer la convergence des régions au niveau local : une nouvelle approche des disparités économiques et géographiques

Sébastien Bourdin

UMR IDEES 6266 / Université de Rouen
sebastien.bourdin@univ-rouen.fr

1. Contexte et objectif

1.1. Évolution récente des disparités économiques régionales au sein de l'Union européenne

En 2010, une étude d'Eurostat montre que la région²³ Inner London (ville de Londres) est la plus prospère de l'Union européenne et est sept fois plus riche que la région la moins développée à savoir la région Severozapaden située en Bulgarie. Avec les deux derniers élargissements (2004 et 2007), le cadre économique communautaire a été complètement bouleversé et l'on a assisté à une reconfiguration géographique des inégalités régionales révélant la mise en place d'un gradient économique Est-Ouest. Cet élargissement aux pays d'Europe centrale et orientale nettement moins développés que les plus pauvres des pays de l'UE15 relance la question de la capacité de l'intégration européenne à favoriser la cohésion de son territoire.

A la lumière des difficultés rencontrées à assurer un développement harmonieux dans l'UE (Dunford, 1994 ; Carluer, 2001 ; Baumont, 2002) et malgré l'utilisation des Fonds de pré-accession, les deux dernières décennies ont engendré d'une part de forts bénéfices pour une petite partie des régions grâce à une certaine « croissance cumulative » (essentiellement les régions métropolitaines) tandis que d'autres régions ont continué à cumuler du retard (Armstrong et Vickerman, 1995 ; Bachtler et Turok, 1997 ; Cuadrado-Roura, 2001). Mise à niveau et convergence constituent des problématiques récurrentes de la Commission européenne. Selon Fuss (1999), « il y a convergence lorsque la différence entre des séries ou leur dispersion se réduit dans le temps ». La convergence définit un phénomène de rattrapage. Il y a alors convergence lorsque la richesse d'un pays ou d'une région en retard tend à croître plus rapidement que celle d'un pays

ou d'une région plus développée, annulant ainsi dans le long terme les écarts de richesse. D'une manière générale, les études (institutionnelles et scientifiques) montrent qu'il existe un processus de convergence des pays mais qui est plus discutable aux échelons territoriaux inférieurs. A l'intérieur des États membres, les disparités régionales se sont souvent aggravées, et même si la situation économique de régions plus faibles a évolué positivement, le processus de rattrapage reste extrêmement lent.

1.2. Objectif de la communication et fondements théoriques

Aussi, nous souhaitons souligner que de trop nombreuses études réalisées sur la convergence se contentent d'observer les disparités géographiques de revenu sans pour autant situer ou estimer dans quelle mesure l'espace joue un rôle dans cette répartition. La plupart des études considèrent les régions comme des entités isolées, comme si leur localisation géographique et leurs liens interrégionaux potentiels n'avaient pas d'importance (Hénin et Le Pen, 1995 ; Le Gallo, 2002 ; Islam, 2003). Or, la répartition géographique des phénomènes de croissance à l'échelle régionale est rarement aléatoire : les performances économiques de régions voisines sont, au contraire, souvent similaires. Les travaux d'Elissalde et de Langlois (2005, 2007, 2009) via la plate-forme de simulation Géocells qu'ils ont développée sont très éclairant à cet égard. L'incidence de la répartition inégale des activités économiques dans l'espace sur la croissance économique des territoires a été mise en évidence au sein notamment du courant théorique dit de la *synthèse géographique – croissance* (Baumont, 1998). Notre proposition de communication souhaite donc resituer le rôle de l'espace dans l'étude de la convergence des économies européennes et de rendre explicite la dimension géographique des observations sur la convergence.

Notre proposition de communication se démarque des nombreuses études sur la convergence régionale qui ont suivi les célèbres travaux de Barro et Sala-I-martin (1991, 1995) se basant sur les mêmes hypothèses que celles

²³ Au sens de la Nomenclature d'Unité Statistique et Territoriale

utilisées pour l'étude de la convergence au niveau international. Nous faisons l'hypothèse que les régions ne sont pas des entités isolées et fonctionnent en interaction. Nous pensons donc que l'environnement spatial de chaque région doit être pris en compte pour mesurer les disparités économiques.

$$\Omega_i = \sum_{j \in V(i)} \frac{\frac{\sigma_n^j}{m_n^j} - \frac{\sigma_0^j}{m_0^j}}{n}$$

2. Méthode utilisée : un indice de convergence locale

2.1. Études antérieures sur la prise en compte de la dimension géographique de la convergence

Dans l'optique des théories de la croissance, la présence d'équilibres multiples traduit, en effet, l'absence de convergence au niveau global (Durlauf et Johnson, 1995). La convergence est alors, au mieux, un phénomène local. En ce sens, des régions partageant des conditions initiales similaires convergeront vers un même état stationnaire, formant ainsi des « régimes » ou « clubs de convergence » (Azariadis et Drazen, 1990). Afin de déterminer ces clubs de convergence, plusieurs méthodes peuvent être utilisées. Dans le cadre des régions européennes, les multiples méthodologies qui ont été mises en place présentent des résultats très contrastés. D'une part, on retrouve les méthodes qui se sont basées sur l'appartenance géographique, politique ou économique. Neven et Gouyette (1994, 1995) définissent les clubs de manière arbitraire en fonction de zones géographiques. Baumol (1986) quant à lui a défini les clubs principalement en fonction des régimes politiques. D'autre part, un certain nombre d'auteurs ont privilégié une méthode endogène, basée sur des fonctions polynomiales (Chatterji, 1992) ou des arbres de régression Fagerberg et Verspagen (1996) utilisent la méthode des arbres de régression développée par Durlauf et Johnson (1995) en prenant en compte plusieurs indicateurs.

2.2. Formalisation de l'indice de convergence locale

Afin de mettre en évidence les effets spatiaux de la convergence et de prendre en compte les effets de voisinage, nous proposons de mettre en place un indice de convergence locale qui tiendrait compte explicitement de la dimension spatiale des données qui est négligée d'une manière générale dans les études sur la convergence et les clubs de convergence. Ainsi, nous faisons l'hypothèse que la convergence ne doit pas être uniquement calculée au niveau global (beta et sigma convergence) mais aussi au niveau local. Dans le cadre de la mise en place de notre indice de convergence locale, on dira qu'il y a oméga convergence quand la dispersion des PIB/hab de la zone considérée se réduit dans le temps.

Nous avons formalisé cet indice de convergence locale comme suit :

Ω_i mesure l'évolution de la dispersion du PIB/hab. sur n années pour une région i et ses voisines j . On calcule l'écart annuel du coefficient de variation entre deux périodes t_0 et t_n pour $V(i)$.

m_n^j est le PIB/hab moyen de l'année n de $V(i)$ et σ_n^j son écart-type.

$V(i)$ correspond à l'ensemble des régions à moins de δ de la région i (cf. fig.1)

δ est la distance maximum (en km) définissant le périmètre $V(i)$ entre une région i et ses voisines j .

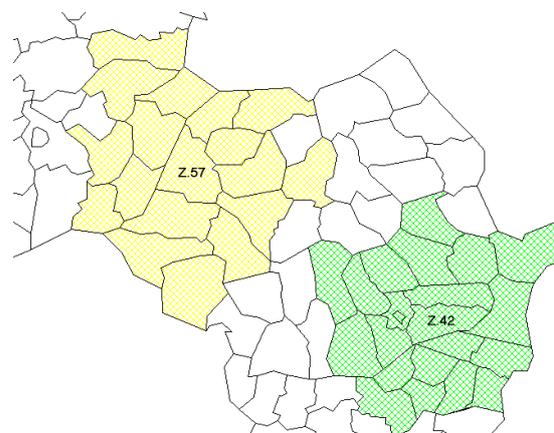


Fig 1 : Régions voisines sélectionnées dans un périmètre de 100km pour le județ de Bihor (Z 57) et de Călărași (Z42)

Afin d'automatiser les calculs pour les 285 régions au niveau NUTS 2 et les 1348 régions au niveau NUTS 3 qui constituent notre échantillon, nous avons mis en place un logiciel²⁴ qui permet de générer ces calculs.

²⁴ Le logiciel Caquot4 a été développé par Pierre Dolez et vous trouverez en annexes des copies d'écran de ce dernier.

L'oméga convergence est un indicateur mesurant la réduction (ou l'augmentation) des inégalités de revenu au sein d'un groupe de régions. Autrement dit, il y a oméga convergence quand les PIB/hab des régions comprises dans la zone délimitée se rapprochent du niveau moyen des PIB/hab de la zone considérée. La figure 2 présente une possibilité parmi d'autres de phénomène de convergence locale. Dans la zone délimitée, les régions les moins développées enregistrent des rythmes de croissance soutenue tandis que les régions les plus développées connaissent des croissances moins spectaculaires. La réduction des écarts est posée sur la base d'une croissance rapide de la part des régions en retard : le rythme de croissance de ces dernières entre T_0 et $T+1$ dépasse le rythme de développement des plus développées et le résultat se traduit par une convergence.

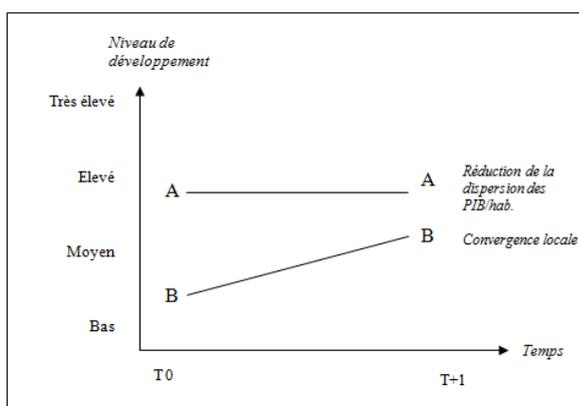
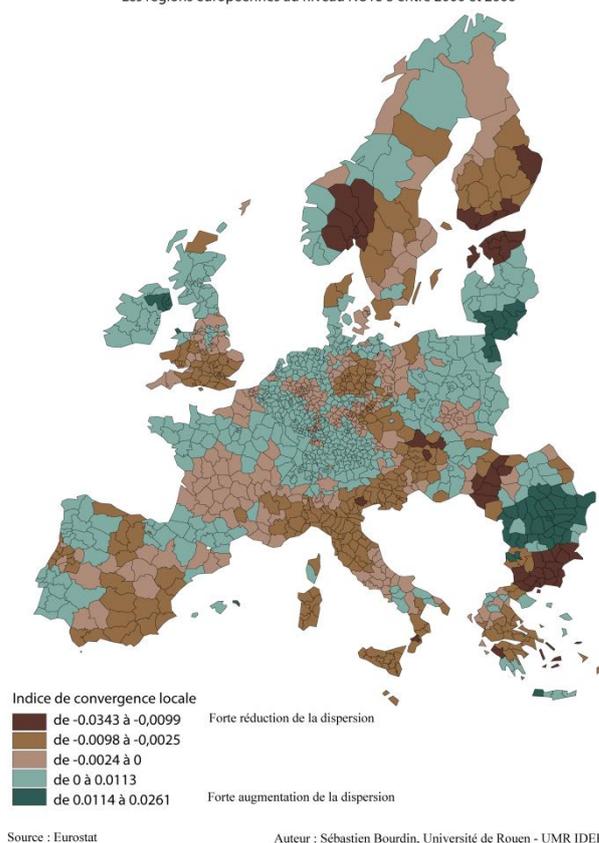


Figure 2 : L'hypothèse de convergence locale

3. Quelques résultats : Vers une régionalisation de la convergence locale pour comprendre les disparités économiques régionales

Deux éléments importants ressortent de l'analyse de nos résultats. D'une part, nous pouvons affirmer que le processus de divergence au niveau régional décrit par la littérature scientifique et institutionnelle masque des phénomènes de convergence importante au niveau local (cf. carte 1). Par exemple, il y a une forte convergence locale entre les régions méridionales de la Finlande et l'Estonie. Cette dernière a largement bénéficié des échanges économiques et financiers qui se sont accentués suite à l'élargissement de l'UE en 2004. On notera également la présence de l'Eurorégion Helsinki-Tallinn (créée en 1999) qui peut expliquer en partie cette convergence locale ; l'Estonie ayant largement bénéficié des Fonds européens à ce titre. A l'inverse, dans le cas de la Roumanie, on observe un indice positif (forte augmentation de la dispersion des PIB/hab.) ce qui tend à montrer que l'on est en présence d'une divergence locale. Cela s'explique en partie par le poids écrasant de Bucarest vis-à-vis de ses régions voisines.

L'EVOLUTION DE LA DISPERSION DE LA RICHESSE
Les régions européennes au niveau NUTS 3 entre 2000 et 2006

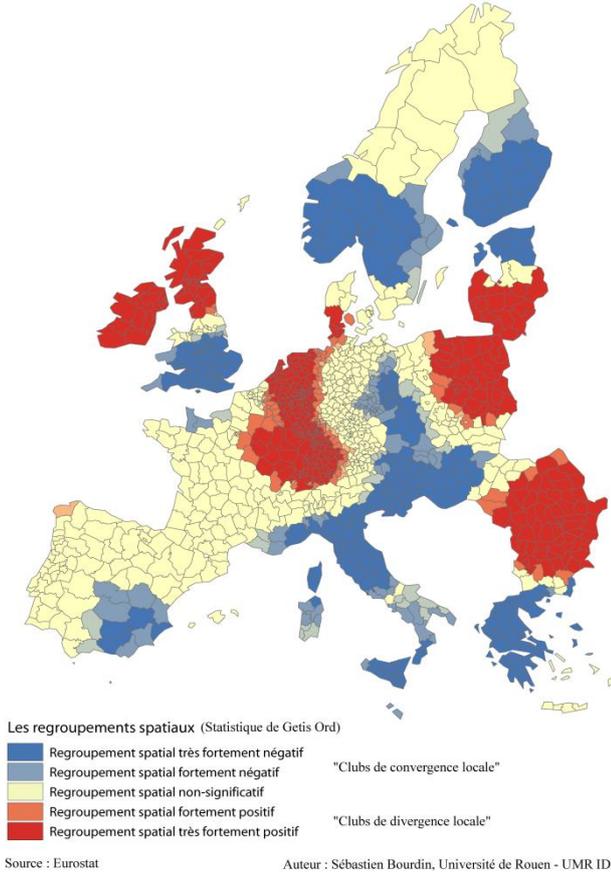


Source : Eurostat Auteur : Sébastien Bourdin, Université de Rouen - UMR IDEES

Carte 1 : La convergence locale dans l'Union européenne

D'autre part, l'analyse de la convergence locale montre la formation d'une (multi)polarisation du processus de convergence. Grâce aux calculs d'autocorrélation spatiale locale (à l'aide des statistiques Getis Ord) sur cet indice de convergence locale, il nous a été possible de délimiter des « clubs de convergence locale ». Les résultats représentés dans la carte 2 montrent qu'il existe bien une répartition non aléatoire des phénomènes de convergence qui se matérialise dans l'espace par une tendance au regroupement et à la présence de « clubs de convergence/divergence locale ». Deux exemples peuvent être pris pour illustrer cela. On remarquera un fort regroupement spatial négatif le long de la frontière qui sépare l'Europe des Quinze des pays d'Europe centrale et orientale. Ainsi, nous pouvons affirmer que des phénomènes locaux de rattrapage existent à cette interface et s'expliquent entre autres par des effets de diffusion de la croissance régionale vers les régions occidentales des PECO (frontalières de l'Europe de Quinze). A l'inverse, l'Irlande et des régions septentrionales de la Grande-Bretagne constituent une poche de divergence locale. En effet, alors que l'Irlande a profité sur la décennie 1990-2000 des taux de croissance spectaculaires (liés à la fois à une politique nationale de relance et à l'importance des Fonds de cohésion perçus), les régions écossaises ont quant à elle peu ou pas enregistré un développement économique de grande ampleur.

UNE REGIONALISATION DE LA CONVERGENCE LOCALE
Les régions européennes au niveau NUTS 3 entre 2000 et 2006



Carte 2 : Les clubs de convergence locale dans l'Union européenne

En conclusion, la prise en compte de l'environnement géographique dans l'explication du rattrapage des régions nous permet de repenser les théories sur la convergence et la mesure des disparités régionales européennes. Notre étude montre qu'il existe des phénomènes locaux de fort rattrapage ou au contraire de divergence. Les études menées précédemment montrant une divergence des régions masquent en réalité des phénomènes locaux de convergence qu'il faut mettre en relation avec les rôles joués par les politiques publiques (nationales et/ou européennes), la proximité géographique et les dynamiques économiques (IDE, etc.).

Annexes

Caquot4 – Logiciel réalisé par Pierre Dolez – Tous droits réservés

L'utilisateur intègre le fond de carte qu'il souhaite avec les données qui y sont liées. Le logiciel calcule ensuite automatiquement l'oméga convergence en fonction des paramètres choisis préalablement.



| NUTS3_1 | N2 | N3 | N4 | Champ | MIN | MAX | VALEUR |
|---------|---------|---------|---------|---------|-----|-----|--------|
| BG311 | 4073.83 | 4422.42 | 4630.24 | NUTS3_1 | | | |
| BG312 | 4114.64 | 4410.41 | 4572.31 | NUTS3_1 | | | |
| BG313 | 5070.94 | 6252.79 | 5863.80 | NUTS3_1 | | | |
| BG314 | 4918.71 | 4762.24 | 4954.37 | NUTS3_1 | | | |
| BG315 | 5062.57 | 5384.71 | 5566.65 | NUTS3_1 | | | |
| BG321 | 4447.84 | 4795.19 | 5301.35 | NUTS3_1 | | | |
| BG322 | 5095.00 | 5694.48 | 6331.97 | NUTS3_1 | | | |
| BG323 | 4821.53 | 5252.18 | 5886.21 | NUTS3_1 | | | |
| BG324 | 5261.48 | 6401.61 | 5008.77 | NUTS3_1 | | | |
| BG325 | 4791.32 | 4791.45 | 4651.16 | NUTS3_1 | | | |

4. Références bibliographiques

- Anselin L., 1995, *Local Indicators of Spatial Association LISA*, Geographical Analysis, 27: 93
- Armstrong H.W. et Vickerman R.W., 1995, *Convergence and Divergence among European Regions*, Pion, London.
- Azariadis C. Et Drazen A., 1990, *Threshold Externalities in Economic Development*, The Quarterly Journal of Economics, MIT Press, vol. 105(2), pages 501-26
- Bachtler J. et Turok I., 1997, *The coherence of EU Regional Policy : Constrasting, Perspectives on the Structural Funds*, London, Kingsley
- Barro R.J. et Sala-I-Martin X., 1991, *Convergence across states and regions*, *Brookings papers on Economic Activity*, vol. 1991, p.107-182
- Barro R.J. et Sala-I-Martin X., 1995, *Economic growth theory*, McGraw-Hill, Boston
- Baumol W.J., 1986, *Productivity growth, convergence and welfare: what the long run data show ?*, American Economic Review, Vol. 76, p. 1072-1085
- Baumont C., 1998, *Economie géographique et intégration régionale : Quels enseignements pour les Pays d'Europe Centrale et Orientale ?*, LATEC - Document de travail - Economie (1991-2003) 1998-11
- Baumont C., Ertur C. & Le Gallo J., 2002, *The European Regional Convergence Process, 1980-1995: Do Spatial Regimes and Spatial Dependence Matter?*, *Econometrics* 0207002, EconWPA
- Carluer F., 2001, *Les régions européennes à l'épreuve de la convergence : analyse d'un rattrapage différencié*, Habilitation à Diriger des Recherches, Grenoble : Université Pierre Mendès-France (Grenoble II), juin 2001, 172 p.
- Chatterji M., 1992, *Convergence clubs and endogenous growth*, *Oxford Review of Economic Policy*, Vol.8, p. 57-69
- Cuadrado-Roura J.R., 2001, *Regional convergence in the European Union: From hypothesis to the actual trends*, *The Annals of Regional Science*, Springer, vol. 35(3), pages 333-356.
- Dunford M., 1994, *Winners and losers: the new map of economic inequality in the European Union*, *European Urban and Regional Studies*, volume 1, number 2, pages 95-114
- Durlauf S.N. et Johnson P.A., 1995, *Multiple regimes and cross-country growth behaviour*, *Journal of Applied Economics*, Vol 10, p.365-384
- Elissalde B., Langlois P. et Goyat D., 2005, *Modelling Complexity in Geography. Application of the Geocells Project to the Impact of Regional Aid on European Space*, Colloque ECTQG05, 10-13 Septembre 2005 - Tomar, Portugal
- Elissalde B., Langlois P. et Goyat D., 2007, *Automates cellulaires appliqués à l'impact des aides régionales sur l'espace européen*, Colloque Systèmes Complexes en SHS, Centre Cerizy
- Elissalde B., Langlois P. et Goyat D., 2009, *GeoCells model: European Structural Funds and regional interactions, which convergences for the European regions?*, *Cybergeo : European Journal of Geography*
- Ezcurra R. et Rapún M., 2006, *Regional disparities and national development revisited, the case of western Europe*, *European, Urban and Regional Studies* 13, 355
- Fagerberg J. et Verspagen B., 1996, *Heading for Divergence? Regional Growth in Europe Reconsidered*, *Journal of Common Market Studies*, Blackwell Publishing, vol. 34(3), p. 431-448, 09
- Fayolle J. et Lecuyer A., 2000, *Regional growth, national membership and European structural funds: an empirical appraisal*, n° 02, avril
- Fuss C., 1999, *Mesures et tests de convergence : une revue de la littérature*, *Revue del'OFCE*, 69, Avril, p.221 – 249.
- Grasland C., 2004, *Les inégalités régionales dans une Europe élargie*. in *Les incertitudes du grand élargissement : L'Europe centrale et balte dans l'intégration européenne (2004)*, p.181-214
- Henin P.-Y. et Le Pen Y., 1995, *Les épisodes de la convergence européenne*, *Revue économique*, 46 (3)
- Islam N., 2003, *What have we learnt from the convergence debate?*, *Journal of Economic Surveys*, Vol. 17, p. 309-362

- Krugman P., 1991, *Geography and trade*, MIT Press, Cambridge, MA
- Le Gallo J., 2002b, *Disparités géographiques et convergence des régions européennes : une approche par l'économétrie spatiale*, Thèse de doctorat en analyse et politiques économiques, Université de Bourgogne, Dijon
- Lhomel E., 2007, *De Quinze à Vingt-sept. Les nouveaux Etats membres face à la construction européenne*, le courrier des pays de l'Est, n°1063
- Neven C. et Gouyette D., 1995, *Regional convergence in the european community*, Journal of Common Market Studies, Vol. 33, p.47-65
- Vandermotten C. et Marissal P., 2000, *Une nouvelle typologie économique des régions européennes*, L'espace géographique, n°4, pp. 289-300
- Williamson J. G., 1965, *Regional Inequality and the Process of National Development: A Description of the Patterns*, Economic Development and Cultural Change, n° 13, pp. 1-84.

L'urbanisation en Inde : système national et mise en évidence de situations régionales spécifiques

Joël Querci et Sébastien Oliveau

UMR 6012 ESPACE, Université de Provence
joel.querci@etu.univ-provence.fr

1. Quelle urbanisation en Inde ?

L'urbanisation indienne remonte certainement à 2500 ans avant J.C. lorsque sont apparus parallèlement, mais indépendamment, des villes dans l'actuelle vallée du Gange et à l'extrémité Sud du pays (Ramachandran, 1989). La croissance urbaine a ensuite été très lente, suivant de manière grossière les lieux d'accumulation de population (zone de plus fortes densités). Une trame urbaine assez lâche a donc vu le jour, mais il faudra attendre l'invasion moghole à l'époque médiévale pour voir s'imposer une nouvelle trame urbaine. Lorsque les européens arrivent au 16-17^{ème} siècle, le monde des villes est développé de façon régulière, selon un modèle de système urbain « ancien », pour reprendre la terminologie de Denise Pumain (Bretagnolle *et al.*, 2007).

La colonisation britannique et sa logique interne vont fortement changer la donne et initier en deux siècles la réorganisation complète de la trame urbaine au profit de quelques grandes villes qui dominent aujourd'hui le paysage urbain : Delhi, Mumbai, Kolkata, Chennai. Ces quatre villes représentent à elles seules plus de 50 millions d'habitants, soit 1/6^{ème} de la population urbaine du pays, ce qui nous invite à regarder de plus près la hiérarchie urbaine indienne et pose la question de l'existence ou non de macro ou de polycéphalie dans le pays. Au regard de l'histoire politique (nombres de royaumes avant la colonisation et un état fédéral ensuite) se pose aussi la question de la pertinence de la définition d'un système urbain unique.

Comment peut-on décrire la hiérarchie du système urbain indien, et à quelle échelle ? Autrement dit, comme porter un regard pertinent sur la dynamique des villes qui permette de montrer, le cas échéant, l'existence de sous-systèmes urbains ?

2. Évolutions, hiérarchie et structure du système urbain

Pour retracer l'évolution récente du système urbain indien, nous avons mis en place une base de données intégrant les

données censitaires décennales indiennes (de 1901 à 2001 - le prochain recensement aura lieu en mars 2011) que nous avons ensuite géoréférencées (Querci 2010)²⁵. Nous disposons donc d'une base de données urbaine (population, taux de croissance) sur l'ensemble du 20^{ème} siècle à l'échelle la plus fine. Si la définition de l'urbain varie dans le temps et peut être sujette à discussion, cela n'est pas le lieu ici, et les éventuels "arrangements" des administrations indiennes ne changent pas fondamentalement les résultats obtenus (Oliveau, 2008).

A partir de cette base de données, nous pourrions donc porter sur l'évolution du système urbain indien au cours du 20^{ème} siècle un regard statistique nouveau. Nous procéderons en trois temps. Nous tenterons d'abord de quantifier l'évolution du système urbain indien à travers l'analyse et la cartographie des taux d'évolutions. Viendra ensuite une seconde phase qui s'intéressera plus spécifiquement à l'évolution de la hiérarchie urbaine tout au long du siècle (forme de la distribution rang-taille des villes indiennes). Enfin, pour dépasser l'analyse globale et nous intéresser à la définition de sous-systèmes perçus lors de l'analyse statistique, nous mettrons en place une méthodologie à même de faire ressortir les ruptures spatiales de la trame urbaine.

