

Treizièmes Rencontres de

Théo Quant



Nouvelles approches en Géographie Théorique & Quantitative

Besançon, 17-19 Mai 2017

Nouvelles approches en Géographie
Théorique et Quantitative

Résumés
des communications

Sommaire

	Conférences en séance plénière	3
Atelier 1	Modélisation et simulation urbaine (1)	4
Atelier 2	Modélisation et analyse de dynamiques spatiales	25
Atelier 3	Evaluation territoriale	37
Atelier 4	Modélisation et simulation urbaine (2)	57
Atelier 5	Appréhender les temps longs du territoire	81
Atelier 6	Analyse de textes, de discours et de productions scientifiques	101
Atelier 7	Statistique pour l'analyse des territoires	122
Atelier 8	Géographie et démographie	146
Atelier 9	Observation territoriale	168
Atelier 10	Mobilité et transport	187
Atelier 11	Dynamiques de localisation des activités et dynamiques urbaines	204
Atelier 12	Paysage, écologie du paysage	221
Atelier 13	Dynamiques spatiales et interactions sociales	235
Atelier 14	Stratégie et mobilité	251
Atelier 15	Simulation à base d'agents	266
Atelier 16	Simulation et mobilité	282
Atelier 17	Risques naturels et vulnérabilité	297
Atelier 18	Analyse des comportements et dynamiques spatiales	315

Partenaires des Treizièmes Rencontres de Théo Quant

Laboratoire ThéMA



Université de Franche-Comté



Ville de Besançon



Région Bourgogne - Franche-Comté



Conférences en séance plénière

Gilles PINSON

Sciences Po Bordeaux

Conférence mercredi 17 Mai, 10h30-12h00

La smart city est-elle le nouveau cheval de Troie du néolibéralisme urbain ?

Francisco ESCOBAR

University of Alcalá

Department of Geology, Geography and Environment

Conférence jeudi 18 Mai, 08h30-10h00

Geographic cellular automata beyond land-use – healthier school zones modeling

Conférence vendredi 19 Mai, 08h30-10h00

Atelier 1

Modélisation et simulation urbaine (1)

Exploration trans-échelles d'une ville nouvelle à l'aide de l'analyse multiradiale

Olivier Bonin¹, Pierre Frankhauser²

Université Paris Est – LVMT UMR T 9403 – IFSTTAR¹

Laboratoire ThéMA

UMR 6049 CNRS - Université Bourgogne Franche-Comté²

Mots-clefs - Analyse fractale, analyse multi-échelles, ville nouvelle, structure du bâti

Introduction

L'analyse spatiale du bâti repose généralement sur des indicateurs de caractéristiques morphologiques absolues des bâtiments (taille, élongation, compacité, orientation) ou relatives (espacements, positions par rapport au voisinage, position par rapport au réseau), dont on calcule ensuite la distribution statistique, ou quelques résumés de cette distribution, comme la moyenne et l'écart-type. Ces mesures sont efficaces pour décrire l'aspect du tissu bâti (Regnault 2002, Sabo et al. 2005), mais souffrent d'une limitation importante : elles sont purement locales, et ne disent rien, ou presque, de l'organisation spatiale du

bâti à d'autres échelles qui sont celles des quartiers. On peut dans ce cas recourir à d'autres indicateurs, à l'échelle des îlots, comme différentes définitions empiriques de la densité ou de la compacité. D'un côté, l'ensemble des indicateurs locaux décrit les briques urbaines comme des bâtiments isolés, en faisant abstraction de leur environnement, à l'exception des plus proches voisins. De l'autre côté, l'ensemble des indicateurs de zone utilisent des mesures agrégées, qui ne tiennent pas compte de l'organisation spatiale des éléments dans ces zones, la densité étant l'exemple par excellence d'une mesure qui gomme complètement les particularités locales (Figure 1).

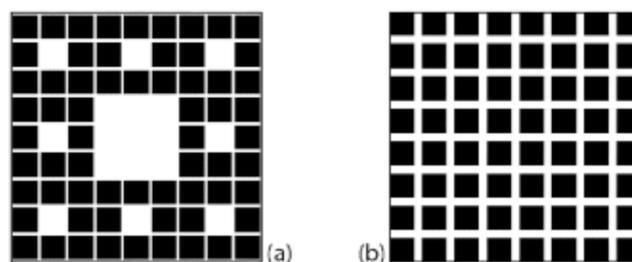


FIGURE 1 – les deux images (a et b) ont exactement la même densité, mais des répartitions spatiales des masses différentes : fractales (a) et uniforme (b) (tiré de Thomas et al. 2008).

Dans cette approche classique de l'analyse spatiale, l'articulation explicite entre le local et le global fait défaut. Plutôt que d'introduire des dépendances entre forme des bâtiments et configurations spatiales, d'autres approches, naturellement trans-échelles, permettent de décrire de manière

unifiée les organisations spatiales emboîtées (Frankhauser 2015). D'un point de vue empirique, l'approche fractale, en limitant les gammes d'échelles de la microstructure urbaine à celle de l'agglomération, permet de rendre compte de la taille, forme et orientation du bâti, mais aussi des îlots, jus-

qu'à la taille, forme et orientation des quartiers et de l'agglomération dans son inscription dans la topographie et l'orographie. Comme dans une classification ascendante hiérarchique, la description des formes par la géométrie fractale prend tout son sens lorsqu'on analyse le territoire de manière globale : une coupe à une échelle donnée ne permet pas de développer une vue d'ensemble.

Question de recherche

Dans cette communication, nous cherchons à explorer, par analyse spatiale, différentes interventions urbaines dans la ville nouvelle de Cergy Pontoise (Girard 2003). Comme la plupart des villes nouvelles, Cergy-Pontoise s'est ancrée sur un réseau de villes existantes, mais a fait l'objet d'un aménagement volontaire et coordonné. Le résultat est un assemblage de divers types d'urbanisme : noyaux historiques, zones urbaines ayant fait l'objet de densification (ville sur la ville), quartiers plus récents, grands gestes urbanistiques, architecture « Le Corbusier » (refus de la rue), zones pavillonnaires, etc. Cergy Pontoise est en outre située autour d'une boucle de l'Oise, sur un terrain en forte déclivité. Ces particularités induisent une forme urbaine tout à fait singulière, ne pouvant être comprise si on se limite à une approche fonctionnaliste. Un tel patchwork ne se caractérise pas par des valeurs remarquables des indicateurs de forme locale des bâtiments, pas plus que par des valeurs remarquables de diverses mesures de densité. Par ailleurs, les différentes formes d'urbanisme sont articulées, et ne peuvent être extraites par zonage. Nous faisons l'hypothèse qu'en adop-

Ces analyses ont été réalisées en utilisant le logiciel FracGis développé à TheMA par Gilles Vuidel sous la direction de Pierre Frankhauser et Cécile Tannier. Les données vectorielles de la BDTopo de l'IGN ont été rasterisées au pas de 4 m. Le découpage des IRIS est également utilisé pour projeter les résultats des analyses sur le maillage du re-

tant le cadre multi-échelle de l'analyse fractale, nous pouvons mettre en évidence différents types de tissu caractéristiques de l'agglomération. Etant donné la prépondérance du voisinage et du contexte local, nous avons choisi la méthode d'analyse multiradiale (Frankhauser 2015).

Données et méthodologie

L'analyse multiradiale est une généralisation de l'analyse radiale. L'analyse radiale informe sur l'organisation spatiale autour d'un site bâti choisi. Elle consiste à compter le nombre de sites occupés qui se trouvent à une distance e inférieure du site choisi (figure 2 a). En faisant progressivement varier le rayon d'analyse e on obtient une relation qui permet de vérifier si l'occupation de l'espace par le bâti correspond à une loi fractale et d'estimer les paramètres associés notamment la dimension fractale (cf. par exemple Frankhauser 1997). D'un point de vue mathématique il s'agit d'une dimension locale directement associée au point de comptage choisi. En estimant la dimension sur des fourchettes de distances différentes, les valeurs peuvent dépendre de cette portée d'estimation car on intègre dans l'information une plus ou moins grande étendue autour du point de comptage. Faire varier la portée d'estimation peut ainsi nous apporter des informations nuancées par rapport à la configuration spatiale à travers les échelles. Dans une analyse multiradiale cette méthode est appliquée pour chaque site occupé par le bâti (figure 2 b). En introduisant des classes de dimensions il est possible de visualiser les résultats sous forme d'une représentation cartographique (Frankhauser 2015).

censement.

Résultats

Afin d'explorer l'organisation spatiale du tissu bâti de Cergy Pontoise, nous avons utilisé quatre portées caractéristiques :

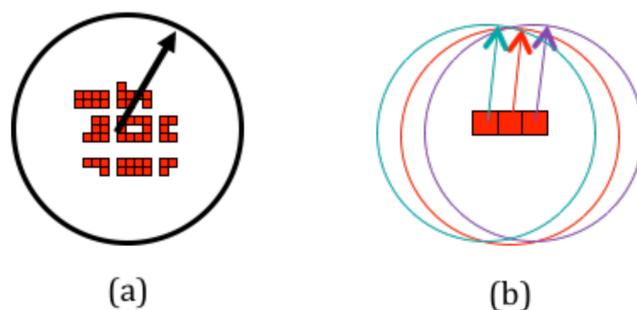


FIGURE 2 – principe de l’analyse radiale de portée (gauche) et de l’analyse multiradiale (droite)

- la portée de 1500 mètres prend en compte de manière dominante la position relative des bâtiments entre eux et par rapport au vide. Elle limite l’intrusion de l’échelle intra-îlot dans les résultats ; son analyse prend tout son sens à l’échelle de l’agglomération ;
- la portée de 750 mètres, intermédiaire, mélange forme et contenu des îlots, et forme et position des bâtiments ; le vide a moins d’influence, et la variété des bâtiments et des vides dans les îlots est particulièrement déterminante ;
- la portée de 500 mètres, plus locale, met l’accent sur les positions relatives des bâtiments, ainsi que sur les liens aux bordures ;

Les dimensions moyennes sont caractéristiques des cœurs urbanisés préexistants : Cergy (3), Vauréal (4), Menucourt (1), etc. En effet, ces derniers sont caractérisés par une diversité de la taille des bâtiments (bâtiments public, etc.), une hiérarchie de la voirie, de grandes places, et donc une hiérarchie des vides. Les dimensions élevées sont caractéristiques des franges : uniformité du bâti, moins d’espaces vides (volonté d’arrondir la bordure, optimisation de l’espace restant), voisinage du vide qui engendre un contraste mono-échelle. Enfin, les dimensions basses sont caractéristiques d’un tissu urbain préexistant moins structuré et qui a fait l’objet de moins d’interventions urbanistiques : les petits villages – Boisemont (2). Ajoutons que la ville nou-

- la portée de 300 mètres met en évidence l’influence de l’environnement des bâtiments sur chaque site ; les grands bâtiments peuvent présenter des variations locales de dimension.

La particularité de la méthode d’analyse à l’aide de l’approche multiradiale consiste à cartographier, pour chaque site construit, la dimension locale (y compris infra-bâtiment) calculée sur la grille réalisée pour l’analyse.

Echelle de l’agglomération (1500 m)

La carte des dimensions calculées avec une portée de 1500 mètres met en évidence trois types de tissus urbains (Figure 3).

velle (hors dalle de Cergy-Préfecture) est caractérisée par des dimensions fractales supérieures à 1,5, ce qui traduit un urbanisme tendant vers une certaine uniformité.

Echelle des quartiers (750 m et 500 m)

La dimension fractale à cette échelle est une mesure de régularité globale des îlots : habitat très irrégulier de dimension faible (y compris dans les franges, auxquelles leur position isolée donnait à 1500 m une dimension élevée). Le pavillonnaire, quelle que soit son implantation, a une dimension élevée (uniformité interne des îlots forte). La taille des bâtiments commence à intervenir : les grands bâtiments ont une dimen-

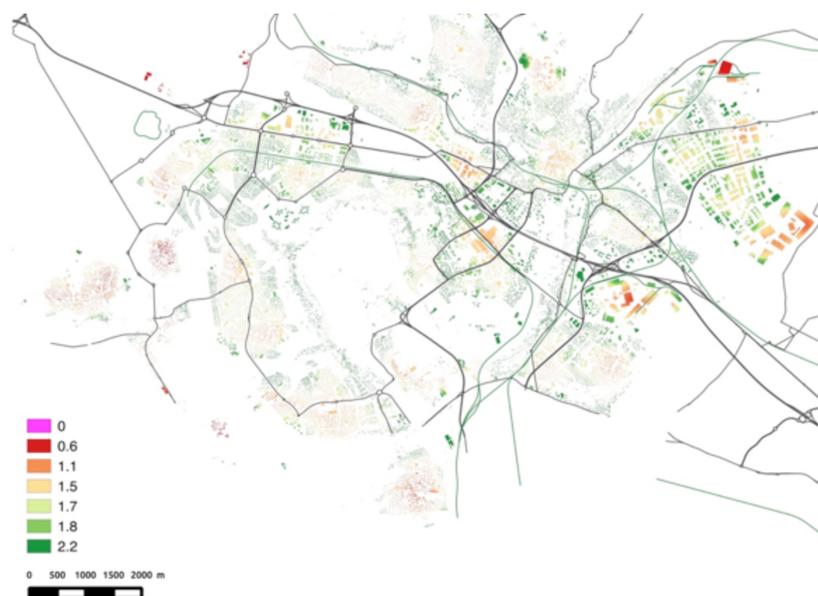


FIGURE 3 – carte des dimensions fractales locale calculées par méthode multi-radiale (portée 1500 m)

sion fractale plus faible. La dalle et le quartier de Cergy-Préfecture (Figure 4) apparaît avec une dimension forte : uniformité

du tissu (malgré un artefact sur la dalle proprement dite).

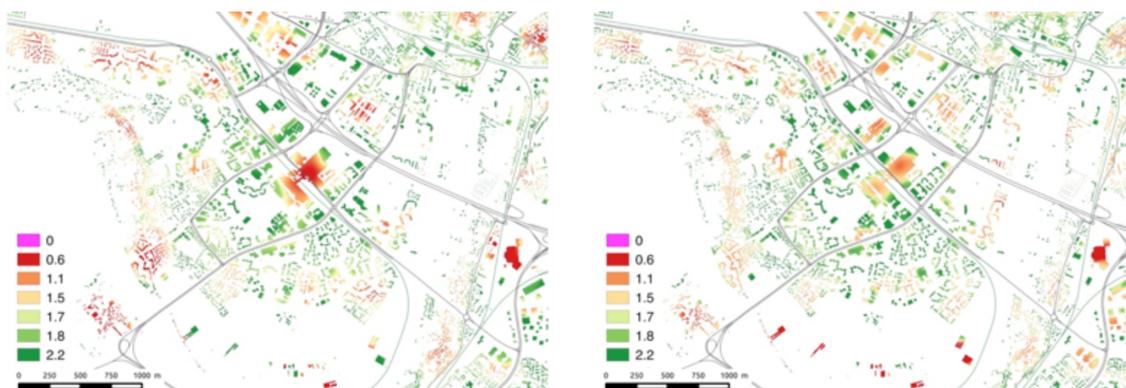


FIGURE 4 – carte des dimensions fractales locales sur Cergy-Préfecture calculées par méthode multi-radiale (portée 750 m, gauche et 500 m, droite)

Le reste du tissu urbain individuel existant, de type morphologique plus semblable, se distingue principalement par sa connectivité à son entourage : une meilleure connectivité augmente nettement la dimension fractale. Les quartiers de bâtiments collectifs ont des dimensions très faibles : beaucoup plus de vides, et des positions relatives des bâtiments les uns par rapport aux autres très contrastées.

Le tissu de bâtiments individuels dans des villages structurés comme Vauréal (Figure 5) apparaît très régulier (dimension élevée), donc uniforme. La présence de grands bâtiments insérés dans cette structure fait diminuer localement la dimension fractale. Comme dans le reste de l'agglomération, les dimensions très faibles correspondent à de l'habitat individuel faiblement structuré.

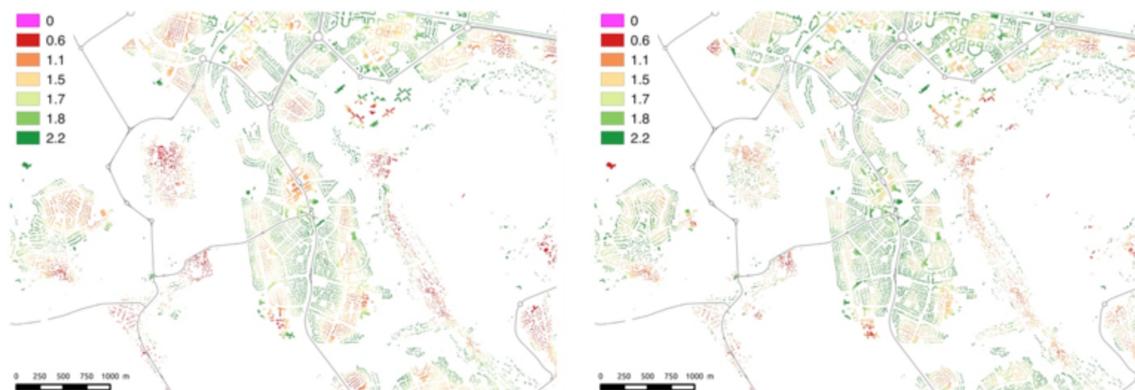


FIGURE 5 – carte des dimensions fractales locale sur Vauréal calculées par méthode multi-radiale (portée 750 m, gauche et 500 m, droite)

Echelle Locale (300 m)

En utilisant une portée plus réduite (300 m, figure 7), on distingue dans le quartier de Cergy Saint-Christophe les bordures des îlots dont les dimensions sont plus faibles. L'intérieur des îlots est plus uniforme. Ces caractéristiques sont présentes quel que soit le contexte urbanistique. Les dimensions des grands bâtiments deviennent assez éle-

vées par rapport aux autres fourchettes d'estimation (nord de la figure 7), car alors l'uniformité de l'intérieur du bâtiment l'emporte sur les variations extérieures. En revanche pour des petits bâtiments isolés les dimensions sont proches de zéro, on s'approche de la logique du point isolé car les bâtiments voisins ne sont plus pris en compte.



FIGURE 6 – carte des dimensions fractales locales sur Cergy Saint-Christophe calculées par méthode multi-radiale (portée 300 m)

Projection des analyses sur les IRIS

Pour caractériser les zones, on calcule la moyenne des dimensions fractales des ob-

jets contenus dans chaque zone. Notons que cette moyenne des dimensions n'est pas une dimension moyenne, mais un indicateur qu'on lira en relatif. La distribution

des densités n'est pas symétrique ; les fortes valeurs (uniformité) sont plus fréquentes que les faibles valeurs. Les IRIS tirés vers les dimensions basses correspondent à des

IRIS périphériques possédant un mélange de petits et grands bâtiments, irrégulièrement disposés, ou relativement vides.

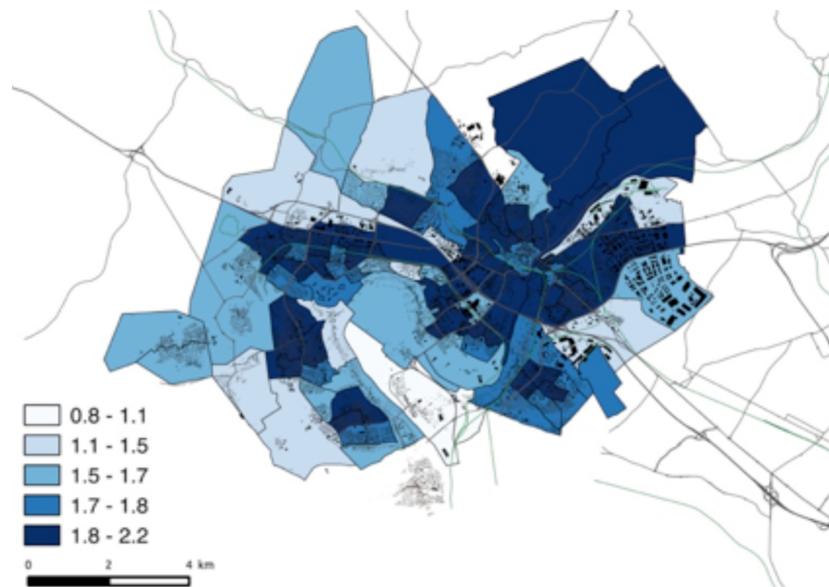


FIGURE 7 – : carte de la moyenne des dimensions fractales (portée 750 m) sur des IRIS

Les IRIS possédant des zones urbanisées structurées (Vauréal, Cergy-Préfecture – sauf la dalle, Cergy Saint-Christophe et une partie de la zone d'activité à l'est) apparaissent posséder des éléments ayant une dimension fractale en moyenne plus importante que les autres IRIS. A contrario, les IRIS possédant de l'habitat individuel de densité comparable, mais de moindre régularité spatiale, sont au milieu de la gamme de valeurs. Enfin, les IRIS très irréguliers, soit par un mélange de tailles et de position relative des bâtiments, soit du fait d'un habitat plus irrégulier (Neuville sur Oise) apparaissent avec des valeurs faibles. Les zones de plus fortes valeurs sont soit les zones créées par la ville nouvelle, soit celles densifiées et restructurées lors des opérations d'aménagement. Bien que la dimension fractale des éléments constituant ces zones soit variable (ce ne sont pas des zones homogènes), et bien que le découpage en IRIS ne prenne pas en compte de critère morphologique, les éléments saillants ressortent tout de même.

Références

- FRANKHAUSER P., 1997 : "L'analyse fractale, un nouvel outil pour l'analyse spatiale des agglomérations urbaines", *Population*, n°4, pp.1005-1040.
- FRANKHAUSER P., 2015 : "From Fractal Urban Pattern Analysis to Fractal Urban Planning Concepts." in : Helbich M. et al. (eds.) : "Computational Approaches for Urban Environments, Geotechnologies and the Environment" 14, Springer International Publishing Switzerland DOI 10.1007/978-3-319-11469-9 pp. 13-48
- GIRARD V., 2003 : C'était la ville nouvelle : récit de la fondation de Cergy-Pontoise, Somogy Paris, ISBN 2850566179.
- REGNAULD N., 2002, "Généralisation des bâtiments". Ruas A. (Ed.) : *Généralisation et Représentation Multiple. Paris, Hermes science publications*, p.257-272.
- SABO M.N., CARDENAS A., BEDARD Y. et BERNIER E., 2005 : "Introduction du concept de patrons géométriques et application aux bâtiments afin de faciliter leur

généralisation cartographique à la volée." *Geomatica*, Vol. 59(3), p. 295-311.

THOMAS I., FRANKHAUSER P., BIER-NACKI C., 2008 : "The morphology of

built-up landscapes in Wallonia (Belgium) : a classification using fractal indices", *Landscape and Urban Planning*, n° 84, pp. 99- 115.

Co-construire Modèles, Etudes Empiriques et Théories en Géographie Théorique et Quantitative : le cas des Interactions entre Réseaux et Territoires

Juste Raimbault

UMR CNRS 8504 Géographie-cités

UMR-T 9403 IFSTTAR LVMT

Mots-clefs - Co-construction des Connaissances, Méthodologie de la Géographie Théorique et Quantitative, Interaction entre Réseaux et Territoires

Introduction

La construction de théories géographiques, dans le cadre d'une Géographie Théorique et Quantitative, s'effectue par itérations dans une dynamique de co-évolution avec les efforts empiriques et de modélisation [Livet et al., 2010]. Parmi les nombreux exemples, on peut citer la théorie évolutive des villes (co-construite par un spectre de travaux s'étendant par exemple des premières propositions de [Pumain, 1997] jusqu'aux résultats matures présentés dans [Pumain, 2012]), l'étude du caractère fractal des structures urbaines (par exemple de [Frankhauser, 1998] à [Frankhauser, 2008]) ou plus récemment le projet Transmondyn visant à enrichir la notion de transition des systèmes de peuplement (ouvrage à paraître).

Cette communication propose un format original en s'inscrivant dans cette lignée, par la synthèse de différents travaux empiriques et de modélisation menés conjointement avec l'élaboration d'appareils théoriques visant à mieux comprendre les relations entre territoires et réseaux de transports. L'originalité de cette contribution réside à la fois dans la synthèse de travaux très divers pourtant reliés en filigrane, et dans la proposition d'une théorie géographique spécifique s'appuyant sur cette synthèse en seconde partie.

Pourquoi une théorie et des modèles de co-évolution

Notre première entrée prend un point de vue d'épistémologie quantitative pour tenter d'expliquer le fait que, si la co-évolution entre territoires et réseaux a par exemple été prouvée par [Bretagnolle, 2009], la littérature est très pauvre en modèles de simulation endogénéisant cette co-évolution. Une exploration algorithmique de la littérature a été menée dans [Raimbault, 2015b], suggérant un cloisonnement des domaines scientifiques s'intéressant à ce sujet. Des méthodes plus élaborées ainsi que les outils correspondants (collecte et analyse des données), couplant une analyse sémantique au réseau de citations, ont été développées pour renforcer ces conclusions préliminaires [Raimbault, 2016c], et les premiers résultats au second ordre semblent confirmer l'hypothèse d'un domaine peu défriché car à l'intersection de champs ne dialoguant pas nécessairement aisément. Ces premiers résultats d'épistémologie quantitative confirment l'intérêt d'une modélisation couplant des processus relevant de différentes échelles et domaines d'études, et surtout l'intérêt de l'élaboration d'une théorie propre.

Etudes empiriques

A l'échelle mesoscopique, des processus d'agrégation-diffusion ont été prouvés suffisant pour reproduire un grand nombre

de formes urbaines avec un faible nombre de paramètres, calibrés sur l'ensemble du spectre des valeurs réelles des indicateurs de forme urbaine pour l'Europe. Ce modèle simple a pu, à l'occasion d'un exercice méthodologique explorant la possibilité de contrôle au second ordre de la structure de données synthétiques [Raimbault, 2016b], être couplé faiblement à un modèle de génération de réseau, démontrant une grande latitude de configurations potentiellement générées. L'exploration de différentes heuristiques autonomes de génération de réseau a par ailleurs été entamée [Raimbault and Gonzalez, 2015], pour comparer par exemple des modèles de croissance de réseau routier basés sur l'optimisation locale à des modèles inspirés des réseaux biologiques : chacun présente une très grande variété de topologies générées. A l'échelle macroscopique, un modèle simple de croissance urbaine calibré dynamiquement sur les villes françaises de 1830 à 2000 (base Pumain-Ined) a permis de démontrer l'existence d'un effet réseau de par l'augmentation de pouvoir explicatif du modèle lors de l'ajout d'un effet des flux transitant par un réseau physique, tout en corrigeant le gain dû à l'ajout de paramètres par la construction d'un Critère d'Information d'Akaike empirique [Raimbault, 2016e]. Cet ensemble de modèles se positionne avec un objectif de parcimonie et dans une perspective d'application en multi-modélisation. Dans une démarche basée-agent plus descriptive et donc par un modèle plus complexe, [Le Néchet and Raimbault, 2015] décrit un modèle de co-évolution à l'échelle métropolitaine (modèle Lutecia) qui inclut en particulier des processus de gouvernance pour le développement des infrastructures de transport. Même si ce dernier modèle est toujours en exploration, les premières études de la dynamique montre l'importance du caractère multi-niveau du développement du réseau de transport pour obtenir des motifs complexes de réseaux et de collaboration entre agents. L'ensemble de ces premiers efforts de modélisation, bien qu'ils ne soient pas majoritairement centrés sur des modèles de co-évolution à propre-

ment parler, supportent les premiers fondements théoriques que nous proposons par la suite.

Construction d'une Théorie Géographique

En se basant sur les travaux précédents, nous proposons de joindre deux entrées pour la construction d'une théorie géographique ayant un focus privilégié sur les interactions entre territoires et réseaux. La première est par la notion de morphogénèse, qui a été explorée d'un point de vue interdisciplinaire dans [Antelope et al., 2016]. Pour notre part, la morphogénèse consiste en l'émergence de la forme et de la fonction, via des processus locaux autonomes dans un système qui exhibe alors une architecture auto-organisée. La présence d'une fonction et donc d'une architecture distingue les systèmes morphogénétiques de systèmes simplement auto-organisés (voir [Doursat et al., 2012]). De plus, les notions d'autonomie et de localité s'appliquent bien à des systèmes territoriaux, pour lesquels on essaye d'isoler les sous-systèmes et les échelles pertinentes. Les travaux sur la génération de forme urbaine calibrée par des processus autonomes, les premiers travaux sur la génération de réseaux par de multiples processus également autonomes, et des travaux plus anciens étudiant un modèle simple de morphogénèse urbaine qui suffisait à reproduire des motifs de forme stylisés [Raimbault et al., 2014], nous suggèrent la possible existence de tels processus au sein des systèmes territoriaux. D'autre part, le cadre d'une théorie évolutive des villes est plébiscité par nos résultats empiriques, qui montrent le caractère non-stationnaire, hétérogène, multi-scalaire des systèmes urbains. Pour rester le plus général possible, et comme nos résultats à la fois empiriques et de modélisation (génération de formes quelconques par le modèle d'agrégation-diffusion par exemple) s'appliquent aux systèmes territoriaux en général, nous nous plaçons dans le cadres de territoires humains de Raffestin [Raffestin, 1988], c'est à dire "la conjonction d'un pro-

cessus territorial avec un processus informationnel”, qui peut être interprété dans notre cas comme le système complexe socio-technoenvironnemental que constitue un territoire et les agents et artefacts qui y interagissent. L’importance des réseaux est soulignée par nos résultats sur la nécessité du réseau dans le modèle de croissance macroscopique : nous proposons alors de parler de Systèmes Territoriaux Complexes en Réseaux, en ajoutant au plongement du territoire dans la théorie évolutive la particularité qu’il existe des composantes cruciales qui sont les réseaux (de transport en l’occurrence), dont l’origine peut être expliquée par la théorie territoriale des réseaux de Dupuy [Dupuy, 1987]. Nous spéculons alors l’hypothèse suivante afin de réconcilier nos deux approches : **l’existence de processus morphogénétiques dans lesquels les réseaux ont un rôle crucial est équivalente à la présence de sous-systèmes dans les systèmes territoriaux complexes en réseaux, qu’on définit alors comme co-évolutifs.** Cette proposition a de multiples implications, mais devrait guider notamment les travaux de modélisation vers une méthodologie modulaire et de multi-modélisation afin d’essayer d’exhiber des processus morphogénétiques, et les travaux empiriques vers une étude plus poussée des corrélations, causalités (dans le cas de séries temporelles) et recherche de décompositions modulaires des systèmes.

Futurs Développements

Cet exercice permet d’illustrer la co-construction d’un matériel quantitatif (études empiriques et modélisation) et d’un matériel théorique, puisqu’il est clair que les directions de recherche dans chacun des points ci-dessus ont été construites progressivement, par itérations et allers-retours entre les trois domaines : la conception de modèles de simulation complexes résulte d’un cadre théorique englobant les paradigmes de la complexité, la recherche empirique de propriétés de non-stationnarité également, tandis que les modèles hybrides

sont construits et calibrés par les faits stylisés et données empiriques. Notre théorie est bien sûr bien loin d’être mature, mais son existence permet déjà de guider les analyses quantitatives suivantes (modèles fortement couplés ; tests de causalités dans les données spatio-temporelles ; etc.) qui seront alors crucial pour la co-évolution de l’ensemble par la suite. L’essence de la Géographie Théorique et Quantitative réside dans cette co-production qui transcende les oppositions classiques entre quantitatif et qualitatif, et à laquelle nous prétendons que participent également les outils et les méthodes : toute perspective scientifique est une combinaison de chacune des dimensions, qui à chaque fois jouent un rôle différent dans la co-évolution. L’illustration de cette proposition de manière plus précise fera également l’objet de travaux futurs.

Références

[Antelope et al., 2016] Antelope, C., Hubatsch, L., Raimbault, J., and Serna, J. M. (2016). An interdisciplinary approach to morphogenesis. *Forthcoming in Proceedings of Santa Fe Institute CSSS* 2016.

[Bretagnolle, 2009] Bretagnolle, A. (2009). *Villes et réseaux de transport : des interactions dans la longue durée*, France, Europe, États-Unis. Hdr, Université Panthéon-Sorbonne - Paris I.

[Doursat et al., 2012] Doursat, R., Sayama, H., and Michel, O. (2012). *Morphogenetic engineering : toward programmable complex systems*. Springer.

[Dupuy, 1987] Dupuy, G. (1987). Vers une théorie territoriale des réseaux : une application au transport urbain. In *Annales de Géographie*, pages 658–679. JSTOR.

[Frankhauser,1998] Frankhauser,P(1998).Fractal geometry of urban patterns and their morphogenesis. *Discrete Dynamics in Nature and Society*, 2(2) :127–145.

[Frankhauser, 2008] Frankhauser, P. (2008). Fractal geometry for measuring and modelling urban patterns. In *The dynamics*

- of complex urban systems*, pages 213–243. Springer.
- [Le Néchet and Raimbault, 2015] Le Néchet, F. and Raimbault, J. (2015). Modeling the emergence of metropolitan transport authority in a polycentric urban region. In *Plurimondi. An International Forum for Research and Debate on Human Settlements*, volume 7.
- [Livet et al., 2010] Livet, P., Muller, J.-P., Phan, D., and Sanders, L. (2010). Ontology, a mediator for agent-based modeling in social science. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 13(1) :3.
- [Pumain, 1997] Pumain, D. (1997). Pour une théorie évolutive des villes. *Espace géographique*, 26(2) :119–134.
- [Pumain, 2012] Pumain, D. (2012). Multi-agent system modelling for urban systems : The series of simpop models. In *Agent-based models of geographical systems*, pages 721–738. Springer.
- [Raffestin, 1988] Raffestin, C. (1988). Repères pour une théorie de la territorialité humaine.
- [Raimbault, 2015a] Raimbault, J. (2015a). Hybrid modeling of a bike-sharing transportation system. In *International Conference on Computational Social Science*.
- [Raimbault, 2015b] Raimbault, J. (2015b). Models coupling urban growth and transportation network growth : An algorithmic systematic review approach. *Plurimondi. An International Forum for Research and Debate on Human Settlements*, 7(15).
- [Raimbault,2016a] Raimbault, J. (2016a). For a cautious use of big data and computation. In *Royal Geographical Society-Annual Conference 2016-Session : Geocomputation, the Next 20 Years* (1).
- [Raimbault, 2016b] Raimbault, J. (2016b). Generation of correlated synthetic data. In *Actes des Journées de Rochebrune 2016*.
- [Raimbault, 2016c] Raimbault, J. (2016c). Indirect bibliometrics by complex network analysis. In *20e Anniversaire de Cybergeo*.
- [Raimbault, 2016d] Raimbault, J. (2016d). Investigating the empirical existence of static user equilibrium. Forthcoming in *Transportation Research Procedia*, EWGT2016. arXiv preprint arXiv :1608.05266.
- [Raimbault, 2016e] Raimbault, J. (2016e). Models of growth for system of cities : Back to the simple. In *Conference on Complex Systems 2016*.
- [Raimbault et al., 2014] Raimbault, J., Banos, A., and Doursat, R. (2014). A hybrid network/grid model of urban morphogenesis and optimization. In *Proceedings of the 4th International Conference on Complex Systems and Applications (ICCSA 2014)*, June 23-26, 2014, Université de Normandie, Le Havre, France ; M. A. Aziz-Alaoui, C. Bertelle, X. Z. Liu, D. Olivier, eds. : pp. 51-60.
- [Raimbault and Gonzalez, 2015] Raimbault, J. and Gonzalez, J. (May 2015). Application de la morphogénèse de réseaux biologiques à la conception optimale d’infrastructures de transport. In *Rencontres du Labex Dynamites*.

Modélisation multiscalaire de la croissance urbaine : application au Centre Var

Alexandre Ornon

Université Côte d'Azur, CNRS, ESPACE, France.
98 Boulevard Edouard Herriot 06204 Nice Cedex 3

Alexandre.ornon@unice.fr

Mots-clefs - Analyse spatiale, Modélisation spatialement explicite, Croissance urbaine, multiscalaire

Contexte

La région Provence-Alpes-Côte d'Azur est le territoire connaissant le plus fort taux d'artificialisation en France (+31% entre 1990 et 2012, 20% au niveau national, Corine Land Cover). La compréhension des phénomènes locaux qui conduisent au développement du tissu bâti sur les espaces périurbains est nécessaire pour penser à la durabilité territoriale de la région.

Au sein de la région PACA, il est possible de distinguer un phénomène global de croissance du bâti dans les espaces périurbains (Conseil Scientifique SRADDT PACA 2015), desquels se détachent des sous-ensembles spatiaux connaissant des problématiques différenciées. C'est ainsi que le département du Var, subissant les effets polarisants des métropoles Niçoise et Marseillaise, est reconnu comme un espace à enjeux (op. cit.).

Le parti pris de cette recherche est d'appréhender les processus de croissance urbaine par la modélisation, permettant d'explorer par l'expérimentation les mécanismes à l'œuvre (Banos 2013).

Outre la dimension horizontale des modèles prospectifs développés, l'objectif de cette communication est de proposer un couplage de différents modèles spatialement explicites réalisés à plusieurs échelles. L'emboîtement de différents modèles permet d'apprécier les différenciations des mécanismes de la croissance urbaine à chaque échelle,

dans leur verticalité (régionale, intermétropolitaine et locale).

Données et plateforme de modélisation

Le modèle proposé se découpe en trois sous-modèles. Le premier, à une échelle régionale, intègre des données SIG relatives à l'occupation du sol (BD Ocsol – Crige PACA), au réseau (BD Topo) et au relief (BD Alti). Le second, à l'échelle intermétropolitaine reprend ces mêmes données associées à de nouvelles couches SIG d'occupation du sol générées par télédétection à partir de données Landsat 7 et 8. Des données SIG relatives aux protections environnementales, agricoles sont également intégrées au modèle. Enfin, des indices de pression urbaine sont utilisés afin de pondérer les localisations des principaux changements.

Le dernier sous-modèle, à l'échelle locale, encore en construction, utilisera des données issues des Plans Locaux d'Urbanisme des communes concernées. Au-delà des données intégrées aux modèles, le dire d'acteur est un intrant aux modèles en tant que connaissance experte tant pour les processus de changements spatiaux que pour la formalisation de scénarios prospectifs.

La plateforme de modélisation utilisée est NetLogo. Ce choix repose sur la souplesse en matière de codage ainsi que pour l'articulation entre Automate Cellulaire et Sys-

tème Multi Agent (Banos, Lang, et Marilleau 2015)

Méthode

Dans l'optique de proposer des visions prospectives des devenir possibles des territoires, les différentes étapes de modélisation s'appuient sur une articulation des processus intervenant à différentes échelles permettant un emboîtement des espaces étudiés (Voiron-Canicio et al. 2010).

Un premier modèle de simulation de changement d'occupation des sols, en automate cellulaire, est réalisé à l'échelle régionale (200m / cellule), tenant compte de processus globaux. Ces derniers, déterminés par analyse spatiale, ont été réalisés sur des dynamiques rétrospectives. L'intensité (quantité) de changements est régie par une matrice de transitions des occupations du sol, une contiguïté aux réseaux et à l'urbain préexistant est nécessaire et enfin une limitation des constructions par les pentes supérieures à 20%. Une fois le modèle formalisé, une série de simulations scénarisées est réalisée à l'horizon 2030. Ces résultats sont croisés afin de localiser par analyse d'images les zones concentrant les changements potentiels. Les zones aux plus fortes densités de changements mènent à l'obtention d'une nouvelle fenêtre d'analyse.

La seconde échelle est intermédiaire entre le niveau local et le niveau départemental, et s'étend spatialement sur plusieurs EPCI. A ce niveau de modélisation, la résolution des cellules s'affine (cellule hexagonale, 50m de rayon), de nouveaux paramètres sont intégrés au modèle. Des données relatives aux protections environnementales (ZNIEFF, Natura 2000), et aux protections agricoles (périmètres AOC) sont intégrées au modèle autant dans la phase de compréhension des phénomènes passés que dans la phase de simulation. Le second modèle tient également compte d'informations portant sur les potentiels morphologiques du développement de l'urbain (Voiron-Canicio 2009), des indices de pression urbaine calculés a priori, intégrant les dimensions de

la mobilité/accessibilité aux espaces urbains (Decoupigny et Passel 2014 ; Voiron-Canicio et al. 2014). Enfin, des indices locaux de complexité comme le degré de fragmentation des différentes occupations du sol sont également intégrés dans les processus conduisant au changement d'occupation des sols.

Une fois le second modèle réalisé, des scénarios sont élaborés avec le concours d'experts du territoire étudié (Agence d'Urbanisme De l'Aire Toulonnaise et du Var). Tout comme pour le premier modèle, les scénarios correspondent à des combinaisons de paramètres influençant le comportement général des simulations, tantôt « souhaitables » ou « non-souhaitables », et tendancielles.

Les résultats en sortie de modèle, intermédiaires, sont ensuite retransmis au partenaire afin de confronter simulations d'une part et vision et connaissance de terrain d'autre part. Une fois validés, les résultats sont compilés en vue d'une seconde analyse des densités de changements potentiels, menant à l'obtention d'une nouvelle fenêtre d'analyse, cette fois-ci au niveau local/communal.