En effet, en présence de macrocéphalies à l'échelle régionale, l'analyse statistique globale du phénomène ne suffit plus et il convient de faire appel à une autre méthodologie pour déterminer des frontières internes, qui ne soient pas basées sur des limites définies a priori. Pour cela, nous nous appuyerons sur l'utilisation conjointe de la morphologie mathématique et de la géostatistique (Voiron-Canicio, 1995). Il apparaît en effet que la morphologie mathématique, comme la géostatistique, peuvent mettre en évidence des structures spatiales autrement difficilement perceptibles.

3. De l'équilibre national aux macrocéphales régionales

²⁵ Ce travail s'est fait dans le cadre du programme Harmonicités, dirigé par Anne Bretagnolle et financé par l'ANR Corpus.

De ces analyses statistiques sortent plusieurs constats. D'abord que l'Inde, malgré sa faible urbanisation (28% en 2001) a bien amorcé sa transition urbaine, même si elle suit un rythme assez lent pour l'instant.

Ensuite, que cette urbanisation, si elle se concentre surtout dans les plus grandes villes, n'a pas fait émerger de situation de macrocéphalie, ni même de polycéphalie. Selon les termes de François Moriconi-Ebrard (1993), nous sommes en présence d'un phénomène de métropolisation. Néanmoins, si l'on change d'échelle, quatre grands foyers urbains émergent, marqués pour trois d'entre eux par une macrocéphalie urbaine très importante, avec des villes de rang 1 jusqu'à cinq fois plus peuplées que celles de rang 2.

Toute la complexité du système urbain est ainsi révélée : une situation nationale relativement bien équilibrée et des situations régionales qui ne le sont pas. Reste à déterminer alors les limites spatiales de ces sous-ensembles.

Le recours à la morphologie mathématique va nous y aider. A partir de la cartographie du semis de ville, nous opérons une dilatation des points pour dessiner un graphe perceptuel (figure 1). Celui-ci met en évidence l'existence de quatre zones où les villes sont mieux connectées que dans l'ensemble du pays : Dans la partie nord de la vallée du Gange, à l'embouchure de la vallée du Gange, sur la côte ouest du pays, et enfin dans le cône sud.

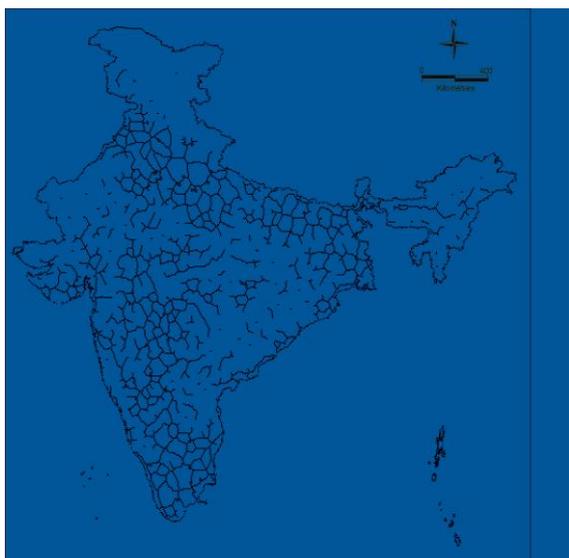


Figure 1 : Graphe perceptuel du semis de villes après dilatation de taille 3.

Cette approche est ensuite complétée par la création de polygones de Thiessen, représentant une sorte d'aire urbaine théorique qui permettent de souligner l'existence

de zones de forte concentration urbaine (figure 2). Les résultats sont évidemment concordants et l'on retrouve sous une autre forme les quatre sous-systèmes préalablement identifiés.

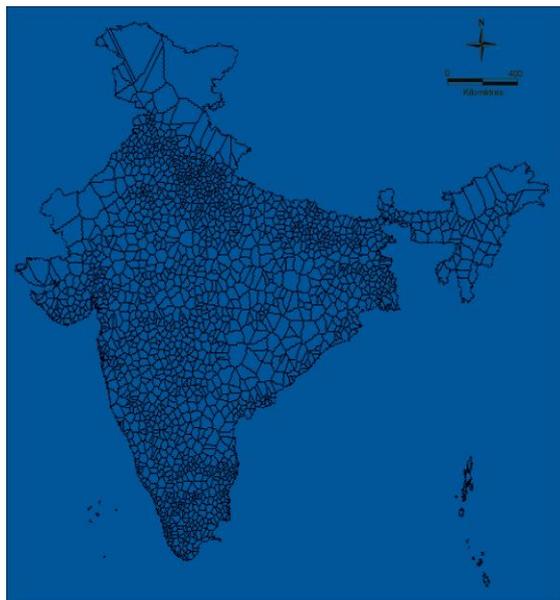


Figure 2 : Squelette par zones d'influences (polygones de Thiessen) du semis de villes indien.

Pour finir, une analyse variographique nous a permis de montrer la présence de structures secondaires pouvant correspondre à des situations de macrocéphalies régionales.

4. Références bibliographiques

- Bretagnolle A., Pumain D., Vacchiani-Marcuzzo C., 2007, Les formes des systèmes de villes dans le monde, in Mattei M.-F., Pumain D. (dir), *Données urbaines*, n°5, Paris, Anthropos, 301-314.
- Moriconi-Ebrard F., 1993, *L'urbanisation du monde depuis 1950*, Collection Villes, Anthropos, Paris.
- Oliveau, S., 2008, « Étalement urbain et fragmentation : Chennai, un exemple en Inde du Sud » in Zaninetti, J.M., Maret, I. (dir.), *Étalement urbain et ville fragmentée à travers le monde*, Presses universitaires d'Orléans, Orléans.
- Querci J., 2010, « 1901-2001 : un siècle d'évolution du système de villes en Inde », Master de l'université de Provence, non publié.
- Raychaudhuri T., Irfan H., Kumar D., 2004, *The Cambridge Economic History of India*, Orient Longman, New Delhi.
- Voiron-Canicio C., 1995, *Analyse spatiale et analyse d'images*, GIP RECLUS, Montpellier.

De la population résidente à la population présente

Analyses statistiques plurielles et complémentaires des reprises sociodémographiques dans les campagnes françaises

Pierre Pistre

UMR 8504 Géographie-cités / Université Paris 7 Denis Diderot
pierre.pistre@parisgeo.cnrs.fr

MOTS-CLÉS

Campagnes • démographies rurales • migrations résidentielles • population présente • France.

1. Contexte et objectifs :

Le constat de reprise démographique des campagnes françaises est aujourd'hui largement partagé et acté. Depuis les années 1980-1990, des analyses successives des données du recensement de population INSEE ont en effet confirmé une tendance effective de « renaissance rurale », toujours plus loin des villes et même parmi les plus petites communes (Kayser, 1990 ; Morel and al., 2006 ; Le Bras, 2007 ; Laganier and al., 2009).

Dans la continuité de travaux peu nombreux qui ont contribué à approfondir et à affiner l'analyse statistique nationale des reprises rurales (Bessy-Pietri and al., 2001 ; Sencébé and al., 2007), le principal objectif de cette communication sera de questionner la diversité des formes de renouveau démographique au sein des campagnes françaises. A partir d'analyses statistiques et cartographiques fines – utilisant le bassin de vie comme unité spatiale de référence (Julien, 2007) et la France métropolitaine comme échelle d'étude -, nous insisterons sur des inégalités et des distinctions prégnantes, géographiques (régions, centres/périphéries, types de campagnes) et sociodémographiques (catégories socioprofessionnelles, tranches d'âge), dans les reprises rurales contemporaines.

Cette proposition de communication s'inscrit par ailleurs dans le cadre d'une thèse de géographie en cours. Cette recherche vise l'étude des reprises rurales en France métropolitaine depuis les années 1970, et l'identification de formes de gentrification rurale, particulièrement étudiées dans les campagnes britanniques (Phillips, 1993, 2009).

2. Données et méthodes :

Successivement, avec pour volonté centrale de marquer la complémentarité des approches dans l'étude des reprises rurales, nous travaillerons dans un premier temps sur les populations résidentes recensées par l'INSEE, et définies - sauf cas particuliers (collectivités, nomades, sans domicile fixe...) - par l'appartenance unique à une résidence principale. Les reprises rurales correspondant majoritairement aujourd'hui à des soldes migratoires positifs, nous mettrons l'accent sur l'étude des flux migratoires résidentiels en direction des campagnes françaises, en décomposant leurs origines géographiques et les profils des populations impliquées. Les traitements proposés ici reposent sur l'utilisation de fichiers détails du recensement de la population 2006, en accès libre sur le site de l'INSEE (cf. surtout MIGCOM_2006 et des Bases de tableaux détaillés). En complément, pour des mises en perspective historique, nous mobiliserons aussi des données et fichiers des recensements précédents (1968 à 1999), obtenus par l'intermédiaire du Centre Maurice Halbwachs (CMH).

Dans un deuxième temps, nous aurons recours au concept démographique de population présente, forgé principalement par Christophe Terrier and al. (2005), pour essayer d'appréhender les fluctuations de volume des populations selon les territoires et les moments de l'année (Terrier, 2010). De manière plus précise, la population présente peut se définir comme la somme de la population résidente et du solde touristique, celui-ci correspondant à la différence entre le nombre de non-résidents séjournant dans une zone donnée et le nombre de résidents partis séjourner hors de cette même zone (Gass, 2010).

A l'instar des premières estimations locales de population présente, en France métropolitaine, réalisées par Magali Talendier (2007), cette approche

peut se révéler d'un grand intérêt pour marquer des formes effectives et occasionnelles de reprises rurales. Après une présentation rapide des apports de ce concept démographique pour nos réflexions à dominante rurale, l'objectif sera de présenter des traitements statistiques et cartographiques d'estimation des taux de présence 2005-2006 dans les bassins de vie ruraux et selon les campagnes françaises. Les réflexions et analyses proposées viennent d'être engagées. Nous nous inspirons ici en grande partie, comme méthode générale d'estimation de la population présente (procédures statistiques et choix des données), de récents travaux réalisés dans des contextes régionaux (Caudron, 2009 ; Gass, 2010).

Signalons enfin qu'en préambule des traitements réalisés sur les populations résidentes et présentes, nous présenterons une typologie personnelle des bassins de vie ruraux français, qui repose pour un grand part sur des travaux préliminaires de Jean-Claude Bontron et de la SEGESA (cf. DATAR, 2003 ; Perrin and al., 2003). Mise au point à partir d'une classification ascendante hiérarchique (CAH) et d'une quarantaine d'indicateurs statistiques (soldes démographiques et naturels, âges, CSP, secteurs économiques, types de logement...), celle-ci servira de classification spatiale de référence tout au long de la communication. L'objectif est ainsi d'utiliser un outil plus approprié que la typologie INSEE en ZAUER, pour appréhender la diversité contemporaine des campagnes françaises. A titre indicatif, elle met en évidence trois grands types de campagne : des campagnes périurbaines, des campagnes fragiles, des campagnes dynamiques, que nous subdivisons ensuite en un total de huit entités rurales.

3. Résultats préliminaires et attendus :

De manière transversale, les différents traitements présentés viendront tout d'abord confirmer la tendance lourde d'une reprise démographique généralisée des campagnes françaises, mais inégale dans ses caractéristiques géographiques et sociologiques.

L'étude spécifique des pratiques migratoires à destination des campagnes françaises met de son côté clairement en évidence une poursuite prononcée des processus de périurbanisation, en périphérie des grandes agglomérations et, de manière croissante, des pôles plus modestes, alimentée par une certaine diversité sociale (des ouvriers, des cadres, des professions intermédiaires...). En parallèle, elle révèle d'autres formes importantes de reprises rurales, hors des attractivités urbaines, qui peuvent concerner à la fois des campagnes dynamiques, résidentielles, du sud de la France, et des campagnes plus fragiles du centre. Les retraités occupent notamment ici une place primordiale, et les parcours résidentiels semblent toujours aussi marqués par de forts effets générationnels.

En ce qui concerne les taux de présence dans les campagnes françaises, les analyses sont encore à effectuer. Nous pouvons néanmoins faire une hypothèse principale : certes les campagnes touristiques devraient se révéler encore plus dynamiques, par des occupations estivales et/ou hivernales importantes, mais des campagnes plus fragiles pourraient également apparaître moins « désertifiées » que souvent véhiculées.

4. Références bibliographiques :

- Bessy-Pietri P., Hilal M., Schmitt B., 2001. Des évolutions démographiques rurales contrastées liées à la proximité et aux dynamiques urbaines, *Espace, populations, Sociétés*, 1-2, p 19-36.
- Caudron B., 2009, Le tourisme en Lorraine : une dimension de l'économie présente, *INSEE Lorraine*, 164, 6 p.
- DATAR., 2003. *Quelle France rurale pour 2020 ? Contribution à une nouvelle politique de développement rural durable*, La Découverte, Paris, 70 p.
- Gass C., 2010, Grand Sud-Est : l'économie présente stimulée par la croissance démographique et touristique, *INSEE Rhône-Alpes*, 131, 6 p.
- Julien P., 2007. La France en 1916 Bassins de vie, *Économie et Statistiques*, 402, p 25-39.
- Kaysers B., 1990, *La renaissance rurale – Sociologie des campagnes du monde occidental*, Armand Colin, Paris, 316 p.
- Laganier J., Vienne D., 2009, Recensement de la population de 2006 - La croissance retrouvée des espaces ruraux et des grandes villes, *Insee Première*, 1218, 4 p.
- Le Bras H., 2007, *Les 4 mystères de la population française*, Odile Jacob, Paris, 303 p.
- Moral B., Redor P., 2006, Enquêtes annuelles de recensement 2004 et 2005 - La croissance démographique s'étend toujours plus loin des villes, *Insee Première*, 1058, 4 p.
- Perrin D., Malet J., 2003. *Les politiques de développement rural : rapport de l'instance d'évaluation*, La Documentation française, Paris, 479 p.
- Phillips M., 1993. Rural gentrification and the processes of class colonization, *Journal of Rural Studies*, 9, p. 123-140.

- Phillips M., 2009. Gentrification, Rural, *International encyclopedia of human geography*, Elsevier, p 368-375.
- Sencebe Y., Lepicier D., 2007. Migrations résidentielles de l'urbain vers le rural en France : différenciation sociale des profils et ségrégation spatiale, *EspacesTemps.net*, <http://espacestemps.net/document2270.html>, Mis en ligne le 10 Mai 2007.
- Talendier M., 2007, *Un nouveau modèle de développement hors métropolisation, le cas du monde rural français*, Doctorat en Urbanisme et Aménagement, Université Paris 12, 479 p.
- Terrier C. (dir.), 2005, *Mobilité touristique et population présente : les bases de l'économie présentielle des départements*, Direction du Tourisme, Paris, 128 p.
- Terrier C., 2010, Distinguer la population présente de la population résidente, *Courrier des statistiques*, 128, 63-70.

Spatialisation de l'adoption internationale en France : influences et régionalisations

Guillaume Ner et Frédéric Audard

UMR 6012 ESPACE, CNRS / Université de Provence Aix-Marseille I
guillaume.ner@etu.univ-provence.fr

1. L'adoption internationale : individus et réseaux

L'adoption internationale est un phénomène relativement nouveau en France. Depuis une trentaine d'années, les candidats à l'adoption s'orientent de façon préférentielle vers l'étranger dans le but d'optimiser leur chance de finaliser leur démarche et de réduire l'attente qui en découle par rapport à une procédure nationale. Ce degré de réussite peut encore davantage s'accroître lorsque les Organismes Autorisés pour l'Adoption (OAA) sont sollicités et prennent en charge le dossier. Bien que les démarches privilégiées se réalisent de façon individuelle, ces réseaux associatifs se développent au gré de la dynamique adoptive, jouant un rôle de plus en plus notable dans le processus, malgré la création concurrentielle d'une agence étatique (AFA) en 2006.

L'étude des comportements liés à l'institution n'a cependant été approfondie qu'au travers des aspects relationnels et cognitifs entre adoptants et adoptés, de manière qualitative (Rude-Antoine E., 1996). L'approche démographique a permis, quant à elle, de quantifier les caractéristiques du phénomène et de présenter l'hétérogénéité des chances d'adopter suivant le profil des protagonistes (Fréchet I., Villeneuve-Gokalp C., 2004 ; Halifax J., Villeneuve-Gokalp C., 2005 ; Villeneuve-Gokalp C., 2008). Cependant, les analyses menées n'ont pas pris en compte l'espace comme dimension explicative du processus à travers l'organisation spatiale des réseaux de l'adoption.

On peut pourtant émettre l'hypothèse que l'organisation spatiale des différentes entités a un impact sur le comportement des individus, au moins à certaines échelles. La répartition des OAA, la préférence pour un type de démarche ou le critère de proximité laissent suggérer une attitude des individus, notamment dans leurs choix, induite par cet ensemble d'éléments.

2. Structuration spatiale du phénomène

En abordant le phénomène de façon géographique, l'objectif est de montrer que l'on est en présence d'une structure spatiale. Notre hypothèse est qu'il existe, dans une certaine mesure, une influence du voisinage des unités spatiales suivant leur proximité. En nous appuyant sur une typologie à l'échelle départementale, nous proposons une régionalisation basée sur le niveau de démocratisation de la procédure.

Afin de vérifier l'existence d'une organisation spatiale, une analyse de corrélation permet d'envisager des tendances régionales entre les départements. L'intensité de l'autocorrélation spatiale peut être mesurée par l'indice de Moran (1950). Il indique le rapport entre la covariance des valeurs de la variable choisie au sein des unités spatiales limitrophes et la variance de la variable. Le niveau de ressemblance des individus est évalué en fonction de leur voisinage, indiquant ainsi leur degré d'autocorrélation.

Cependant, le I de Moran propose une mesure globale. Les indicateurs locaux d'association spatiale (LISA), développés par Luc Anselin (1995) permettent une désagrégation de l'indice d'ensemble. Ils soulignent les associations locales de la variable et mettent en évidence le niveau d'autocorrélation spatiale au niveau de chaque département. Cette méthode permet d'éclairer des tendances globales par le biais de propriétés locales (Oliveau S., 2010).

Pour compléter l'analyse et expliquer une des raisons de cet agencement, il convient de considérer la localisation des OAA qui demeure un élément relativement significatif dans la structuration de l'espace. Ainsi, la proximité du réseau associatif est nécessairement influant dans le choix des individus.

3. Régionalisation des comportements

Les représentations cartographiques des phénomènes étudiés permettent de dégager plusieurs situations que l'on peut mettre en relation mutuellement. Par rapport aux attributs départementaux, une inégalité spatiale relative à l'adoption émerge assez nettement. Les demandes d'adoption et les finalisations de procédure demeurent relativement variables d'un département à l'autre. Ces situations sont à mettre en relation avec la distribution spatiale des OAA. Ainsi, il est possible de cerner deux pôles majeurs en termes de concentration d'associations et d'adoptions réalisées par le biais de ces dernières que sont la région parisienne et l'Ouest de la France, ainsi qu'un pôle de moindre importance en Rhône-Alpes.

En parallèle, trois situations correspondant à des tendances régionales émergent. La première se caractérise par un faible nombre de demandes d'agrément, ce qui conduit à un faible nombre d'adoptions par rapport à la population cible. Elle est marquée par le fait que le type de démarche privilégiée est individuel. La deuxième situation est, en quelque sorte intermédiaire. Les demandes d'agrément sont peu nombreuses mais la plupart sont validées et aboutissent à une adoption. Ici, les démarches individuelles ou via un OAA sont autant sollicitées l'une que l'autre. Enfin, certaines régions se caractérisent par

une demande d'agrément importante et surtout, par un grand nombre d'adoptions internationales par rapport à la population cible ou par rapport au nombre d'agréments accordés. Force est de constater que les OAA sont, dans ce cas, majoritairement sollicités.

Au travers de ces régionalisations, nous pouvons observer que, plus les OAA sont nombreux et proches du département des parents, plus ces derniers sont incités à démarcher à leur côté. La situation est vérifiée dans l'Ouest qui demeure un des deux "pôles" majeurs au niveau associatif. Le niveau de popularisation et de développement de la procédure d'adoption émerge à l'échelon national. Lorsque le département est moins bien desservi par les OAA, malgré les habilitations qu'ils peuvent avoir, les parents s'aventurent davantage dans une démarche individuelle ou via l'AFA qui s'avère pourtant être relativement infructueuse. C'est donc une certaine proximité des acteurs associatifs qui semble garantir la réussite de la procédure d'adoption.

L'élément clef qui influe sur l'organisation spatiale de l'adoption internationale réside dans la proximité des réseaux d'OAA, par rapport aux candidats à l'adoption. Ces derniers permettent une meilleure efficacité dans la réalisation du projet mais surtout un gain de temps important. Ce qui détermine la plupart des actions, ce n'est pas tant la proximité ou la nature des entités mais plutôt le facteur temporel, primordial dans la procédure.

4. Références bibliographiques

- Anselin L., 1995, Local indicators of spatial association - LISA, *Geographical Analysis*, 27, 93-115.
- Colombani J.-M., 2008, *Rapport sur l'adoption*, La documentation française, Paris.
- Fréchon I., Villeneuve-Gokalp C., 2004, *Étude sur l'adoption*, Document de travail, INED, Paris.
- Halifax J., Villeneuve-Gokalp C., 2005, L'adoption en France : qui sont les adoptés, qui sont les adoptants ?, *Population et Sociétés*, 417, 4.
- Oliveau S., 2010, L'autocorrélation spatiale : leçons du changement d'échelle, *L'espace géographique*, 39, 51-64.
- Rude-Antoine E., 1996, *Familles et jeunes étrangers adoptés : lien de filiation et devenir*, La documentation française, Paris.
- Villeneuve-Gokalp C., 2008, L'adoption en France ...en chiffres et selon le pays d'origine, *Informations sociales*, 146, 34-37.
- Picard, R., 2009. *La protection de l'eau : une forte sensibilité, une faible implication, Consommation et Modes de vie*. CREDOC.
- Sjöberg, L., 2000. Factors in risk perception. *Risk Analysis*, 20(1): 1-11.
- Sjöberg, L., Moen, B.-E. et Rundmo, T., 2004. *Explaining risk perception. An evaluation of the psychometric paradigm in risk perception research*, Rotunde, 84, Norwegian University of Science and Technology Departement of Psychology, Trondheim, Norway.
- Slovic, P., 1992. Perception of risk: Reflections on the psychometric paradigms. In: S. Krimsky et D. Golding (Editors), *Social theories of risk*. Praeger, pp. 117-152.
- Weinstein, N.D., 1989. Effects of personal experience on self-protective behavior, *Psychological Bulletin*, 105(1): 31-50.

Mise en évidence de zones à enjeux sociaux

Comparaison de méthodes

Jean-Michel Floch

Administrateur de l'INSEE / Direction générale de l'INSEE

Département de l'action régionale / Responsable des études « nationales-régionales »

jean-michel.floch@insee.fr

Résumé

Dans son ouvrage de synthèse sur la statistique spatiale N. Cressie a distingué les trois grands domaines que sont le ponctuel, le surfacique et la géostatistique (au sens de Matheron). Cette partition a fait école et a permis d'organiser les manuels de façon assez homogène. Mais, d'un point de vue pratique, des sujets conceptuellement proches peuvent être traités par des méthodes statistiques différentes, relevant de domaines différents ; traitements dont on peut se demander s'ils produisent les mêmes résultats. Se pose alors, en cas de résultats non convergents, la question de savoir si (comment et pourquoi) un traitement est préférable (supérieur ?) à un autre avec des critères qui peuvent relever de la théorie ou de l'adéquation à des éléments de connaissance extérieurs.

Pour illustrer ce propos, on propose de comparer des résultats de méthode permettant de mettre en évidence des lieux de concentration de difficultés sociales. On peut appréhender ce problème par des méthodes

« surfaciques », qui ont déjà été présentées à Théoquant, et qui proviennent des travaux d'Anselin, de Getis et Ord : les LISA. On comparera ces résultats aux travaux que nous utilisons à l'INSEE, et qui reposent sur des ratios de densités estimées (méthodes non paramétriques dans un cadre relevant des méthodes ponctuelles, dont beaucoup de résultats théoriques ont été produits par Diggle en statistique épidémiologique).

On examinera quelques comparaisons cartographiques des résultats obtenus dans les deux cas, et les raisons qui ont conduit à privilégier la deuxième voie.

Pour terminer, on examinera à quelles types de données ces méthodes s'appliquent avec plus de pertinences (données démographiques) en montrant des situations où d'autres statistiques (fonctions M de Marcon et Puech issues des fonctions K de Ripley) s'appliquent avec plus de pertinence.

Bibliographie

Jean-Michel Floch et Jean-Luc Lipatz-Document d'accompagnement à la formation INSEE à la statistique spatiale (2010)

Diggle, Peter - Stasticalanalysis of spatial point patterns-J.Hopkins 2003

Gotway,C, Waller,L, Appliedstatistics for public health data - Wiley 2004

Anselin,L- Local indicators of spatial association LISA". Geographical Analysis, 27, pp. 93-115

Bailey,T, Gattrell,T Interactive Spatial Data AnalysisPrentice Hall 1996)

Marcon,E;Puech,F-"GeneralizingRipley's K function to inhomogenous populations". Mimeo 2003

Atelier 13

Transitions et potentiels territoriaux

Structures locales et degré de liberté du devenir des territoires de Provence. Intérêt en prospective d'une analyse des LISA dans un cadre spatio-temporel

Laure Casanova et Cécile Helle

UMR6012 Espace / Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse
laure.casanova@univ-avignon.fr

Résumé

L'essor de la prospective territoriale depuis les années 1990 traduit la volonté ainsi que la nécessité (objectif politique de développement durable, processus d'urbanisation généralisé accélérateur des transformations des territoires...) d'un aménagement des territoires anticipateur et partagé. L'ambition est d'éclairer l'action dans le présent (Hatem, 1993) à partir de projections de ce que pourrait être la logique de fonctionnement à venir de certains phénomènes. Toutefois, la multiplication de ces démarches ne s'est pas accompagnée d'avancées comparables dans le domaine des principes théoriques et méthodologiques adaptés pour une prospective appliquée au territoire. De ce point vu, l'approche d'analyse spatiale peut permettre d'enrichir les pratiques actuelles. D'une part car une idée souvent véhiculée en prospective territoriale est qu'il est possible de tout faire sur un territoire du moment que les forces en présence sont mobilisées. Pourtant, le principe d'organisation d'un espace peut contraindre les possibilités offertes pour la réalisation d'un projet territorial ainsi qu'influencer le mode d'évolution d'un territoire. D'autre part un point d'achoppement de ces approches porte sur la difficile articulation entre les savoirs prospectifs et leurs apports concernant les modalités et les « possibles » de l'action territoriale. Une analyse géographique prospective formalisée peut permettre de pallier à cette limite.

L'objectif de cette communication est de proposer une méthode qui permette de saisir certains phénomènes de détermination spatio-temporelle (Dumolard, 1998) susceptibles d'informer des facettes du futur des territoires, liées notamment à l'inertie de leur forme d'organisation. Pour cela, on cherche à mesurer le niveau de structuration des territoires ainsi que sa persistance au cours du temps. L'hypothèse est qu'un fort niveau d'organisation territoriale contraint le type d'évolution du territoire : le degré de liberté de son devenir est faible (et inversement). On fait le postulat que cette information est utile à connaître en prospective pour déceler les marges de manœuvre disponibles pour des actions d'aménagement.

L'indicateur du foncier à bâtir (habitat individuel et achats des particuliers), précieux pour qualifier les systèmes territoriaux et révéler leurs changements au cours du temps d'un point de vue spatial, fonctionnel ou perceptif, constitue l'indicateur de référence. Le nombre de transactions de terrains à bâtir, les moyennes des prix et des superficies des terrains, sont étudiés au sein de 400 communes environ de PACA, précisément en Provence intérieure, littorale et préalpine. Les données notariales issues des Services des Domaines et mises à disposition sur la période 1999 à 2006, sont étudiées selon quatre périodes de deux ans : la persistance au cours du temps de la logique de structuration des territoires et donc, du degré de liberté de leur devenir est ainsi évaluée d'après le comportement des indicateurs fonciers.

L'analyse repose sur les outils de la statistique spatiale locale, précisément, de la statistique de dépendance spatiale. Dans une approche synchronique, les indicateurs globaux indiquent la présence d'autocorrélation spatiale et les LISA (*local indicators of spatial association*) développés par Anselin en 1995, permettent de repérer des structures locales composées de communes dont les caractéristiques sont fortement associées à celles de leur voisinage (plus similaires ou dissimilaires que celles observées dans d'autres unités de voisinage de la zone d'étude). Dans le cadre d'une démarche prospective, l'intérêt est d'introduire la dimension temporelle. Cela revient à rechercher les ensembles territoriaux composés de communes qui présentent une évolution de comportement semblable par rapport à leur voisinage au temps précédent. L'objectif est ensuite d'étudier leurs caractéristiques (échelle, persistance, localisation...). Lorsqu'un ensemble de communes voisines est concerné par une même logique d'évolution, il y a de fortes chances pour qu'elle contraigne le mode de structuration à venir du territoire. Ainsi, ces informations font sens dans une démarche de prospective. C'est dans cette logique que le nombre de structures locales auxquelles appartient une commune est analysé. Ces

structures locales sont définies d'après différentes facettes des dynamiques du foncier à bâtir, indicateur qui renseigne sur la dimension spatio-temporelle des territoires. En cela, le nombre de structures foncières locales auxquelles appartient une commune constitue un indicateur du degré de contrainte ou inversement, du degré de liberté du devenir du territoire.

L'application des LISA dans la dimension spatio-temporelle renseigne localement sur l'existence ou non d'un rapport entre la proximité et la ressemblance des espaces. Les résultats montrent des rapports d'une intensité variable selon la distance de voisinage prise en compte et selon la variable considérée (cf. figure 1.) ou encore selon les espaces observés (cf. figure 2.). Différentes évolutions des structures foncières locales sont révélées (émergence, persistance...).

En même temps qu'elle démontre que des structures locales pèsent sur le mode d'évolution des territoires et réduisent l'indétermination de leur devenir, cette analyse met en évidence que les choses ne sont pas figées et que des structures émergent et se modifient à travers le temps. Les marges de manœuvre disponibles pour initier des actions d'aménagement des territoires ne sont pas figées ; il existe des temps privilégiés et d'autres moins opportuns pour l'action territoriale.

Par ailleurs, le niveau d'affirmation de l'identité des territoires semble participer à l'explication de la pérennisation de certaines configurations territoriales plutôt que d'autres.

Quelques résultats

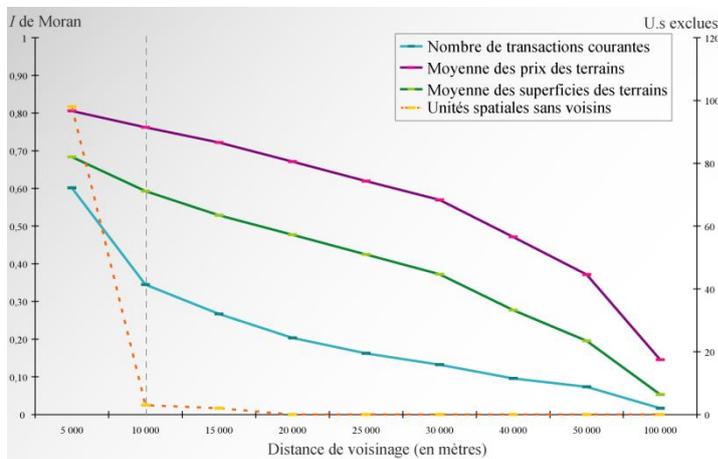


Figure 1. Corrélogramme. Autocorrélation entre les valeurs des indicateurs fonciers admises dans les voisinages en 1999/2000 et celle des territoires en 2001/2002

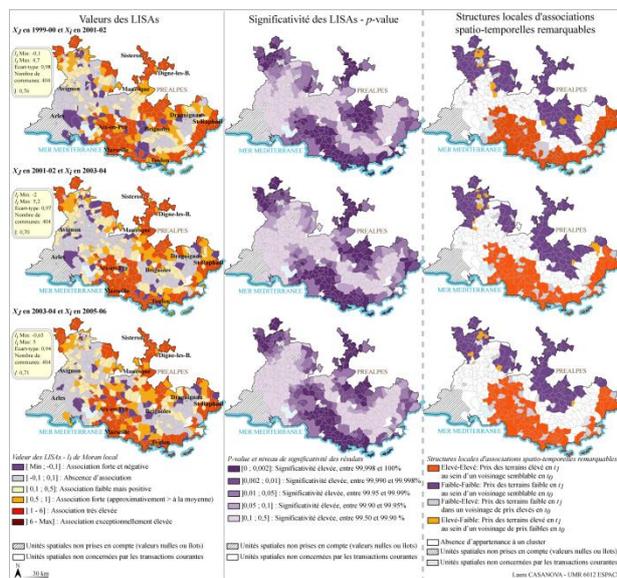


Figure 2. Moran local appliqué aux moyennes communales des prix des terrains à bâtir

Références bibliographiques

- Anselin L., Rey J. S., 2010, *Perspectives on Spatial Data Analysis*. Springer.
- Anselin L., Syabri I., Kho Y., 2004, *An introduction to Spatial Autocorrelation analysis with GeoDa*. Technical report. Spatial analysis laboratory, Department of Agricultural and Consumer Economics, Urbana-Champaign, University of Illinois, 18 p.
- Anselin L., 2003, *GeoDa User's Guide*. Software manual, Spatial Analysis Laboratory and Center for Spatially Integrated Social Science (CSISS), Department of Agricultural and Consumer Economics, University of Illinois, Urbana-Champaign.
- Anselin L., Syabri I., Smirnov O., 2002, Visualizing multivariate spatial correlation with dynamically linked windows, Technical report. Spatial analysis laboratory, Department of Agricultural and Consumer Economics, Urbana-Champaign, University of Illinois.
- Anselin L., 1995, Local indicators of spatial association LISA, *Géographical analysis*, 27, 93-115.
- Banos A., 2001, À propos de l'analyse spatiale exploratoire des données, *Cybergéo : Revue européenne de Géographie*.
- Berger G., 1957, Sciences humaines et prévisions, in Berger G., Bourbon-Busset J., Massé P. *De la prospective. Textes fondamentaux de la prospective française 1955-1966*, Paris, L'Harmattan, 417-426.
- Dumolard P., 1998, Modéliser pour anticiper, *Géopoint*.
- Hatem F., 1993, *La Prospective, Pratiques et Méthodes*. 1993, Paris, Economica.
- Moran P., 1950, « Notes on continuous stochastic phenomena », *Biometrika*, 1/2, 37, 17-23.
- Oliveau S., 2010, « Autocorrélation spatiale : leçons du changement d'échelle », *L'Espace géographique*, 1, 51-64.
- Oliveau S., 2005, « Les indicateurs d'association spatiale (LISA) comme méthode de régionalisation », *Actes des 7^{ème} Rencontres de Théo Quant*.
- Oliveau S., 2004, *Modernisation villageoise et distance à la ville en Inde du Sud*, Thèse de doctorat en géographie, Université Panthéon-Sorbonne - Paris I
- Zaninetti J.M., 2007, « Statistiques de produit croisé pour l'analyse spatiale exploratoire », *Cybergéo : Revue européenne de Géographie*.
- Zaninetti J.M., 2005, *Statistique spatiale. Méthodes et applications géomatiques*, Hermès science, Paris.

Une grille d'analyse du système spatial AMAP en Bouches du Rhône : un préalable pour discuter du local

Noé Guiraud*, Frédéric Audard* et Jean-Noël Consoles***

* Université de Provence, UMR 6012 ESPACE

*** Université de Provence, Laboratoire Telemme
noeguiraud@gmail.com

M O T S - C L E F S

AMAP • réseau d'acteurs • analyse spatiale • territorialité • multi-scalarité

1. Proximité et territorialité dans les réseaux AMAP en Bouches du Rhône

Une AMAP (Association pour le maintien de l'agriculture paysanne) est un système économique alternatif organisé en circuit court de type vente directe. Ce système émerge d'une dynamique collective avec l'objectif de soutenir une agriculture locale de qualité en recherchant une proximité spatiale et sociale entre producteur et consommateurs. Les AMAP s'organisent sous la forme d'un réseau qui met en relation les espaces de la production maraîchère aux espaces de la consommation alimentaire via un espace de distribution. Depuis 2001 où la première AMAP de France fut fondée en Bouches du Rhône, le phénomène y a connu un fort développement pour atteindre 83 AMAP dans le département en 2010. Cet engouement suscite des attentes de la part des collectivités et des acteurs de la commercialisation alimentaire en termes de reterritorialisation des circuits alimentaires à travers notamment une localisation renouvelée de la production agricole. Cet intérêt s'observe à travers le nombre croissant d'études sur ce phénomène en particulier (Lamine, 2008 ; Mundler, 2006) et des circuits courts en général (Girou, 2008 ; Pouzenc 2007). Pour autant on voit peu de travaux s'intéressant à la spatialisation (organisation et dynamique) du phénomène. Ces considérations nous ont amené à interroger la réalité de cette proximité exprimée et revendiquée par les acteurs des AMAP en mettant en évidence les espaces dont il est question et leur organisation. Nous voulons ainsi présenter les déterminants spatiaux à l'organisation du phénomène en Bouches du Rhône comme un préalable nécessaire pour observer la territorialité des AMAP.

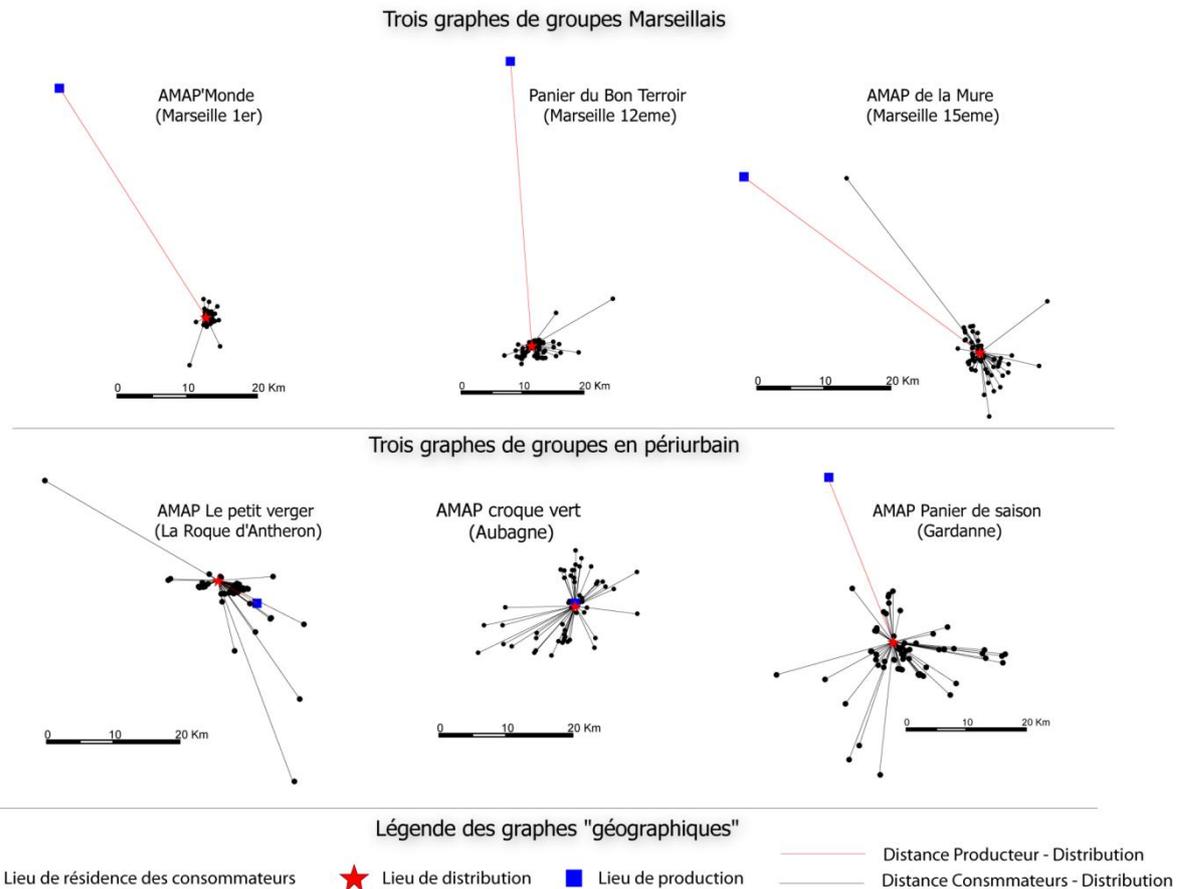
2. Une approche multi scalaire de l'organisation spatiale des AMAP

Observer les relations spatiales d'un réseau d'échange alimentaire demande de spécifier les différents niveaux d'organisations de ce réseau, afin de mettre en valeur les types d'interactions spatiales observés et les échelles d'analyse géographique nécessaires à leur caractérisation et à leur mesure. Nous identifions des espaces différenciés et hiérarchisés d'après leur position dans le système d'action du réseau : la production, la distribution, et la consommation. Nous observons d'une part les espaces de la production et de la distribution pour mettre en évidence l'emprise spatiale du phénomène à l'échelle du département (macro géographique), puis ceux de la consommation et de la distribution à l'échelle intra urbaine. Ces deux phases d'analyse nous permettront de montrer l'importance de la distribution résidentielle des consommateurs (micro géographique) et d'observer l'organisation spatiale de sept groupes AMAP (les trois types d'espaces en relation) sélectionnés par notre analyse des deux échelles d'observation précédentes pour effectuer une typologie des formes spatiales des réseaux AMAP par l'analyse des distances et la construction de graphes valués. Pour chacune de ces échelles nous caractérisons l'organisation spatiale des lieux par l'analyse des distances et de la dispersion des lieux par rapport aux autres espaces du réseau et aux centralités du territoire des Bouches du Rhône. Ainsi nous repérons des structures plus ou moins expliquées par l'hétérogénéité de l'espace et nous identifions de cette manière un système spatial multi niveaux.

Suite à la caractérisation structurelle du phénomène, la localisation de ces espaces est donc la première étape d'une étude géographique de réseau d'acteurs. Notre

analyse veut comprendre ces localisations et cherche une explication dans les interactions entre l'organisation du réseau (structure et fonctionnement) et l'organisation de l'espace géographique. Ainsi notre travail repose d'une part sur deux bases de données

(Lamine, 2006 ; Guiraud, 2010) localisant et caractérisant les groupes AMAP en 2006 et 2010 en Bouches du Rhône et de l'autre sur la constitution de couches d'informations à partir de données démographiques, d'occupation du sol et altimétriques.



3. Une structuration urbaine déterminante pour la forme des réseaux AMAP

Nous observons que selon les zones géographiques l'organisation spatiale des groupes AMAP dans l'espace change et que le premier facteur influençant cette organisation est la structure urbaine. C'est ce que nous révèle, d'une part, la variabilité de la distribution des lieux de consommation par rapport au lieu de distribution et d'autre part les variations importantes de proximité entre lieu de distribution et lieu de production.

Nous caractérisons ainsi deux grands profils de groupes: un premier localisé en milieu périurbain, plus ou moins influencé par un pôle secondaire, les distances moyennes des consommateurs au lieu de distribution sont de 4km minimum et les consommateurs sont de plus en plus dispersés proportionnellement à la densité urbaine. Un second

localisé dans un pôle urbain métropolitain (Marseille) : les distances moyennes au lieu de distribution sont alors faibles, inférieures à 3km, et l'on différencie les groupes du centre de ceux de la périphérie. Il faut préciser le cas particulier de l'AMAP Sainte Catherine qui présente une grande concentration des consommateurs près du lieu de distribution du à la création du groupe dans une résidence fermée : ainsi le contexte particulier de formation des groupes est un facteur qui influence ces tendances.

Si on fait le lien avec la proximité au producteur qui se caractérise globalement de la même manière duale, on peut déterminer que l'organisation d'un groupe est fortement influencée par sa situation dans la trame urbaine du département. Pour autant, cette tendance est à nuancer par les contextes particuliers pour certains groupes qui sont alors des systèmes territoriaux : c'est-à-dire quand ils se structurent à l'échelle d'un territoire spécifique.

Nous avons représenté ces systèmes spatiaux sous la forme de graphes géographiques, dans la mesure où les

distances sont respectées. De cette manière, nous représentons à la fois les deux grands profils de groupes AMAP et nous pouvons y voir également les nuances intra profil. Finalement, il apparaît que la structuration spatiale la plus influente est celle des consommateurs. Tandis que celle des producteurs paraît être à la fois impactée par la disponibilité en surface de maraichage diversifié mais aussi par le réseau des connaissances et des affinités.

Suite à cette étude il apparaît pertinent d'approfondir l'analyse des graphes en caractérisant les nœuds et les flux, et ce dans une approche dynamique. Il semble également que ces premières conclusions justifient le besoin d'une modélisation de la dynamique de

réseau. L'objectif de cette approche serait de mettre en évidence le poids des déterminants spatiaux dans l'émergence de tels réseaux et de souligner la pondération des logiques spatiales par les représentations des acteurs. Et nous pourrions mieux appréhender, à moyen terme, les impacts d'une possible normalisation du phénomène AMAP, notamment pour juger de la possibilité d'une relocalisation de l'agriculture par le biais de ces circuits courts.

4. Bibliographie

LAMINE C., (2008), *Les AMAP : un nouveau pacte entre producteurs et consommateurs ?*, Gap, édition Yves Michel

LAMINE C. (Inra) avec les contributions de N.Perrot et J.Rigo (2005-2008), Monographies AMAP et réseau Alliance, rapport de recherche, projet C3D (financé par l'ANR) 118

GIROU S. (2008) *L'engagement collectif entre producteurs et consommateurs de produits fermiers*, Projet de recherche dans le cadre du Mastère ESSOR, UMR "Dynamiques Rurales",

MUNDLER P. (sous la direction de) (2006), *Fonctionnement et reproductibilité des Amap en Rhône-Alpes*, ISARA.

POUZENC M., COQUART D., PILLEBOUE J., OLIVIER V. et Martine GUIBERT M., (2007), Diversification des modèles de qualité territorialisée des produits agroalimentaires : risque ou opportunité pour les terroirs ?, *Méditerranée* [En ligne], n° 109

Une citadelle dans la ville : de la ville résistante à la ville résiliente ?

Clémentine Thierry

UMRThéMa / Université de Franche-Comté,
clementine.thierry@univ-fcomte.fr

M O T S - C L E F S

Fortification bastionnée • trajectoire urbaine • résilience • base Mérimée

1. Fortifications bastionnées et stratégies territoriales contemporaines

Souvent traités par les villes qui les abritent sous l'angle exclusif de la patrimonialisation, les héritages défensifs apparaissent pourtant, lorsque l'on questionne leurs vocations contemporaines, comme des objets source d'interrogations nombreuses et d'une actualité étonnante. S'intéresser à ces mégastructures et aux relations qu'elles entretiennent avec l'espace urbain, permet non seulement de renouveler le regard porté sur ces legs du passé, mais aussi de questionner les problématiques d'aménagement actuelles.

La posture initiale, induit d'analyser le lien existant entre la ville et ses héritages défensifs. Les fortifications bastionnées apparaissent comme un type d'architecture militaire et un objet d'étude privilégié pour initier ce genre de démarche réflexive. Dès son origine, la fortification bastionnée fut, en effet, un phénomène urbain. L'effort soutenu en matière d'urbanisme et d'architecture pendant environ un siècle (de l'ascension au trône de Louis XIV à la mort de Louis XV) a d'ailleurs profondément marqué la physionomie des villes françaises. Aujourd'hui encore, nombreuses sont les cités à abriter les traces de ce passé belliqueux : courtines, citadelles, bastions et autres murailles marquent leurs paysages et leur morphologie. Entre rupture et continuité, le nombre et la variété des stratégies envisagées par les acteurs territoriaux est édifiant et va du rachat à la rénovation en passant par la muséification des lieux ou leur abandon progressif.

Aujourd'hui, ces héritages monumentaux semblent ancrés au sein des villes qui les abritent au point de constituer une véritable « topographie symbolique » des lieux (DjamentG., 2005) voire des références spatiales de premier ordre. Hier, leurs vocations initiales de limites et d'emprises urbaines leur conféraient une toute autre fonction et un tout autre sens. D'un point de vue théorique, faire appel aux fortifications bastionnées permet en effet d'interroger des concepts géographiques telles les

dichotomies forme/fonction, site/situation, souvent trop peu mobilisées malgré leur grand intérêt.

Cette communication sera l'occasion de présenter les caractéristiques principales des fortifications bastionnées et leurs modalités d'approche au sein des travaux de recherche tout en réfléchissant à l'aspect résilient de ces mégastructures. Envisager les fortifications urbaines comme des éléments pérennes, s'inscrivant dans un temps long permet en effet de considérer le passage des ces bâtiments d'une vocation défensive à une vocation « civile » au fil du XXème siècle comme un bouleversement systémique conduisant les anciennes places fortes à opérer une transition territoriale sans précédent.

La résilience offre un cadrage théorique aux travaux de recherche. Cependant, mobiliser cette notion pour répondre à une problématique relevant plus de la transition territoriale ou de la production d'espace urbain est sans doute discutable. Cette communication pourrait donc être une occasion de questionner l'utilisation de ce concept dans le cadre des recherches : est-elle légitime ? Quels pourraient être ses véritables apports ?

2. Caractérisation du lien ville/ fortification : pistes méthodologiques

Dès le début des recherches doctorales, il fut question de caractériser le lien complexe qui unit aujourd'hui les villes à leurs héritages fortifiés. Cependant ni la Ville ni la Fortification ne sont des phénomènes simples et homogènes, ils font tous deux état d'une diversité de formes et de trajectoires. Diversité qui, si elle rend leur analyse et leur description respectives complexes, favorise, en revanche leur mise en comparaison.

L'état de l'art est pauvre en ce qui concerne l'existence de travaux relatifs à la vocation contemporaine des structures défensives urbaines. De même, les données concernant ce type d'architecture sont rares et peu d'entre elles offrent l'avantage d'être normées et d'alimenter la problématique des fortifications à l'échelle nationale. Dès le départ, la

mise en œuvre d'une démarche normalisée, reproductible et systématique a malgré tout été envisagée. Elle permettra non seulement de caractériser les types de fortifications, les types de villes fortes, mais surtout les liens unissant la ville à ses héritages bastionnés sur le territoire français.

La Base Mérimée, base du Ministère de la Culture recense le patrimoine national dans toute sa diversité (architecture religieuse, agricole, industrielle, militaire, *etc.*), mais n'a en revanche aucune prétention d'exhaustivité et n'offre que peu d'informations spatialisées : son utilisation pour traiter de problématiques éminemment urbaines et géographiques est donc relativement rare, voire décriée (Hamon F., 2007). Aisément consultable en ligne, riche de nombreuses références et mise à jour fréquemment cette base constitue pourtant la source d'information principale des travaux ici présentés, et contribue à leur originalité.

Traitant des héritages militaires présents sur le territoire français en les envisageant à l'échelle du bâtiment, cette source d'information permet en effet de se pencher sur la question des fortifications urbaines en prenant en compte les jeux d'échelle induits par la problématique : les ensembles fortifiés à l'échelle nationale, la fortification au cœur de la ville, la fortification comme un ensemble d'ouvrages architecturaux.

La communication proposée souhaite offrir une occasion de faire un point méthodologique sur l'exploitation de cette base de données à des fins d'analyse spatiale. Utiliser la Base Mérimée, rassemblant essentiellement des informations qualitatives plus ou moins riches selon les individus considérés, implique la mise en place d'un certain nombre de traitements statistiques.

Il s'est agi, dans un premier temps, de réaliser à partir de la Base Mérimée un *listing* des principales villes fortes de

France afin, dans un second temps, de pouvoir comparer la situation contemporaine des héritages militaires dans ces sites. La base de données n'offre que peu (voire aucune) information concernant la prise en compte de ces legs par les villes. Créer des indicateurs à partir des données disponibles et en fonction de la problématique de travail est ainsi apparu comme déterminant. Face à une population de villes bastionnées importante à l'échelle du territoire français, il s'est agi de faire preuve d'originalité afin d'envisager la création d'indicateurs à la fois normalisés et pertinents, prenant en compte la singularité de chaque site tout en permettant sa comparaison avec les autres. Ce stade des recherches constitue un de leurs principaux enjeux méthodologiques. Des méthodes d'analyse factorielle seront ensuite privilégiées en vue de cerner la variété des liens complexes qui unissent les villes à leurs bastions.