Ce troisième modèle, en cours de construction, devrait s'appuyer sur les dynamiques passées de la croissance urbaine et sur les potentiels d'urbanisation via l'utilisation de documents d'urbanisme règlementaires (PLU). Le modèle (SMA), réalisant des simulations à la résolution du bâti, devrait être toujours réalisé avec le concours des experts et confronté aux visions des élus locaux.

Résultats

A l'échelle régionale, le premier sous-modèle permet de mettre en exergue des dynamiques globales du changement d'occupation du sol. On observe sur les résultats un accroissement des surfaces artificialisées sur les espaces agricoles au centre du département du Var, repoussant les exploitations (viticoles pour la plupart) en périphéries,

à la place de forêts méditerranéennes. La croissance urbaine simulée à l'horizon 2030 forme à cette échelle des agrégations de cellules aux abords des espaces urbains loca-

lisés au-delà de la périphérie toulonnaise (Figure 1) contrairement aux Bouches du Rhône où il s'agit de périurbanisation.

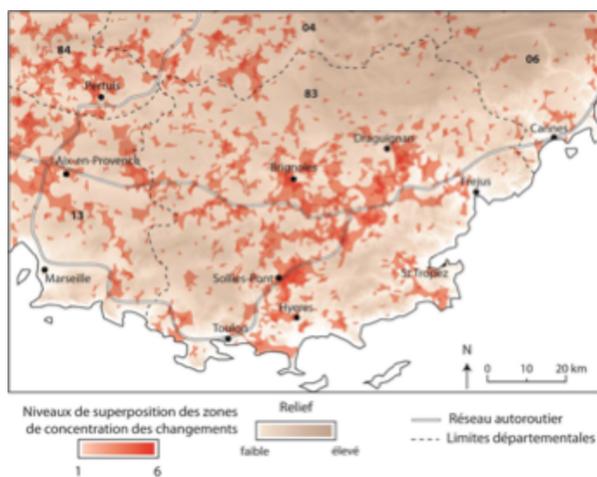


FIGURE 1 – Localisation des zones de concentrations de changements potentiels vers l'urbain à l'échelle régionale

Le second modèle met en exergue des espaces à enjeux en matière d'urbanisation des espaces agricoles. Seuls les grands ensembles agricoles résistent à l'expansion du tissu bâti, même pour un scénario « souhai-

table » (Figure 2). Les scénarios tendanciels et non-souhaitables exposent une situation spatiale qui tend à une très forte diminution des espaces agricoles au profit d'habitat pavillonnaire.

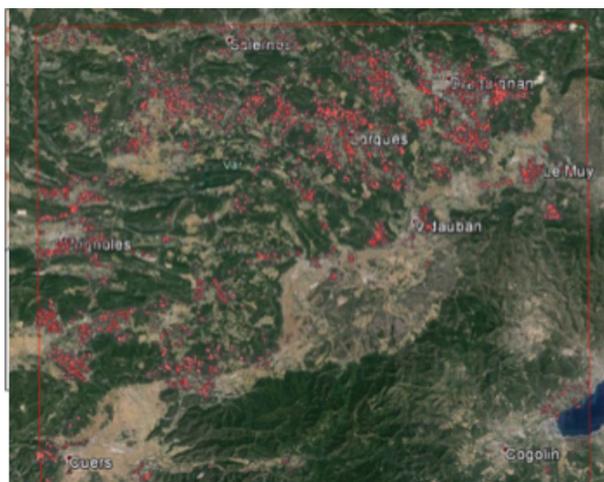


FIGURE 2 – Exemple de simulation de la croissance urbaine à l'échelle intermétropolitaine selon un scénario "souhaitable"

Conclusion

L'emboîtement de modèles relatifs à des échelles différentes et l'interdépendance

entre résultats / aire d'étude permet d'observer les changements spatiaux et les processus tant dans un contexte intermétropolitain qui découle d'une situation beau-

coup plus globale. A l'échelle régionale, la simplicité du modèle et le faible nombre de variables permettent de donner lieu à des visions prospectives qui entrent en concordance avec les analyses du partenaire. L'échelle intermédiaire permet de déceler à une échelle plus fine les espaces à enjeux et par conséquent de recentrer au niveau local les analyses sur la communauté de communes de Cœur du Var. Les résultats obtenus font également écho aux zones sous pression urbaine décelées par l'agence d'urbanisme et le SRADDT de la région PACA.

Il subsiste néanmoins une limite à la seconde étape, qui réside dans la localisation précise des changements spatiaux. La précision plus fine de ce modèle pose le problème de l'évaluation de la qualité des simulations. En effet si le premier sous-modèle correspond à une vision globale des processus et des changements, le second de par sa résolution spatiale nécessite un examen approfondi de ses résultats autres que la validation par les experts avant d'amorcer la phase de modélisation à l'échelle locale.

Références

- Banos, Arnaud. 2013. *Pour des pratiques de modélisation et de simulation libérées en géographie et SHS* - HDR. Géographie. Université Paris 1 Panthéon Sorbonne.
- Banos, Arnaud, Christophe Lang, et Nicolas Marilleau. 2015. textitSimulation spatiale à base d'agents avec Netlogo 1. Systèmes d'information géographique. ISTE éditions.
- Conseil Scientifique SRADDT PACA. 2015. « Regards croisés du conseil scientifique sur les enjeux d'avenir de Provence Alpes Côte d'Azur ? : remettre des politiques publiques territoriales au cœur du processus de métropolisation ». SRADDT PACA.
- Decoupigny, Fabrice, et Sébastien Passel. 2014. « Réseaux de villes et détermination des pressions urbaines ». textitCybergeog : European Journal of Geography, no 683 (juillet) : web.
- Voiron-Canicio, Christine. 2009. « Predicting the Urban Spread Using Spatiomorphological Models », 16.
- Voiron-Canicio, Christine, Fabrice Decoupigny, Sophie Liziard, Alexandre Ornon, Delphine Roussel, et Romain Sery. 2014. « PLUMES : Pression Littorale Urbaine : Modélisation, Environnement, Simulation, Application au milieu littoral marseillais ». OHM Littoral Méditerranéen, Labex DRIIHM.
- Voiron-Canicio, Christine, Jérôme Dutozia, Reine-Maria Basse, Nathalie Dubus, Gilles Maignant, Pascale Saint-Amand, et Marie Sevenet. 2010. « L'imbrication spatiale dans l'analyse des territoires : formalisation, modélisation, simulation », 707 ?28.

Exploration de l'influence de la réglementation urbaine locale sur la morphologie des formes bâties par simulation distribuée

Paul Chapron, Mickaël Brasebin, Julien Perret¹ and Romain Reuillon²

Univ. Paris-Est, LASTIG COGIT, IGN, ENSG,
F-94160 Saint-Mande, France ¹

Géographie-cités, CNRS,
Institut des Systèmes Complexes ISCPIF, France ²

Mots-clefs - Simulation, Exploration de modèles, Réglementation urbaine.

1 Contexte de l'étude

L'aménagement du territoire est régulé par un ensemble de plans et de réglementations qui s'appliquent à différents objets et échelles du territoire. La conception de tels documents est une tâche difficile qui consiste à évaluer différents scénarios au regard des enjeux du territoire pour choisir celui qui offre le meilleur compromis [9]. A l'échelle locale, le Plan Local d'Urbanisme (PLU) vise à réglementer l'aménagement de la commune. Parmi les documents composants le PLU, le règlement définit un ensemble de règles morphologiques 3D, de fonction et d'aspect qui contraignent la création de nouveaux bâtiments. En particulier, certaines de ces règles¹ sont paramétriques : elles fixent des contraintes de dimensions et de distances entre le nouveau bâtiment et les objets de son environnement (parcelles, bâti existant, végétation, etc.). Pour permettre d'évaluer l'influence de cette réglementation sur un territoire, les techniques de SIG 3D proposent des simulations de la réglementation sous diverses formes (enveloppes constructibles [6], configurations bâties [1], extensions de bâtiments [7]).

L'élaboration d'un PLU étant un processus débattu et négocié collectivement et progressivement par les autorités locales, cela requiert de tester de nombreuses hypothèses et d'en évaluer les conséquences

possibles pour réviser la décision [3]. Du fait du très grand nombre de combinaisons possibles, l'exploration manuelle des différents scénarios rend difficile l'accès aux formes bâties pertinentes pour les discussions. Cela pose ainsi un double problème : (1) Comment réduire le nombre de formes bâties explorables à un ensemble plus restreint défini à partir de qualités pertinentes ? (2) Comment visualiser de manière efficace les configurations bâties de cet espace restreint ?

Nous nous proposons dans cette étude d'explorer le lien complexe qui existe entre les règles paramétriques du PLU et les configurations bâties engendrées. Le simulateur de configurations bâties utilisé dans cette approche est SimPLU (section 2.1). A partir de ce simulateur, l'approche *PSE* (section 2.2) produit un sous-ensemble de configurations bâties qui garantit une variété importante vis-à-vis de qualités recherchées, exprimées ici sous la forme d'indicateurs morphologiques. Enfin, une première mise en œuvre et un outil de visualisation qui offre des interactions à la fois avec les paramètres de règles et avec les qualités morphologiques recherchées sont présentés (section 3).

1. Nous nous limiterons aux règles relatives aux constructions du PLU (article 6 à 10), qui fixent des contraintes physiques de distance des bâtiments

2 Modèle et exploration par simulation

2.1 Le modèle *SimPLU*

SimPLU [1] est un modèle de simulation de construction dont le but est de trouver la configuration bâtie d'une parcelle qui respecte les règles (ou contraintes) définies dans un plan d'urbanisme tout en optimisant le volume construit. Cette optimisation est réalisée par un algorithme de recuit simulé trans-dimensionnel [4]. Les configurations bâties obtenues sont composées

d'une juxtaposition de parallèles pipés des rectangles pouvant s'intersecter, positionnés sur les parcelles d'un îlot urbain, fournis en entrée. Dans toute la suite de l'étude, nous considérerons pour simplifier le modèle SimPLU comme une fonction définie sur un espace d'entrée E . L'espace d'entrées E est constitué de 6 paramètres prenant leurs valeurs dans un domaine défini par des bornes minimum et maximum (cf. tableau 1). Pour définir l'espace d'entrée de SimPLU, les six paramètres, illustrés dans la figure 1 sont utilisés :

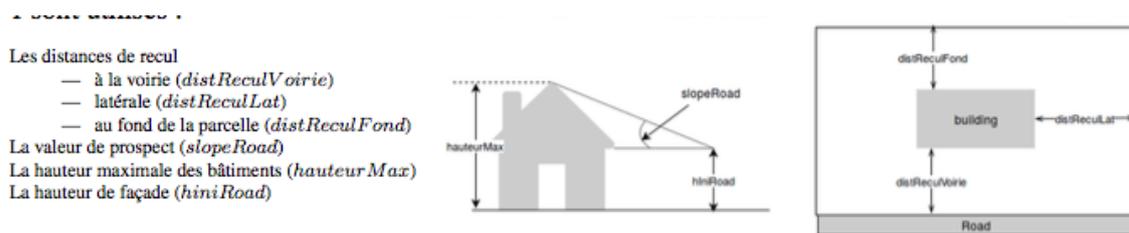


FIGURE 1 – Paramètres du règlement de finissant les contraintes géométriques.

2.2 La méthode d'exploration de modèle *PSE*

PSE (Pattern Search Exploration) [5] est une méthode d'exploration évolutionnaire stochastique de l'espace de paramètres d'un modèle de simulation, basée sur la recherche de nouveautés (Novelty Search). Au contraire des techniques de calibration de modèle, qui échantillonnent l'espace des paramètres à la recherche d'individus produisant les meilleures solutions possibles selon certains critères, PSE cherche à maximiser la diversité des solutions qu'un modèle produit lorsque l'on parcourt son espace de paramètres.

Les mesures retenues pour constituer l'espace de sortie S , que PSE va chercher à couvrir au mieux, ont vocation à qualifier, ordonner et discriminer les solutions que le modèle peut produire et ce, dans les termes de la thématique du modèle. Dans notre cas, pour rester générales, les mesures formant S sont applicables quelque soit l'îlot, le nombre et la forme de ses parcelles. Leur interprétation est assez aisée, et leurs va-

leurs ont un sens pour les utilisateurs visés (urbanistes et autorités locales).

Pour chaque dimension de S , on définit les bornes à l'intérieur desquelles on désire considérer les sorties du modèle, ainsi qu'un pas de discrétisation. PSE se charge ensuite de sélectionner les éléments de $\{e \in E\}$ tels que les configurations correspondantes $\{s = f(e), s \in S\}$ (les images de e par la fonction SimPLU) couvrent le mieux possible l'espace S ainsi discrétisé.

SimPLU génère une configuration bâtie pour laquelle nous disposons des dimensions, orientations, positions, surfaces au sol et volumes. A partir de cette configuration bâtie, nous nous intéressons à quatre mesures qui cherchent à évaluer les caractéristiques morphologiques d'un environnement urbain, à savoir :

- L'inégalité des volumes des bâtiments (indice de Gini, calculé sur la distribution du volumes des bâtiments de chaque parcelle), dont les valeurs varient entre 0 (volumes homogènes) et 1 (volumes disparates);

- L’auto-corrélation spatiale des volumes bâtis (indice de Moran de la répartition des volumes de bâtiments par parcelles².) qui quantifie la corrélation des volumes des bâtiments voisins ;
- La densité de plancher (surface cumulée des étages des bâtiment³ rapportée à la surface de la parcelle) ;
- Coefficient d’occupation des sols (ratio entre la surface construite de l’îlot et la surface de l’îlot).

Ces mesures définissent l’espace de sortie S , qu’explore PSE. Nous les avons choisies génériques, du moins à l’échelle d’un îlot urbain d’une vingtaine de parcelles. Les deux premières se focalisent sur les caractéristiques de la répartition du volume bâti dans l’îlot urbain [10], tandis que les dernières sont plus opérationnelles du point de vue de la réglementation urbaine.

2.3 Distribution des calculs

Suivant le nombre de dimensions de S que l’on désire explorer et la finesse de leur discrétisation, la méthode PSE peut nécessiter énormément de simulations indépendantes du modèle et peut devenir excessivement coûteuse en temps de calcul⁴. Nous utilisons la plateforme OpenMOLE [8] pour exécuter la méthode PSE, disponible nativement, gérer la distribution des calculs et accéder à l’environnement de calcul intensif de la grille de calcul européenne EGI⁵.

3 Mise en œuvre et résultats

La méthode PSE a été appliquée en faisant varier les paramètres des règles du PLU dans des domaines réalistes de valeurs d’un îlot urbain de 18 parcelles. L’espace de sortie, au contraire, a été discrétisé arbitrairement et sur la base d’explorations préalables, en essayant d’obtenir un bon compromis entre précision et temps de calcul :

espace d’entrée E		espace de sortie S	
distReculVoirie	[0.0; 10.0]	gini	[0.0; 1.0] $q = 0.1$
distReculFond	[0.0; 10.0]	moran	[-0.2; 0.5] $q = 0.01$
distReculLat	[0.0; 5.0]	denisté	[1.0; 8.0] $q = 0.2$
maximalCES	[0.3; 1.0]	coverageRatio	[0.0; 1.0] $q = 0.1$
hlniRoad	[0.0; 15.0]		
slopeRoad	[0.5; 3.0]		
hauteurMax	[6.0; 24.0]		

TABLE 1 – Valeurs des domaines des espaces E et S et valeur des quanta q de discrétisation

Les quelques 3500 configurations de ?couvertes par PSE sont visualisées de façon interactive, sous la forme d’un nuage de points en 3D (Fig 3 a), mettant en relation les valeurs des paramètres des règles qui ont donné lieu à une configuration (Fig 3 b), la configuration elle-même (Fig 3 c), et la valeur des indicateurs de sortie mesurée sur cette configuration (Fig 3 d). L’opérateur peut naviguer au sein de l’espace de sortie et, si les mesures de cet espace sont bien choisies, son parcours prend un sens théma-

tique. Ainsi, il navigue à travers en considérant les qualités choisies des configurations bâties simulées. Néanmoins, il peut également filtrer l’ensemble des configurations compatibles en restreignant les valeurs de paramètres des règles à l’aide des curseurs du panel de gauche pour éviter de considérer des règlements hors des plages de valeurs pertinentes (Fig 3 e). Par exemple, dans un scénario où on examine les configuration obtenues lorsque les bâtiments sont mitoyens, l’opérateur place le curseur du

2. La distance calculée est celle qui sépare les centroïdes des parcelles

3. La hauteur d’un étage est arbitrairement fixée à trois mètres

4. Les premières analyses on mobilisées 4000 nœuds pendant deux semaines.

5. Site Internet de la grille de calcul EGI : egi.eu

paramètre recul lat à zéro, filtrant ainsi les autres configurations découvertes par PSE. La figure 2 montre quelques configurations

bâties ayant des valeurs extrêmes pour l'indice de Gini et en densité de plancher.



FIGURE 2 – Quelques configuration morphologiques particulières. De gauche à droite : indice de Gini minimal et maximal (a) et densité de plancher minimale et maximale (b)

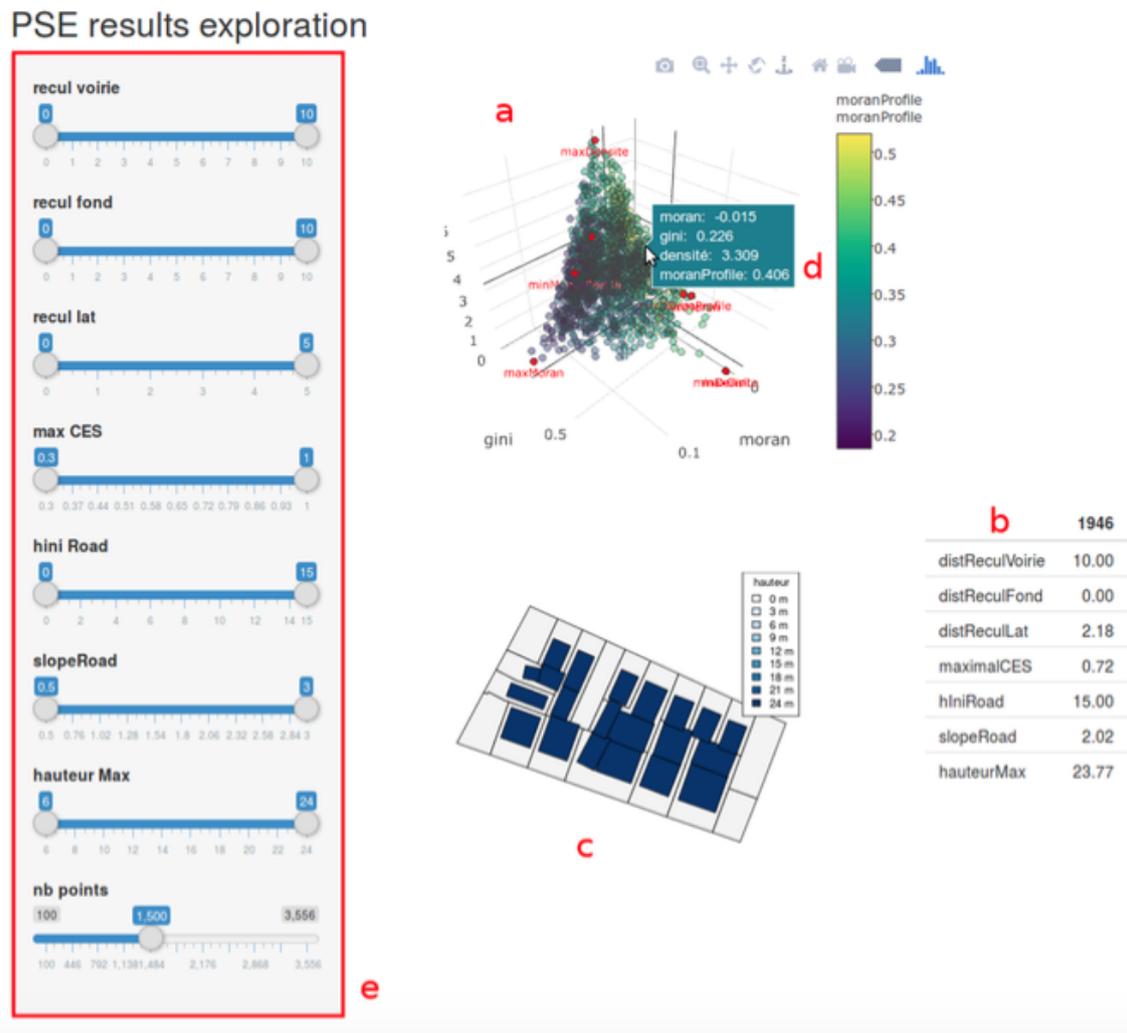


FIGURE 3 – Interface de visualisation des résultats

4 Perspectives

Cette étude préliminaire démontre l'efficacité du calcul intensif distribué pour explorer la diversité des sorties que peut produire le modèle SimPLU et ainsi donner des exemples pertinents de "ce qui est possible" à partir d'un plan local d'urbanisme. La visualisation interactive de ces résultats bruts amène à s'interroger sur l'effet des règles, en matérialisant l'effet du changement de la valeur de leurs paramètres, sur le nombres de configurations compatibles autant que sur la morphologie des configurations elles-mêmes.