3. Résultats obtenus et principales perspectives

Les recherches présentées prennent place dans le cadre d'un cursus doctoral en cours.

La création d'indicateurs en vue d'analyser les relations contemporaines entre les villes et leurs héritages fortifiés a constitué une part considérable des réflexions menées jusqu'à présent. Ces indicateurs font appel à la dimension spatiale des fortifications urbaines autant qu'à leur dimension plus « symbolique ». Les traitements statistiques auxquels ils pourront être associés viendront, il est possible de l'espérer, confirmer le postulat à la base des travaux de recherche : les villes entretiennent des liens complexes avec leurs héritages de grande taille, liens quantifiables et modélisables qui conditionnent fortement la prise en compte contemporaine de ces mégastuctures.

4. Éléments de bibliographie

- Djament G., 2005, Pour une géographie de l'interspatialité, l'exemple romain, *Septième rencontres de Théo Quant*, Besançon, janvier 2005.
- Durand-Dastès F., Favory F., Fiches J. L. [et al.], 1998, *Des oppida aux métropoles, archéologues et géographes en Vallée du Rhône*, Anthropos, Paris.
- Grataloup C., 1996, *Lieux d'histoire, essai de géohistoire systématique*, Reclus, Paris.
- Godet O., *Patrimoine reconverti du militaire au civil*, Scala, Paris.
- Governa F., Landel P. A., Hertzog A., S. Louargant, L. Bensahel, 2007, temporalité et ressource territoriale, in Gummuchian H., Pecqueur B. (eds), *La ressource territoriale*, Economica, Paris, 148-229.
- Hamon F., 2007, Grands ensembles, demande de patrimonialisation et base Mérimée, *Histoire urbaine*, 20, 125-132.
- Le Blanc A., 2010, La conservation des ruines traumatiques, un marqueur ambigu de l'histoire urbaine, *Espace géographique*, 3, 253-266.
- Rocolle P., 2008 (rééd.), *2000 ans de fortification française*, Lavauzelle, Paris.

De la nécessaire prise en compte de la valeur monétaire dans l'analyse de la diffusion des pièces euros étrangères

Marion Le Texier

UMRGéographie-Cités, Université Paris 7 et Université du Luxembourg
marion.le.texier@parisgeo.cnrs.fr

M O T S - C L E F S

Euro ● interactions spatiales ● réseaux sociaux ● analyse spatiale ● diffusion

L'objectif principal de la thèse de doctorat de géographie que nous réalisons est d'étudier l'attractivité des différentes régions européennes et les effets de barrières ou de limites révélés par la mobilité des individus. Cette évaluation de la mise en réseau des territoires et des individus en Europe, ainsi que de la perméabilité plus ou moins élevée de certaines sections de frontières aux réseaux sociaux et spatiaux requiert également de se poser la question de la diversité qualitative des relations internationales nouées à un moment donné par un individu ou par un territoire avec différents pays et sur leurs intensités. Bien que nous ne soyons pas les premiers à explorer les processus de migration en Europe à partir d'une analyse de la diffusion spatiale des pièces euros étrangères (Blokland et al., 2002; Grasland et Guérin-Pace, 2003; Grasland et Guérin-Pace, 2004; Seitz, 2009; Sohn, 2009; Stoyan, 2002; Stoyan et al. 2004;), ce travail aborde le sujet d'une manière originale puisqu'il cherche à comprendre comment définir différents degrés d'internationalisation en fonction d'une étude combinée de la valeur et de l'origine des pièces.

En effet, appréhender les schémas de circulation des pièces Euro et leurs processus de diffusion de manière pertinente nécessite une identification et une modélisation des facteurs d'internationalisation des porte-monnaie. Il est donc important, pour comprendre ce qui fait la spécificité des différentes répartitions socio-spatiales des pièces euro étrangères, d'étudier les différentes échelles qui composent le phénomène que sont: la pièce, le porte-monnaie, l'individu enquêté puis, enfin, le repérage des groupes sociaux et territoriaux étant les plus branchés à l'international. Cette dernière étape d'analyse est supposée apporter une connaissance nouvelle des

migrations et des processus de diffusion à l'échelle de la zone euro, de l'espace régional européen composé par l'Allemagne, le Luxembourg, la Belgique et la France, d'une zone frontalière (Grande Région), des territoires nationaux ou régionaux, ou encore des collectivités locales (avec l'étude de cas des villes luxembourgeoises combinant des données sur plus de 3000 porte-monnaie et sur les tiroir-caisse d'un tiers des pharmacies du pays).

Or, la comparaison des formes de distribution des différentes unités de monnaie à partir de données d'enquêtes réalisées en France, en Belgique, en Allemagne et au Luxembourg révèle que la proportion moyenne de pièces étrangères n'est pas la même selon les valeurs faciales, et que ce phénomène est autant temporel (les différences se retrouvent dans les 15 enquêtes françaises) que spatial (on retrouve ces écarts dans l'ensemble des pays où ont eu lieu les enquêtes). Ces variations de proportion entre origines de pièces en fonction de leurs valeurs témoignent du fait que les études menées jusqu'à présent sur la circulation des pièces euro n'ont pas donné lieu à la définition d'indicateurs d'internationalisation pertinents, puisque l'origine seule ne permettrait pas de déterminer la capacité d'une pièce à composer un marqueur d'ouverture internationale plus ou moins élevée, lorsque son étude combinée à celle de la valeur le pourrait.

Si l'objet d'étude demeure donc commun, nous allons toutefois nous intéresser plus finement à cet objet « pièce » et tenter de voir dans quel cas cette dernière devient, de façon probabiliste, un véritable facteur d'internationalisation. Nous espérons ainsi mettre à jour différents types de mobilités, en poursuivant la piste qui avait été ébauchée par Grasland et Guérin-Pace (2002 ; 2005) sur la question de la valeur, par le

biais d'un questionnaire simple mais pour autant novateur: la valeur introduit-elle une inférence entre pièces de diverses origines au regard de leurs processus de diffusion?

Nous nous proposons de présenter, lors de ces Dixièmes Rencontres de Théo Quant, les démarches ayant menées à la validation (ou à la non validation) des hypothèses suivantes :

- il existe une corrélation positive entre valeurs des pièces et niveaux de mobilité internationale; et ce lien suppose que les variations de proportion de pièces nationales et étrangères au fil du temps ne soient pas les mêmes selon la taille des pièces ;
- l'analyse de la répartition des différentes valeurs au sein des pièces étrangères est tributaire d'effets

de proximité. Les rythmes de décroissance en fonction de la distance au pays émetteur et de la valeur permettent de mieux cerner les problématiques de mobilité et de mise en réseau des quatre pays d'enquête au reste de l'Europe ;

- l'interaction entre valeur et distance permet de distinguer les mobilités quotidiennes (les petites pièces sont plus présentes là où les marchés transfrontaliers sont forts : frontières allemande, belge et luxembourgeoise, que dans des espaces frontaliers plus une moindre mesure espagnole et italienne) des mobilités exceptionnelles (les pièces non frontalières arriveraient par grosses pièces dans les zones urbaines qui agiraient en tant que portes urbaines, en tant que nœud vers l'international).

Références bibliographiques:

- Berroir S., Grasland C., Guérin-Pace F., Hamez G., 2005, La diffusion spatiale des pièces euro en Belgique et en France, *Revue belge de Géographie (Belgeo)*, 4, 345-358.
- Blokland (van) P., Booth L., Hiremath K., Hochstenbach M., Koole G., Pop S., Quant M., Wirosuetisno D., 2002, The Euro diffusion project, in HekG.M. (Ed) ,*Proceedings of the 42nd European Study Group with Industry*, CWI syllabus 51, 41-57.
- Grasland C., Guérin-Pace F., Terrier C., 2005, La diffusion spatiale, sociale et temporelle des pièces euros étrangères : un problème complexe, *Actes des journées de Méthodologie Statistique*, Paris, mars 2005, 1-18.
- Grasland C., Guérin-Pace F., 2004, Mobilité européenne, tourisme et diffusion des pièces euros étrangères en France, *Revue d'Economie Régionale et Urbaine*, 5, 793-822.
- Grasland C., Guérin-Pace F., 2003, Euroluca : a simulation model of euro coins diffusion, *Proceedings of the 13th European Colloquium on Theoretical and Quantitative Geography*, Lucca, Italy, 5-9 septembre, 24p.
- Grasland C., Guérin-Pace F., Tostain A., 2002, La circulation des euros, reflet de la mobilité des hommes, *Population et Sociétés*, 384, 4p.
- Nuñoj.C., Grasland c., Blasco f., Guérin-Pace F., Olarrea j., 2005, How many coins are you carrying in your pocket?,*Physica A*, 354, 432-436.
- Sanders L., Durand-Dastès F., 1985, *L'effet régional : les composantes explicatives dans l'analyse spatiale*, GIP-Reclus, Montpellier.
- Seitz F., Stoyan D., Tödter K.-H., 2009, Coin migration within the euro area, *Deutsch Bundesbank Discussion Paper Series 1 : Economic Studies*, 27, 1-24.
- Sohn C., 2009, La diffusion des euros au Luxembourg, reflet de la mobilité des hommes, *Vivre au Luxembourg*, 51, 1-2.
- Stoyan D., 2002, Statistical analyses of euro coin mixing, *Mathematical Spectrum*, 35, 50-55.
- Stoyan D., Stoyan H., Döge G., 2004, Statistical analyses and modelling of the mixing process of euros coins in Germany and Europe, *Australian & New Zealand Journal of Statistics*, 46, 67-77.

Atelier 14

Analyse spatiale et télédétection

Analyse multicritère des valeurs et des vulnérabilités des espaces agricoles du Territoire de Belfort

François-Pierre Tourneux et Pascal Bérion

*ThéMA, UMR CNRS 6049, Universités de Franche-Comté et de Bourgogne
francois.tourneux@univ-fcomte.fr*

1. Contexte et objectifs

Le territoire de Belfort est l'un des plus petits départements français, mais il conjugue sur ses 600 km² des caractéristiques aussi diverses que complexes : position de passage économique et écologique entre espaces rhénan et rhodanien, attraction de Mulhouse et de Bâle, étalement urbain autour de Belfort, dynamique frontalière au contact de la Suisse, opposition entre la montagne vosgienne et le plateau sundgovien. Dans ce contexte, une partie des terres agricoles est soumise à des pressions multiples, et d'autres terres sont exposées à des risques délaissement. Ces pressions, comme ailleurs, répondent aux orientations agricoles et aux dynamiques urbaines, mais ce qui semble le mieux déterminer la valeur, et aussi la vulnérabilité des espaces agricoles, est l'agencement complexe des générateurs de pression foncière à petite échelle. Cela conduit à adopter une démarche de mesure précise géographiquement, compatible avec des extractions et des extrapolations aux échelles méso et macro départementale. La direction départementale des territoires (DDT) s'est tournée vers le laboratoire Théma pour mettre en place un atlas des valeurs et des vulnérabilités des espaces agricoles, qui, à terme, doit fournir des éléments dans les débats d'aménagement sur l'intérêt de maintenir ou non le caractère agricole de ces terres. Cette action s'inscrit donc dans le cadre de la circulaire BARNIER de 2008, qui prévoit l'adoption, dans chaque département français, d'une charte « agriculture et territoire » (MAP 2008).

L'originalité de cette approche est triple. En premier lieu, elle procède par approche multicritère des valeurs (pour l'économie et la structure des exploitations, pour les qualités agro-pédologiques, pour l'intérêt environnemental) et des vulnérabilités (face à l'urbanisation et face à la déprise agricole). En second lieu, elle fait largement appel à l'analyse spatiale et à l'approche quantitative : à titre d'exemple, pour les distances entre parcelles et exploitation, pour les continuums écologiques, pour la pression de l'urbanisation... ou pour la prédiction de caractéristiques sur des parcelles mal renseignées. Enfin, et en troisième lieu, elle propose des résultats à l'échelle de la parcelle (ou îlot agricole), ce qui renforce son intérêt autant dans le pilotage de l'agriculture

départementale que dans les débats d'urbanisme et d'aménagement.

2. Données et méthodes

Quels sont les éléments de connaissance de l'emprise des espaces agricoles ? Dans le cadre de la politique agricole commune (PAC), chaque état doit mettre en place et utiliser un système de déclaration et de contrôle des aides à l'agriculture (CNIG 2006), qui, depuis 2000, repose sur une base graphique au niveau de l'îlot agricole. Pratiquement, les exploitants dessinent leurs îlots sur fond d'orthophoto dans l'application TELEPAC. Ce système a été étendu en télédéclaration à la France entière, et produit un registre parcellaire graphique (RPG) mis à jour de façon annuelle, vérifié et géoréférencé. Le RPG constitue donc une source d'information géographique très détaillée, avec toutefois deux handicaps. Premièrement, il s'agit d'une base de déclaration et de contrôle d'aides, donc soumise à de fortes restrictions d'utilisation. Deuxièmement, toutes les terres agricoles ne sont pas couvertes (exploitants non nationaux ou non déclarants, petites parcelles etc.). Les bases de données géographiques sur l'occupation du sol ne permettent pas de compenser directement cette lacune : l'échelle de CORINE Land-Cover n'est pas compatible avec l'approche à l'îlot, et les BD-Carto ou BD-Topo de l'IGN traitent l'espace agricole par défaut (espace non renseigné). Un modèle d'analyse, inspiré de la détermination d'un MOS publié par le CERTU (CERTU 2008), a permis de délimiter les espaces agricoles par la négative à partir de la BD-Topo, en identifiant, parmi les espaces laissés vierges par cette BD, ceux qui peuvent être exploités par l'agriculture (à l'opposé, par exemple, des espaces non bâtis et non revêtus en zone artificialisée). Ces îlots complètent ceux du RPG.

Les valeurs des îlots sont estimées par quatre entrées principales.

- Une valeur représentant les droits et aides à la production, par combinaison linéaire pondérée de 5 variables par parcelle, les variables relevant des exploitations étant calculées d'après les données 2009

pour les îlots du RPG, et interpolées pour les autres îlots - les autres variables relevant de zonages.

- Une valeur représentant la qualité agro-pédologique.
- Une valeur exprimant l'intérêt de l'îlot dans la structure spatiale des exploitations. Cette valeur intègre 7 variables, simples pour certaines (aire, compacité) et ou plus complexes (distance temps de la parcelle au siège de l'exploitation, distance standard entre les parcelles d'une même exploitation etc.)
- Une valeur représentant l'intérêt environnemental de l'îlot, suivant trois critères : i) les zonages d'inventaire ou de protection de la biodiversité ii) les périmètres inondables iii) les continuums écologiques.

Les vulnérabilités sont calculées au travers de deux modèles déterministes de dynamique d'occupation du sol (EASTMAN 2005). Le premier relatif à la pression de l'urbanisation, intègre des facteurs à plusieurs échelles. Le second, relatif à la déprise agricole, dérive principalement du relief et d'indices de configuration de l'occupation du sol.

3. Résultats et discussion

Le résultat prend la double forme d'un atlas numérique, et d'une couverture SIG détaillant chaque îlot par une cinquantaine de descripteurs (environ 40 variables de base,

10 critères synthétiques, et 4 indicateurs finaux). Il a été transféré au sein de la DDT, avec une phase d'appropriation par les services. La prochaine étape est celle de la présentation aux agriculteurs, directement concernés, avant ouverture des résultats à un plus large public. Les acteurs départementaux (services de l'état, collectivités, chambre consulaire) ont été associés à la réalisation du travail, de façon étroite par un groupe de suivi. Ce dernier a pu réagir sur chaque phase du travail, intervenir sur le calcul des variables et des indicateurs, et se familiariser avec les concepts d'analyse spatiale et leur instrumentation. Conformément à la directive de 2008, qui recommande des démarches partenariales, un comité élargi des acteurs locaux a été informé des différentes phases du projet, et a pu intervenir sur certains points de réalisation.

L'intérêt de cette approche est d'intégrer des thématiques multiples, abordées par des sources de données variées et des méthodes d'analyse complémentaires. Corolairement, ceci demande des efforts accrus pour l'appropriation des résultats par les acteurs locaux, dont les préoccupations diffèrent. Ainsi, le fait de ne pas aborder la valeur des terres par leur estimation vénale complique la prise en mains des résultats, mais permet de rendre compte de points de vue différents, et de les associer dans des indices multicritères exprimant mieux la multifonctionnalité des espaces agricoles.

4. Références bibliographiques

CERTU, 2008, *Détermination d'un MOS et calcul d'une tache urbaine à partir de la BD-Topo de l'IGN*, Rapport d'étude expérimentale (CETE Sud-Ouest)

MAP, 2008. Ministère de l'agriculture et de la pêche, circulaire DGFAR/SDER/C2008-5006 du 14 février 2008.

CNIG, 2006 : TELEPAC, le registre parcellaire graphique par internet, Fiche du CNIG n°91-2006. www.cnig.serveur-1.net/fiches/91agriculture.doc

EASTMAN JR et al., 2005, Transition Potential Modelling for Land Cover Change, in "*GIS, Spatial Analysis and Modelling*", Esri Press, 2005

Méthodologie de détermination des potentiels de plaquettes forestières

Hélène Avocat et François Pierre-Tourneux

ThéMA, UMR CNRS 6049, Universités de Franche-Comté et de Bourgogne
helene.avocat@univ-fcomte.fr

1. Contexte et objectifs de l'étude

Face aux problèmes résultant de la prévalence des énergies fossiles, un grand nombre d'actions et de politiques ont été mises en place en France à différents niveaux d'échelle pour la promotion de la filière bois-énergie. Cela a eu pour corollaire l'émergence d'un très grand nombre de chaufferies. Ainsi en Franche-Comté le nombre de chaufferies bois est passé d'une vingtaine au milieu des années 90, à pratiquement 450 fin 2008 [AVO, 2010]. Face à cette augmentation exponentielle de la demande, la plaquette forestière (bois déchiqueté) apparaît comme un combustible préférentiel.

Cependant, des entretiens avec les acteurs de la filière ont révélé des filières d'approvisionnements opaques et encore peu structurées. Or, "*définir une régularité et une pérennité de l'approvisionnement en bois-énergie passe par l'estimation du bois disponible*" [GOU, 2008]. C'est la raison pour laquelle il devient urgent de développer des méthodes permettant de caractériser et quantifier le potentiel ligneux énergisable.

2. Données et méthodes

Dans le but de caractériser le potentiel en plaquettes forestières, nous avons développé un protocole méthodologique s'appuyant sur un corpus de données variées :

- des données d'inventaires forestiers (relevés dendrométriques et cartographie forestière par type de peuplement), d'occupation du sol (couche végétation de la BD TOPO) et d'imagerie satellitaire (Landsat TM topographiquement normalisée de 1999 à 30 mètres de résolution spatiale) pour l'estimation de la biomasse globale ;

- des informations sur le réseau de desserte forestière, et la cartographie des pentes pour la détermination des contraintes d'accessibilité technico-économique.

L'objectif est dans un premier temps de parvenir à établir une cartographie de la biomasse ligneuse pour l'ensemble des espaces boisés, forestiers et non forestiers. L'Inventaire Forestier National (IFN) propose une cartographie des formations boisées ayant une superficie supérieure à 2,25 ha si l'échelle des cartes est au 1/25000 et supérieure à 4 ha si l'échelle de base est 1/50000 (source : IFN), par type de peuplement ou par type de propriété, ce qui ne renseigne pas directement sur la biomasse. En outre les ressources ligneuses hors forêt (prébois, haies, bosquets, boqueteaux et arbres isolés) constituent un potentiel dendroénergétique très intéressant. Nous avons donc tenté de trouver un moyen d'effectuer une cartographie plus exhaustive de la biomasse ligneuse

Pour cela, nous avons opté pour un couplage entre un indice de végétation (*Normalized Difference Vegetation Index*, NDVI), et des données dendrométriques (volumétrie et masse) provenant de campagnes d'inventaire et de références standards issues d'une revue bibliographique. Le NDVI exploite les propriétés de réflectance des végétaux dans le rouge et l'infra-rouge proche et, par conséquent, est révélateur de l'intensité de l'activité chlorophyllienne. De plus la corrélation indice de végétation / biomasse a été maintes fois mise en évidence [LUT, 2006], [WAR, 1992], [HAL, 2006], [ROY, 1996], [BEN, 2009], [GON, 2006], [MAK, 2004]. Bien que présentant certaines limites (inhérentes notamment au biais de l'imagerie satellitaire et à la précision des caractéristiques dendrométriques), cette méthode n'a néanmoins jamais été utilisée dans le cadre d'un protocole élargi de définition de potentiel dendroénergétique.

3. Principaux résultats

L'un des objectifs de ce travail étant de caractériser précisément la ressource ligneuse forestière et hors forêt, nous avons effectué une cartographie de la ressource au moyen de procédures de classification à partir d'une image

Landsat TM à laquelle nous avons préalablement appliqué une normalisation topographique. La cartographie résultante présente 97 % de similitudes avec la cartographie forestière pour les espaces forestiers, au niveau des grandes catégories de peuplements (feuillus, mixtes et résineux). Pour les espaces boisés non forestiers, il subsiste des incertitudes, que seul un travail de photo-interprétation ultra-précis permettrait de corriger. Néanmoins, compte tenu de l'étendue du territoire considéré (Communauté d'Agglomération du Grand Besançon, et Pays Loue Lison), et de l'optique de modélisation dans laquelle nous nous plaçons, une telle entreprise ne paraît pas opportune. Afin de nous assurer de l'exhaustivité du couvert boisé et de palier les problèmes inhérents à la procédure de classification (assimilation de pixels qui auraient dû être boisés à d'autres classes d'occupation du sol aux signatures spectrales similaires), nous avons utilisé la couche « végétation » de la BD TOPO, en réintroduisant les pixels manquants dans l'image classifiée.

Cette cartographie détaillée de la ressource ligneuse nous sert de support pour la cartographie de la biomasse. Néanmoins, la corrélation entre les données ponctuelles issues de la campagne d'inventaire et le NDVI n'ayant pas montré de corrélation significative en raison d'une imprécision dans la localisation des placettes, nous avons choisi de calibrer notre modèle à partir des valeurs moyennes de NDVI par type de peuplements forestiers (polygones issus de la cartographie forestière). À partir des réponses spectrales des différents types de peuplements, nous avons établi un modèle de détermination de biomasse avec des valeurs hautes et basses, témoignant de la forte variabilité observée dans la littérature et les données qui nous ont été transmises.

Enfin, pour la modélisation des contraintes technico-économiques de mobilisation de la ressource ligneuse, nous nous sommes appuyés sur les valeurs des classes d'exploitabilité de l'IFN, que nous avons déduit du MNT et de la desserte forestière.

4. Références bibliographiques

- [AVO] AVOCAT H., GOUTALAND S., 2010. *Le bois-énergie en Franche-Comté : état des lieux et mutations*. Images de Franche-Comté n° 41. Juin 2010. pp. 6-9.
- [BEN] BENCHERIF K., 2009. *Intégration des données ETM+ de LANDSAT aux données de terrain pour l'estimation du volume bois d'une forêt de pin d'Alep*. Journées d'Animation Scientifique (JAS09) de l'AUF. Alger. Novembre 2009. 6 p.
- [CAL] CALLOZ R., COLLET C., 2002. *Précis de télédétection : traitements numériques d'images de télédétection*. Presses de l'Université du Québec. 398 p.
- [CEM] CEMAGREF, 2007. *Biomasse disponible pour de nouveaux débouchés énergétiques et industriels. Partie 1 : analyse et synthèse des études existantes recensées au niveau national*. Rapport final. Octobre 2007. 124 p.
- [CEM] CEMAGREF, 2009. *Évaluation des volumes de bois mobilisables à partir des données de l'IFN "nouvelle méthode". Actualisation 2009 de l'étude "biomasse disponible" de 2007*. Rapport final. 62 p.
- [GON] GONZALES-ALONSO F., MERINO-DE-MIGUEL S., ROLDAN-ZAMARRON A., GARCIA-GIGORRO S., CUEVAS J.-M., 2008. *Forest biomass estimation using satellite data*. European Space Agency. Workshop. 6 p.
- [GOU] GOUDET M., 2008. *Estimation par télédétection de la ressource forestière sur le département du Var*. Mémoire de fin d'études. Cemagref. 96 p.
- [HAL] HALL R.-J., SKAKUN R.-S., ARSENAULT E.-J., CASE B.-S., 2006. *Modeling forest stand structure using Landsat ETM+ data : application to mapping of aboveground biomass and stand volume*. *Forest Ecology and Management* 225. pp. 378-390.
- [LUT, 2006] LUTHER J.-E., FOURNIER R.-A., PIERCEY D.-E., GUINDON L., HALL R.-J., 2006. *Biomass mapping using forest type and structure from Landsat TM imagery*. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 8. pp. 173-187.
- [MAK, 2004] MÄKELA H., PEKKARINEN A., 2004. *Estimation of forest stand volumes by Landsat TM Imagery and stand-level field-inventory data*. *Forest Ecology and Management* 196. pp. 245-255.
- [ROY, 1996] ROY P., RAVAN S., 1996. *Biomass estimation using satellite remote sensing data : an investigation on possible approaches for natural forest*. *Journal of biosciences* (vol. 21, n°4). pp. 535-561.
- [SEL, 1985] SELLERS P.-J., 1985. *Canopy reflectance, photosynthesis and transpiration*. *International Journal of Remote Sensing*. Vol 6. pp. 1335-1372.
- [WEI, 2010] [WEI] WEIER J., HERRING D., 2010. *Measuring vegetation (NDVI and EVI)*. NASA Earth Observatory. Available on web : <http://earthobservatory.nasa.gov/Features/MeasuringVegetation/printall.php>

Mesurer la fermeture des paysages en moyenne montagne : recherche d'indices sur le Haut-Jura.