Une perspective serait d'utiliser ce type d'outil de visualisation dans le cadre de concertations autour des PLU. Il serait ainsi possible de visualiser différents scénarios de réglementation et de pouvoir naviguer entre ces différents scénarios à travers l'espace de sortie qui peut avoir plus de sens pour les concertés. Cette démarche s'inscrit dans le cadre du projet PLU++[2], où des réflexions sont en cours sur la représentation de maquettes numériques 3D et les interactions nécessaires pour faciliter les concertations autour de PLU. Le procédé d'exploration du modèle à vocation à être répliqué sur d'autres îlots, d'autres plans d'urbanisme et d'autres indicateurs comme par exemple l'entropie des formes de bâtiments ou le rythme de leurs façades.

5 Code et données

L'ensemble des codes et données utilisés dans ce papier est librement accessible : les codes nécessaires à exécuter la visualisation des résultats de PSE (branche visu_pse), le code du simulateur SimPLU, et le code du simulateur adapté pour l'exploration PSE (branche master)

Références

[1] M. Brasebin. *Les données géographiques 3D pour simuler l'impact de la réglementation urbaine sur la morphologie du bâti*. PhD thesis, Université Paris-Est, Institut national de l'information géographique

et forestière (IGN), laboratoire COGIT, 94165 Saint Mandé, France, April 2014.

[2] M. Brasebin, S. Christophe, F. Jacquino, A. Vinesse, and H. Mahon. 3D Geovisualization & stylization to manage comprehensive and participative Local Urban Plans, oct 2016.

[3] M. Brasebin, J. Perret, and R. Reuillon. Stochastic buildings generation to assist in the design of right to build plans. In *Advances in 3D Geoinformation*, pages 373–384. Springer International Publishing, 2017.

[4] M. Brédif and O. Tournaire. libjmcmmc : An Open-source Generic C++ Library for Stochastic Optimization. In *The XXII Congress of the International Society of Photogrammetry and Remote Sensing*, August 2012.

[5] G. Chérel, C. Cottineau, and R. Reuillon. Beyond corroboration : Strengthening model validation by looking for unexpected patterns. *PLoS ONE*, 10(9) :1–28, 09 2015.

[6] M. El Makchouni. Un système graphique intelligent d'aide à la conception des plans d'occupation des sols : SYGRIPOS. In *12th Urban Data Management Symposium*, 1987.

[7] R. Laurini and F. Vico. 3D Symbolic Visual Simulation of Building Rule Effects in Urban Master Plans. In R. Shibasaki and Z. Shi, editors, *The Second International Workshop on Urban 3D/Multi-Media Mapping (UM3'99)*, pages 33–40, October 1999.

[8] R. Reuillon, M. Leclaire, and S. Rey-Coyrehourcq. Openmole, a workflow engine specifically tailored for the distributed exploration of simulation models. *Future Generation Computer Systems*, 29(8) :1981–1990, 2013.

[9] H. W. J. Rittel and M. M. Webber. Dilemmas in a general theory of planning. *Policy Sciences*, 4(2) :155–169, June 1973.

[10] Yu-Hsin Tsai. Quantifying urban form : compactness versus 'sprawl'. *Urban studies*, 42(1) :141–161, 2005.

Atelier 2

Modélisation et analyse de dynamiques spatiales

Essai de modélisation des dynamiques géospaciales en 3D+1D par automates voxelaires

Igor Agbossou, Pierre Frankhauser

Laboratoire Théma

UMR 6049 CNRS - Université Bourgogne Franche-Comté

igor.agbossou@univ-fcomte.fr

pierre.frankhauser@univ-fcomte.fr

Mots-clefs - Voxel, automate voxelaire, voisinage 3D, continuum espace-temps 3D + 1D

Contexte et objectif

L'analyse des processus géographiques nécessite la prise en compte de l'espace tridimensionnel ainsi que le continuum espace-temps. Par ailleurs, le développement des nouvelles techniques d'acquisition et de consolidation de l'information géographique favorise l'émergence des modèles numériques 3D des espaces urbains. Cependant, la plupart des modèles de géosimulation actuels s'appuient sur une formalisation en deux dimensions du cadre spatial et la troisième dimension n'est prise en compte que par le biais de paramètres ou attributs de localisation.

Aussi, l'objectif de ce papier est de proposer, sur la base du concept de voxel et la théorie des automates, un formalisme conceptuel et mathématique des automates voxelaires en géographie. À l'instar des modèles d'automates cellulaires dont l'unité de base est la cellule spatiale en deux dimensions ou le pixel selon la résolution spatiale, les automates voxelaires s'appuient sur l'unité volumétrique en trois dimensions : le voxel. Outre la géovisualisation, notre proposition est une extension de la formalisation théorique et conceptuelle des modèles de géosimulation capables de simuler les dynamiques et les processus spatio-temporels en 4D, le temps étant la quatrième dimension.

Données et méthode

En géographie, les automates cellulaires ont été proposés par Tobler (1979) comme une approche pratique de modélisation et de représentation des changements spatio-temporels. Depuis, plusieurs travaux de recherches ont su appliquer les automates cellulaires de multiples façons pour simuler des phénomènes spatio-temporels complexes (Couclelis, 1985; Batty et Longley, 1997; Frankhauser, 1994; White et al., 1997; Clarke and Gaydos, 1998; Berjak et Hearne, 2002; Benenson et Torrens, 2004; Rothman et Zaleski, 2004; Antoni, 2006; Agbossou, 2007, 2010). En effet, les automates cellulaires répondent bien aux besoins de modélisations de nombre de systèmes géographiques complexes, car les phénomènes étudiés sont de nature spatiale avec une dépendance temporelle. De plus, les résultats issus des différentes interactions entre les composants du système modélisant les phénomènes présentent des formes de complexité variée.

Malgré l'extension du formalisme des automates classiques aux automates cellulaires en géographie, la plupart des modèles développés jusque-là se limitent à l'espace bidimensionnel voire 2D + 1D si on tient compte du changement temporel. Mais en réalité, la dynamique des systèmes géographiques évolue dans un continuum spatio-temporel 3D + 1D. Par exemple, même si la modélisation et l'analyse des changements d'occupation du sol se font en ayant

recours aux données spatiales en deux dimensions, la prise en compte concomitante de l'altimétrie comme la troisième dimension permettrait de mieux caractériser les espaces et ouvre la possibilité de procéder au calcul d'autres métriques ou indices en lien avec l'analyse spatiale 3D. Par ailleurs, l'étude des phénomènes comme la propagation de feu, la diffusion de polluants, ou encore le changement de paysage (Foltête, et al. 2014), etc révélerait plus de perspicacité si leur modélisation s'appuie sur des données géospatiales 3D.

Reprenant le concept de voxel et nous appuyant sur la théorie des automates, notre objectif principal est de développer un formalisme conceptuel et mathématique des automates voxelaires en géographie puis d'aboutir à un modèle capable de simuler l'évolution de phénomènes géographiques dans un continuum espace-temps 3D + 1D. À l'instar du pixel (picture element), un voxel, « volumetric pixel » par contraction, est un pixel en 3D utilisable pour représenter la plus petite unité spatiale 3D dont le changement d'état est fonction des règles de transition de l'automate.

Nous devons néanmoins être conscients que dans un espace géographique la troisième dimension exige une formalisation particulière qui n'est pas identique à celle de la géolocalisation. En effet, les objets géographiques sont sujets à la gravitation. Ainsi, le positionnement d'objet en 3 dimensions est soumis à des contraintes omniprésentes non équivalentes à leur géolocalisation.

La discrétisation du continuum espace-temps des phénomènes géographiques en voxels et intervalles de temps réguliers est à la base de la méthodologie de construction des automates voxelaires. Le concept de voxel est largement utilisé en informatique graphique pour la modélisation des objets 3D et les scènes 3D pour la représentation des paysages virtuels (Seitz and Dyer, 1999; Baert et al., 2014) ainsi que dans les moteurs de jeux comme VoxelFarm (Voxel Farm Inc, 2015) et Unity3D (Unity Technologies, 2015). En imagerie médicale, la représentation orientée voxel permet de

modéliser des organes et des tissus biologiques (Weng et al., 2002). En science de l'information géographique, les unités volumétriques sont utilisées pour la visualisation de données 3D (Stoker, 2009) et sont intégrées dans des applications comme GRASS (Ciolli et al., 2004), PCRaster (Karssenberget et De Jong, 2005) ainsi que le logiciel de simulation NetLogo 3D (Wilensky, 1999) ou encore dans des simulateurs de projets d'aménagement essentiellement dans le contexte des outils d'aide à la décision tel que la « ESRI City Engine » (<http://www.esri.com/software/cityengine>) ou le visualisateur « evacity » développé par le CSTB (<http://www.cstb.fr/>).

Le formalisme que nous proposons améliore non seulement la visualisation des dynamiques, mais également la prise en compte de l'altimétrie à partir du positionnement géographique des voxels, la mesure des distances spatiales aux échelles temporelles; ce qui ouvre la possibilité de confronter les modèles de simulation aux données réelles des bases de données 3D urbaines.

S'appuyant donc sur la théorie des automates cellulaires, nous développons les cinq piliers clés du modèle d'automate voxelaire à savoir : l'espace voxelaire, les états possibles d'un voxel, la discrétisation temporelle, la typologie des voisinages 3D et enfin les règles de transition. Nous pouvons d'ores et déjà représenter un automate voxelaire (AV) comme un 4-uplet défini comme suit :

$$AV = (E, V, F, t) \quad (1)$$

où E est l'ensemble des états possibles d'un voxel, V le vecteur d'éléments de voisinage pour un voxel donné, F, l'ensemble des fonctions de transition et t, la composante temporelle.

Principaux résultats

Après quelques tests algorithmiques, nous appliquons un modèle d'automates voxelaires à trois états à un espace géographique

théorique afin de simuler différents processus et d'esquisser le calcul de quelques indicateurs métriques. Les scénarios de simulation se font selon une approche du type serious game.

Références

- Antoni J-P, 2006, *Calibrer un modèle d'évolution de l'occupation du sol urbain. L'exemple de Belfort*, Cybergeo : Revue européenne de géographie / European journal of geography, UMR 8504 géographie-cités, 2006, 347, <http://cybergeo.revues.org/index2436.html>
- Agbossou I, 2007. *Modélisation et simulation multi-agents de la dynamique urbaine : application à la mobilité résidentielle*, Université de Franche-Comté, 2007
- Agbossou I., 2010. *Cerner le contexte spatial par les voisinages dans les modèles cellulaires en géographie*, Rencontres interdisciplinaires sur le contexte dans les systèmes complexes naturels et artificiels, Jan 2010, Megève, France
- Aliaga, et al., 2009, *Visualization of simulated urban spaces : inferring parameterized generation of streets, parcels, and aerial imagery*, IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics 15 (3), 424–435.
- Balogun et al., 2011, *Geovisualization of sub-surface pipelines : a 3D approach*, Modern Applied Science 5 (4), 158–165.
- Batty, M., 1997. *The computable city*. Int. Plann. Stud. 2 (2), 155.
- Batty, M., Torrens, P.M., 2005. *Modelling and prediction in a complex world*. Futures 37 (7), 745–766, SPEC.ISS.
- Batty, M., Xie, Y., 1994. From cells to cities. *Environ. Plann. B : Plann. Des.* 21, 531–548.
- Benenson, I., Torrens, P.M., 2004. *Geosimulation : Automata-Based Modelling of Urban Phenomena*. John Wiley & Sons, Hoboken, NJ.
- Berjak, S.G., Hearne, J.W., 2002. *An improved cellular automaton model for simulating fire in a spatially heterogeneous Savanna system*. Ecol. Modell. 148 (2), 133–151.
- Clarke, K.C., Gaydos, L.J., 1998. *Loose-coupling a cellular automaton model and GIS : long-term urban growth prediction for San Francisco and Washington/Baltimore*. Int. J. Geograph. Inform. Syst. 12 (7), 699–714.
- Couclelis, H., 1985. Cellular worlds : a framework for modeling micro-macro dynamics. *Environ. Plann. A* 17 (5), 585–596.
- Foltête J-C et al., 2014, A methodological framework for the use of landscape graphs in land-use planning, *Landscape and Urban Planning*, Elsevier, 2014, 124, pp.140-150
- Frankhauser P., 1994. *La fractalité des structures urbaines*, Anthropos, pp.291, 1994
- Rothman, D.H., Zaleski, S., 2004. *Lattice-Gas Cellular Automata : Simple Models of Complex hydrodynamics*. Cambridge University Press, London.
- Tobler W, 1979. Cellular geography. In *Philosophy in geography*. Reidel Pub, Dordrecht, Holland, 1979
- Voxel Farm Inc, 2015, Voxel Farm.

Faciliter l'analyse de données spatio-temporelles massives

Robin Cura

UMR Géographie-cités
Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne

Mots-clefs - *GeoVisual Analytics* ; exploration interactive ; cartographie dynamique ; filtres interactifs ; données spatio-temporelles ; données issues de capteurs

Contexte et objectifs

Contexte de l'étude

Il y a désormais près de 20 ans, Peter Fisher menait une critique des SIG, leur reprochant en particulier d'être trop contraints par leur héritage d'une cartographie topographique datée. Fisher se voulait optimiste quant au développement des SIG futurs, considérant que les outils sauraient s'affranchir de cet héritage, en particulier au vu des outils de visualisation dynamiques contemporains. (Fisher 1998). Si les techniques et algorithmes de traitement des données spatialisées ont fortement évolué en SIG, force est de constater que les besoins identifiés par Fisher, en terme de nouveaux outils d'exploration plus simples d'accès, n'ont eux que faiblement progressé sur la période (Andrienko et al. 2014). Et cela, quand bien même les structures et volumes des données spatiales ont été profondément affecté par l'usage généralisé d'Internet et, plus récemment, des objets connectés (téléphones mobiles, dispositifs de localisation des voitures, compteurs connectés etc.). Le domaine de l'exploration de données spatio-temporelles semble suivre le même sentier de dépendance, c'est-à-dire se cantonner pour bonne part à l'inclusion dans des outils SIG de la dimension temporelle, que ce soit via des méthodes d'interrogation temporelles calquées sur les requêtes attributaires, des outils de visualisation dynamiques affichant une succession de cartes instantanées, ou encore la « temporalisation » d'algorithmes spatiaux. La piste qu'a ouvert la *Time Geography* est encore majoritairement adaptée à la représentation

de données diffuses, de trajectoires individuelles simples, et quand bien même certaines expériences ont pu être réalisées sur des données plus massives (Chardonnel et Thévenin 2012), le « passage à l'échelle » n'est pas forcément possible, comme le note Sonia Chardonnel : « we cannot settle for a modeling that aims to grasp the spatio-temporal practices but does not enable real analysis and processing of numerous data » (Chardonnel 2007, p.122).

Les données spatio-temporelles massives sont toutefois omniprésentes, récoltées souvent à notre insu, et collectées et exploitées par de grandes sociétés à l'aide de ceux que l'on nomme désormais *data scientists*. Leurs analyses sont les plus souvent a-spatiales et a-temporelles, exploitant les toutes dernières avancées scientifiques en matière de *machine learning*, mais les masses de données sont telles qu'ils en tirent des résultats fortement monétisables (profilage de consommateurs, ciblage spatiaux de publicités et promotions etc.). Les usages innovants dans ces données spatiales et temporelles n'émanent — majoritairement — pas ou plus de la géographie théorique et quantitative (GTQ), mais de ces *data scientists* et des physiciens.

Objectifs

Cette communication se veut être un plaidoyer en faveur de la ré-appropriation de ces données nouvelles et massives par la GTQ. Les géographes de ce champs continuent à innover en matière de nouvelles méthodes d'analyses statistiques spatio-temporelles (clustering, modélisation sta-

tistique, simulation), mais sont peu représentés dans le domaine de l'analyse exploratoire interactive, ou GeoVisual Analytics (Keim et al. 2008 ; Andrienko et al. 2010)). L'objectif de cette communication est ainsi de remettre en avant cette démarche qui nous semble présenter l'avantage d'être rapide à mettre en place et extrêmement facile d'utilisation. Les méthodes d'analyse exploratoire interactives, fortement utilisées dans la communauté GTQ dans les années 1990, sont peu à peu tombées en désuétude, au profit de l'utilisation d'outils d'analyses statistiques avancés et d'algorithmes de plus en plus complexes. Nous souhaitons montrer que, face à des jeux de données de plus en plus larges, la simple visualisation et utilisation d'outils de filtrage interactifs — spatiaux comme temporels — peuvent suffire à trouver les faits saillants permettant de passer des données à une compréhension de l'espace de ceux qu'elles caractérisent. Cette méthode, permet d'une part de donner un contrôle réel au chercheur sur les données, en évitant de le pousser à faire usage de « boîtes noires » méthodologiques. Mais aussi, elle présente l'intérêt d'être accessible à tous, une fois doté d'outils d'exploration ad-hoc rapides à prototyper et mettre en place. Une application de ces méthodes a déjà été présentée (Cura 2016), et l'objectif est ici de présenter une généralisation de cet usage spécifique. Ainsi, avec le même socle conceptuel basé sur une interrogation temps-réel croisée du temps et de l'espace, de nombreux autres types de données spatio-temporelles peuvent être explorées et analysées de la même manière et avec autant de facilité.

Des données spatio-temporelles issues de capteurs

Cette communication vise à appliquer des méthodes de GeoVisual Analytics à trois types de jeux de données. Ceux-ci ont en commun de porter une information à forte résolution spatiale (localisation précise pour les deux premiers, et à l'échelle d'un tronçon de rue pour le dernier) et temporelle (seconde pour le premier, minute

pour le deuxième et heure pour le dernier). L'amplitude spatiale des données est majoritairement celle de la ville, et l'étendue temporelle s'étend du mois (deuxième jeu) à l'année.

Objectifs

Le premier jeu de données testé est issue de la collecte, par la société Google, des localisations de ses utilisateurs. Lorsqu'un individu possède un smartphone fonctionnant avec le système Android, celui-ci lui propose d'enregistrer régulièrement et automatiquement les coordonnées de l'endroit où il se trouve. Cette proposition s'effectue la première fois que l'utilisateur lance l'application Maps, parmi de nombreux autres réglages souhaités, et de nombreux utilisateurs l'activent ainsi, souvent sans s'en rendre compte. Ce choix effectué, les coordonnées ainsi que l'heure seront enregistrées, environ toutes les 3 minutes en veille et jusqu'à toutes les secondes lors de l'utilisation active du GPS, et communiquées aux serveurs de Google. L'utilisateur peut alors les consulter sur son téléphone ou sur un site dédié : Google TimeLine. Ce site ne permet qu'une consultation jour par jour, et les données y sont en grande partie masquées, seuls les lieux identifiés par Google y apparaissent. Ces données sont sémantiquement extrêmement pauvres puisque seuls les coordonnées et le temps correspondant sont communiqués, il faut donc fouiller les données pour y faire correspondre une pratique ou type d'occupation de l'espace. Le jeu de données test présenté sera celui d'un utilisateur parisien, dont l'activité a été enregistrée par ce service pendant plus de deux ans.

Données individuelles issues de capteurs fixes

Le deuxième jeu de données est un extrait d'utilisation d'un service de vélo en libre service, *CitiBike*, new-yorkais. Il recense, durant un mois, l'ensemble des trajets ayant été effectués entre les stations

du service, c'est-à-dire les heures et localisation de départ et d'arrivée de chaque utilisateur pendant cette période. Des données sémantiques sont adjointes, comme le genre de l'utilisateur, son âge, ou encore l'identifiant du vélo utilisé. Ces données individuelles, à l'échelle du trajet, sont donc proches des données de capteurs fixes, puisque les localisations communiquées sont celles des stations fixes. Elles s'en distinguent toutefois par leur structure, où chaque trajet est un événement, ce qui permet d'analyser les trajectoires et parcours au niveau individuel.

Données agrégées issues de capteurs fixes

Le troisième jeu de données est plus classique, mais aussi bien plus volumineux que les précédents. Il s'agit des données de capteurs routiers en accès libre de la ville de Paris. Sur une période de plusieurs années, pour 3000 rues, le nombre de véhicules étant passé par cette rue est communiqué, chaque heure. Il s'agit donc d'un jeu de données entièrement statique, sémantiquement pauvre, mais à caractère systématique, puisque l'information est communiquée de manière régulière pour un ensemble de rues couvrant la quasi-totalité de la ville étudiée.