Lucie Bettinger et François-Pierre Tourneux

Laboratoire ThéMA UMR 6034 CNRS, Université de Franche-Comté

lucie.bettinger@univ-fcomte.fr

M O T S - C L E F S

Paysage • fermeture • dynamiques d'occupation du sol • Corine Land Cover • indicateurs paysagers

1. Contexte et objectifs

La « fermeture du paysage » est un phénomène plus que séculaire, dont on parle davantage depuis les années 60, à la faveur de la montée en puissance des valeurs environnementales. Il se caractérise par l'extension de la couverture ligneuse dans certains espaces, qui contribue à fermer la visibilité et à uniformiser le paysage, et peut amener les habitants ou gestionnaires de ces espaces à qualifier de manière négative, comme oppressant, leur paysage environnant (Le Floch et Devanne, 2005). Divers facteurs peuvent être à l'origine de ce phénomène, mais qu'il s'agisse d'enfrichement de reconquête ou de boisement volontaire, il apparaît souvent comme une conséquence directe de la « libération » des terres par l'agriculture. De ce fait, on en parle surtout dans les régions qui ont été directement affectées par la déprise agricole (Josselin, 1995) ou qui demeurent en marge d'un modèle d'agriculture intensive. En témoignent aujourd'hui les nombreuses actions pour « lutter contre la fermeture du paysage » ou agir « pour le maintien des espaces ouverts » mises en place, par exemple, dans les Parcs Naturels Régionaux. Les montagnes, et notamment les moyennes montagnes, ont été parmi les espaces fortement touchés, avec de fortes différences entre les massifs et à l'intérieur des massifs. A ce titre, le parc naturel régional (PNR) du Haut-Jura forme un terrain d'étude intéressant, pour les contrastes de ses paysages, les différences de son contexte naturel (plis, plateaux et vallées), et les marques de la société sur l'occupation de son sol.

Toutefois, la caractérisation de la fermeture du paysage, et l'identification des espaces concernés posent plusieurs problèmes. Différentes approches sont utilisées, qui relèvent des représentations sociales (Le Floch et Devanne, 2005), de la comptabilité de l'occupation du sol (Lee et Slak, 2007), de l'écologie du

paysage (Germaine et Puissant, 2008), de la visibilité (Vuillod, 1994 ; Atlas des Paysages du Jura) ou encore des politiques publiques. Dans ce contexte, notre recherche se donne comme objectif d'apporter des éléments de méthode pour la construction d'un indice de fermeture du paysage. Elle intégrera les apports méthodologiques précédents à une approche spatialisée du phénomène, qui permettra de différencier des espaces qui ne sont pas confrontés de manière similaire au phénomène de fermeture. Cette contribution présentera les axes de réflexion théorique et de mise en œuvre de la démarche et permettra de discuter des pistes méthodologiques à envisager pour la suite du travail.

2. Données et méthodes

Observer et quantifier la fermeture du paysage afin de caractériser les espaces affectés par ce phénomène suppose de connaître l'occupation du sol dans le terrain de l'étude, de manière statique mais aussi dynamique. En effet, la fermeture peut s'étudier à la fois de manière statique - un paysage peut être « fermé » - mais également en terme d'évolution, ce qui renvoie à un processus de fermeture. Ces deux aspects doivent être vus comme complémentaires pour parvenir à caractériser les « espaces de la fermeture du paysage », qui ne sont ni seulement les paysages fermés, ni seulement ceux qui sont « en fermeture ». L'étude de l'occupation du sol et de ses dynamiques dans le Haut-Jura nous permettra alors de comprendre où se localisent les espaces de la fermeture, et d'analyser les transitions de façon temporelle. Suivant les travaux antérieurs, nous emploierons des indices de composition et de configuration de l'occupation du sol, des indices de visibilité (ampleur de vue et diversité des contenus visuels), et des indices de transition, pour chercher à établir une typologie d'ensemble.

Dans ce but, une base de données comme la BD Topo® de l'IGN, du fait de sa précision scalaire, peut s'avérer assez pertinente pour étudier la fermeture du paysage, qui s'effectue souvent, dans les temps courts, par des effets locaux de « grignotage ». Toutefois, cet atout d'échelle est battu en brèche par la nécessité d'adopter une approche diachronique pour rendre compte du processus de fermeture. Ce travail reposera donc aussi sur l'exploitation de la base de données européenne Corine Land Cover (EEA, IFEN) à deux dates, 1990 et 2006. En dépit d'une moindre précision scalaire, ce choix permet à la fois de pallier le manque de recul temporel, mais également de travailler sur des catégories d'occupation du sol qui intègrent les processus de transition intrinsèques aux milieux étudiés (stades intermédiaires de la friche, des landes arbustives, etc.).

La construction des indicateurs paysagers fera l'objet d'une seconde partie de cette communication, qui

exposera les pistes méthodologiques qui se présentent pour caractériser les « paysages de la fermeture ». L'objectif de cette étape sera d'extraire, à partir des données Corine Land Cover, des indices de configuration, qui puissent rendre compte de la morphologie de l'espace fermé ou en cours de fermeture.

3. Résultats attendus

Ce travail répond à des problématiques d'aménagement souvent évoquées en moyenne montagne, dans des espaces qui, en terme de développement territorial, misent de plus en plus sur leurs aménités paysagères (Brossard *et al.*, 1993). A plus long terme, cette recherche vise à la comparaison des paysages de différents PNR de moyenne montagne, afin de localiser et caractériser plus précisément les « paysages de la fermeture » dans ces espaces.

4. Bibliographie

- BROSSARD T., JOLY D., PIERRET P., 1993 : « Déprise agricole et fermeture des paysages », *Mappemonde*, n°3, pp. 17-21.
- BUREL F., BAUDRY J., 2000 : *Ecologie du paysage. Concepts, méthodes et applications*, Ed. Technique & Documentation, Paris, 359 p.
- EEA, OPOCE, 2005: *The European Environment, State and Outlook 2005*, Report n°1/2005
- Germaine M.-A., Puissant A., 2008 : « Extraction d'indices paysagers et analyse quantitative des paysages de « vallées ordinaires » à partir de données images : L'exemple de la Seullès (Calvados, France) », *Cybergeo : European Journal of Geography* [En ligne].
- JOSSELIN D., 1995 : *La déprise agricole en zone de montagne. Vers un outil d'aide à la modélisation spatiale couplant système d'indiction et d'information géographique*. Thèse de géographie, Université scientifique, technologique et médicale de Grenoble, 495 p.
- LEE A., SLAK M.-F., 2007 : « Les paysages français changent entre 1992 et 2002 : artificialisation et fermeture des paysages aux dépens du mitage ou de la déprise des zones agricoles », *Agreste, Les Cahiers* n°3, pp. 1-22.
- LE FLOCH S., DEVANNE A.-S., 2005 : « La « fermeture du paysage » : au-delà du phénomène, petite chronique d'une construction sociale », *L'Espace Géographique*, vol. 2005/1, pp. 49-64.
- VUILLOD, P., 1994 : *Paysage visible et aménagement. Modélisations cartographiques et test sur le Haut-Jura*, Thèse de géographie, Université de Franche-Comté, 362 p.
- Atlas des paysages de Franche-Comté, Jura, Néo-éditions, Besançon, 2001.

Spatial-lag and quantile regression analysis of land prices in Luxembourg

Marie-Line Glaesener et Geoffrey Caruso

Unité de Recherche IPSE (Identités, Politiques, Sociétés, Espaces)
Laboratoire de Géographie et Aménagement du Territoire / Université d Luxembourg
Marie-Line.Glaesener@uni.lu

KEYWORDS

Hedonic pricing • spatial lag • spatial-quantile regression • Luxembourg

1. Context and objective of the research

The project aims to combine the tools of geographical information system (GIS) and econometric methods to estimate the implicit value of landscape and accessibility in suburban Luxembourg. We present the actual state of our research and some preliminary results.

First, we design a hedonic model that includes standard homogeneous attributes, accessibility measures and landscape and local amenity variables. Second, we test the impacts of spatial dependence among the observations and error terms. Third we implement a quantile regression method in our spatial-dependent model. The spatial-quantile regression method allows us to further detail consumers preferences for different attributes compared to the level of land prices they are willing to pay, while controlling for spatial dependence among the observations and error terms.

2. Study area and data

Study area

Real estate prices in the Grand-Duchy of Luxembourg have constantly increased since the 1990s and a coherent housing policy is nowadays a major political priority. In a context of sustained economic and demographic growth, the imbalance between demand and supply has led, according to *Kiffer (2009)*, to a remarkable growth in real estate sales prices, especially for building lots.

Requesting more transparency, the analysis of the real estate market has become a major analysis topic for different ministries and administrations in Luxembourg. Since few years, they attempt to analyse real estate prices, focussing essentially on the temporal aspects of the price evolution. Geographical aspects of the price distributions remain a less analysed topic in recent research in Luxembourg. Though, first results proved the impact of Luxembourg's spatial organisation on building land transactions. Including a typology in the model, based on morphological and functional characteristics at the infra-municipal scale, confirmed the variations in land prices related to the mono-centric urban structure around Luxembourg-City, its economic predominance, as well as dissimilarities between the southern and the northern part of the country. Border effects seem *a priori* of importance, but are yet not included in our study (*Glaesener, 2010*).

Currently, our analysis considers the whole dataset, at the scale of the Grand-Duchy of Luxembourg, although, it is foreseen to concentrate on the periurban area of Luxembourg; considered as the functional residential area, where transport costs and real estate prices are in equilibrium and the more rural morphology may be source of amenities (*Cavailhès (2005), Caruso (2006)*).

Data: Land prices and GIS data

The real estate transaction data has been provided by the Administration of Deeds of Luxembourg (*Administration de l'Enregistrement et des Domaines (AED)*). It regroups all property transactions registered from the notaries' acts between January 2007 and June 2010. All observations are identified by a unique transaction ID and inform about the price, surface, the section, date and type of transaction.

The transactions are localised at the infra-municipal scale (521 'sections'); the exact location of the transactions is not available yet, due to data privacy concerns. Consequently, it is for the moment not possible to be as accurate as studies undertaken in other countries (i.e. *Brossard et al. (2008)* in France or *Des Rosiers et al. (2008)* in Québec or *Servais (2009)* in Belgium etc.).

As there is no legal framework harmonizing the input of the deeds, the database contains very heterogeneous information about the real estate's endogenous properties; therefore only land transactions located in the constructible perimeter were considered. After reorganising and cleaning-up the original database, 4337 observations constitute the database.

The landscape and local amenity variables have been on one side provided by the *Administration du Cadastre* (topographic and cartographic database); on the other side generated via different online sources. Further, accessibility variables have been computed using online open source applications (i.e. Google Batch Routing API, *Mobilité.lu*).

3. Methodology

First, we applied the **hedonic pricing method** using the common Ordinary Least Squares (OLS) regression method according to Rosen's theory (Rosen, 1974).

No spatial autocorrelation among the residuals was detected in the first models; we assume these results are due to the typology and accessibility variables in the model (*Glaesener, 2010*). Still, we will tend to cope for spatial autocorrelation in the future regression model.

Spatial dependence is considered to be the existence of a functional relationship between what happens at one point in space and what happens elsewhere and the inclusion of spatial dependence is a crucial precondition for empirical hedonic price studies (*Anselin (1988)*). For *Furtado and Oort (2010)*, a full spatial model includes spatial autocorrelation as a variable as well as in the errors.

To identify the best spatial lag model, we will test different types of weight matrices, depending on different relationships (contiguity, distance,

neighbourhood...) and their results by introducing them into the quantile-regression, as for example *Furtado and Oort (2010)* did.

Location related variables only form one part of the property price, differences in behaviour may as well be correlated with the transaction price. According to *Zietz et al. (2008)*, based on the report of *Sirmans et al. (2005)*, parameter uncertainty of housing characteristics cannot be explained exclusively by regional differences, different specifications or alternative data sets. The quantile estimation should always be tested against in real estate estimation, as preferences of households seem to differ significantly for different levels of prices (*Furtado and Oort, 2010*).

The *OLS* method assumes that all consumers have identical demand and preferences for housing characteristics, whatever their socio-economic status. To identify the willingness to pay for certain attributes with respect of the consumer's socio-economic status, the second stage of *Rosen theory* (*Brown and Rosen, 1982*) would make sense. Unfortunately, for the moment, this step is not implementable our dataset, due to missing information about the consumers. This is why we tend to apply the **quantile regression method**; in order to detail the consumer's preferences for different attributes compared to the property price the consumers are willing to pay.

4. Main results

We expect similar results as those presented in the studies of *Zietz et al. (2008)* or *Furtado and Oort (2010)*. The implementation of the spatial-quantile regression should allow more detailed insights on the consumers' preferences, through analysing the variations of the marginal value of some exogenous attributes according to the actual building land transaction price.

The results will probably differ from previous studies, due to the specificities of Luxembourg's real estate market and the fact that only land transactions at the infra-municipal scale are considered. The findings should lead to conclusions that hopefully allow further research in this domain as well as contribute to a better understanding of the consumers' behaviour in Luxembourg.

5. Références bibliographiques

Anselin L., 1988, *Spatial Econometrics, Methods and Models*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 284p.

Brossard T., Cavailhès J., Hilal M., Joly D., Tourneux F.-P., Wavresky P., 2008, « La valeur des paysages périurbains dans un marché immobilier en France », in F. DES ROSIERS, M. THERIAULT, *Information géographique et dynamiques urbaines 2*, Lavoisier, Paris, pp. 225-248.

Brown J., Rosen H., 1982, On the estimation of structural hedonic price models, *Econometrica*, n°50, pp. 765-768.

- Caruso G., 2006, *Local accessibility and environment, Do they matter within suburban neighborhoods? Isn't it density?, A hedonic study around Cambridge*. Unpublished, Working Paper, 38p.
- Cavaillès J., 2005, Le prix des attributs du logement, *Economie et Statistique*, n°382, pp. 91-123.
- Des Rosiers F., Dubé J., Thériault M., 2008, La modélisation hédonique des valeurs résidentielles: la mesure d'externalités urbaines au Québec., In F. DES ROSIERS, M. THERIAULT, *Information géographique et dynamiques urbaines 2*, Lavoisier, Paris, pp. 193-223.
- Furtado, B. A., Van Oort, F., 2010, Neighborhood weight matrix in a spatial-quantilemodeling environment: Evidence from Brazil, ERSA Conference 2010, 27p.
- Glaesener, M.-L., 2010, *Application de la méthode des prix hédoniques sur les terrains à bâtir au Grand-Duché du Luxembourg*, ASRDLF-AISReConference 2010, published online, 20p.
- Kiffer C., 2009, 1989-2009 – 20 années de politique du logement au Grand-Duché du Luxembourg, «Salon de la ville», Université du Luxembourg, 22p.
- Rosen, H. S., 1974, Hedonic Prices and Implicit Markets: Product differentiation in pure competition, *The Journal of Political Economy*, n°82, pp. 34-55.
- Servais M., 2009, Recherche doctorale:Terrains à bâtir: le goût des gens. In: La lettre de la CPDT, 21, <http://www.cpd.be/telechargement/publications/lettre/lettre21.pdf>, published online July 2010.
- Sirmans, G. S.; Macpherson, D. A. &Zietz, E. N., 2005, The Composition of Hedonic Pricing Models, *Journal of Real Estate Literature*, 13, pp. 3-43
- Zietz, J.; Norman, Z. E. and Sirmans, S. G., 2008, Determinants of House prices: A quantile regression approach, *Journal of Real Estate Finance and Economics*, 37, pp. 317-333

Atelier 15

Ségrégation et mobilités résidentielles

La ségrégation résidentielle des cadres et des chômeurs au sein de la métropole azurienne : mesurer, comprendre, expliquer

Floriane Scarella

UMR 6012 ESPACE / Université de Nice Sophia – Antipolis
floriane.scarella@unice.fr

M O T S - C L E F S

Ségrégation résidentielle • métropolisation • quotient de localisation • régression spatiale • métropole azurienne.

Processus inconscient ou volontaire, la ségrégation résidentielle se traduit par une concentration des populations selon leurs caractéristiques et, spatialement, par une spécialisation des territoires. Ainsi, selon leur âge, leurs revenus, leur situation familiale les ménages n'ont pas du tout les mêmes besoins et les mêmes modes de vie. Ils ne recherchent donc pas les mêmes biens et localisations en matière de logement. De plus, ces choix s'établissent dans un espace qui est, par essence, très différencié : le relief, l'environnement, la vue sont autant de critères, intrinsèquement spatiaux, qui sont mis dans la balance lors du choix de localisation résidentielle. Mais la différenciation spatiale ne devient une disparité socio-spatiale qu'à partir du moment où la séparation est telle que les différentes populations, investissant des lieux bien distincts, n'entretiennent que peu de relations et que les plus démunis se retrouvent dans les lieux les plus enclavés. La configuration socio-spatiale qui émerge alors peut être qualifiée de ségréguée.

La ségrégation résidentielle conjugue donc séparation sociale et distinction spatiale. De nombreux chercheurs (Brun, Rhein et Roncayolo, 1994, Chadoin, 2004) se sont penchés sur les processus socio-psychologiques à l'origine de ces configurations spatiales. Les processus d'évitement entre deux groupes par refus de l'altérité ou bien de développement de l'entre-soi sont des facteurs explicatifs souvent annoncés. Traditionnellement, pour démontrer ces éléments, les études s'emploient à démontrer les différences de trajectoires et de localisations résidentielles entre des populations de catégories sociales ou tranches démographiques très opposées. Par exemple, L. Bouzouina compare la mobilité quotidienne de la population des banlieues lyonnaises aux autres populations pour dégager des spécificités (2010). C'est donc dans cette lignée que s'insère cette proposition de communication en opposant les cadres et les chômeurs.

Pourquoi les cadres ? Il s'agit d'une des catégories socio-professionnelles des plus aisées (niveau de diplôme élevé, fonction de responsabilité), cette population a donc un budget logement conséquent qui leur permet d'être les premiers servis sur le marché de l'immobilier. En plus de cela, l'histoire de l'urbanisation montre que ce sont les catégories de la population les plus aisées qui sont les moteurs des nouveaux modes de consommation de l'espace. Par exemple, la périurbanisation a, en premier lieu, été impulsée par la classe « bourgeoise » qui s'est installée à temps plein dans leur résidence périphérique qui leur servait auparavant de résidence secondaire (le logement principal étant en ville). Nous avons donc choisi cette CSP non seulement pour son niveau de vie mais aussi pour son rôle de pionnier dans les comportements résidentiels. Par opposition à ceux-ci nous prenons la catégorie socio-professionnelle la plus vulnérable socialement qui est celle des chômeurs²⁶. Caractérisée par une forte instabilité économique due à l'absence d'emploi, cette catégorie socio-professionnelle est totalement dépendante des revenus de redistribution et a donc un budget logement beaucoup moins conséquent que les premiers. De plus, sans tomber dans le piège de l'erreur écologique, il a tout de même été démontré qu'un certain nombre de personnes de cette CSP cumule d'autres « handicaps » (origine étrangère, logés en zone urbaine prioritaire, famille monoparentale...) (Chaline, 2003).

L'objectif de ce papier est donc de démontrer des schémas de localisation résidentielle différents pour ces deux catégories socialement opposées en comparant plus précisément leur niveau de concentration dans l'espace ainsi que les lieux et directions les plus

²⁶ Définie par l'INSEE comme toutes les personnes se déclarant au chômage (de longue durée ou non et inscrites ou non à l'ANPE)

investis. Avant d'exposer de quelle manière nous allons mesurer cela, il est essentiel de préciser à quelle échelle nous allons l'observer. Traditionnellement, l'opposition entre populations était observée à l'échelle de la ville, ce sont les différences entre quartiers qui étaient alors pointées du doigt. Plus récemment, de nombreux chercheurs (Bassand, 1997 ; Buisson, Mignot, 2007), notamment des économistes (Gaschet, Lacour, 2008), ont démontré l'intérêt d'investir les bouleversements engendrés par la mondialisation et la poussée métropolitaine sur ces processus de ségrégation. Les arguments avancés sont alors multiples : la mise en réseaux croissante des territoires rend l'espace-temps très discriminant (Conesa, 2008) ; la mondialisation qui s'accompagne d'une montée en puissance des individualismes favoriserait considérablement le développement de l'entre-soi (Bassand, 1997) ; la périurbanisation favoriserait une concurrence croissante entre communes périphériques participant ainsi à une spécialisation sociale des périphéries (Scarella, 2008). Si ces exemples montrent plus particulièrement l'effet aggravateur de la métropolisation sur les processus de ségrégation résidentielle, la métropolisation peut également avoir des effets positifs : à l'échelle métropolitaine (plus vaste que l'échelle urbaine) les populations spatialement opposées dans leurs lieux de résidence peuvent se rencontrer dans les centralités d'ordre métropolitain (concentrations d'emplois, équipements rares), d'où un maintien des interactions entre populations ségréguées, mais à une autre échelle. Toutefois, dans la réalité il est très difficile de mesurer l'impact de la métropolisation sur la ségrégation résidentielle. Sans pour autant entrer dans le débat de son rôle exacerbant ou non, cette étude propose de composer avec les bouleversements engendrés par la métropolisation en prenant en compte, non pas l'ensemble de l'espace urbain, mais l'ensemble de l'espace métropolitain. C'est alors les villes-centre et leurs périphéries plus ou moins éloignées qui seront analysées car nous posons l'hypothèse que la ségrégation résidentielle dépasse aujourd'hui les frontières de la ville et se redéploie dans ses périphéries.

Contexte et objectif de l'étude

Analyser la ségrégation résidentielle des cadres et des chômeurs dans le contexte actuel de la métropolisation.

Le terrain d'investigation de ces questionnements est un vaste espace du sud-est français au fonctionnement métropolitain assez récent : la métropole azurée. Ce champ d'investigation ne se limite pas à la seule agglomération niçoise mais c'est une vaste région urbaine littorale comprenant l'Est du Var et la Côte d'Azur (et même l'extrême Ponant ligure du côté italien mais qui ne fera pas partie de l'étude). La conurbation Nice-Antibes-Cannes-Grasse est seulement l'espace central de cette région urbaine dont l'aire d'influence s'étend de plus en plus vers l'arrière-pays alpin. Le fonctionnement métropolitain azuréen est émergent, avec une mise en place progressive au cours des trois-

quatre dernières décennies. Les particularités physiques (contraintes spatiales, littoralisation) et fonctionnelles (tourisme, activités technopolitaines, fort développement du système automobile) en font un territoire particulièrement difficile à décrypter. À une échelle nationale voire internationale, la métropole azurée apparaît comme un sous-espace fortement homogène et relativement riche. Ce constat est à nuancer à une échelle spatiale plus fine. La concentration des activités et des populations au plus près des pôles urbains littoraux introduit, de fait, une certaine spécialisation des populations en fonction de leurs revenus et une organisation socio-spatiale en gradient autour de la bande côtière (Scarella, 2008). Ici, la méthode s'emploiera à illustrer ces spécialisations et organisations et surtout à proposer des éléments d'explication.

Les sous-objectifs méthodologiques annoncés dans le titre de la communication est de mesurer, comprendre et expliquer la ségrégation résidentielle des cadres et des chômeurs au sein de la métropole azurée. De fait, la méthode proposée s'articule autour de trois étapes majeures. La première, celle de **mesurer**, s'emploie à calculer les niveaux de concentration spatiale des chômeurs et des cadres au sein de la métropole azurée. La ségrégation résidentielle s'apparente à un certain niveau de concentration d'une population dans un espace par rapport au reste du territoire. L'indice le plus à même à traduire cela est le quotient de localisation²⁷. Il permet de donner un niveau de concentration, non pas pour l'ensemble d'une aire d'étude, mais pour chaque unité spatiale au regard de toutes les autres, il peut donc être représenté sur une carte, ce qui facilite considérablement l'analyse géographique. Les données utilisées sont celles du recensement général de la population effectué par l'INSEE en 1999 et 2006, ce qui permet de faire des comparaisons diachroniques²⁸. Appliqués aux cadres et aux chômeurs, les résultats de ces calculs montrent d'abord que les premiers sont beaucoup plus concentrés dans l'espace que les seconds, serait-il alors plus responsables des processus de ségrégation ? Les résultats montrent également une forte différenciation dans leur localisation résidentielle : les cadres sont concentrés autour de Sophia-Antipolis ainsi que dans la première couronne périphérique autour des principaux pôles d'emploi littoraux ; les chômeurs, plus rarement concentrés, se regroupent davantage dans les communes qui concentrent le parc social (sauf à Nice) et plutôt dans l'arrière-pays, notamment dans la partie des vallées la plus reculée.

²⁷ Quotient de localisation (QL) se calcule en divisant la proportion d'un groupe dans une unité spatiale à la proportion du groupe dans l'ensemble de l'aire d'étude. Lorsque le résultat est inférieur à 1, le groupe est sous-représenté dans l'unité spatiale, lorsqu'il est supérieur à 1 il est sur-représenté, et donc concentré au sein de cette unité spatiale.

²⁸ Tout en sachant que celles-ci sont délicates étant donnés les modifications considérables des méthodes de recensement.

Forts de ces enseignements, la deuxième étape de la méthode est de **comprendre**. Un raisonnement conceptuel autour des comportements résidentiels de ces deux populations est alors proposé. Il s'articule autour de trois idées fortes inspirées par les résultats de l'étape précédente : le marché de l'emploi tend à fortement spécialiser l'espace résidentiel (comme le montre la concentration de cadres autour de Sophia-Antipolis) ; l'accessibilité aux pôles d'emploi littoraux tend à spécialiser les périphéries en différentes couronnes plus ou moins attractives (comme le montre la forte dichotomie spatiale entre les cadres, au plus près des pôles, et les chômeurs beaucoup plus éloignés) ; enfin, la structure du parc-logement est un élément pouvant expliquer certains types de concentration (comme le montre la corrélation relevée entre localisation du parc social et localisation des chômeurs). Ces trois éléments sont donc des hypothèses que nous allons valider/infirmar au cours de la troisième étape de la démarche proposée.

La dernière étape est une phase de démonstration dans le but de proposer des **éléments explicatifs** des processus de ségrégation résidentielle. L'objectif ici avancé est double : mieux comprendre les processus de ségrégation en contexte métropolitain mais aussi proposer des éléments sur lesquels les pouvoirs publics pourraient jouer pour rééquilibrer la répartition des cadres et des chômeurs. Pour cela nous appliquons la méthode statistique de la régression linéaire pour vérifier nos hypothèses. D'abord, nous vérifions l'hypothèse de l'impact de l'accessibilité sur les niveaux de concentrations des cadres et des chômeurs. Le regard est alors porté sur le rôle de l'espace dans l'explication de ces processus, il est ici considéré comme un élément de sélection et de fixation des populations. Le protocole méthodologique implémenté est la réalisation d'une régression linéaire simple entre les quotients de localisation et les niveaux d'accessibilité de chaque commune (déterminés par le temps de parcours routier au pôle d'emploi le plus proche). Ces calculs sont réalisés pour les quotients de localisation des cadres ainsi que ceux des chômeurs. Les résultats montrent que plus du tiers de ces niveaux de concentration peuvent être expliqués par cette variable d'accessibilité. La dichotomie que l'on pouvait observer entre cadres et chômeurs est donc en partie due à des différentiels au niveau de la qualité de la desserte routière du territoire, mais pas seulement. Pour vérifier les deux autres hypothèses nous avons été confrontés à un problème méthodologique assez récurrent en géographie : l'autocorrélation spatiale des variables. En effet, les variables relatives aux logements ou à l'emploi²⁹ sont corrélées, non pas entre elles, mais à une structure spatiale commune. La distribution de ces variables montre que cette structure spatiale commune est celle de la différence entre littoral et arrière-pays. Selon une méthode développée dans la thèse de C. Helle (1998), nous avons réalisé des régressions linéaires simples entre chacune de nos variables explicatives, relatives au logement et à

l'emploi, et la variable accessibilité précédemment utilisée. De ces régressions nous n'avons utilisés que les résidus puisqu'ils sont évacués d'une partie de cette structure spatiale littoral/arrière-pays. Nous avons ensuite réalisé une régression multiple de l'ensemble de ces variables-résidus pour expliquer les quotients de localisation. Les résultats montrent que pour les chômeurs la variable les variables les plus explicatives ne sont pas forcément celles de la concentration du parc social mais celles de la proportion de logements vacants ou encore de la présence ou non de résidences secondaires. En revanche, pour les populations de cadres, les quotients de localisation s'expliquent davantage par la proportion d'emploi dans le tertiaire, la proportion des logements individuels ou encore la valeur locative moyenne des logements (source FILOCOM) dans la commune.

Méthode proposée pour analyser la ségrégation résidentielle des cadres et des chômeurs au sein de la métropole azurée :

- Mesure des niveaux de concentration des deux groupes => quotient de localisation
- Raisonnement conceptuel pour comprendre les stratégies de localisation des cadres et des chômeurs : les espaces les plus accessibles sont plus attractifs pour les plus aisés, la structure de l'emploi mais aussi l'offre de logement spécialisent à leur tour la population résidentielle
- Tester le pouvoir explicatif des variables permettant de comprendre les niveaux de concentration des deux populations => ensemble de régression linéaire simple, dite spatiale, et de régressions multiples.

Le protocole méthodologique ainsi proposé permet de répondre aux questionnements sur les stratégies résidentielles sous-jacentes au niveau de spécialisation que l'on peut observer au sein des communes. Il pourrait être étendu à d'autres paires de groupes et en fonction d'autres types d'opposition, démographiques par exemple. La méthode en elle-même pourrait également être développée, notamment dans le but de la rendre opérationnelle pour effectuer des simulations de l'évolution des niveaux de concentration selon différents scénarios.

²⁹ Source : INSEE RGP 1999 et 2006

Bibliographie

- Bassand M., 1997, *Métropolisation et inégalités sociales*, Presses polytechniques et universitaires romandes, Genève, 245 p.
- Bouzouina L., 2010, « Evolution de la mobilité quotidienne dans les quartiers défavorisés de la banlieue lyonnaise : une analyse sur les deux dernières enquêtes ménages déplacements », *Colloque ASRLF*, 2010.
- Brun J., Rhein C., Roncayolo M., 1994, *La ségrégation dans la ville : concepts et mesures, Actes du séminaire*, Paris, L'Harmattan, 258 p.
- Buisson M-A., Mignot D., 2007, *Concentration économique et ségrégation spatiale*, de Boeck, Paris, 2005, 368 p.
- Chadoin O., 2004, *La ville des individus : sociologie, urbanisme, architecture*, L'Harmattan, Paris, 158 p.
- Chaline C., 2003, *Les politiques de la ville*, PUF, Paris, 127 p.
- Conesa A., 2008, « Transports métropolitains et ségrégation de l'espace par le chemin. Vers une prise en compte quantitative de la desserte des réseaux », *Géopoint 2008 : « Optimisation de l'espace géographique et satisfactions sociétales »*, 6 p.
- Gaschet F., Lacour C., 2008, *Métropolisation et ségrégation*, Presses universitaires de Bordeaux, Bordeaux, 318 p.
- Helle C., 1998, *L'extension du bâti en Vaucluse*, Thèse de géographie, Université d'Avignon et des pays du Vaucluse, 342 p.
- Scarella F., 2008, Analyse spatiale des phénomènes de ségrégation résidentielle dans un contexte métropolitain transfrontalier : le cas de l'Est des Alpes-Maritimes, C. Voiron-Canicio (dir.), G. Fusco (dir.), UNSA UMR ESPACE, Nice, 157 p.

Satisfaction résidentielle et métriques paysagères : étude des relations statistiques par la méthode PLS

Samy Youssoufi et Jean-Christophe Foltête

UMR 6049 Théma CNRS – Université de Franche-Comté
samy.youssoufi@univ-fcomte.fr

MOTS-CLÉS

Satisfaction résidentielle • analyse du paysage • occupation du sol • modélisation • enquête de satisfaction • voisinage • méthode PLS

La satisfaction résidentielle constitue une composante importante de la satisfaction globale des individus et participe de façon non-négligeable à leur bien-être et à leur bonne qualité de vie (Barresi et al., 1984). À ce titre, il semble que cette question occupe une place de plus en plus importante dans les réflexions portant sur le futur des villes. Dans un contexte de développement durable, la qualité de vie constitue en effet un enjeu majeur au même titre que la nécessité de réduire les externalités néfastes sur l'environnement ou la consommation énergétique. Alors que les retombées environnementales ou la consommation énergétique peuvent, en règle générale, être plus ou moins bien mesurées, la satisfaction résidentielle est plus difficile à percevoir car elle se réfère à l'évaluation que font les individus de leur environnement de vie à travers ses composantes physiques, sociales et économiques (Sirgy et Cornwell, 2002).

De nombreux travaux se sont intéressés à la question de la satisfaction résidentielle dans divers domaines, comme en sociologie, en psychologie (Amérigo et Aragonés, 1997 ; Bonaiuto et al., 2003 ; Hur et Morrow-Jones, 2008) ou en aménagement urbain (Ellis et al., 2006). Certains mettent l'accent sur les facteurs socio-démographiques pour tenter d'apporter un éclairage sur les critères de satisfaction des individus (Harris, 2001) tandis que d'autres s'attèlent à déterminer les caractéristiques physiques du cadre de vie ayant une influence sur la satisfaction résidentielle des individus (Sirgy et Cornwell, 2002 ; Kearney, 2006 ; Kim et Kaplan, 2004).

En occultant l'existence de filtres perceptifs propres à chaque individu, le paysage peut être assimilé à une composante particulière de l'environnement physique. Ainsi, plusieurs chercheurs ont mesuré l'influence du paysage sur la satisfaction résidentielle en montrant tout particulièrement le rôle plutôt positif de la présence d'éléments naturels sur la satisfaction (Kaplan, 1985 ; Ellis et al., 2006 ; Kearney, 2006 ; Kweon et al., 2010), et l'impact généralement négatif de certains éléments bâtis (Kaplan, 2001). La plupart des

travaux menés dans ce domaine sont basés sur le rôle de la composition paysagère en considérant la présence ou la surface occupée par tel ou tel type d'élément constitutif du paysage. À titre d'exemple, divers travaux ont mis en évidence la préférence des individus pour des éléments forestiers ou boisés dans leur voisinage. Dans d'autres travaux, l'accent a davantage été mis sur la configuration du paysage, c'est-à-dire sur la façon dont sont agencés les éléments constitutifs du paysage.

L'analyse des liens entre paysage quotidien et satisfaction résidentielle nécessite l'utilisation de données pertinentes pour l'analyse à mener et permettant de décrire au mieux les différents objets paysagers. Dans cet objectif, une approche a été privilégiée dans cette étude : elle consiste à considérer le paysage dans une vue « du-dessus » qui s'appuie sur l'utilisation de bases de données géographiques et de méthodes issues des SIG. Cette approche consiste à modéliser la réalité paysagère au moyen de données d'occupation du sol et de modèles numériques de terrains (MNT). Contrairement à une analyse basée sur des photographies, celle-ci offre l'avantage de pouvoir être étendue à l'ensemble de la zone pour laquelle les données sont disponibles.

En ce qui concerne cette approche, le paysage d'un point peut être représenté par un ensemble d'éléments localisés dans un voisinage particulier autour de ce point. Cette définition met en lumière deux aspects relativement importants dans la modélisation paysagère : 1) la nature des objets potentiellement visibles du paysage ; 2) le type de voisinage à considérer. Le premier point fait référence aux différentes catégories d'occupation du sol ainsi qu'à leur résolution spatiale et dépend des sources de données utilisées. Le type de voisinage, déterminé par sa forme et sa taille (Tomlin, 1990), dépend à la fois du sens donné à la notion de voisinage et aux moyens techniques à disposition (SIG). Dans la plupart des travaux, le voisinage est considéré comme étant circulaire et isotrope (Kestens et al., 2004 ; Kong et al., 2007 ; Lee et al., 2008 ; Kweon et al., 2010). Ce type de

voisinage peut être assimilé à un espace psycho-environnemental dans lequel les individus sont plus ou moins conscients des caractéristiques de leur environnement. Pour d'autres auteurs, le voisinage d'un individu est davantage déterminé par ses pratiques spatiales. Dès lors, les réseaux routiers supposés être le support des déplacements quotidiens deviennent l'élément à partir duquel le voisinage d'un individu doit être considéré (Hur et al., 2010). Néanmoins, ces deux types de voisinages ne prennent pas en compte un aspect pourtant fondamental de la notion de paysage : la visibilité. Cette notion est pourtant essentielle et plusieurs études s'appuient sur un voisinage visible pour modéliser la perception qu'ont les individus de leur environnement résidentiel (Lake et al., 1998 ; Paterson et Boyle, 2002 ; Van der Horst, 2006 ; Cavaihès et al., 2009). Au-delà de la forme, la taille du voisinage à considérer constitue également un aspect important et renvoie à la question de l'échelle spatiale sensée avoir une influence sur la perception environnementale des individus.

L'étude menée ici s'intéresse aux liens statistiques susceptibles d'exister entre la satisfaction des ménages vis-à-vis de leur environnement paysager et certaines mesures paysagères effectuées dans leur voisinage.

Pour ce faire, l'étude s'appuie sur deux principales sources de données : 1) des données concernant la satisfaction résidentielle d'individus obtenue par enquête ; 2) l'information paysagère rencontrée dans l'environnement de vie de ces individus. Concernant le premier point, une enquête de satisfaction résidentielle a été mise en place en 2009 dans un secteur périurbain de Besançon. Cette enquête a été menée auprès de 5000 ménages avec un taux de réponse supérieur à 20 % (N = 1082). Chaque répondant a d'abord été interrogé sur ses préférences concernant plusieurs aspects de son cadre de vie avant d'être géolocalisé à l'adresse postale. Les préférences paysagères des ménages ont été collectées à travers une quinzaine de questions dans l'enquête. Afin de synthétiser les réponses et pour avoir une vue d'ensemble, une analyse des correspondances multiples (ACM) a été menée. Celle-ci a permis de dégager des facteurs thématiques (figure 1) pour lesquels chaque individu interrogé possède des coordonnées selon son degré de satisfaction par rapport à l'environnement paysager (axe horizontal) et ses facilités d'accès à divers commerces et services (axe vertical).

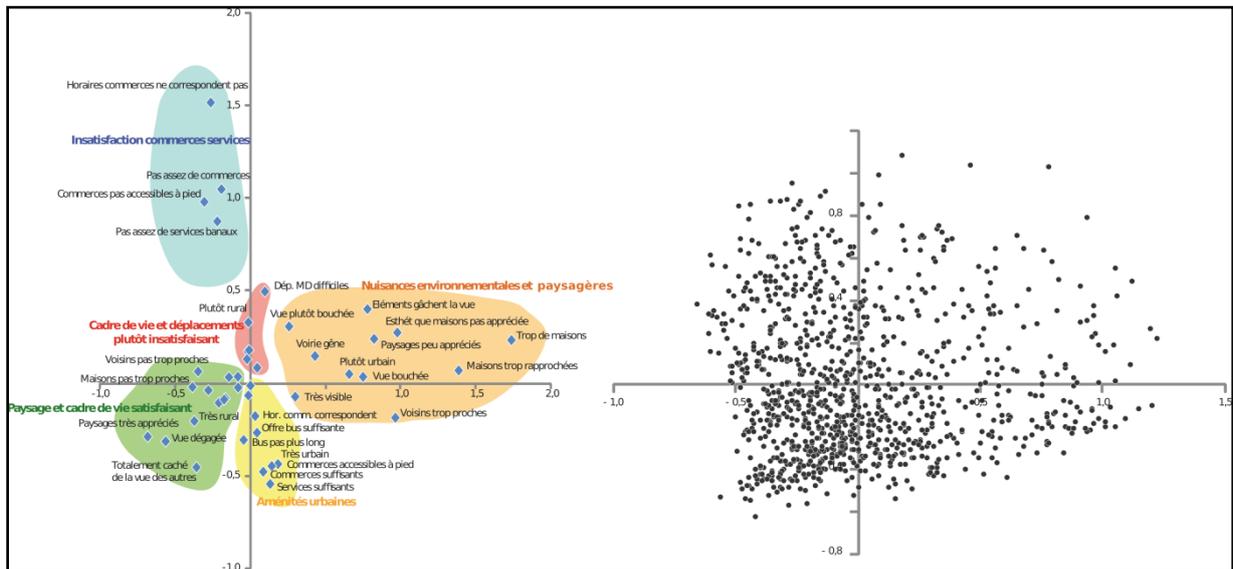


Figure 1 : L'analyse des correspondances multiples : nuage des variables et des individus

Concernant le second point, les données paysagères utilisées dans cette étude ont été obtenues en combinant plusieurs sources :

- une base de données vectorielle (BD Topo IGN) a été utilisée pour caractériser le bâti résidentiel, le

bâti à vocation professionnelle, les routes, les cours d'eau et les éléments boisés et forestiers,

- une couche d'informations matricielle résultant d'une classification non-supervisée d'images satellites IRS-Liss 1c à une résolution spatiale de 7 m. La classification a permis d'identifier les prairies, les cultures, la végétation basse, les parkings et sols nus.

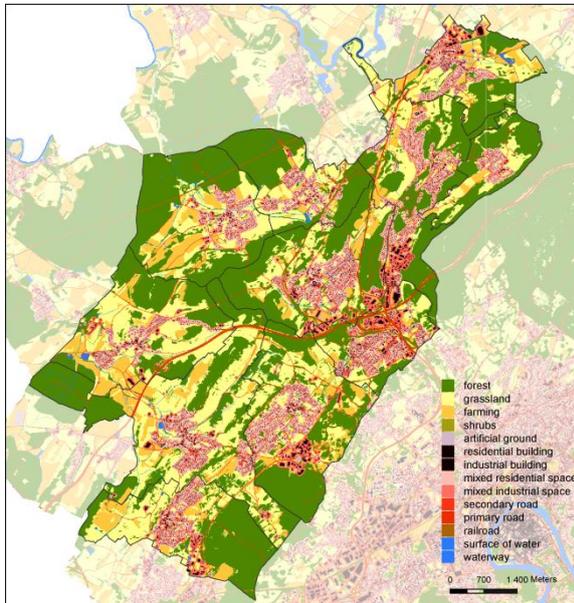


Figure 2 : Les données d'occupation du sol utilisées pour l'analyse

Au total, 14 catégories d'occupation du sol ont été retenues pour les besoins de l'analyse (figure 2). À l'utilisation de ces données s'ajoute le recours au MNT de l'IGN d'une résolution de 50 m.

Afin de mesurer les liens statistiques entre le degré de satisfaction au paysage et divers indices paysagers mis en place par SIG, nous avons eu recours à une méthode statistique particulière : il s'agit de la méthode PLS (*partial least square*) (Wold, 1985 ; Tenenhaus *et al.*, 2005) issue de la famille des méthodes de modélisation en équations structurelles (MES) sur variables latentes. Les MES ont d'abord été développées pour permettre d'examiner des relations causales multiples, puis leur usage s'est progressivement étendu aux analyses de

validité des construits latents (Lacroux, 2009). L'utilisation des méthodes PLS est particulièrement adaptée aux études de satisfaction pour au moins deux raisons : 1) les questionnaires de satisfaction contiennent souvent beaucoup de questions très liées entre elles (corrélations importantes) ; 2) les questions sont souvent regroupées par thème ; chaque thème exprimant un concept. On cherche alors à décrire simultanément le contenu de chaque thème et à explorer les liaisons entre les thèmes, en particulier celui qui reflète la satisfaction. Il faut alors disposer de modèles à plusieurs équations.

Dans notre étude, la modélisation PLS a permis de mettre en place un modèle de satisfaction résidentielle en lien avec certains aspects du paysage environnant (figure 3) avec un pouvoir explicatif faible, mais significatif ($r^2 = 0,23$).

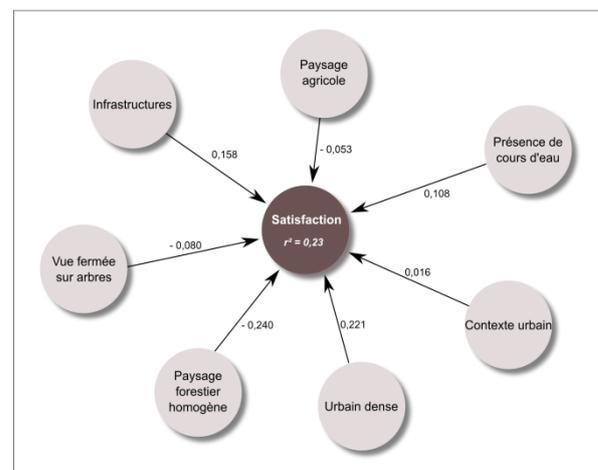


Figure 3 : Le modèle PLS

L'objectif de cette étude est de modéliser la satisfaction résidentielle de différents ménages périurbains par le croisement des résultats d'enquête de satisfaction relative, entre autres, aux préférences paysagères et une série de métriques spatiales basées sur des données d'occupation du sol. Dans la perspective d'une meilleure planification urbaine, le questionnaire mené ici a pour but d'identifier les éléments clés du paysage pouvant influencer la satisfaction et de comparer la pertinence des différents types de voisinages en considérant leur forme et leur taille.

Références bibliographiques

- AMÉRIGO M., ARAGONÉS J.I., 1997, *A theoretical and methodological approach to the study of residential satisfaction*, *Journal of Environmental Psychology*, n°17, pp. 47-57.
- BARRESI C., FERRARO K., HOBEBY L., 1984, *Environment satisfaction, sociality, and well-being among urban elderly*, *International Journal of Ageing and Human Development*, n°18(4), p. 277-293.
- BONAIUTO M., FORNARA F., BONNES M., 2003, *Indexes of perceived residential environment quality and neighborhood attachment in urban environments: a confirmation study on the city of Rome*, *Landscape and Urban Planning*, n°65, pp. 41-52.

- CAVAIHÈS J., BROSSARD T., FOLTÈTE J. C., HILAL M., JOLY D., TOURNEUX F. P., TRITZ C., WAVRESKY P., 2009, GIS-BASED HEDONIC PRICING OF LANDSCAPE, *ENVIRONMENTAL RESOURCE ECONOMICS*, 44, 571-590.
- ELLIS C.D., LEE S., KWEON B., 2006, *Retail land use, neighborhood satisfaction and the urban forest: an investigation into the moderating and mediating effects of trees and shrubs*, *Landscape and Urban Planning*, n°74, pp. 70-78.
- Harris D. R., 2001, Why are whites and blacks averse to black neighbors?, *Social Science Research*, 30, 100-116.
- HUR M., MORROW-JONES H., 2008, *Factors that influence residents' satisfaction with neighborhoods*, *Environment and Behavior*, n°40, pp. 619-635.
- HUR M., NASAR J.L., CHUN B., 2010, *Neighborhood satisfaction, physical and perceived naturalness and openness*, *Journal of Environmental Psychology*, n°30, pp. 52-59.
- KAPLAN R., 1985, *Nature at the door step: residential satisfaction and the nearby environment*, *Journal of Architectural and Planning Research*, n°2, pp. 115-127.
- KAPLAN R., 2001, *The nature of the view from home: psychological benefits*, *Environment and behaviour*, n°33, pp. 507-542.
- KEARNEY A.R., 2006, *Residential development patterns and neighborhood satisfaction: impacts of density and nearby nature*, *Environment and Behavior*, n°38(1), p. 112-139.
- KESTENS Y., THÉRIAULT M., DES ROSIERS F., 2004, THE IMPACT OF SURROUNDING LAND USE AND VEGETATION ON SINGLE-FAMILY HOUSE PRICES, *ENVIRONMENT AND PLANNING B: PLANNING AND DESIGN*, 31, 539-567.
- KIM J., KAPLAN R., 2004, *Physical and psychological factors in sense of community – new urbanist Kentlands and nearby Orchard village*, *Environment and Behavior*, n°36(3), p. 313-340.
- KONG F., YIN H., NAKAGOSHI N., 2007, USING GIS AND LANDSCAPE METRICS IN THE HEDONIC PRICE MODELING OF THE AMENITY VALUE OF URBAN GREEN SPACE: A CASE STUDY IN JINAN CITY, CHINA, *LANDSCAPE AND URBAN PLANNING*, 79, 240-252.
- KWEON B., ELLIS C.D., LEIVA P.I., ROGERS G.O., 2010, *Landscape components, land use, and neighborhood satisfaction*, *Environment and Planning B: Planning and Design*, n°37, pp. 500-517.
- Lacroux A., 2009, L'analyse des modèles de relations structurelles par la méthode PLS : une approche émergente dans la recherche quantitative en GRH, *Actes des congrès AGRH*, <http://www.reims-ms.fr/agrh/docs/actes-agrh/pdf-des-actes/2009lacroux073.pdf>
- LAKE I.R., LOVETT A.A., BATEMAN I.J., LANGFORD I.H., 1998, MODELLING ENVIRONMENTAL INFLUENCES ON PROPERTY PRICES IN AN URBAN ENVIRONMENT, *COMPUTERS, ENVIRONMENT AND URBAN SYSTEMS*, 22, 121-136.
- LEE S., ELLIS C.D., KWEON B., HONG S., 2008, *Relationship between landscape structure and neighborhood satisfaction in urbanized areas*, *Landscape and Urban Planning*, n°85, pp. 60-70.
- PATERSON R.W., BOYLE K. J., 2002, OUT OF SIGHT, OUT OF MIND? USING GIS TO INCORPORATE VISIBILITY IN HEDONIC PROPERTY VALUE MODELS, *LAND ECONOMICS*, 78, 417-425.
- SIRGY J., CORNWELL T., 2002, *How neighborhood features affect quality of life*, *Social Indicators Research*, n°59, pp. 79-114.
- TENENHAUS M., VINZI V.E., CHATELIN Y., LAURO C., 2005, *PLS path modeling*, *Computational Statistics & Data Analysis*, n°48, pp. 159-205.
- Tomlin C. D., 1990, *Geographic Information Systems and Cartographic Modeling*, Prentice & Hall, New Jersey, 249 p.
- VAN DER HORST D., 2006, *A prototype method to map the potential visual-amenity benefits of new farm woodlands*, *Environment and Planning B: Planning and Design*, n°33, pp. 221-238.
- Wold, H., 1985, Partial Least Squares, in S. Kotz and N. L. Johnson (Eds.), *Encyclopedia of Statistical Sciences*, vol. 6, New York: Wiley, 581-591.

Élaboration d'un ensemble d'indicateurs d'enclavement. Approche par les mobilités quotidiennes

Anna Cristofol

Laboratoire de Géomatique Appliquée, ENSG
anna.cristofol@ensg.eu

1. Contexte et objectif

La politique de la ville peut être définie par la mise en œuvre d'une politique publique adaptée visant à réduire "les inégalités sociales et les écarts de développement entre les territoires" (loi du 1er août 2003). Elle repose sur une « géographie prioritaire », un zonage du territoire ayant pour but d'identifier les lieux de concentration de difficultés sociales. Parmi les différents types de zones qui se complètent ou s'emboîtent, on retrouve les zones urbaines sensibles (ZUS). Créées en 1995, les ZUS sont des quartiers cumulant différentes difficultés : habitat dégradé, déséquilibre entre habitat et emploi, population marquée par des difficultés socio-économiques.

De même que l'analyse des territoires et de leurs difficultés, préalable à toute action, l'évaluation de ces politiques se base avant tout sur des indicateurs statistiques, en particulier socio-économique, liés aux individus qui y vivent. Notre travail part du postulat que l'insertion géographique du quartier dans son environnement, est un des facteurs qui influent sur les effets des politiques de la ville dans ces quartiers. Notre objectif est de constituer des indicateurs géographiques permettant de mesurer le degré d'enclavement des quartiers de la politique de la ville.

2. Précisions méthodologiques

Le terme d'indicateur géographique s'avère très large puisqu'il s'applique à tous les indicateurs qui permettent de travailler sur des objets géographiques (Maby, 2004). Dans ce travail de recherche nous nous concentrons sur la création d'un indice mixte. Indice dans le sens où nous avons élaboré un indicateur complexe c'est-à-dire constitué dans une logique d'emboîtement par des indicateurs plus fins articulés ensembles. Selon la définition donnée par Desthieux (2005). Mixte, car nous construisons ces indicateurs à partir de données socio-économiques spatialisées (répertoire Sirene de l'INSEE et enquêtes ménages déplacement) ainsi que de données intrinsèquement spatiales (telle que la BDTopo de l'IGN).

Enfin, nous nous appuyons sur un système d'information géographique pour effectuer les calculs nécessaires.