Exploration interactive de données massives

La méthode choisie repose sur la visualisation de données et leur filtrage, temporel comme spatial. Ce filtrage est interac-

Explorer l'espace

L'espace est représenté de manière simple au travers d'une carte, dynamique, dans laquelle les informations sont figurées par une carte de chaleur (*heatmap*, dont l'intensité dépend du nombre d'informations présentes. Cette représentation présente un double avantage : elle permet de mettre en évidence les lieux présentant des pics

tif, par sélection graphique d'une « zone » de temps (linéaire) ou d'espace (rectangulaire) correspondant à un intervalle spatial ou temporel. Comparé aux méthodes traditionnelles de filtrage par requête textuelle, cela permet d'avoir un retour instantané d'une requête, et donc de pouvoir multiplier celles-ci sans affronter le caractère disruptif habituel des requêtes dans les outils SIG traditionnels. Notons que cette technique d'interrogation des données est loin d'être nouvelle (voir Unwin 1994 par exemple), mais qu'on l'applique à des données bien plus riches en quantité et pauvres en qualité qu'auparavant.

Les méthodes présentées ici sont assemblées dans des applications informatiques web, ce qui permet à tout un chacun doté d'un navigateur Internet à peu près récent de les utiliser, sans avoir à gérer les dépendances informatiques souvent lourdes habituellement requises par de tels outils. Le format est celui d'un « tableau de bord interactif » (Exploratory Dashboard), dont l'objectif est de concentrer en une vue l'ensemble des informations nécessaires, favorisant l'immersion de la phase d'exploration et essayer d'éviter là aussi une trop forte disruption dans l'analyse.

Pour ce faire, un premier outil a été développé, visant à permettre une exploration par un plus grand nombre des données de localisation personnelles issues du service Timeline de Google. On présente ici les méthodes communes d'exploration de chaque jeu de données (rassemblées dans le premier outil — TimeLine Exploratory Dashboard (Cura 2016) (figure 1)). Les spécificités de chacun seront discutés lors de la présentation.

d'activité à chaque période de temps. Par ailleurs, les cartes de chaleur procèdent en agrégeant les données spatialement proches, ce qui diminue dès lors largement le besoin de ressources informatiques pour le traitement des masses de données manipulées (de quelques centaines de milliers de d'informations à plusieurs millions). Cela permet donc à l'application d'être uti-



FIGURE 1 – Interface d’exploration de TimeLineEDB. A, B et C : fréquences temporelles (heures, jours, mois). Le profil moyen est désigné par la courbe et les barres bleues C - Heatmap des données de journée (filtre actif sur A en surligné) avec zone sélectionnée, dont le profil est reporté en rouge sur A,B et C.

lisée de manière fluide, quelque soit les performances du matériel informatique à disposition des utilisateurs.

Quand l’espace est filtré, par sélection avec un outil manuel au sein de la carte, les informations temporelles sont mises à jour pour afficher conjointement et de manière différenciée les informations dans leur ensemble, mais aussi les spécificités de la zone sélectionnée.

Explorer le temps

Cette sélection est en partie reprise dans les graphiques temporels que l’application propose. Ceux-ci se basent sur plusieurs discrétisations de l’information temporelle des données, afin de faire ressortir les cycles habituels (discrétisation en heures, jours, mois etc.). L’objectif étant de comprendre les usages de tel ou tel lieu, on a opté pour des vues montrant le décompte des entités sur chacune de ces discrétisations, afin de permettre à l’utilisateur de constater les profils de fréquentation temporels des différents lieux. Une sélection de zone spatial affichera donc en même temps, par exemple, le profil de fréquence hebdomadaire de l’ensemble des données, mais aussi celui des espaces correspondant à la sélection, donnant

dès lors les particularités de la zone explorée.

Ces différents graphiques temporels sont eux-aussi interrogeables et filtrables. En cas de sélection, ils mettront à jour la carte d’ensemble, n’affichant sur celles-ci que les informations correspondant à la période filtrée. En sélectionnant les jours de semaine, on aura ainsi une vision de l’espace pratiqué bien différente de celle des nuits de week-end.

Références

L’application permettant d’explorer le premier jeu de données a déjà été réalisée et présentée lors du concours de géovisualisation et cartographies dynamiques du Festival International de Géographie de Saint-Dié-des-Vosges (Cura 2016), où elle a remporté le premier prix. Le cadre du salon de la géomatique, favorisait l’utilisation par un grand public très diversifié, et donc, un test en situation réelle par des utilisateurs non experts. Un premier bilan, par la présentation et l’utilisation de scolaires de la région, est que cette méthode d’analyse de données spatio-temporelles est accessible : sans information spécifique quant au jeu de données, les écoliers et collégiens ont en effet

réussi à retrouver des informations sémantiques riches sur le propriétaire anonyme du jeu de données. Ainsi, tous ont pu trouver son domicile, son lieu de travail, ses horaires de travail ainsi que des spécificités (lieux de vacances, localisation de la famille etc.).

Surtout, cette exploration a été effectuée de manière quasi non guidée : les visiteurs n'avaient pas besoin d'apprendre la manipulation d'un logiciel SIG, un langage de requête ou encore à jouer sur les modes de représentation de l'information. Forts de ce constat, nous souhaitons montrer que la démarche des GeoVisual Analytics peut s'appliquer à d'autres types de données spatio-temporelles, structurellement très diversifiés (mobilité par rapport à comptage sur point fixe par exemple), dès lors que les données sont suffisamment massives pour que leur simple filtrage fasse ressortir des caractéristiques de l'espace analysé.

Nous pensons que ces méthodes méritent de (re-)trouver toute leur place au sein du monde de la géographie théorique et quantitative, tant elles permettent de réduire les bases géo-statistiques et computationnelles nécessaires à la compréhension de jeux de données spatio-temporels massifs qui sont omniprésents aujourd'hui.

Références

- Andrienko, Gennady, Natalia Andrienko, Urska Demsar, Doris Dransch, Jason Dykes, Sara Irina Fabrikant, Mikael Jern, Menno-Jan Kraak, Heidrun Schumann et Christian Tominski (2010). « Space, time and visual analytics ». In : *International Journal of Geographical Information Science* 24.10, p. 1577–1600.
- Andrienko, Gennady, Sara Irina Fabrikant, Amy L Griffin, Jason Dykes et Jochen Schiewe (2014). « Geoviz : Interactive maps that help people think ». In : *International Journal of Geographical Information Science* 28.10, p. 2009–2012.
- Chardonnel, Sonia (2007). « Time-geography : Individuals in Time and Space ». en. In : *Models in Spatial Analysis*. Wiley-ISTE. Geographical Information Systems Series. Sanders, Lena, p. 319. url : <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00283782>.
- Chardonnel, Sonia et Thomas Thévenin (2012). « Les apports de la Time-Geography dans les représentations spatio-temporelles ». In : *École thématique MO-DyS du CNRS sur modélisation et visualisation des dynamiques spatiales*.
- Cura, Robin (2016). *TimeLine Exploratory DashBoard*. Application web. Saint-Dié-des-Vosges, France. url : <https://github.com/RCura/TimeLineEDB>.
- Fisher, Peter F. (1998). « Is GIS Hidebound by the Legacy of Cartography? » In : *The Cartographic Journal* 35.1, p. 5–9. url : <http://www.tandfonline.com/doi/citedby/10.1179/000870498787074056>. 5
- Keim, Daniel, Gennady Andrienko, Jean-Daniel Fekete, Carsten Görg, Jörn Kohlhammer et Guy Melançon (2008). « Visual analytics : Definition, process, and challenges ». In : *Information visualization*. Springer, p. 154–175.
- Unwin, Anthony (1994). « L'exploration des données géographiques sur Regard ». In : *Mappemonde* 3, p. 27.

Une approche spatiale des inégalités urbaines : l'exemple des aires métropolitaines françaises

Quentin Godoye, Sébastien Oliveau, Frédéric Audard

Aix-Marseille Université, CNRS, UMR 7300 ESPACE
Observatoire Démographique de la Méditerranée - DEMOMED

Mots-clefs - inégalités spatiales, modèles urbains, ségrégation, métropolisation

L'étude de la répartition des groupes sociaux au sein des villes est un champ assez bien circonscrit de la recherche en sciences humaines et sociales. Celle-ci a commencé dans les années 1920 avec la création de l'École de sociologie de Chicago. Par la suite, la montée en puissance de la nouvelle géographie dans les années 1970, plus quantitative, a redynamisé cette thématique de recherche. Ces méthodes quantitatives ont permis de décrire et d'analyser la répartition de la population, et de remettre en question les modèles de répartition de la population élaborés par les sociologues de l'École de Chicago (Madoré, 2016). Nous souhaitons mettre au cœur de notre étude ces modèles, qui sont aujourd'hui moins utilisés. Pour cela, il est nécessaire de revenir au contexte de leur création, afin de comprendre leur fonctionnement, leur portée, et leurs limites. E. Burgess et E. Park ont effectué un nombre important d'enquêtes qualitatives, en utilisant la méthode du récit de vie, pour étudier l'évolution du lieu d'habitation des individus à Chicago. Ils ont également développé la notion d'écologie urbaine, ne considérant pas uniquement la ville comme une construction artificielle, mais comme un produit de la nature humaine, et des luttes entre groupes sociaux pour s'approprier ce territoire (Joseph, Grafmayer, 2009 ; Wacquant, 1992). C'est en analysant les récits de vie récoltés que Burgess a tenté de modéliser la trajectoire des individus dans la ville, de leur arrivée, à leur intégration, et en est arrivé à la création du modèle concentrique. Dans la continuité de ces travaux, les modèles sectoriel (Hoyt, 1939) décrivant la répartition

socio-économique de la population, et poly-nucléaire montrant la répartition « ethnique » (Harris et Ullman, 1945) ont été élaborés.

Notre démarche s'inscrira également dans un cadre conceptuel légèrement différent de celui généralement convoqué dans les études du même type. En effet, nous ne souhaitons pas employer le concept de ségrégation pour qualifier la répartition des groupes sociaux en France (Brun, 1994). Face à l'usage de plus en plus répandu de ce terme, le plus souvent à mauvais escient (Wacquant, 1992), nous souhaitons revenir à sa définition la plus stricte : « la ségrégation est une politique de mise à l'écart d'une population formant un sous-groupe religieux ou racial, que la législation isole dans un ou des quartiers d'une ville » (Pumain, 2006). Nous préférons parler d'agrégation, puisque ce concept décrit le processus de regroupement des individus, sans sous-entendre que celui-ci est forcé.

Dans le cadre de cette présentation, nous nous interrogerons sur la pertinence des modèles de l'École de Chicago pour décrire la répartition de la population dans 4 grandes villes françaises. Nous parlons ici de pertinence, car ces modèles ont été construits pour décrire la répartition de la population dans une ville connaissant une croissance urbaine importante, alors que les villes françaises ne connaissent pas cette forte croissance, mais connaissent au contraire une augmentation de la population plutôt faible, et sont dotées d'une couronne périurbaine, ce qui n'était pas le cas de Chicago au début du XX siècle (Cattan,

et al., 1999). Par ailleurs, il est nécessaire de rappeler que la démarche employée par les sociologues de Chicago reposait sur des méthodes d'observations qualitatives, qui s'inscrivent dans une démarche scientifique différente de la nôtre. En s'inscrivant dans le courant théorique et quantitatif de la géographie, nous tenterons de démontrer qu'avec des méthodes d'analyses quantitatives, nous retrouvons des formes de répartition de la population similaires à celle décrite par les modèles de l'École de Chicago. Ce questionnement nous permet d'émettre une hypothèse. **Nous pensons que les modèles de l'École de Chicago fonctionnent pour décrire la répartition des groupes sociaux des grandes villes françaises, mais qu'ils ne sont plus liés aux mêmes variables** (Schwabe, 2007). Par exemple, la répartition socio-économique pourrait prendre la forme du modèle concentrique de Burgess, alors que cette variable est habituellement utilisée pour illustrer le modèle sectoriel de Hoyt. Pour réaliser cette étude, nous utiliserons les données du dernier recensement de la population française effectué par l'INSEE, à l'échelle de l'IRIS (plus petit maillage du recensement français). Nous utiliserons comme délimitation le découpage en aires urbaines effectué par l'INSEE, puisque celui-ci intègre les espaces périurbains, que nous ne pouvons négliger dans les dynamiques métropolitaines actuelles (Rozenblat, et al., 2003). L'aire urbaine est composée d'un pôle urbain qui regroupe au moins 10.000 emplois (Pôle urbain et Ville centre), et d'une couronne périurbaine, où au moins 40 % de la population de chaque commune exerce une activité professionnelle dans le pôle urbain. Dans le but de tester les modèles de l'École de Chicago, nous allons utiliser le même type de variable qu'à l'origine. Nous utiliserons la variable d'âge (découpée en tranches d'âges) pour la dimension socio-démographique (Ghékière, 2006), les Professions Catégories Professionnelles (PCS) pour la dimension socio-économique (Bourdieu, 1979), et enfin la nationalité pour la dimension « ethnique ». Notre démarche méthodologique s'ap-

puie sur deux types d'outils principaux : des analyses factorielles et des classifications d'une part, et des mesures de ségrégation spatiale d'autre part.

À l'aide des méthodes d'analyse factorielle (ACP) et de classification (CAH ou nuées dynamiques), nous proposons une première cartographie des inégalités urbaines. Ensuite, l'utilisation de différents indices de ségrégation (Massey, Denton, 1988) permet de mesurer et comparer les inégalités mises en évidence. Ces indices sont encore relativement peu utilisés en France, alors que leur utilisation est déjà largement répandue outre Atlantique (Apparicio, 2000). Leur diversité permet de mesurer plusieurs dimensions de la ségrégation. Ces indices sont pour la plupart spatiaux. Toutefois, il est possible, notamment pour l'indice d'égalité de Duncan de les spatialiser, ce qui pourra nous aider à localiser les espaces où les inégalités socio-spatiales sont les plus importantes.

Nous présentons dans les tableaux 1 et 2 un premier exemple utilisant la mesure de l'indice de ségrégation de Duncan, pour chaque aire urbaine, et pour chaque territoire de l'aire urbaine (commune, pôle urbain, aire urbaine), afin de réaliser une comparaison inter-urbaine, mais également intra-urbaine à nos quatre échelles d'analyse. Nos résultats montrent de manière générale une relative stabilité de la valeur des indices par groupes sociaux entre les villes. Par ailleurs, la valeur de l'indice pour les cadres et les ouvriers est globalement plus élevée que pour les autres catégories sociales. Enfin, dans toutes les villes, la couronne périurbaine a une répartition de la population plus égale, puisque la valeur des indices dans cette zone est toujours inférieure à celle des autres espaces.

Nos travaux soulignent la diversité des 4 aires urbaines françaises étudiées en terme d'inégalités urbaines, même si des schémas récurrents peuvent apparaître. Les modèles de l'école de Chicago restent des cadres théoriques intéressants pour les études infra-urbaines, même s'ils doivent être adaptés.

Tableaux 1 et 2 : Mesures de l'indice de ségrégation de Duncan

	Lille				Paris			
	Aire urbaine	Ville centre	Pôle urbain	Couronne périurbaine	Aire urbaine	Ville centre	Pôle urbain	Couronne périurbaine
Artisan	0,17	0,15	0,17	0,14	0,18	0,17	0,18	0,21
Cadre	0,30	0,30	0,32	0,15	0,35	0,20	0,34	0,26
Prof. Inter	0,12	0,10	0,13	0,08	0,11	0,09	0,11	0,11
Employé	0,13	0,14	0,12	0,11	0,19	0,18	0,17	0,12
Ouvrier	0,27	0,31	0,26	0,13	0,29	0,25	0,26	0,21

	Lyon				Marseille			
	Aire urbaine	Ville centre	Pôle urbain	Couronne périurbaine	Aire urbaine	Ville centre	Pôle urbain	Couronne périurbaine
Artisan	0,19	0,15	0,19	0,17	0,18	0,16	0,18	0,13
Cadre	0,28	0,20	0,27	0,19	0,29	0,32	0,29	0,16
Prof. Inter	0,10	0,08	0,11	0,10	0,12	0,15	0,09	0,08
Employé	0,11	0,13	0,12	0,08	0,13	0,14	0,12	0,09
Ouvrier	0,25	0,23	0,24	0,15	0,23	0,26	0,22	0,13

Références

Apparicio P., 2000, « Les indices de ségrégation résidentielle : un outil intégré dans un système d'information géographique », *Cybergéo*, 134.

Bourdieu P., 1979, *La distinction. Critique sociale du jugement*, Minuit, Paris.

Brun J., 1994, « Essai critique sur la notion de ségrégation et sur son usage en géographie urbaine », dans *La ségrégation dans la ville*, L'Harmattan, Paris, p. 21 ?58.

Cattan N., Pumain D., Rozenblat C., et al., 1999, *Le Système des villes européennes*, Anthropos, Paris, 197 p.

Ghèkière J.-F., 2006, « La distribution des âges dans la ville. Vieillesse des espaces urbains conçus pour des populations jeunes », *Les annales de la recherche urbaine*, 100, p. 7 ?13.

Joseph I., Grafmeyer Y., 2009, *L'école de Chicago : Naissance de l'écologie urbaine*, Paris, Editions Flammarion, 377 p.

Madoré F., 2016, « Approche comparative de la ségrégation socio-spatiale dans les aires urbaines françaises », *Annales de géographie*, 706, p. 653 ?680.

Massey D., Denton N., 1988, « The dimensions of residential segregation », *Social Forces*, 67, 2, p. 281 ?315.

PUMAIN D., 2006, « Ségrégation », - Hypergéographie, <http://www.hypergeo.eu/spip.php?article372>, [en ligne], consultée le 14 novembre 2016.

Putnam R.G., Taylor F.J., Kettle P.K., 2014, *A Geography of Urban Places*, Routledge, 479 p. Rozenblat C., Cicille P., 2003, *Les villes européennes : analyse comparative*, La Documentation française, Paris (Études et recherches - DATAR), 94 p.

Schwabe M., 2007, « La ségrégation résidentielle dans les plus grandes villes françaises (1968- 1999) : quel modèle urbain ? », *Cybergeo : European Journal of Geography*. Wacquant L., 1992, « Banlieues françaises et ghetto noir américain : de l'amalgame à la comparaison », *French Politics ans Society*, 10, 4, p. 81 ?103.

Atelier 3

Evaluation territoriale

SIX NUANCES D’A-GREY-GATION

L’influence du choix des unités spatiales d’agrégation sur la lecture et l’interprétation des résultats cartographiés

Jean-Philippe Antoni¹, Émilie Lerond¹, Stéphane Moisy², Olivier Klein³

Laboratoire Théma

UMR 6049 CNRS - Université Bourgogne Franche-Comté¹

OTE Ingénierie (Strasbourg)²

LISER (Luxemburg Institute of Socio-Economic Research)³

jean-philippe.antoni@univ-fcomte.fr

Mots-clefs - Analyse spatiale, Maillage, Découpage spatial, Agrégation, Systèmes multi-agents

Introduction

Contexte

En même temps que les activités humaines se sont informatisées, les sources de données géographiques se sont diversifiées, autant du point de vue de leur production (smartphones, capteurs, simulation) que de leur gestion (modélisation, base de données et protocoles d’interrogation). Ces données de « nouvelle génération » partagent en général le fait d’être massives, désagrégées et multidimensionnelles. Elles se caractérisent par des attributs riches d’un point de vue spatial (localisation), thématique (type d’activité) et temporel (heure de début et de fin, durée). En contrepartie, leur volume et leur structure les rendent difficiles à manipuler (Batty, 2013 ; Kitchin, 2014). Parmi les principales difficultés, leur simple visualisation est délicate à grande échelle (pour une agglomération entière par exemple) : comment visualiser individuellement des centaines de milliers d’objets ou d’individus en mouvement, de manière à ce que l’information de détail reste lisible (échelle micro), mais que l’on puisse également en dégager une structure spatiale interprétable d’un point de vue géographique (échelle macro) ? Pour rendre lisible ce type de données plusieurs solu-

tions existent, comme l’analyse du semis de points et/ou l’interpolation spatiale des variables associées aux individus. L’inconvénient est alors de représenter les données de manière continue, même si elles sont discrètes. Pour pallier ce problème, l’agrégation spatiale reste paradoxalement une opération nécessaire afin de visualiser des données dont l’un des principaux intérêts repose au départ sur leur caractère désagrégé.