3. Modéliser l'enclavement par les mobilités

A nos yeux, l'enclavement est un point d'entrée pertinent dans l'étude des zones urbaines sensibles. En effet, ce concept revient de façon récurrente aussi bien dans les études scientifiques (Bouquet, 2008) sur ces territoires que dans les discours des acteurs de la politique de la ville. Pourtant, faute d'indicateurs adaptés, il est difficile de réaliser une étude de type statistique globale sur l'ensemble des ZUS. En effet, l'approche spatiale quantitative des territoires de la politique de la ville est relativement rare. Si nous disposons d'un jeu d'indicateurs socio-économiques fournis et éprouvés, les travaux quantitatifs mobilisant des données spatiales restent plus rares. On peut citer une étude réalisée par l'INSEE en 1990 ou encore les travaux très intéressants de Vieillard-Baron (2008) qui propose un indice de servitudes physiques pour l'étude des ZUS.

Nous entendons la notion d'enclavement dans la continuité des travaux de B. Steck et J. Debré comme un processus de fermeture relative. Pour ces auteurs, un territoire enclavé est « un espace fermé ou isolé dans et par rapport à un système de distance » (Debré et Steck, 2001 ; Debré, 2005). Fermeture et isolement : ces deux entrées nous semblent pertinentes pour modéliser l'enclavement des espaces urbains. La fermeture renvoie à l'enclavement physique, caractérisé par la présence de ruptures dans l'espace urbain (Cristofol, 2011). D'autre part, l'isolement peut-être entendu comme le résultat d'un frein aux mobilités quotidiennes (possibilités de déplacement par transport en commun ou en voiture individuelle).

Nous nous focaliserons ici sur l'enclavement comme isolement, comme une caractéristique de territoires urbains qui offrent un faible potentiel de mobilité. Afin d'en saisir les différentes dimensions, notre approche de l'enclavement/isolement se fait selon trois axes : le besoin de mobilité, la capacité à être mobile et enfin les possibilités d'accès offertes par un espace donné.

3.1 Besoin de déplacement

La première dimension à prendre en compte pour mesurer l'isolement d'un espace urbain est le besoin de déplacement des populations qui y vivent. Il est clair que ce n'est pas parce que les habitants d'un espace ont tout ce dont ils peuvent avoir besoin à proximité qu'ils ne ressentiront pas l'envie et le besoin de se déplacer. Mais nous considérons que l'absence de commerces de proximité et d'activités augmente le besoin de déplacement et surtout augmente le ressenti de la situation d'enclavement.

3.2 Capacité à se déplacer

Dans un second temps, notre méthode prend en compte la capacité physique et sociale des individus à se déplacer.

La capacité physique à se déplacer est exprimée d'une part en fonction de l'offre de transport en commun en terme d'infrastructure et de fréquence de passage en heures creuses³⁰. L'importance du transport en commun dans notre approche se justifie par la faible motorisation des populations vivant en ZUS. D'autre part prendre en compte, il nous faut prendre en compte le nombre de voiture par ménage, afin de distinguer isolement subi et isolement voulu.

La capacité sociale à se déplacer prend en considération des travaux essentiellement sociologiques qui ont montré que l'appartenance sociale et la mobilité des autres membres du ménage influait sur la capacité personnelle à se déplacer des individus. C'est en particulier le cas pour les adolescents (Oppenheim, 2009). Nous abordons cet aspect à travers des données issues des enquêtes ménage déplacement.

3.3 Possibilités d'accès

Une troisième dimension à l'isolement doit être prise en compte. D'un point de vue spatial, à besoin et capacité de déplacements identiques, deux territoires ne sont pas égaux si l'un offre dans une durée moyenne l'accès à plusieurs centralités locales³¹ tandis que l'autre n'offre l'accès qu'à une seule centralité. La possibilité d'accès prend donc en compte la situation relative d'un territoire dans l'agglomération.

4. Conclusion

Notre approche vise à associer des caractéristiques spatiales des espaces urbains et la perception de leur situation par les habitants de ces espaces. Ainsi, quelque soit l'entrée abordée, dans le cas présent l'isolement, nous cherchons à prendre en compte enclavement réel et

³⁰ Lors d'un stage de fin d'étude réalisé au Secrétariat général au comité interministériel à la ville, Simon Chevereau a montré en appliquant une analyse en composante principale que la fréquence de passage des transports en commun en heures creuses (soir et week-end) est plus significative que la fréquence de passage en journée (S. Chevereau 2008).

³¹ Nous définissons le terme de centralité par la concentration forte d'activités commerciales et administratives associée à une forte accessibilité.

enclavement perçu des territoires urbains. L'approche quantitative de l'enclavement par le biais des mobilités quotidiennes nous permet de mieux comprendre les situations d'enclavement et d'en dresser une typologie.

5. Références bibliographiques

- Bouquet M., 2008, *Les banlieues entre ouverture et fermeture : réalités et représentations de l'enclavement dans les quartiers urbains défavorisés*, Thèse de doctorat, Université du Havre, Le Havre.
- Chevereau S., 2008, *Caractériser l'insertion urbaine des quartiers de la politique de la ville*, Mémoire de fin d'études, Cycle des Ingénieurs des Travaux, École nationale des sciences géographiques, Champs-sur-Marne.
- Cristofol A., 2011, Comment caractériser l'enclavement des zones urbaines sensibles? Élaboration d'indicateurs d'enclavement physique à l'aide d'un SIG, *soumission à l'International Cartographic Conference 2011*, Paris.
- Debrié J., Steck B., 2001, L'enclavement, réévaluation théorique et application à l'Afrique de l'Ouest, *L'espace géographique*, 1, 26-36.
- Debrié J., 2005, L'enclavement : expression géographique de la discontinuité dans les réseaux, *16ème Festival International de Géographie*, Saint-Diè-des-Vosges, 29 septembre – 2 octobre 2005.
- Desthieux G., 2005, *Approche systémique et participative du diagnostic urbain. Processus de représentation cognitive du système urbain en vue de l'élaboration d'indicateurs géographiques*, Thèse de doctorat, École polytechnique fédérale de Lausanne, Lausanne.
- Maby J., 2004, Approche conceptuelle et pratique des indicateurs en géographie, In Maby J. (ed.), *Objets et indicateurs géographiques*, Collection Actes Avignon, n°5, Avignon.
- Oppenheim N., 2009, Mobilités quotidiennes et ségrégation : le cas des adolescents de Zones Urbaines Sensibles franciliennes, *Espace populations sociétés*, 2, 215-226
- Viellard-Baron H., 2008, Les quartiers sensibles : de la globalisation à la distinction, *Les rencontres de la DIV*, 28 mai 2008, Paris..



Atelier 16

Observatoires des territoires

Concepts et méthode pour l'analyse du développement de l'agriculture des campagnes de nouvelles ruralités : une application au territoire de Balagne, en Corse

Caroline Tafani* et Alexandre Moine**

*UMR LISA / Université de Corse,

**UMRThéMa / Université de Franche-Comté,

tafani@univ-corse.fr

1. Contexte et objectif

Depuis une trentaine d'années, de nombreuses mutations affectent les espaces ruraux et conduisent à y reconsidérer la place et les fonctions de l'agriculture. L'espace rural français est longtemps resté structuré à la fois par et autour de l'activité agricole, et les agriculteurs en étaient les principaux acteurs. Mais avec l'émergence de nouveaux modes d'habiter et des nouvelles mobilités, et l'avènement d'une écologisation des campagnes, les agriculteurs sont peu à peu devenus minoritaires au sein de campagnes de nouvelles ruralités (INRA, 2008) et les demandes sociales envers l'agriculture ont évolué. Les différents groupes d'acteurs en présence défendent désormais de nouveaux usages des sols -résidentiel et de nature- et attendent des agriculteurs qu'ils fournissent un certain nombre de biens et services, marchands (produits de qualité et/ou du terroir, services agritouristiques, etc.) et non marchands (services environnementaux, transmission du patrimoine, etc.). Ces mutations ont été accompagnées d'un renouvellement de la réflexion portant sur les modèles de développement agricole et les orientations à donner aux politiques publiques. S'est alors opéré un décentrement du développement agricole vers un développement rural intégré (Berriet-Sollicet *al.*, 2009). Dans une « logique socio-territoriale » (Madeline, 2007), la multifonctionnalité de l'agriculture est soutenue. C'est un nouveau « contrat social » (Laurent *et al.*, 2002) qui est proposé aux exploitants agricoles : ceux-ci doivent remplir « une fonction de production de biens et services, une fonction sociale d'occupation du territoire, d'animation du monde rural et de transmission d'un patrimoine culturel spécifique, et une fonction écologique de protection de l'environnement et d'entretien de l'espace rural » (Landais, 1999 : 15).

Compte tenu de ces évolutions, dans ces campagnes de nouvelles ruralités, comment appréhender la durabilité de l'agriculture ? Quelle est la place de l'activité agricole au

sein du territoire, et quelle est sa contribution au développement local ?

2. Données et méthode

Nous proposons une démarche conceptuelle, méthodologique et pratique pour appréhender le développement de l'agriculture dans ces territoires ruraux recomposés. Pour ce faire, le concept fondateur de système agraire, développé par des agronomes et des géographes dans les années 1980 (Blanc-Pamard et Milleville, 1991 ; Mazoyer et Roudart, 2002 ; Cochet, 2005), est enrichi en étant inscrit dans un méta-système territorial (Moine, 2008). Cela permet de rendre compte du phénomène de relocalisation de l'agriculture et de comprendre le jeu des acteurs territoriaux autour de l'activité agricole. A partir de ce concept, il s'agit alors de mener une analyse systémique du développement agricole. Cette analyse-diagnostic nécessite d'avoir recours à des outils à la fois quantitatifs et qualitatifs, relevant de la géographie mais aussi de disciplines connexes (économie, agronomie, anthropologie en particulier).

3. Principaux résultats

La démarche proposée est appliquée à l'étude de la durabilité de l'agriculture de la Balagne, territoire littoral situé au nord-ouest de la Corse. A partir des concepts développés, nous montrons dans un premier temps comment la société horto-pastorale des années 1950 s'est transformée en territoire mixte, rural touristique : l'agriculture, entre pression foncière et valorisation touristique du patrimoine rural, y est au cœur d'enjeux contradictoires. En retour, les agriculteurs répondent de façon différenciée aux attentes des acteurs territoriaux, en particulier à leur demande de valorisation du terroir, selon la façon dont ils ont intégré le jeu des acteurs territoriaux au pilotage de leur exploitation agricole.

4. Références bibliographiques

- Berriet-Sollicet et al., 2009, « Deuxième pilier de la PAC et développement rural : le RDR est-il vraiment rural ? », in *Politiques agricoles et territoires*, F. Aubert, V. Piveteau et B. Schmitt (dir.), éditions Quae-INRA : pp. 165-182
- Blanc-Pamard C. et Milleville P., 1991, « Pratiques paysannes, perception du milieu et système agraire », in *A travers champs – agronomes et géographes*, Blanc-Pamard C. (dir.), éditions ORSTOM : pp. 101-136
- Cochet H., 2005, *L'agriculture comparée. Genèse d'une discipline de scientifique*, Editions de l'Institut National Agronomique, Paris-Grignon
- Cochet H. et Devienne S., 2004, *Comprendre l'agriculture d'une région agricole : question de méthode sur l'analyse en termes de système de production*, Congrès de la SFER, Lille, France, 18-19/11/2004
- INRA, 2008, *Les nouvelles ruralités à l'horizon 2030*, Rapport – INRA : 82 p.
- Madeline P., 2007, « Agriculteurs et agricultures à la croisée des chemins », in *Agriculteurs et territoires. Entre productivisme et exigences territoriales*, Le Caro Y., Madeline P. et Pierre G. (dir), éditions PUR : 11-16
- Mazoyer M. et Roudart L., 2002, *Histoire des agricultures du monde. Du néolithique à la crise contemporaine*, Seuil, 705 p.
- Moine, 2008, *Le territoire : comment observer un système complexe*, L'Harmattan, 176 p.

Observatoires territoriaux et ingénierie territoriale : un enjeu de construction de compétences collectives

Pauline Lenormand

Chargée de mission / APEM - Assemblée Pyrénéenne d'Economie Montagnarde

M O T S - C L E F S

Compétences • observatoire • développement territorial • ingénierie

1. Objectif

Démontrer l'importance de la mise en œuvre de compétences collectives (Le Boterf, 2006, 2008, Cavestro et al., 2007) entre les acteurs du développement pour faire face aux enjeux de gouvernance des projets d'observatoires du territoire.

La communication proposée s'appuie sur une double démarche méthodologique : d'une part, une démarche d'enquêtes auprès de personnes ressources de projets d'observatoires de trois pays et d'autre part, une observation participante liée à une expérience de recherche doctorale dans le cadre d'une bourse CIFRE effectuée au sein d'une association porteuse d'un observatoire territorial.

Dans un contexte de changement des référentiels des politiques d'aménagement, les acteurs territoriaux doivent désormais prendre des décisions informées. Les observatoires interviennent dès lors comme un moyen pour gérer l'incertitude autour de la connaissance territoriale et améliorer le processus de prise de décision. Il s'agit de disposer d'une vision systémique du territoire en faisant travailler collectivement des acteurs aux statuts et aux intérêts divergents.

Notre hypothèse principale est que la mise en place de compétences collectives à l'échelle du territoire de projet constitue un levier à la réalisation d'un observatoire territorial, instrument mobilisé par les acteurs du développement pour produire et pour mutualiser des informations en vue d'améliorer l'efficacité de l'action publique territoriale. Nous aborderons la notion de compétence collective comme un processus faisant référence à un apprentissage et permettant à un collectif de produire ensemble afin de s'adapter à des situations nouvelles.

Histoire et objectifs des projets d'observatoire de pays : des tensions entre projet politique et projet technique

Si l'on considère le territoire comme un système complexe, composé de trois sous-systèmes (Moine, 2005), il faut alors être capable de comprendre le système d'acteurs et les relations qui le sous-tendent pour mettre au jour les processus qui font évoluer l'espace géographique. Les observatoires territoriaux sont des outils, parmi d'autres, appréhendant la complexité du territoire, car ils permettent à la fois d'aborder les organisations spatiales et les systèmes d'acteurs qui les font évoluer (Moine, 2005). « En effet, les outils d'observation constituent le socle sur lequel on va pouvoir ancrer une analyse des différents phénomènes en interrelation sur un territoire donné, en fonction d'un projet porté par des acteurs. » (Moine, 2005, p8).

Ce travail de recherche étudie les observatoires dans le cadre de dispositifs de développement territorial, les pays. Il démontre que les observatoires répondent à une demande de valorisation des différents types de données produites par l'ingénierie territoriale (à la fois quantitatives et qualitatives). Les procédures de développement territorial génèrent des connaissances, notamment par la production de diagnostics territoriaux. En revanche, cette production de savoirs se heurte bien souvent à une problématique de capitalisation. Les observatoires sont donc des outils adaptés pour valoriser les projets de développement.

Dans le Pays Corbières Minervois (Aude), l'observatoire territorial est une idée qui peine à se concrétiser. Le pays souhaite un observatoire pour observer l'évolution du territoire, illustrer ses dossiers, effectuer un suivi de la charte et l'évaluer. Bien que ce soit l'équipe technique, composée de 7 agents de développement, qui porte le projet, chaque technicien projette des fonctions différenciées quant à l'organisation et aux missions de l'observatoire. La faiblesse du consensus technique ralentit le lancement du projet. Les autres partenaires, collectivités ou organismes publics ou para-publics, sont en attente sur ce projet.

Dans le Pays Oloron Haut Béarn (Pyrénées-Atlantiques), le projet d'observatoire est plus récent et

apparaît dans un contexte de difficultés de reconnaissance du territoire de projet par les intercommunalités. L'observatoire est perçu comme un outil d'aide à la décision et à la définition de politiques publiques. Il est envisagé comme un support pour la réflexion en interne (pour l'équipe) et en externe (pour les agents et élus du territoire). Là aussi, c'est l'équipe technique qui porte le projet et les partenaires, comme les intercommunalités ou les services de l'Etat, sont en attente. Certains sont prêts à collaborer sur l'échange de données, de méthodes et sur une réflexion plus globale sur le projet. D'autres sont plus réticents et s'installent dans une posture attentiste.

Dans le cas du Pays de l'Albigeois et des Bastides (Tarn), ce sont les réflexions sur la constitution du pays qui ont poussé les élus à rechercher des éléments de connaissance homogène sur le territoire et donc à travailler à un observatoire du territoire. L'objectif principal était de développer des habitudes de travail en commun.

Finalement la question de la compétence collective apparaît dans les trois cas, à travers l'enjeu d'une meilleure organisation collective entre différents types d'acteurs à l'échelle d'un territoire de projet.

2. Données et méthodes :

Les entretiens conduits, semi directifs, avaient pour objectif de révéler les systèmes d'acteurs de chaque territoire et les compétences qu'ils mobilisent sur la question des observatoires. Notre étude des projets d'observatoires territoriaux des trois pays étudiés repose sur la grille thématique suivante et a été effectuée par l'intermédiaire du logiciel NVivo pour faciliter l'analyse des discours des professionnels rencontrés :

- Genèse du territoire (avant le projet d'observatoire : facteurs déclencheurs, formes d'organisation, de décision, systèmes de relations, place de l'ingénierie, missions et activités des agents, parcours des agents)
- Emergence des projets d'observatoire sur les territoires (porté par qui, relayé par qui, registres de justifications, l'action et le rôle des agents par rapport à ce projet, influences extérieures à la structure)
- L'observatoire pour quoi faire ? (qu'est-ce qu'un observatoire et à quoi ça sert ? apports et rôles de l'observatoire souhaités, imaginés, quels types de données vont être/sont récoltées ? pour faire quoi ? réalisations, utilisations)
- Un observatoire comment ? (redéploiement de l'ingénierie pour l'observatoire, compétences nécessaires, l'observatoire et les activités des agents et des équipes, étapes de la construction de

l'observatoire, problèmes rencontrés depuis le début)

- L'observatoire avec qui ? (institutions partenaires, l'observatoire et les autres agents des territoires, les financements envisagés/obtenus)
- L'observatoire et après ?

3. Des compétences collectives pour faire face aux blocages rencontrés ?

La question de la compétence apparaît dans les années 1980. D'abord dans un souci humaniste, elle embrasse ensuite une perspective très économique. Les années 1990 voient se développer de nombreuses démarches en termes de gestion prévisionnelle des compétences et de construction de référentiels comme instruments supports de cette gestion. La notion de compétence a été forgée à la fois au sein de la gestion des ressources humaines, avec pour objectif de construire des référentiels de compétences, et au sein de la didactique professionnelle, avec pour objectif final, la construction de situations de formation. Notre communication s'attache à montrer que cette notion est particulièrement pertinente pour une approche géographique du territoire. Nous l'étudions à travers la conception et l'usage d'observatoires de territoire.

L'intérêt grandissant de notre société pour les phénomènes cognitifs et la place croissante de l'individu dans celle-ci permettent de donner la définition suivante de la compétence : « La compétence est une capacité individuelle et collective à s'adapter et à gérer des situations nouvelles : elle est au cœur des besoins de flexibilité. » (Trépo G., Ferrary M., 1999, p345). La question de la fabrique et du contenu des compétences collectives est encore en suspens. Richebé (2007) a montré que pour analyser la compétence collective, il faut prendre en compte l'agencement du groupe projet et les ressources organisationnelles, ainsi que les échanges et interactions entre compétences individuelles. La compétence collective dépend de l'organisation dans laquelle elle doit se mettre en place, mais elle dépend également du territoire sur lequel elle prend place. Pour Le Boterf, elle « résulte de la qualité de la coopération entre les compétences individuelles » (Le Boterf, 2006, p176).

La conception et l'usage d'observatoire territorial est un travail collectif nécessitant une coopération des acteurs territoriaux. C'est un travail complexe, un travail dont le « genre professionnel »³² est riche, varié et instable, entraînant différents styles d'action. C'est, enfin, un travail fortement outillé (recueil et analyse de données,

32 « Clot (Clot et al., 2001) définit le genre professionnel comme un répertoire des ressources (actes convenus, concepts théoriques, outils...) que l'histoire d'un milieu a retenu. Face au genre, les professionnels construisent leur propre « style » d'action, qui est ajustement et positionnement au sein des différentes pratiques véhiculées par le genre. » (cité par Tourmen C., Toulemonde J., 2005, p90).

animation, gestion de processus...). Toutes ces caractéristiques permettent de conclure à la nécessité de mettre en place des compétences collectives. Traditionnellement, un projet tel que celui d'observatoire territorial va nécessiter la mise en place de collectifs (commissions de travail, comité de pilotage, ...), mais aussi un recours à différents types de réseaux (techniques, de recherche, ...). Nous verrons en quoi les démarches des différents pays se rejoignent et diffèrent, en fonction des contextes propres à chacun.

De nombreux blocages apparaissent à travers l'élaboration des observatoires. Ce sont des blocages techniques (manque de compétences informatiques, difficile gestion de l'information en interne), méthodologiques (méconnaissance de l'outil dans sa globalité, manque de méthode d'analyse et de restitution des données, incapacité dans la définition d'indicateurs) et stratégiques (difficulté d'obtention des données auprès des partenaires). L'incertitude qui pèse en 2010 sur la pérennité des pays est également un facteur important, le risque de leur disparition faisant passer ces projets au second plan. Ces freins font apparaître le besoin de construction de compétences collectives, notamment grâce à la mutualisation des moyens et à la mise en place de solutions collectives.

La construction de l'observatoire du Pays de l'Albigeois a été menée en parallèle à la structuration du pays. Ce contexte a favorisé un échange constructif, notamment entre les différentes intercommunalités du pays. Le pays a, de plus, su trouver un accord positif avec les fournisseurs de données, dans le sens où aujourd'hui, l'observatoire permet de répondre à des demandes formulées par des acteurs du territoire, auxquelles ils n'auraient pas pu répondre sans l'observatoire.

La tradition de travail en « équipe élargie » dans le Pays Corbières Minervois, c'est-à-dire intégrant les agents des associations de développement intercommunales, semble favorable à la réflexion sur ce projet.

Dans le cas du Pays Oloron, les relations au niveau du territoire du pays sont marquées par un contexte politique historiquement tendu. Ces relations ne facilitent en rien l'émergence du projet d'observatoire.

Les échanges mis en œuvre dans un projet d'observatoire se concentrent autour de la question de la donnée. Nous pouvons voir à travers nos exemples que l'information recherchée est très diversifiée, ce qui multiplie le nombre d'interlocuteurs potentiels. Il y a donc un besoin d'accompagnement dans l'aide à la définition de ce que l'on veut observer. De plus, avoir accès à toutes ces données sous-entend de tisser de nombreux partenariats, et là encore la mise en place d'une compétence collective, notamment à travers un groupe projet, permet d'avancer à plusieurs sur l'observatoire.

Principaux résultats et conclusion :

Les projets d'observatoire de pays étudiés montrent que :

- Les projets d'observatoire de territoire ne peuvent être déconnectés du projet de territoire et des dynamiques inter-acteurs qui existent sur ce territoire.
- Ces projets sont étroitement liés à des modes de gouvernance territoriale donnés.
- Les observatoires doivent permettre de (re)donner du sens aux actions des pays.

Etant donné ces trois points, seule la mise en place de compétences collectives à l'échelle du territoire de projet va permettre de réaliser l'observatoire.

Bibliographie

- Alvergne C., Taulelle F., *Du local à l'Europe. Les nouvelles politiques d'aménagement du territoire*, PUF, 2002, 304p.
- Cavestro W., Durieux C., Monchatre S. (dir.), *Travail et reconnaissance des compétences*, Economica, 2007, 224p.
- De Sède-MarceauMH., Moine A., Thiam S., Développement d'observatoires territoriaux, entre complexité et pragmatisme, communication aux Rencontres SIG, *La Lettre*, mai 2009, 29p.
- Dubois J., *Les politiques publiques territoriales – la gouvernance multi-niveaux face aux défis de l'aménagement*, Collection ResPublica, Presses universitaires de Rennes, 2009, 216p.
- Le Boterf G., *Construire les compétences individuelles et collectives, agir et réussir avec compétences*, Paris, Éditions d'Organisation, 2006, 272p.
- Le Boterf G., *Travailler efficacement en réseau : Une compétence collective*, Paris, Editions d'Organisation, 2008, 166p.
- Moine A., Le territoire comme un système complexe. Des outils pour l'aménagement et la géographie, *Septième Rencontres de Théo Quant*, janvier 2005, 11p.
- Richebé N., La fabrique des compétences collectives : agencements, ressources et coopération, pp47-60, in Cavestro W., Durieux C., Monchatre S. (dir.), *Travail et reconnaissance des compétences*, Economica, 2007, 224p.

- Tourmen C., Toulemonde J., Former à évaluer : les retombées d'une recherche appliquée, pp87-100 in Jobert G. dir., *Analyses du travail et formation* (1), 2005, n°165 d'Education Permanente, p 87.
- Trépo G., Ferrary M., La gestion des compétences, un outil stratégique, pp345-352, dans P. Cabin in *Les organisations – Etat des savoirs*, Editions Sciences Humaines, 1999, 412 p.

Modélisation des changements territoriaux pour la conception d'un SIG historique du maillage administratif tunisien

Maher Ben Rebah

UMS RIATE, Université Paris-Diderot Paris 7
Chercheur associé à l'UMR 8504 Géographie-cités
maher.benrebah@ums-riate.fr

1. Contexte et objectifs

La gestion de l'historicité est devenue une nécessité dans les systèmes d'information géographique (SIG) destinés à l'aide à la décision pour permettre des études rétrospectives et prospectives du territoire (Langran 1992 ; Bédard 1993 ; Ott et Swiaczny 2001 ; Bordin 2006...). Cependant, l'intégration du temps révèle plusieurs contraintes d'ordre conceptuel et opérationnel. La conception d'un SIG temporel du découpage administratif est intéressante à plus d'un titre. Au niveau thématique, le maillage représente à la fois une grille de collecte et de diffusion des données géographiques et un cadre d'action en matière d'aménagement du territoire. Il reflète, en effet, les contextes économiques, politiques et sociaux du pays. Quant au niveau conceptuel, la structure emboîtée nécessite une formalisation particulière car l'évolution des unités spatiales dans le temps a été conçue essentiellement au niveau élémentaire (Cheylan, Lardon et Libourel 1999 ; Thériault et Claramunt 1999...). A travers l'exemple tunisien, nous proposons une formalisation systémique appropriée à cette structure hiérarchique du maillage et accordant une importance particulière à la notion de changement.

Le papier s'organise en trois temps. Il décrira d'abord, les sources des données utilisées afin de montrer l'importance de la qualité des données géographiques dans l'analyse spatio-temporelle. Ensuite, nous présentons la formalisation systémique des changements territoriaux nécessaire pour la construction d'un dictionnaire de changements. Quant à la troisième partie, elle sera consacrée à l'apport de cette formalisation à l'analyse et à la représentation des données géographiques.

2. Démarche et approche

Source de données

La construction et la mise en cohérence des données sur les changements du découpage administratif est le résultat d'une combinaison de plusieurs sources de données. Nous nous sommes intéressés particulièrement aux textes juridiques (le Journal Officiel de la République Tunisienne J.O.R.T.) pour extraire les données relatives aux changements. Bien qu'ils soient la source officielle, les textes législatifs ne manquent pas d'imperfections. La description partielle et parfois non précise des changements, ainsi que l'inaccessibilité des annexes cartographiques mentionnées dans les textes nécessite un travail fastidieux et exhaustif de vérification. Le corpus construit est ainsi le résultat d'un recoupement minutieux et quasi exhaustif de ces textes.

La conception systémique des changements territoriaux

L'objectif de cette formalisation est de proposer une démarche pour passer d'une suite de changements politiques décrits en termes juridiques à une suite de changements géographiques formalisés dans une base de données à l'aide de règles simples et rigoureuses.

La formalisation proposée se base sur une conception systémique des changements territoriaux. Cette conception systémique s'explique, d'abord, par la structure hiérarchique des unités constituant un « système spatial » dans lequel les entités entretiennent des relations entre elles. Nous distinguons deux types de relations : les relations hiérarchiques ou verticales et les relations de voisinages ou horizontales.

Les relations hiérarchiques se traduisent d'une part, par l'appartenance des unités de rangs inférieurs à des unités supérieures (*bottom-up*) et de l'autre par la composition interne des unités supérieures (*top-down*).

Les relations hiérarchiques structurelles correspondent à des compétences territoriales différentes en termes de décision politique.

Les relations horizontales renvoient essentiellement au voisinage géométrique (la contiguïté). Deux aspects fondamentaux caractérisent ce type de relations : la connexion et déconnexion. L'interaction entre les lieux peut également se traduire par la proximité en distance et la proximité en temps.

La conception systémique se base aussi sur la relation entre les changements. En effet, nous postulons qu'un changement quelconque peut avoir des conséquences diverses en fonction de sa nature et en fonction du niveau territorial où il a eu lieu. Un changement de nom d'une unité administrative ne peut concerner que cette dernière, par contre la scission d'une unité en une ou plusieurs unités provoque une recomposition territoriale dans laquelle plusieurs unités sont impliquées.

La construction d'un dictionnaire des changements territoriaux : du juridique au géographique

Le dictionnaire des changements correspond à la mise en place d'une base de données décrivant les changements territoriaux. Pour faire face à la complexité de la description du changement, nous avons distingué entre : les modes opératoires politiques et leurs conséquences élémentaires (sur l'unité : sa géométrie, son nom, son existence ou vie) et structurelles (les relations horizontales et verticales). L'analyse de l'ensemble des textes juridiques permet d'identifier 7 types de modes opératoires : scission, fusion, ajustement de limites, changement de nom,

changement de centre de décision, rétablissement et changement de rattachement.

3. Résultats

L'apport de cette démarche de formalisation est indéniable tant sur le plan méthodologique que thématique. Le dictionnaire des changements constitue une étape fondamentale pour la construction de séries de données temporelles. Il fournit les clés de passage entre les différentes versions du maillage ce qui permet de faire des études rétrospectives en transposant des données récentes dans un maillage ancien ou des études prospectives en projetant des données anciennes dans un maillage récent.

S'agissant de l'apport en termes d'analyse géopolitique du territoire, le dictionnaire des changements permet d'analyser les stratégies des changements territoriaux qui se traduisent par une alternance entre regroupement et morcellement.

4. Perspectives

La formalisation des changements territoriaux développée à partir du cas de l'évolution du découpage administratif tunisien nécessite une mise à l'épreuve sur d'autres espaces d'études hiérarchiques. Cette validation est en cours de réalisation sur les unités statistiques européennes (NUTS). L'objectif est de construire une description sémantique générique de l'évolution spatio-temporelle des structures spatiales hiérarchiques. La conception d'un système expert capable d'automatiser l'harmonisation des séries temporelles est également une perspective intéressante à développer.



Atelier 17

Analyse spatiale

Detection of Spatial Patterns Using Functional Measures of Clustering

Jean Golayet Mikhail Kanevski

*Institute of Geomatics and Analysis of Risk, University of Lausanne, Switzerland
Jean.Golay@unil.ch*

1. Introduction

Detection of spatial patterns (spatially structured information) in environmental and natural hazard data is of great importance. In many cases, this is a difficult problem because of the multi-scale variability of data, the presence of extremes and outliers and the high clustering of monitoring networks (see Figure 1). Traditionally, geostatistical tools, like variography, are used to characterize spatial structures in data (Kanevski and Maignan, 2004). But variograms are quite sensitive to the problems mentioned above and, in such cases, it is very difficult to detect and to model spatial correlation structures. Some special techniques, like robust variography, removing of extremes, nonlinear transformations of data and regularized variography can help, but it needs deep expert knowledge and many empirical trials.

In the present research, a challenging case study of indoor radon data in Switzerland, which possesses many of the problems mentioned above, is considered. The purpose of this research was to implement a simple working procedure using different point pattern analysis tools (tools used for measuring the degree of clustering of a point pattern) in order to determine their efficiency to detect spatial patterns (i.e. spatially structured information) in comparing original data with random/nonstructured data produced by shuffling original ones.

The fundamental idea is to compare the spatial clustering of a reference random pattern with the raw data clustering at different levels of the measured function (radon concentration) by applying different thresholds to the raw data, i.e. by performing functional analysis of clustering (Lovejoy et al 1987). For the random patterns the values of clustering should not change with a threshold (they can change only due to the changing number of data points used for the estimations). For the structured patterns, increasing clustering with the threshold should be observed until highly clustered extremes or hot spots.

2. Measures of Spatial Clustering

Fundamentally, measures of spatial data clustering can be subdivided into topological measures (Voronoi polygons), statistical measures (Ripley's k-function, Morisita index) and fractal measures (box-counting, sandbox-counting) (Kanevski and Maignan, 2004; Tuia and Kanevski, 2008).

2.1. Fractal measures

"Fractal" comes from the Latin word "fractus" which means "irregular" or "fragmented". It was first used by B. Mandelbrot to describe sets with abrupt and tortuous edges (Mandelbrot, 1982). According to Falconer (2003), a fractal often has the two following features (among others): first, it is self similar (at least approximately or stochastically). It means that it reproduces the same structure at different scales. Secondly, it has a fractal dimension which is usually greater than its topological dimension. For example, if a curve is so tortuous that it partially fills a plane, its fractal dimension is higher than one.

Now, according to Lovejoy and al. (1986) and to Tuia and Kanevski (2008), a fractal dimension can be used to analyse the clustering properties (nonhomogeneity) of a measurement network and is interpreted as the dimensional resolution of the monitoring network.

Two methods are widely used to estimate the fractal dimension of a point pattern: the sandbox method and the box-counting method.

Sandbox Method

In this method, neighbours within a circle of radius R centred on a given measurement point are counted. This operation is completed for every point of the pattern separately and the average number is calculated. Then, the radius R is increased and the algorithm goes on till a

maximum radius is reached. “The average number of neighbours follows a power law:

$$\langle N(R) \rangle \propto R^{df_{sand}}$$

where df_{san} is the fractal dimension of the network measured with the sandbox method” (Tuia and Kanevski, 2008). The value of df_{sand} can be estimated as a slope of the linear regression fitting the data of the plot which relates $\log \langle N(R) \rangle$ to $\log(R)$. An interesting fact is that it is computed as Ripley’s k-function, but the interpretations are quite different. In some cases different slopes (on the plot which relates $\log \langle N(R) \rangle$ to $\log(R)$) can be observed, which demonstrates the multiscale clustering of data. The method is called *functional* sandbox-counting if it is applied several times to the measurement points above given thresholds (it is applied once for each threshold). Then, the dimension depends on the threshold which helps to understand the spatial structure of the phenomena (c.f. Introduction).

Box-Counting Method

In this method, a regular grid of boxes is superimposed on the region under study and the number N of boxes necessary to cover the whole dataset is counted. Then, the length L of the boxes is reduced and the number N is counted again. The algorithm goes on till a minimum length L is reached. “The scales and the number of boxes follow a power law

$$\langle N(L) \rangle \propto L^{-df_{box}}$$

where df_{box} is the fractal dimension of the network measured with the box-counting method” (Tuia and Kanevski, 2008). Consequently, it is possible to consider $-df_{box}$ as the slope of the linear regression fitting the data of the plot which relates $\log \langle N(L) \rangle$ to $\log(L)$. Again, *functional* box-counting is the measure of df_{box} applied to the measurement points above given thresholds.

Conclusion

If the points, for a given functional level, are homogeneously distributed in the studied area, the average number of neighbours within a circle of Radius R increases as R^2 and the number N of boxes of length L necessary to cover the whole dataset decreases as L^2 . Consequently, “the sandbox method allows us to detect the appearance of clustering as a departure from a homogenous situation(…)” (Tuia and Kanevski, 2008). The box-counting method works on the same basis. Moreover, the functional measure of an original pattern compared with the functional measures of random patterns should be able to detect structures in the original data. Note that usually $df_{sand} \neq df_{box}$. The difference comes from the fact that each of the methods has its own advantages and defects, but this doesn’t fall into the competence of this brief summary.

2.2. The Morisita Index of Clustering

In statistics, several indices have been developed to estimate the degree of clustering of a given point pattern.

The Morisita index is one of them and it is computed from the following formula

$$I_D = Q \frac{\sum_{i=1}^Q n_i(n_i - 1)}{N(N-1)}$$

where Q is the number of identical cells necessary to cover the entire studied area, n_i is the number of points in the cell i , N is the total number of points and I_D is the Morisita Index for a chosen cell’s dimension D (related to the number of cells Q). I_D is first calculated for a relatively small cell’s dimension which is then increased till it reaches a chosen value. After that, it is possible to draw a plot which relates every I_D to the matching D . If the points of the pattern are homogeneously distributed on the studied area, every computed I_D varies around the value of 1. If the points are clustered, the empty cells at small scales will increase the value of the index (Kanevski and Maignan, 2004). Once the plot relating I_D to D has been drawn, it is possible to obtain another plot relating $\log(I_D)$ to $\log(D)$. In this research, it appeared that the relation between these two entities might be linear. So, it was hypothesized that instead of using several I_D to characterize the degree of clustering of a point pattern, the slope I_s of the linear regression fitting the data is a good approximation. Like functional sandbox-counting and functional box-counting, the functional Morisita index (based on the slope of the index I_s) is computed only for the measurements above a given threshold of the considered function.

3. The Procedure and the Results

In the present scientific feasibility research only inhabited dwellings and ground floor level of indoor radon data were considered. The distribution of the measurement points in space are presented in Figure 1. The high clustering of the monitoring network is quite evident. In order to perform functional analysis of clustering, the decile thresholds were applied to both the original data and the shuffled data (random data).

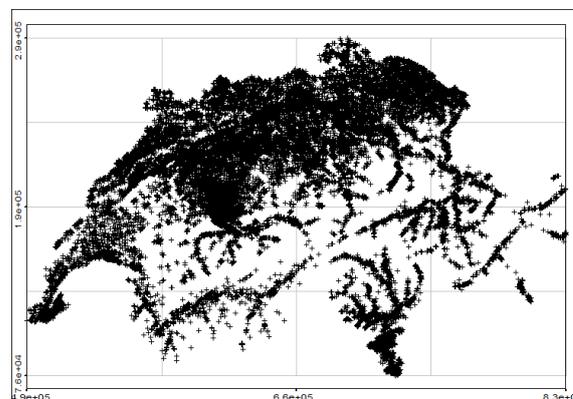


Figure 1 : Postplot of the radon monitoring network

It was found that the functional sandbox-counting method and the functional Morisita index are efficient measures for detecting a structure in the dataset. Figure 2 presents the

main results of the analysis: for sandbox, the slope equals to the fractal dimension. It is easy to observe that the higher the concentrations are, the more clustered the concerned areas are and the greater the difference in functional measures between shuffled and original data is.

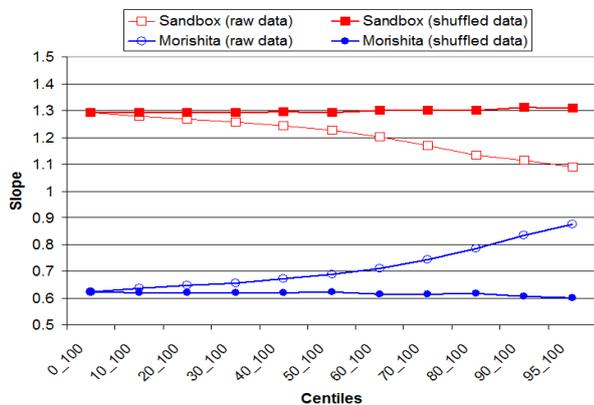


Figure 2 : Functional measures of clustering for raw and shuffled data

The functional box-counting method only detects an inner structure of the dataset for the last upper deciles and, even at this level, the gap between the two curves of the diagram is smaller than what can be noticed with the functional sandbox method and the functional Morisita index.

4. Références bibliographiques

Falconer K., 2003, *Fractal Geometry: Mathematical Foundations and Applications*, WILEY, Chichester (UK).

Kanevski M. and Maignan M., 2004, *Analysis and Modelling of Spatial Environmental Data*, EPFL Press, Lausanne.

Lovejoy S., Schertzer D. and Ladoy P., 1986, Fractal characterization of inhomogeneous geophysical measuring data networks, *Nature*, 319, 43-44.

Lovejoy S., Schertzer D. and Tsonis A., 1987, Functional Box-Counting and Multiple Elliptical Dimensions in Rain, *Science*, 319, 1036-1038.

Mandelbrot B., 1982, *The Fractal Geometry of Nature*, W. H. Freeman, San Francisco.

Tuia D. and Kanevski M., 2008, Environmental Monitoring Network Characterization and Clustering, in Kanevski M. (Ed), *Advanced Mapping of Environmental Data*, ISTE / WILEY, London / Hoboken (USA), 19-46.

Méthodologie d'extraction, géolocalisation et appréhension de la distribution spatiale de l'habitat individuel "détaché" par la méthode des *buffers*: exemple de la première couronne périurbaine rouennaise.

François Raulin

UMR IDEES / Université de Rouen

francois.raulin@yahoo.fr

Depuis la parution de la loi Solidarité et Renouvellement Urbains en 2000, complétée en 2003 par la loi Urbanisme et Habitat, le discours sur l'urbanisme opérationnel s'est teinté d'une dimension environnementale en prônant un meilleur contrôle de l'étalement urbain et donc, une consommation mieux maîtrisée des espaces naturels et agricoles en périphérie des villes. En effet, la problématique environnementale est devenue peu à peu un des enjeux majeurs auxquels la ville doit faire face, notamment au niveau de sa gestion spatiale.

Dans un souci de dépasser le stade de l'incantation, les collectivités locales (communes et intercommunalités) ont été invitées par l'Etat à élaborer à la fois des Plans Locaux d'Urbanisme (P.L.U.) et des Schémas de Cohérence Territoriale (S.C.O.T.) dans lesquels doivent être définies, au nom du principe de développement durable, les modalités d'une croissance urbaine raisonnée. Ces politiques se basent sur une réutilisation des espaces déjà bâtis, notamment au sein des villes-centres, par une reconversion de friches ainsi qu'une rénovation et une réhabilitation de l'habitat urbain; mais elles s'axent également sur une gestion plus stricte des nouveaux terrains à ouvrir à l'urbanisation, principalement au sein des espaces périurbains.

La périurbanisation se nourrit d'une forte dynamique spatiale principalement impulsée par la maison individuelle « détachée », symbole du phénomène d'étalement urbain. Cet habitat individuel, en plus d'être fort consommateur d'espaces, contribue à la faible densification de ces territoires et par conséquent, ceci pose la question d'une meilleure maîtrise foncière. Couplée par des enjeux liés aux déplacements centre / périphérie ainsi

que par ses différents modes de transports associés, le territoire périurbain est en train de devenir bien plus qu'une simple zone dichotomique urbain / rural, en étant un espace mobilisateur d'enjeux urbain, environnemental et politique.

L'objectif de cette communication sera de développer une méthodologie d'identification des habitats individuels détachés dans les communes qui composent l'actuel S.C.O.T. de Rouen/Elbeuf ainsi que les communes limitrophes de ce territoire. En effet, il n'existe actuellement aucun recensement statistique concernant ce type d'habitat qui est confondu avec la mitoyenneté individuelle dans la catégorie « habitat individuel ». Nous nous focaliserons sur la période 2000-2009 pour appréhender les ressorts de la loi S.R.U33., promulguée en 2000, car désormais, l'habitat individuel, dans sa globalité, se retrouve au centre des préoccupations environnementales (consommation spatiale et foncière) mais aussi urbaines où l'on tente d'articuler ce type d'habitat à des projets d'aménagement local, emphase avec la vie communale. Après avoir identifié ce type d'habitat et isoler toutes les constructions réalisées entre 2000 et 2009, nous analyserons sa distribution spatiale au sein des communes de l'aire d'étude en appliquant la méthode des *buffers*³⁴ où nous essayerons d'identifier spatialement des proximités fonctionnelles entre les zones de nouvelles constructions et l'offre de services publics ainsi que l'offre commerciale.

La première étape méthodologique de cette étude commencera par le traitement de la base de données

³³ Loi S.R.U. : Solidarité et Renouvellement Urbain

³⁴ *Buffer* : zone tampon

« SITADEL II³⁵ » qui recense l'ensemble des dépôts de permis de construire d'une commune, en nous renseignant sur leurs différents états (du dépôt du permis à l'achèvement des travaux), leur adresse, leur type de construction, leur superficie de terrain ou encore leur S.H.O.N.³⁶ Cette identification des permis de construire concernant les constructions de maisons individuelles détachées se basera sur une grille de lecture déductive où plusieurs variables renseignées susceptibles de nous informer sur le type d'habitat individuel seront détaillées. Nous sélectionnerons uniquement les permis de construire dont l'état sera dit « terminé » ou « chantier ouvert », s'inscrivant alors dans une approche visuelle et visible du phénomène et occultant les constructions non achevées ou non commencées. Ensuite, la deuxième étape de cette méthode d'analyse se concentrera sur l'extraction des permis de construire via le logiciel de géocodage « Géocodeur Universel » où ils seront géocodés, dans un premier temps, en X et Y et, dans un second temps, ils seront géolocalisés à l'adresse ou à la rue selon la précision des renseignements de permis de construire enregistrés dans le registre communal et retranscrits dans la base de données « SITADEL II ». On détaillera alors les paramètres utilisés lors de cette extraction de données qui sera intégrée dans un système d'information géographique. Enfin, dans un troisième et dernier temps, nous créerons des zones tampons (buffers) de maisons individuelles détachées géolocalisées à partir de lieux de services publics (écoles élémentaires, collèges et lycées; arrêts de bus et arrêts de métro ; gares SNCF ; accès autoroutiers et accès de voies rapides) et de lieux commerciaux (supermarchés, centres-bourg commerciaux périurbains). Les distances métriques retenues pour les zones tampons seront de l'ordre de 200 et 500 mètres pour les arrêts de transports en communs et les équipements scolaires ; et de l'ordre de 500, 800 et 1500 mètres pour les équipements commerciaux ainsi que les accès autoroutiers. Nous étayerons l'hypothèse de départ qui est d'identifier des embryons de proximité fonctionnelle entre les nouvelles constructions d'habitats individuels détachés et de lieux d'équipements publics ou commerciaux à l'échelon communal ainsi qu'intercommunal.

Les principaux résultats observés montrent, dans l'ensemble, une distribution spatiale des nouvelles constructions en corrélation avec ces lieux de services publics et commerciaux, surtout en dessous d'un rayon des 500 mètres si on les isole avec les axes de communications (routier ou transport public) assurant la jonction entre ces deux variables. Ces observations statistiques et visuelles posent l'hypothèse d'une politique communale volontariste qui voudrait que les nouvelles constructions (notamment sous forme de lotissements) soient mieux intégrées sur un plan urbain mais aussi social à la vie communale. Par conséquent, les documents d'urbanisme en sont un exemple révélateur et nous analyserons le P.L.U. de la commune de Morgny-la-Pommeraye (située à 15 kilomètres au nord-est de Rouen) en mettant en évidence ces nouvelles proximités fonctionnelles communales et intercommunales.

³⁵ SITADEL : Système d'information et de traitement automatisé des données élémentaires sur les logements et les locaux.

³⁶ S.H.O.N. : Surface Hors Œuvre Nette.

Références bibliographiques

Agglomération de Rouen, 2007, *La périurbanisation, réflexion sur la consommation d'espaces*, Observatoire de l'Habitat de l'Agglomération rouennaise.

Chevalier, J. (dir), 2010, *L'étalement urbain, un processus incontrôlable ?*, P.U.R.

Jaillet, M.C, 2003, La maison individuelle : de la distinction à la banalisation, in Apump et Iet (dir.), *La ville étalée en perspective*, Champ social éditions, pp 91-97.

Population and facilities, do they really scale? Empirical test and exploratory data analysis on French municipal data

Quelles invariances d'échelle entre population et équipements?
Test empirique et analyse exploratoire sur données communales françaises

Baptiste Hautdidier et Vanessa Kuentz

Cemagref, UR ADBX, F-33612 Cestas Cedex, France
Baptiste.Hautdidier@cemagref.fr

KEYWORDS

Scaling relationships • location theories • density • power law

Abstract

Social scientists have often mixed feelings when physicists venture in their supposed field of expertise. But when fresh views are proposed on location theories developed at the crossing of economics and geography since the mid-XIXth century, they cannot be so easily dismissed as 'disincarnate', 'abstract' or 'irrelevant'. With a focus on density—rather unusual in the literature—and elegant theoretical proposals, recent works by (Gastner et al., 2006) and (Um et al., 2009) fall in such a category.

Their argument is the following: (i) there is a relationship between the density of population (ρ) and facilities (D) of the form $D \approx \rho^a$; (ii) the optimal values of a are either 1 or 2/3, whether the facilities are respectively of a commercial or a public kind; (iii) a simple model can account for the latter kind. We will not question here the model itself, but focus instead on the empirical assessment on which the analysis is buttressed, that appears problematic in at least two dimensions: the treatment of scale, the public/private conceptual division.

Humans and their activities are unevenly spread on the globe, resulting from such interwoven processes (through the use of resources and amenities, associating economic development, the rise of urbanization and metropolization, and historical contingencies) that establishing robust relationships between the density of population and facilities is not a straightforward endeavour. Even as a starting point, an empirical focus at the level of administrative regions entails specific dangers. Social processes such as those driving the patterns of human settlements typically exhibit some degrees of spatial autocorrelation that are

not necessarily captured by political zonings, thus resulting in inconsistencies during upscaling. As well, the scarcity of a given facility—and its more or less metropolitan nature—has to be taken into account. As a result, establishing the empirical relationship at the level of large administrative regions is not equivalent to an analysis at a local municipal level, especially when considering facilities as diverse as universities, post offices or small grocery stores.

We wish here to address the following questions: can the location patterns of a given facility in a country be reasonably summarized by a power law of population density? If yes, does the a coefficient fit in a $[2/3 ; 1]$ interval? Are those empirical values in coherence with the public and private theoretical optima? Is it possible to identify groups of facilities that, irrespective of this public/private divide, share similar location patterns? What are the most appropriate statistical methods to explore such relationships?

Basing our discussion on a statistical analysis of French local data, the '*Base Permanente des Équipements 2008*' on metropolitan France, covering more than 140 types of public and commercial facilities in 36615 municipalities, we follow two distinctive strategies:

(i) *Aspatial but hierarchical*. Starting with a linear regression for a given facility, we fit the model on municipalities where it is actually present (due to the need of log-transforming the data). We then introduce multilevel models (Gelman et al., 2007), that take into account population densities at the levels of both municipalities and upper-level administrative regions (here the *départements*, or Eurostat NUTS3).

(ii) *Spatially explicit*. After attributing point locations to each facility, we construct new tessellations (clipped Voronoi maps in ESRI ArcInfo) approximating

potential attraction basins in a continuous Euclidean space. Estimating the populations covered by these basins with two methods, we are thus able to build a new tabular dataset of population and facility densities, on which we fit linear models..

The interpretation of results from the aspatial models has first to take into account presence/absence thresholds for each facility (with logit models able to identify zero-density areas). In this complicated process, the multilevel models only slightly outperform the classic linear regressions. The 'Voronoi' method, while computationally demanding, bears much more straightforward results, with relevant α values for most of the facilities.

We discuss how these discrepancies affects the empirical outcomes in a restricted set of facilities— α values for *eg.* nursery schools (*maternelles*) are close to 1 in the 1st method but to 2/3 in the 2nd—as well as their statistical causes and their possible interoperability. Relying on the 2nd method for the detailed analysis, we confirm a general public/private trend but identify groups of facilities that, while of a public nature, scale proportionally with population density. We also discuss non-trivial patterns, such as very low α values for commercial facilities such as hypermarkets, or why very similar facilities may bear very different location patterns (*eg.* car repair vs. care rental). In a final step, we propose a refined typology—based on location patterns—of the facilities, relying on novel techniques of variable classification.

Références :

Gastner M.T. ; Newman M.E.J. (2006) Optimal design of spatial distribution networks. *Physical Review E*, vol. 74, n° 016117.

Gelman A. ; Hill J. (2007) *Data Analysis Using Regression and Multilevel/Hierarchical Models*. Cambridge University Press, Cambridge.

Um J. ; Son S.-W. ; Lee S.-I. ; Jeong H. ; Kim B.J. (2009) Scaling laws between population and facility densities. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 106, n° 34, p. 14236-14240. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.0901898106>