Hypothèses et objectif

Concrètement, l’agrégation s’appuie sur un double choix. D’une part, il convient de choisir la taille des unités spatiales au sein desquelles les données seront regroupées, ce qui revient à déterminer la résolution (ou la granulométrie) des résultats finaux, selon une problématique devenue classique pour la cartographie par carroyage (DelaHaie, 1987 ; Cauvin, 2008). D’autre part, il convient également de déterminer la forme de ces unités spatiales, selon une logique qui relève du problème très général du MAUP (Openshaw, 1983 ; Epton, 2006), mais avec un degré de liberté supplémentaire dans la mesure où les données ne sont généralement contraintes par aucune structure au départ. Ce double choix, encore relativement peu étudié, n’est probablement pas anodin et nous conduit à formuler deux hypothèses :

- A. Pour un jeu de données identique, la structure (taille et forme) des unités spatiales d'agrégation influence les résultats quantifiés et cartographiés à l'échelle micro.
- B. Cette même structure influence la lecture et l'interprétation des résultats à l'échelle macro et peut conduire à des conclusions fallacieuses ou contradictoires.

L'objectif de cette communication est triple : (i) vérifier ces hypothèses à partir d'un exemple concret, (ii) proposer des éléments permettant de mieux comprendre les enjeux et les écueils liés à la représentation de données individuelles désagrégées, et (iii) envisager des éléments de méthodologie pour généraliser la démarche à n'importe quel cas d'étude.

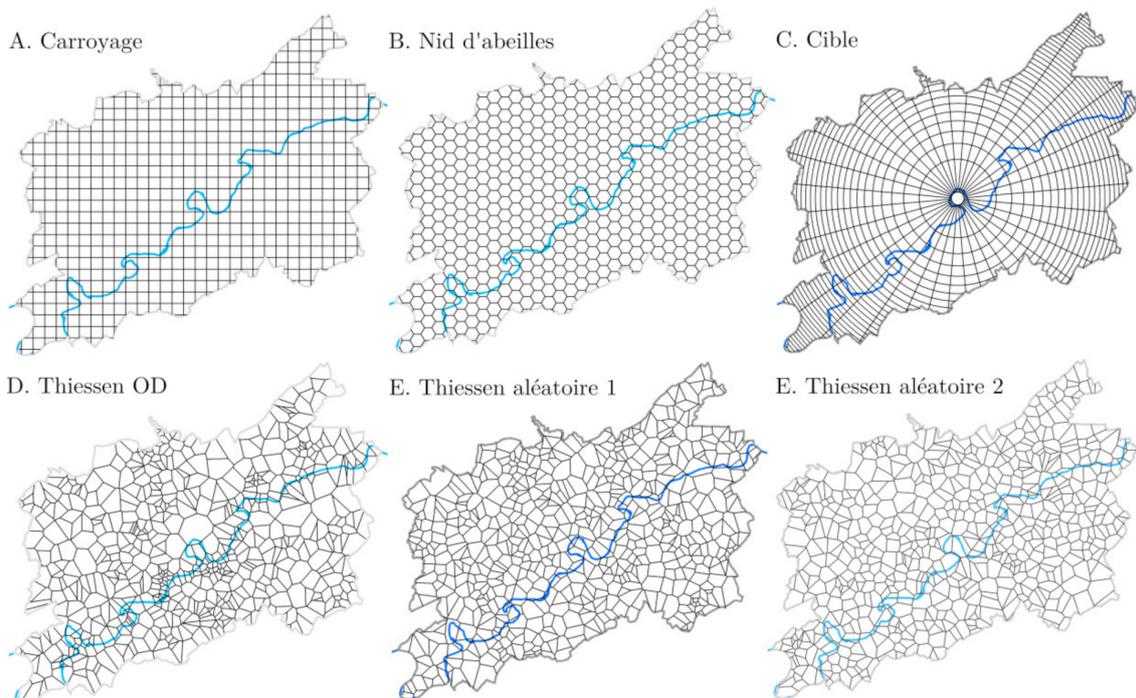


FIGURE 1 – Six ensembles d'unités spatiales présentant des structures différentes

Méthodologie

Terrain d'étude et données

Le jeu de données mobilisé pour cette communication a été généré par simulation, à l'aide du modèle LUTI MobiSim (Antoni et al., 2016). Il décrit les déplacements quotidiens de 180 000 individus dans la Communauté d'Agglomération du Grand Besançon (CAGB) pendant vingt-quatre heures, sous la forme d'une matrice origine-destination et sous la forme de positions successives des individus. Les lieux et les heures de départ et d'arrivée sont connus, ainsi que les motifs et modes de transport. L'une des questions possibles à laquelle nous tentons de ré-

pondre ici à titre d'exemple est la suivante : d'où les individus partent-ils, où arrivent-ils (échelle micro), et quelle est la structure géographique qui se dégage de leurs déplacements (échelle macro) ?

Construction des unités d'agrégation

Pour tester les hypothèses A et B à partir des données MobiSim, la méthodologie consiste en une approche comparative fondée sur des ensembles d'unités spatiales différents dans leur nature mais comparables dans leur structure (Figure 1). Ces ensembles sont construits en respectant trois

contraintes : (i) ils couvrent l'ensemble du terrain d'étude (CAGB) d'un seul tenant et sans enclave ; (ii) le nombre d'unités spatiales de chaque ensemble est identique (autant que possible) ; (iii) la taille (superficie) des unités spatiales est identique (autant que possible). Le respect de ces contraintes permet de produire trois ensembles :

- A. Carroyage : 628 cellules carrées d'une surface de 806 192 m².
- B. Nid d'abeilles : 624 cellules d'une surface de 806 192 m².
- C. Cible : 655 cellules d'une surface de 806 154 m².

En assouplissant la troisième contrainte (taille des unités spatiales), il est possible d'ajouter trois ensembles supplémentaires. Le premier est directement lié aux données ; les deux suivants sont construits de manière aléatoire (à partir d'une localisation aléatoire de centroïdes) pour évaluer la part stochastique des résultats produits :

- D. Polygones de Thiessen fondés sur les centroïdes Origine/ Destination : 626 cellules d'une surface comprise entre 18310 et 4 652 990 m².
- E. Polygones de Thiessen 1 construits aléatoirement : 626 cellules d'une surface comprise entre 57 950 et 3 233 065 m².
- F. Polygones de Thiessen 2 construits aléatoirement : 626 cellules d'une surface comprise entre 38 645 et 2 822 297 m².

Évaluation

Outre les indicateurs statistiques standards (min, max, moyenne, écart-type), le résultat des agrégations dans chacun des ensembles est évalué à partir de l'analyse de la variance intra-et inter-unités, selon une logique qui fait successivement appel à l'indice de Jenks et Coulson (1971), à l'indice TAI (Tabular Accuracy Index ; Jenks, 1963 ; Evans, 1977) et à l'indice GVF (Goodness of Variance Fit) fondé sur le degré d'homogénéité interne des classes que constituent chaque cellule (Smith, 1986). Cette évaluation croisée permet d'opérer

un classement des ensembles d'unités spatiales tenant compte de la manière avec laquelle il restituent l'homogénéité et/ou la diversité de l'information à l'échelle micro (minimisation de la variance intra-unité) comme à l'échelle macro (maximisation de la variance inter-unités). Ces méthodes permettent de vérifier l'hypothèse A.

En ce qui concerne l'hypothèse B, l'évaluation est faite à partir d'une enquête réalisée auprès de géographes et de non-géographes, sensibilisés aux questionnements de la représentation cartographique ou non. Cette enquête est relativement rapide, puisqu'elle demande simplement de reconnaître (ou non) des structures géographiques de base à partir des différents maillages testés. Ces structures sont approchées à partir de formes géométriques classiques en géographie urbaine : organisation radioconcentrique, sectorielle (radiale), polynucléaire, linéaire, aléatoire, en opposition, ou autre(s).

Résultats et perspectives

Cette étude propose une méthode pour évaluer la qualité des découpages spatiaux préalablement à l'agrégation et à la cartographie de données individuelles de manière à en restituer correctement le détail tout en permettant une lecture d'ensemble. Elle montre de surcroît, que le choix des unités spatiales d'agrégation est une étape fondamentale, au même titre que la discrétisation des données statistiques. Le découpage en unités spatiales conduit en effet à des variations notables pour la cartographie qui influence non seulement la valeur localisée des variables cartographiées, mais également leur lecture et leur interprétation géographique. Dans ce contexte, le choix d'une structure d'agrégation adéquate apparaît comme une condition sine qua non pour la visualisation de données, en particulier lorsque celle-ci concerne les données issues de modèles individus-centrés fondés sur les Systèmes Multi-Agents. L'intégration de ces choix dans la plateforme de MobiSim dédiée à la visualisation des résultats

constitue de ce fait une perspective majeure de ce travail.

Références

- Antoni J.P, Lunardi N., Vuidel G., 2016, Simuler les mobilités individuelles. Les enjeux de l'information géographique, *Revue internationale de géomatique*, 26, 2, pp. 237-262.
- Cauvin C., 2008, *Cartographie thématique*, Hermes-Lavoisier, 5 tomes.
- Delahaie C., 1987, Le carroyage : création d'une entité stable, *L'espace géographique*, 4, pp. 265-267.
- ESPON, 2006, *The modifiable areal unit problem*, UE Report. http://www.espon.eu/mmp/online/website/content/projects/261/431/index_EN.html
- Evans I.S., 1977, The selection of class intervals, *Transactions of the Institute of British Geographers*, 2, 1, pp. 98-123.
- Jenks G.F, Coulson M.R.C., 1963, Class intervals for statistical maps, *International Yearbook of Geography*, 7.
- Jenks G.F, Caspall F.C., Error on choroplethic map : definition, measurement, reduction, *Annals of the Association of American Geographers*, 61, 2, pp. 217-244.
- Openshaw S., 1983, *The modifiable area unit problem*, Concepts and techniques in modern geography (CATMOG), 41 p.
- Smith R. M., 1986, Comparing traditional methods for selecting class intervals on choropleth maps, *The Professional Geographer*, 38, 1, pp. 62-67.

Le découpage administratif au Sénégal, les défaillances de la limite territoriale : outils et méthodes

Seydou BA

Laboratoire Théma

UMR 6049 CNRS - Université Bourgogne Franche-Comté¹

seyd.ba@gmail.com

Contexte

Le Sénégal est un Etat décentralisé et déconcentré avec aujourd'hui deux paliers de collectivités locales (Département et Commune) et trois paliers de circonscriptions administratives (Région, Département et Arrondissement). Depuis l'indépendance en 1960, les différents gouvernements se sont illustrés par une volonté d'organiser le territoire national par des réformes inscrites dans le processus de décentralisation qui se concrétisent par des découpages administratifs. Ainsi, le territoire national de 196 712 km², est passé progressivement de 7 régions en 1976 à 14 depuis 2008 avec une forte augmentation des collectivités de base que sont les communes¹ actuellement au nombre de 557.

D'aucuns affirment que la multiplication des découpages administratifs répondrait à deux principes. D'une part la nécessité d'un contrôle plus serré du territoire et d'autre part la réponse à une forte demande de décentralisation et de gestion des communautés à l'échelle locale (Sané, 2016). Ces découpages administratifs ont multiplié les entités territoriales et remodelés les frontières communautaires. Or, la création de ces entités au niveau local ne s'accompagne pas d'une formalisation de leurs limites. Cette situation est à l'origine de nombreux litiges et conflits frontaliers qui se traduisent principalement dans le domaine foncier par des contestations et des remises

en cause des affectations de terres et le blocage de nombreuses opérations d'aménagement et équipements des collectivités locales.

La décentralisation sénégalaise qui est fortement liée à l'aménagement du territoire² accorde aux collectivités locales la gestion, l'organisation de leurs territoires, la planification du développement. Dans les textes officiels « *ne peuvent être constituées en communes que les localités ayant un développement suffisant pour pouvoir disposer de ressources propres nécessaires à l'équilibre de leur budget*³ ». Aussi leur création doit suivre un certain nombre de critères comme la solidarité résultant du voisinage, l'existence d'intérêt commun, les capacités à trouver les ressources nécessaires à une action qui leur soit propre, la prescription d'une enquête après demande d'un conseil municipal ou du tiers des électeurs inscrits de la commune en question (art. 71 et 76 CGCL). Mais en réalité la situation semble être tout autre. En plus du nombre des découpages administratifs, surtout entre 2008 et 2011, souvent contestées par une partie des populations et les élus locaux de l'opposition, l'exercice des compétences d'aménagement et de planification, la gestion des ressources principales comme le foncier reste souvent bloquée par la question des limites. Or, ce sont des domaines dont l'exercice, ainsi que la définition des politiques de développement nécessitent une délimitation et un territoire bien

1. Avant l'acte III de la décentralisation les collectivités locales de base du Sénégal étaient la commune et la communauté rurale

2. Selon l'exposé de motifs du Code Général des Collectivités locales de 2013 la réforme de l'acte III plonge ses racines dans une véritable politique d'aménagement du territoire.

3. Article 73 du Code Général des Collectivités locales de 2013

connu (Idelman, 2010). Malgré la clarté des textes dont nous pensons que l'application fait défaut, la création des entités paraît approximative et obéit plus à des demandes de leaders locaux ou d'autres groupes de pression politiques en collaboration avec de puissants investisseurs étrangers. Il en résulte que nombre de ces communes sont confrontées à des difficultés pour exercer les compétences de gestion et d'aménagement des territoires, ne parviennent pas à assurer l'offre de services à la population ; éprouvent beaucoup de difficulté à trouver l'équilibre de leur budget et dépendent entièrement des transferts de fonds de l'Etat (Fonds d'équipement des collectivités locales - sous forme de fonds de concours - et Fonds de dotation à partir des prélèvements de TVA). Donc, ce sont des communes sans viabilité territoriale et économique, avec de très faibles capacités d'actions et d'investissements.

Avec la multiplication des découpages administratifs précipités souvent qualifiés d'électorales⁴ et le caractère flou des limites territoriales, les interpénétrations des territoires communaux et les conflits frontaliers sont de plus en plus fréquents au Sénégal. Actuellement, avec le lancement de l'acte III de la décentralisation, depuis 2013, le gouvernement du président Macky Sall tente de reformer en profondeur l'organisation politico-administrative sans remettre en question le découpage territorial qui est pourtant considéré comme source de dysfonctionnement et de faiblesse des moyens des collectivités locales. Le débat reste concentré sur le manque de moyens des collectivités, les aspects institutionnels de la décentralisation laissant de côté les fondements des découpages et la question des limites territoriales.

Objectifs et Méthode

Cette étude poursuit un certain nombre d'objectifs parmi lesquels :

- Comprendre de quelle manière se mettent en place les limites territoriales, identifier les étapes de cette construction et mesurer les effets sur les comportements des acteurs ;
- Comprendre l'organisation des systèmes spatiaux et la construction des territoires à l'échelle de la commune sénégalaise en lien avec l'appropriation qui en est faite ;
- Proposer des limites qui prennent en compte à la fois les représentations et les usages en lien avec les territoires de référence.

Du point de vue théorique, notre méthodologie s'appuie sur :

- L'approche systémique du territoire (Moine, 2007) pour analyser et rendre compte le processus complexe de construction des territoires et des limites. Dans ce cas, la complexité des interactions et des temporalités en jeu nécessite la mobilisation de plusieurs champs disciplinaires s'intéressant aux territoires, aux relations entre homme et espace, à la question des frontières. En nous appuyant sur l'approche systémique du territoire tel qu'elle est développée au sein du Laboratoire ThéMA, nous allons analyser de quelle manière des limites se mettent en place. Ensuite par une approche hiérarchique descendante nous allons réaliser un ensemble de graphes causaux afin d'identifier les liens et interactions entre les différents éléments du système, notamment pour formaliser les mécanismes de construction des limites en jeu ;
- Une enquête par entretien semi-directif individuel va permettre de collecter des données plurielles pour analyser et rendre compte un processus complexe et multi-scalaire dans un contexte de forte recomposition territoriale. Nous avons mené les enquêtes auprès de trois catégories

4. Dans ce passage nous faisons référence à la création de nouvelles entités entre 2008 et 2011 qui avait suscité beaucoup de contestations et soulèvements des populations qui exprimaient des inquiétudes par rapports aux soubassements de ces nouveaux découpages administratifs.

d'acteurs : politique (élus et représentants de l'administration), techniciens (services techniques d'appui aux collectivités locales), populations (selon les activités les zones de résidences). Le recours à l'entretien semi-directif sur la base d'un questionnaire répond à un besoin de disposer des informations empiriques relatives aux pratiques locales, aux perceptions et représentations des processus de découpages administratifs et leur appropriation.

Les entretiens ont été, dans certains cas, complétés par des cartes mentales. Mais il faut noter que cette partie des enquêtes de terrain a été très difficile, car très peu de personnes ont accepté de se livrer à l'exercice. Le refus de la majorité de nos interviewés pouvait s'expliquer par l'analphabétisme.

Au vu de la sensibilité de la question foncière nous avons eu recours à des données secondaires en guise de compléments d'informations, figurant dans les comptes rendus de délibération des communes, les protocoles d'accord avec des investisseurs⁵, les plans d'occupation et d'affectation des sols (POAS).

L'ensemble des résultats est confronté à des traitements statistiques classiques de manière à comprendre de quelle manière les territoires analysés sont vécus sous l'angle des mobilités notamment.

Pour le traitement des données nous avons adopté une méthodologie mixte combinant une analyse quantitative et une analyse qualitative :

- L'analyse qualitative consiste à organiser les données brutes principalement du discours que nous allons transcrire, organiser et codifier avant de procéder à une analyse de contenu. Celle-ci s'appuie sur une démarche en trois étapes :

5. Ces protocoles concernent principalement la commune de Mbane, où la présence des entreprises d'agro-business crée une situation conflictuelle par rapport à la délimitation entre domaines villageois et périmètres agricoles.

une analyse thématique pour identifier et relever les thèmes que l'interviewé évoque dans son discours. Ensuite une analyse descriptive pour montrer les liens entre les éléments du discours relatifs aux conceptions des territoires et limites, aux pratiques et stratégies sociales et spatiales, l'expression d'appartenance ou d'identité, la référence à un espace donné. Enfin, une analyse explicative pour caractériser les mécanismes et jeu de rapports entre les acteurs. Cette approche s'inspire des travaux de S. Alami, D. Desjeux et I. Garabuau-Moussaoui (2009). Les buts visés à ce niveau sont principalement de deux ordres. D'abord comprendre les différentes conceptions de ce qu'est un territoire et une limite, leurs conditions d'émergence. Autrement dit comment les territoires et les limites sont construits à partir du vécu des acteurs enquêtés et leurs pratiques spatiales. Ensuite saisir à partir des discours les opinions et prises de positions par rapport aux découpages administratifs dans leur évolution, les cadres spatiaux de références de différentes catégories d'acteurs, la connaissance, l'existence ou non des difficultés à positionner les limites sur une carte ou indiquer des points de repères sur le terrain. L'analyse qualitative permet également de révéler les relations et jeux d'acteurs au sein des territoires à différentes échelles. L'ensemble de ces éléments pourront ainsi être confrontés aux cadres de références officiels et à notre connaissance de la réalité. Ces éléments pourront ainsi être confortés par l'analyse des cartes mentales. Celle-ci apporte également des informations sur la connaissance des territoires et la position des limites exactes et révèle aussi les pratiques

et les lieux fréquentés. L’alignement des cartes mentales avec les cartes administratives des communes fournit une idée des représentations individuelles des communes.

- Quant à l’analyse quantitative, en dehors de la description de la population enquêtée, elle va compléter la première et nous permettre de mieux comprendre et interpréter les dynamiques locales, l’existence ou non des aires d’influences par rapport aux positions connues de la limite, aux équipements, infrastructures et aux principaux foyers de peuplement de nos territoires cibles. Elle s’appuie en partie sur l’exploitation des données statistiques officielles. L’analyse quantitative va venir appuyer les résultats de l’analyse qualitative sur les pratiques et interactions socio-spatiales. C’est avec des traitements statistiques que nous allons caractériser les pratiques/mobilités concrètes, la fréquentation et l’usages des équipements, identifier les espaces fonctionnels et de quelle manière les limites administratives officielles sont traversées ou non et leurs effets dans ces dynamiques. Aussi, les cartes mentales seront confrontées aux cartes issues d’analyses statis-

tiques.

Si l’analyse qualitative nous permet de mieux comprendre les opinions, perceptions et représentations des territoires et des limites l’analyse quantitative nous éclaire sur les effets des limites dans les dynamiques et la gestion des territoires.

Références

Alami S., Desjeux D., Garabuau-Moussaoui I., 2009, *Les méthodes qualitatives*, Paris, PUF, « Que sais-je ».

Idelman E., 2010, Collectivités locales et territoires locaux en Afrique de l’Ouest rurale. Comité technique « Foncier et développement ».

Moine A., 2007, *le territoire : comment observer un système complexe*, Paris, L’Harmattan, coll. Itinéraires Géographiques

Sané Y., 2016, « La décentralisation au Sénégal, ou comment réformer pour mieux maintenir le statu quo », *Cybergeo : European Journal of Geography* [En ligne], Espace, Société, Territoire, document 796, mis en ligne le 05 décembre 2016, consulté le 09 janvier 2017. URL : <http://cybergeo.revues.org/27845>? DOI : 10.4000/cybergeo.27845

Les trajectoires de croissance économique en Europe centrale et orientale. Analyse à partir d'un indice de convergence locale

Sébastien Bourdin

Ecole de Management de Normandie, Institut du Développement Territorial

Mots-clefs - Convergence, disparités économiques, indice de gini, Union européenne

Introduction, contexte et objectif

Mise à niveau et convergence constituent des difficultés récurrentes pour les pays ayant vocation à rejoindre l'Union européenne. Durant la décennie précédente, les dix candidats des PECO ont poursuivi une même stratégie de restructuration et de rapprochement des normes européennes. Pour atteindre leurs cibles, ces pays ont adopté des trajectoires différentes, appliqué des politiques spécifiques qui ont agi sur le rythme et l'ampleur de leur convergence. Alors que les deux derniers élargissements de l'Union européenne vers l'Est (2004 et 2007) ont tous deux favorisé la croissance économique dans ces nouveaux États-membres, il a été observé pour ces pays un accroissement des inégalités économiques au niveau régional (Rózsás, 2002 ; Aristei et Perugini, 2011).

L'enjeu de la transition est le passage des anciens pays communistes et des pays en développement à régimes autoritaires vers une société plus démocratique et vers une économie où le marché joue un rôle prépondérant. En dépit de la spécificité des trajectoires nationales et régionales, les modalités de la transition ont été dans tous les pays quasiment similaires : baisse drastique des subventions budgétaires, chute sensible du pouvoir d'achat et irruption brutale du phénomène de chômage, transition démocratique et politique, modifications des structures économiques (Milanovic, 1998 et 1999).

A partir de 1989, trois jeux de forces ont prédominé en Europe centrale et orientale, conditionnant le changement institutionnel des économies et des pays postsocialistes.

D'une part, les forces endogènes ou internes, avant tout déterminées par les organisations et les acteurs nationaux, d'autre part, les forces européennes impulsées par les États-membres et les institutions de l'UE, enfin, les forces globales résultant des organisations internationales (FMI, OCDE, etc.) et des firmes multinationales. Ces trois champs de force (eux-mêmes évolutifs) ont interféré constamment, avec des poids variables selon les phases et selon les pays, contribuant de façon décisive à la formation de trajectoires nationales et régionales de changement.

Aussi, dans ce contexte, il semble intéressant de s'interroger sur l'intégration régionale différenciée des pays et des régions d'Europe centrale et orientale. L'hypothèse de cette étude est, qu'au-delà de la convergence observée entre les pays et la divergence observée au sein de chaque pays (Ezcurra et Pascual, 2007 ; Sukiassyan, 2007), les trajectoires de convergence entre chaque pays d'Europe centrale et orientale sont différentes. Une autre hypothèse consiste à considérer qu'il existe un gradient ouest-est d'intégration économique régionale. Autrement dit, nous faisons l'hypothèse que la localisation géographique joue un rôle prépondérant dans le rattrapage différencié des pays et des régions. L'introduction de la localisation dans l'analyse des inégalités régionales permet de mettre en lumière la présence d'effets spatiaux caractérisés par l'autocorrélation spatiale et l'hétérogénéité spatiale du processus de convergence (Le Gallo, 2004). Les études prenant en compte la dimension spatiale des données dans l'analyse de la convergence d'un point de vue empirique (Fingleton et Lopez-Bazo,

2006; Ertur et Koch, 2007; Dall’Erba et Le Gallo, 2008), ou intégrant les interdépendances spatiales d’un point de vue théorique (Ertur et le Gallo, 2009) se sont multipliées ces toutes dernières années et justifient l’intérêt porté sur le caractère géographique des trajectoires économiques régionales. Afin de vérifier cette hypothèse, nous proposons une approche multiscalaire de la mesure des inégalités économiques à partir de l’indice de Gini. La construction d’un indice de gini local nous permettra ensuite de réaliser une analyse typologique des régions européennes en fonction de leur niveau de convergence économique.

Mesurer les inégalités régionales et formalisation de l’indice de convergence locale

Dans le but de mettre en évidence les effets de la localisation géographique sur le rat-

$$p = \sum_{i=1}^n z_i, p_i = \frac{z_i}{p}, q = \sum_{i=1}^n x_i, q_i = \frac{x_i}{p}, s_i = \frac{q_i}{p_i}$$

s_i est la densité de Q par rapport à P , c’est aussi une densité de X par rapport à Z . L’ordre des valeurs est fondamental car la forme de la courbe de Lorenz en dépend directement. On ordonne donc les indivi-

$$P_i = \sum_{j=1}^i p_j$$

qui est la somme des i plus petites valeurs de population. De même :

$$Q_i = \sum_{j=1}^i q_j$$

et on pose aussi $P_0 = 0$ et $Q_0 = 0$

avec ces notations on définit $G_\delta(i)$ comme la mesure de l’indice de Gini local de la distribution du PIB/hab. pour une région i et ses voisines j .

Cet indice dépend d’un voisinage $V_\delta(i)$ de

trapage différencié des régions, nous proposons de mettre en place un indice de convergence locale basée sur une spatialisation de l’indice de Gini. La convergence locale est un indicateur mesurant la réduction (ou l’augmentation) des disparités économiques au sein d’un groupe de régions voisines. Autrement dit, il y a convergence locale quand les PIB/hab. des régions comprises dans la zone délimitée se rapprochent du niveau moyen des PIB/hab. de la zone considérée.

Pour calculer cet indice, on dispose d’une mesure spatiale $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ (pour notre étude de cas le PIB en PPA.) sur une population $I = 1, 2, \dots, n$ formée de régions sur laquelle est définie par ailleurs une mesure spatiale (la population totale d’une région) notée $Z = (z_1, z_2, \dots, z_n)$. On peut utiliser les notations suivantes :

lus par ordre croissant de densité de manière donc à ce que : $s_1 \leq s_2 \leq \dots \leq s_n$ (appelé ordre de Lorenz). Dans ces conditions d’ordre de Lorenz sur les individus, on définit les cumuls suivants :

la région i de rayon δ (en km), qui est l’ensemble composé de la région i elle-même et des régions situées à moins de δ de la région i (cf. Fig.1)

On peut montrer que cet indice local autour

de la région i se calcule par la formule :

$$G_{\delta}(i) = 1 - 2 \sum_{j \in V_{\delta}(i)} p_j \left[\frac{q_j}{2} + Q_{j-1} \right]$$



FIGURE 1 – Régions voisines sélectionnées dans un périmètre de 100km pour le județ de Bihor (Z 57) et de Călărași (Z42)

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. En conséquence, si l'indice de Gini calculé est moins élevé à T_{+1} qu'à T_0 , on pourra alors conclure qu'il existe un processus de convergence comme le suggère la figure 2.

D'une analyse globale à une analyse locale de l'indice de Gini

L'analyse de la convergence locale (variation de l'indice de Gini spatialisé G_{δ} entre 1995 et 2007) montre la formation d'une (multi)polarisation du processus de convergence (cf. carte 1). Il existe bien une répartition géographique des phénomènes de convergence qui se matérialise dans l'espace

par une tendance au regroupement de régions en situation soit de convergence locale, soit de divergence locale. La cartographie de la variation de l'indice de Gini entre 1995 et 2007 met en évidence la présence d'une large zone le long de l'ex-rideau de fer composée de régions plus urbanisées offrant des infrastructures plus importantes que dans le reste de l'Europe centrale et orientale. Pour reprendre l'expres-

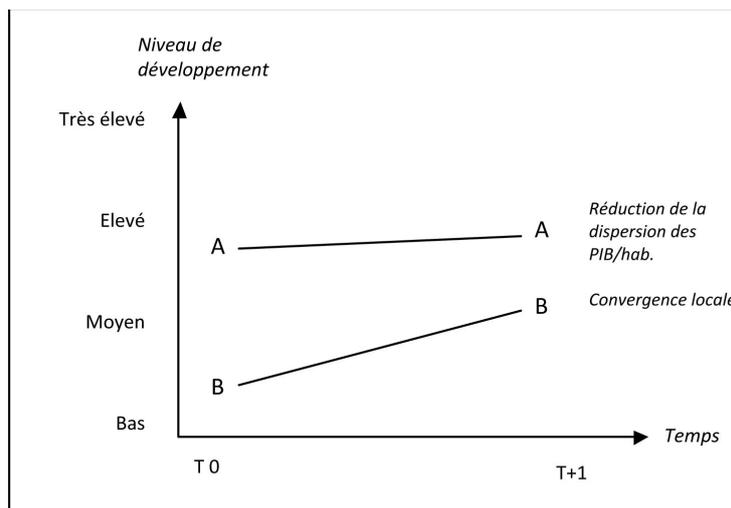


FIGURE 2 – L'hypothèse de convergence locale

sion de Jenő Szucs (1985), cette zone tampon peut être caractérisée comme un espace d'«entre-deux». D'une manière générale, on peut dire que le modèle de développement procédant selon un gradient ouest-est semble pertinent pour rendre compte des disparités observées tant au niveau supranational qu'à l'échelle régionale. Cette zone de convergence locale constitue un espace privilégié d'intégration européenne. Depuis l'effondrement du système soviétique, on assiste en Europe centrale et orientale à une réémergence de vieilles affinités et des gravitations traditionnelles sectionnées en 1945. Les deux phénomènes d'ouverture et de plus grande perméabilité des frontières ont permis l'émergence de coopérations transfrontalières entre l'UE et l'Europe médiane mais aussi entre les États d'Europe médiane eux-mêmes. Le développement accéléré des relations commerciales entre l'Europe de l'Ouest et l'Europe de l'Est – grâce à l'entrée des PECO dans l'UE – a permis une très forte intégration entre les anciens blocs (occidental capitaliste et oriental communiste), si bien qu'il semble pertinent de se demander aujourd'hui

d'hui si le processus de rattrapage n'est pas achevé, au moins pour certains pays (Festoc-Louis et Roudaut, 2012). Il s'opère ainsi des échanges en raison de l'existence de différentiels (de coûts, d'offre, de structure par âge, etc.) entre les régions de part et d'autre de la frontière. Depuis 1989, on a observé un peu partout une augmentation des flux transfrontaliers encouragés par l'UE à travers les programmes Interreg et PHARE-CBC (Cross Border Cooperation). L'une des missions de ces programmes est d'améliorer les routes et points de passage transfrontaliers peu nombreux entre les démocraties populaires. Plus ambitieuse encore, l'UE essaie de développer le concept d'«eurorégion», dont l'objectif est d'aboutir à un système frontalier intégré dans un cadre supranational. Ces territoires fonctionnels transfrontaliers constituent de véritables «laboratoires» de l'intégration européenne (De Ruffray et al., 2008 et 2011). Ces zones frontalières doivent non seulement assurer leurs propres mutations, mais aussi jouer un rôle intégrateur dans le processus complexe de recomposition du territoire européen.

Références

Abreu M., de Groot H., Florax R., 2005. Space and Growth : A Survey of Empirical Evidence and Methods. *Région et Développement*, 21, 12-43.

pement, 21, 12-43.

Amplatz, C., 2003. The Economic Convergence Performance of Central and Eastern European Countries. *Economics of Plan-*

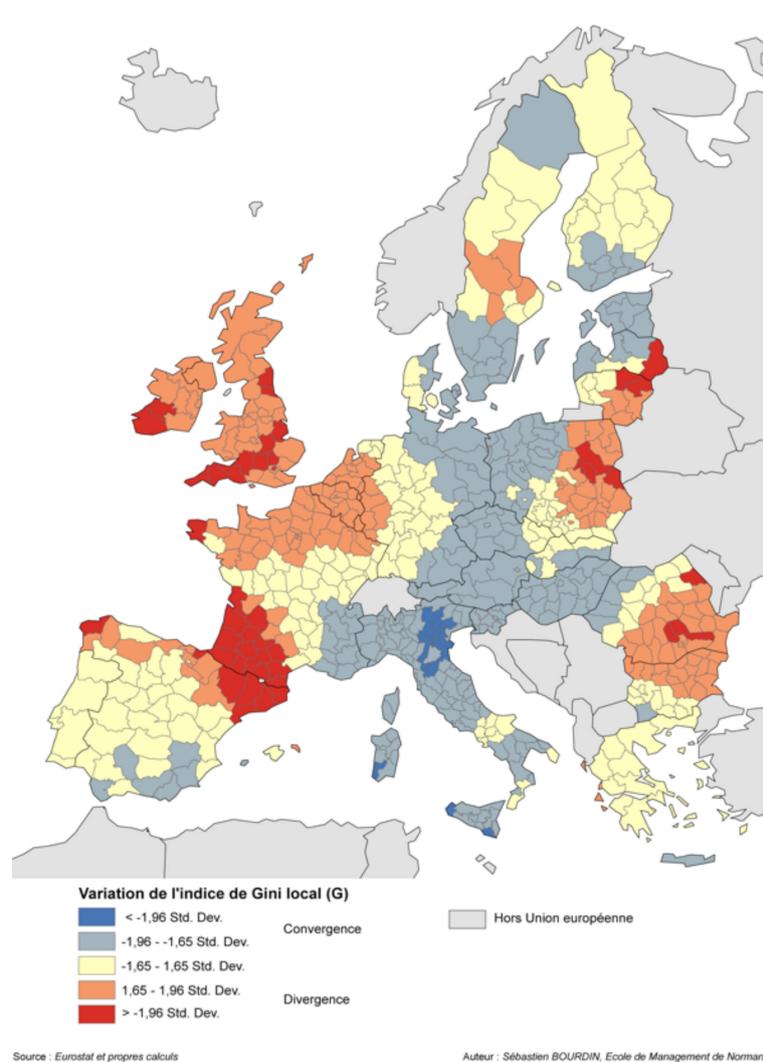


FIGURE 3 – Carte 1 : Une multipolarisation de la convergence locale

ning, 36, 273–295.

Aristei, D, Perugini, C., 2012. Inequality and reforms in transition countries. *Economic Systems*, 36(1), pages, 2-10.

Dall'erba, S., Le Gallo, J., 2008. Regional convergence and the impact of European structural funds over 1989-1999 : A spatial econometric analysis. *Papers in Regional Science*, 87(2), 219-244.

Egger, P., Huber, P., Pfaffermayr, M., 2005. A note on export openness and regional wage disparity in Central and Eastern Europe. *The Annals of Regional Science*, 39(1), 63-71.

Ertur, C., Le Gallo, J., LeSage, J.P., 2007. Local versus global convergence in Europe : a Bayesian spatial econometric approach.

The Review of Regional Studies, 37(1), 82-208.

ESPON, 2010. *First ESPON 2013 Synthesis Report : New Evidence on Smart, Sustainable and Inclusive Territories*. ESPON, Luxembourg

ESPON, 2013. *Third ESPON 2013 Synthesis Report Territories finding a New Momentum : Evidence for Policy Development, Growth and Investment*. ESPON, Luxembourg

ESPON, 2014. *Economic Crisis and the Resilience of Regions. ESPON Territorial Observation*, 12, Luxembourg European Commission, 2014. 6th report on economic, social and territorial cohesion. Bruxelles

Gorzalak, G., Maier, G., Petrakos, G.

- (Eds.) 2013. *Integration and transition in Europe : the economic geography of interaction*. Routledge.
- Milanovic, B., 1999. Explaining the increase in inequality during transition. The Economics of Transition. *The European Bank for Reconstruction and Development*, 7(2), 299-341.
- Montfort, P., 2008. Convergence of EU regions. Measures and Evolution. *DG Regional Policy*, Working Paper, 1, 1-20.
- Petrakos, G., 1996. The Regional Dimension of Transition in Eastern and Central European Countries : An Assessment. *Eastern European Economics*, 34(5), 5-38.
- Petrakos, G., 2008. Regional Inequalities in Europe : Reflections on Evidence, Theory and Policy. *Town Planning Review*, 79(5), 7-13.
- Vojinovic, B., Oplotnik, Z.J., Prochniak, M., 2010. EU enlargement and real economic convergence. *Post-communist economies*, 22, 303-322.

Identifier les villes intermédiaires : essai de définition opératoire aux Etats-Unis

DUROUDIER Sylvestre

Doctorant, Université Paris Diderot, UMR 8504 Géographie-cités
ATER, Université Grenoble-Alpes/Institut de géographie alpine, UMR 5194 PACTE

sylvestre.duroudier@gmail.com

Mots-clefs - Intermédialité, système de villes, hiérarchie urbaine, villes moyennes, analyse discriminante, relais, taille, fonction, typologies, degré d'intermédiarité

Depuis quelques décennies, la catégorie des villes moyennes s'affirme dans les discours comme un objet géographique à part entière. En France, bien que toujours en marge de la recherche urbaine (Demazières, 2014), cela s'inscrit dans une tradition d'étude des villes moyennes qui ré-émerge régulièrement depuis les années 1960 (Gaudin, 2013). Aux Etats-Unis, les villes de moindre taille suscitent un intérêt scientifique à partir des années 1980, dans l'ombre d'un discours dominant sur les métropoles (Bell et Jayne, 2006).

En dépit de cet essor, il est frappant de constater que la ville moyenne demeure un « objet réel non identifié » (Brunet, 1997). Les débats sur la définition des villes moyennes sont nombreux et récurrents mais ne parviennent pas à une « définition consensuelle » (Gaudin, 2013), avec pour conséquence principale la multiplication des bornes utilisées. Face à cette difficulté, une autre posture consiste à éluder la question en appliquant a priori le qualificatif à des villes très différentes mais vues comme l'une des clés du développement urbain (Llop, 1999). Dans ce contexte, la définition des villes moyennes apparaît comme un enjeu d'autant plus important que ces travaux contribuent au flou de la notion.

Cette communication a pour objectif de présenter un essai de définition opératoire des villes de taille intermédiaire appliquée au système de villes des Etats-Unis. Au contraire de nombreux travaux, la réflexion s'appuie sur la notion d'intermédiarité dans

la hiérarchie urbaine, c'est-à-dire d'une position relative définie par la taille et les fonctions, et qui permet de formuler des hypothèses précises sur les seuils de la catégorie en vue de son identification (Duroudier, 2013).

Cette présentation sera structurée en quatre moments. D'abord, la notion de ville intermédiaire se distingue des autres termes en ceci qu'elle permet de poser des hypothèses précises quant à la nature des bornes de cette catégorie de villes. Dès lors, il devient possible de mettre en œuvre une procédure méthodologique qui prenne en compte différents critères de différenciation des villes. Il s'agit ensuite d'identifier la strate intermédiaire pour l'ensemble des critères et de combiner les résultats au sein d'une unique typologie des villes des Etats-Unis. Enfin, ces analyses fournissent un résultat qui ouvre des perspectives pour l'étude plus systématique des villes intermédiaires, aux Etats-Unis comme dans d'autres contextes.

Au-delà des confusions : la notion d'intermédiarité

Le flou autour de l'objet et la multiplication des définitions sont principalement dus à des obstacles théoriques et méthodologiques : le choix des termes qualifiant ces villes, les méthodes d'identification des bornes de la catégorie, la variation de cette définition selon l'échelle et les contextes. Souvent employés comme synonymes ou

non définis, plusieurs termes recouvrent le même objet : villes moyennes, secondaires, médianes, intermédiaires... Certes les premiers sont plus fréquents, mais ils renvoient le plus souvent à de simples seuils de population dans la hiérarchie urbaine et de facto se pose la question de la légitimité et la pertinence des bornes (Gaudin, 2013).

Au contraire, l'expression de ville intermédiaire semble plus riche en ce sens qu'elle désigne des villes qui ont une position d'entre-deux, de relais, dans la hiérarchie urbaine définie selon deux logiques d'intermédiation (Carrière, 2008). D'une part, ces villes sont des relais entre les grandes et les petites villes par leur taille de population. D'autre part, ces villes sont des lieux centraux intermédiaires en raison des fonctions qu'elles concentrent. A l'articulation de ces deux logiques, le concept d'intermédialité ouvre une réflexion sur la nature des seuils de cette catégorie de villes.

En effet, si la ville intermédiaire est plus petite que les grandes villes du fait de sa moindre taille, mais pas si petite que cela en vertu de ses fonctions, cela signifie qu'on peut faire l'hypothèse que les seuils inférieurs et supérieurs de cette strate sont de nature différente. Alors que le seuil supérieur serait davantage marqué par les différences de taille, la différenciation des villes petites et intermédiaires se ferait davantage par la centralité fonctionnelle. En outre, l'articulation de deux critères discriminants dans la hiérarchie rend poreuses les catégories, ce qui permet de faire l'hypothèse que les seuils ne sont pas tant des bornes strictes que des zones d'incertitude et qu'il ne s'agit pas de chercher trois catégories mais bien cinq types de villes.

Approches méthodologiques et données

Dans ce cadre théorique, la posture méthodologique est résolument multi-approche puisqu'il s'agit de combiner des critères de taille et de fonction. En ceci, deux approches méthodologiques sont retenues. La

première procède d'une approche par défaut selon laquelle les extrêmes de la hiérarchie sont connus et les villes intermédiaires sont déduites par l'identification de seuils. Cette approche s'applique adéquatement aux critères de taille, entre des grandes et des petites villes, dans un contexte de hiérarchisation accrue par le processus de métropolisation. Au contraire, dans la seconde approche méthodologique, l'intermédialité des villes peut être identifiée a priori. Cela correspond davantage aux critères de centralité selon l'absence, la représentation complète ou incomplète des fonctions, cette dernière possibilité correspondant aux villes intermédiaires.

Pour ces deux approches méthodologiques, on considère l'ensemble du système de villes des Etats-Unis formé par les 917 aires métropolitaines de plus de 10 000 habitants utilisées par l'*US Bureau of Census*. Celles-ci sont définies selon des critères morphologiques et fonctionnels par l'*Office of Management and Budget* en 2013 à partir des résultats du recensement général de 2010.

Les critères utilisés pour mesurer l'intermédialité, potentiellement nombreux, sont ici réduits au nombre de huit, respectivement de quatre chacun pour la taille et les fonctions. La moitié des caractères sélectionnés vise donc à discriminer les villes selon leur taille dans un contexte de métropolisation : le nombre d'habitants, les diplômés de l'enseignement supérieur, le nombre de brevet déposés et les emplois dans la catégorie finance, insurance and real estate (FIRE). L'autre moitié des critères correspond à des mesures du niveau de centralité des villes

selon : la représentation des équipes professionnelles dans les principaux sports, la représentation diplomatique par les ambassades et les consulats, le niveau du hub aérien et le niveau des villes établi selon la classification du GaWC (2008). Ainsi, la combinaison de ces critères doit permettre d'affiner l'identification des cinq catégories de villes selon les deux approches.

Des méthodes combinées d'identification des villes intermédiaires

La procédure méthodologique s'organise en deux étapes d'identification des villes intermédiaires menées en parallèle pour les critères de taille et de fonction, puis une troisième étape de combinaison des résultats obtenus en une unique partition de la hiérarchie urbaine en cinq classes de villes.

La première étape consiste en une analyse discriminante réalisée sur chacun des caractères de taille. Cette méthode prédictive permet de transformer la masse des villes vers une échelle probabiliste d'appartenance des valeurs à des groupes connus (Lebart et al., 1995), constitué ici des pôles « petit » et « grand » formé autour de la taille médiane des villes. Il en résulte un ensemble de probabilités comprises entre 0 et 1 et dont les valeurs autour de 0.5 correspondent aux villes intermédiaires. La probabilité moyenne des critères permet de distinguer 5 types de villes : celles dont les appartenances probables sont comprises entre 0.33 et 0.67 qui correspondent aux villes intermédiaires, celles qui sont au-dessus ou au-dessous et qui forment respectivement les grandes et petites villes, et les marges hautes et basses de la catégorie constituées par les villes dont la moyenne est en dehors des probabilités centrales mais qui ont au moins un critère dans cette tranche.

La seconde étape traite les critères de fonction en les transformant en valeurs booléennes selon qu'il s'agisse ou non d'une situation d'intermédiarité. Sur les données transformées, 1 indique la position intermédiaire et 0 les villes petites ou grandes. A partir de la somme de ces valeurs fournit un score qui permet de positionner l'ensemble des villes sur une échelle d'intermédiarité, où le maximum est atteint lorsqu'une ville est intermédiaire sur les quatre critères, et le minimum vérifié lorsque la ville est grande ou petite dans tous les cas. Le résultat permet donc d'identifier les

villes pour lesquelles les conditions d'intermédiarité sont remplies dans la majorité des cas (au moins 3 fois sur 4), ainsi que les villes pour lesquelles existe une incertitude (une situation d'intermédiarité pour 1 ou 2 variables).

La dernière étape consiste au croisement des deux typologies obtenues lors des étapes précédentes dans le but de combiner les résultats au sein d'une typologie unique en cinq catégories de villes. Si la très grande majorité des villes a la même appartenance dans les deux classifications, un nombre non négligeable de villes présentent des profils plus atypiques qu'il est nécessaire de réaffecter. Cette redistribution au sein des cinq types désirés peut se faire selon différentes méthodes. Dans ce cas, le choix a été fait de minimiser les marges hautes et basses de la catégorie intermédiaire afin de limiter les cas d'incertitude.

Résultats et discussion

La multiplication des critères et la combinaison des approches permet ainsi d'obtenir une typologie finale des villes au sein de la hiérarchie urbaine des Etats-Unis en cinq catégories : les grandes villes, les intermédiaires, les petites, et les zones d'incertitude qui entourent la catégorie intermédiaire (Cf. Carte). On obtient donc un ensemble de 29 villes intermédiaires aux Etats-Unis dont la population est comprise entre 1 et 3.5 million d'habitants, incluant par exemple les aires métropolitaines de Seattle, Las Vegas, San Antonio ou Cleveland. Si ces villes peuvent apparaître importantes en termes de population, en particulier par rapport au contexte français, elles se caractérisent surtout par une position intermédiaire dans le système de villes national, à la fois selon leurs tailles et par les fonctions dont elles disposent et qui en font des relais et des pôles structurants dans le maillage urbain du territoire américain.

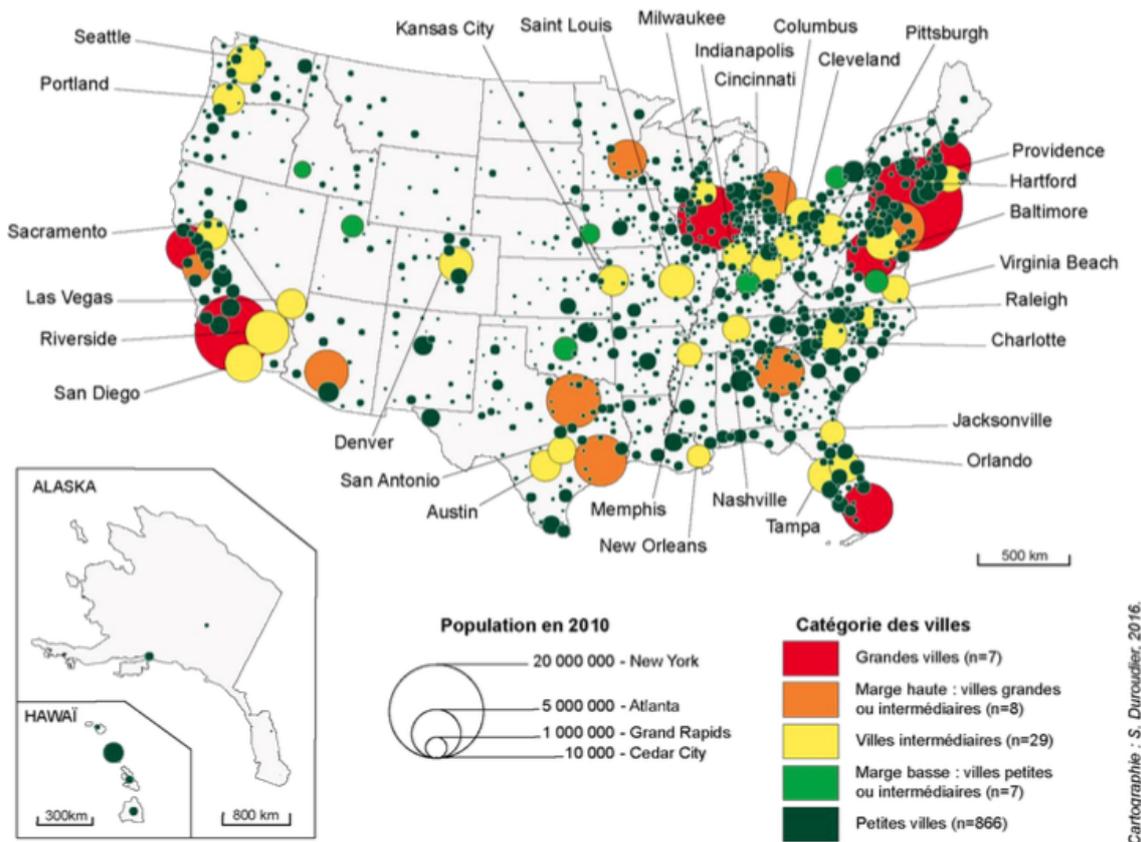


FIGURE 1 – Les villes intermédiaires dans le système de villes des Etats-Unis

La procédure d'analyse mise en œuvre dans cet essai de définition opératoire des villes intermédiaires, qui s'appuie d'une part sur la notion d'intermédiation et les hypothèses qui en découlent, et d'autre part sur des méthodes d'identification des villes prenant en compte à la fois leurs tailles et leurs fonctions, offre de nombreuses perspectives. Mise en place dans d'autres contextes, à d'autres échelles et avec d'autres critères, cette procédure devrait contribuer à la stabilisation de cet objet géographique. Plus encore, une telle définition des villes va permettre leur investissement scientifique et ainsi d'identifier leurs spécificités par rapport aux autres types de villes.

Références

- Bell D., Jayne M. (dir.), 2006, *Small Cities. Urban Experience Beyond the Metropolis*, New York, Taylor Francis, 282p.
- Brunet R., 1997, « Villes moyennes : point de vue de géographe », in Commerçon N. et

Goujon P. (dir.), *Villes moyennes, espaces, société, patrimoine*, PUL, pp. 13-25.

Carrière J.-P., 2008, « Les villes intermédiaires européennes et l'Europe polycentrique », *Les Annales des Mines, Réalités industrielles*, pp. 18-26. Url : <http://www.anales.org/ri/2008/ri-fevrier-2008/Carriere.pdf>.

Demazière C., 2014, « Pourquoi et comment analyser les villes moyennes ? Un potentiel pour la recherche urbaine », *Métropolitiques*. Url : <http://www.metropolitiques.eu/Pourquoi-et-comment-analyser-les.html>.

Duroudier S., 2013, « Les divisions socio-spatiales dans les villes intermédiaires des États-Unis. Perspectives de recherche à partir de la notion de discontinuité », *L'Espace géographique*, Vol. 43, No.2, 134-147.

Gaudin S., 2013, *Villes moyennes et rénovation urbaine. Discours et actions d'une transaction spatiale. Exemples pris en*

Bretagne, Thèse de doctorat, Université Rennes 2, 885p.

Globalization and World Cities research network, 2008, *The world according to GaWC*. Url : <http://www.lboro.ac.uk/gawc/world2008t.html>.

Lebart L., Morineau A., Piron M., 1995, *Statistique exploratoire multidimensionnelle*, Paris, Dunod, 439p.

Llop J. (dir.), 1999, *Villes intermédiaires et urbanisation mondiale*, Lleida, Ajuntament de Lleida, 297p.

Office of Management and Budget, 2013, *OMB Standards for Delineating Metropolitan and Micropolitan Statistical Areas*, OMB Bulletin No. 13-01, Url : <http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/omb/bulletins/2013/b-13-01.pdf>.

Atelier 4

Modélisation et simulation urbaine (2)

Visualization and exploration of Social Media Geographic Information : a methodological proposal for evaluating Urban Form perception

Alessandro ARALDI¹, Carolina PINZON², Giovanni FUSCO¹, Tiberio HERNANDEZ², Diego MORENO¹

Université Côte d'Azur, CNRS, ESPACE,
98 Bd Herriot, BP 3209, F-06204, Nice, France¹

Universidad de los Andes, Grupo IMAGINE,
Edificio Mario Laserna, Cra 1Este No 19A - 40 Bogotá, Colombia²

Mots-clefs - geovisualisation, cartography, spatio-temporal dynamic exploration, SMGI, urban form, urban perception

Introduction

Social Media are web-based platforms created with the aim to facilitate interactions of individuals and communities (Ceron et al., 2014; Lizcano 2013); the results of these exchanges are creation, co-creation and the spread of user-generated content. In the last decade, mobile platforms have been created for specific users, sharing the common aim of enabling interaction between users through network-based connections (Kietzmann J.H., et al. 2011).

More recently, developments in geo-browser and mobile technologies have allowed the localization of the virtual activity enabling citizens as volunteer sensors (Goodchild, 2007); the introduction of Geographic Information System (GIS) for the visualization of this new data, magnified the production of what is now called Volunteer Geographic Information, VGI (Sui, et al., 2011). Social Media Geographic Information (SMGI) can not be considered as VGI for two reasons : firstly, providing GI is not the main objective of the platform (as it, for example, is in Open Street map); secondly SMGI is not always considered voluntary (Massa, Campagna 2014).

While traditional GI is composed by a spatial attribute identifying its geometry, the precise localization and alphanumeric attributes, SMGI are described by spatial and temporal dimensions, multimedia content

and user identification (Campagna 2014). A new data mining approach is needed in order to fully exploit SMGI datasets. In the first part of this work (1) we present a tool of visualization, which gives the possibility to apply time, space and text selections, independently, or combined. The aim of this tool, thanks to its ergonomic interface, is to make it possible for any kind of user to explore the space of study, identify specific and unusual behaviors together with personal knowledge of the space and its phenomena.

Once identified a sub-set of data, point pattern analysis, cluster analysis or density analysis are usually applied. These procedures don't take into consideration neither its combination with textual or temporal information, nor the influence of spatial factors, namely urban and site morphology; the latter will be used in our approach in order to propose a new methodological framework for the analysis of SMGI within urban space. This method, presented in the second part of this work (2), will help in understanding the influence of the urban form on the perception and use of urban spaces.

Interactive geo-visualization for data exploration

Visualization is an important step of data mining activity, not just limited to communication purposes : it represents a good instrument for a first analysis, especially when it gives the possibility to combine exploration through interaction (Batty et al. 2004; MacEachren et al. 2004). From the collective/global illustration of the whole dataset, each user can create an individual representation thanks to a cyclical dialog between the user and the representation showed at each interaction by the visualization tool (Masala and Melis 2014). When analyzing SMGI this interaction, alongside personal experiences/knowledge about the phenomena and/or the space, can help the selection of the sub-dataset to be analyzed further in a second step.

In this work, for example, we used a six million points dataset obtained from Twitter, covering a period of 14 months in the metropolitan area of Bogotá (Colombia), between November 2014 and January 2016. The main problems of using a traditional GIS (ex : QGIS, ArcGIS) with this amount of data, are (i) the computational time needed for each selection, (ii) the limited visualization methods, (iii) the impossibility to combine time-space-text selection, and (iv) the expert knowledge needed to manipulate

this amount of data.

In order to simplify these tasks, we first created a geo-database using MongoDB to collect and format the dataset following MongoDB standards; we then created a web-page based on Leaflet for the visualization and restitution of the selection process. The Web-Page and the Database were connected through a Python script charged with applying the selection parameters chosen from the user and then applying them to the database, transmitting the results back to the webpage. This architecture enables the user to explore datasets like the one used in this study, applying multiple selections combining hour (Fig1.a), day of the week (Fig1.b), month (Fig1.c) but also key-word (Fig1.d) and public/private space localization obtained through the intersection with built-up layers (Fig1.e).

We can then select a specific area drawing a polygon on the map, and analyze the frequency of the words within the selected space. If the selection starts from the textual analysis, we can explore the spatiotemporal frequency of the employment of words. Combining these possibilities, we can answer to question like “What do people discuss between 7 and 8 am? During the week/weekend? Where? Which months of the year?” or in the opposite way “Where this/these words occur most in the space? At this time? In this month?” etc.

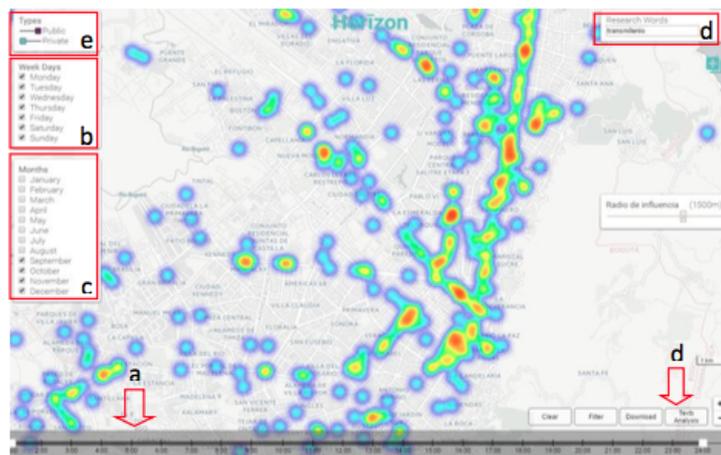


Figure 1. Example of utilization of the geo visualization tool for the exploration of the tweets mentioning the world “Transmilenio”, the local public transport system in Bogotá. a. hours selection (0-24); b. day selection (Mon.-Sun.); c. months selection (Sept.-Dec.); d. world selection (“Transmilenio”); e. intersection with private/public spaces (Public).

FIGURE 1 –

This tool gives the possibility to realize simple time-space-content selections helping the first part of a study which consists in exploring, supposing/hypothesizing and selecting a subset (Fig1.e) of the whole database to analyze with more accuracy later. In Fig.1, an example about the selection of the tweets talking about the local transport system of Bogotá (“Transmilenio”) : we can see the distribution of these occurrences along its main axes. Reducing the time gap to one hour and scrolling it along the hour bar (Fig.1a), we can observe and compare hourly distributions, which can be related to urban commuting patterns : from 7 am to 1 pm, tweet frequency move from the suburbs to the city center, opposite direction from 4 pm to 12 pm.

Proposition : how to evaluate Urban Form perception through SMGI

Once the data subset is extracted, our second question is how to analyze spatially this data and its relationship with the urban space ; for this reason, the subset selection from the exploration phase should be related to the names of spatial features (point of interest, urban element, etc.), to activities related to public places (running, waiting for the bus, etc.), sentiment expression etc.

The hypothesis underlying this methodology is the presence of link/relationship between the citizens’ behavior and the urban form (Hillier 1996 ; Levy 2005) : the social media frequency distribution and the analysis of the textual content could inform us about the virtual form, bringing us to a deeper understanding of the functioning of the urban system. In order to achieve these objectives, traditional analysis on SMGI dataset are not appropriate : studies like Silva (2013) or Cranshaw (2012) realize clustering analysis or density analysis with more or less elaborated methods, taking into consideration the distances between each element as they are distributed in an isotropic space. But when we analyze socio-economic phenomena, space matters

and the relative disposition between occurrences and its configurational structure it is a crucial factor for the explication of more complex phenomena (for example in studies on urban pedestrian mobility, retail localization, car accidents etc.).

When spatial analysis of SMGI occurrences is realized through spatial units, regular grids and (Silva 2013), administrative divisions are traditionally used ; these divisions of the space are not respectful of urban form elements. The methods that we propose to use are based on spatial units as defined by Araldi and Fusco (2016) : considering that pedestrians walk along the street network and observe and use urban space around it for social and economic activities, we can define our new spatial unit as a generalization of the Thyssen polygon applied to each street network segment (Fig.2). Using these spatial units, we propose a 3-step analysis (Fig 3, right).

Step 1. For each element, we can analyze the content of the SMGI occurrences falling within : we could create a personalized set of indicators describing particular subjects that citizens discuss (ex. transportation, leisure, sport etc.) and perform sentiment analysis (Ceron et al., 2014.)

Step 2. Once each element has been described, we can analyze the spatial distribution of our indicators (topics or overall sentiment) through spatial statistic techniques like the ILINCS (Local Indicator of Spatial Association in a Network- Constrained Structure, Yamada and Thill 2007, 2010 ; Araldi and Fusco 2016), respecting the network-based structure of the urban space

Step 3. Applying clustering techniques (ex : Decision tree algorithms or Bayesian Networks) we will be able to identify neighborhoods starting from SMGI content ; the results could give us information about the social media perceptual form of the city, defined as the combinations within the spatial structure of SMGI indicators. Finally, a cross analysis with structural variables of urban form elements (like streets, buildings etc.) and functional variables (distribution of retail, jobs, services etc.) is needed in or-

der to measure the influence of these variables on the SM perceptual form of the city.

Realizing this analysis with different

content and at different times could inform us about dynamics within each neighborhood and how its borders and dimension change depending on time evolution.



FIGURE 2 – Spatial unit from the pedestrian point of view : the proximity band. (Araldi and Fusco 2016)

In this work we have proposed a new approach to the analysis of SMGI related to the urban form in order to define its perception from the pedestrian point of view. We divided this work into two complementary parts : the first one, already implemented, is a free-standing tool allowing the exploration of large dataset of SMGI occurrences (tweets in Bogotá in our case study) and the extraction of data subset (Fig3.). These subsets are used in a second phase of our methodology in order to create indicators of social perception/uses implemented on a new partition of the space that respect the urban form configuration of the space. The local spatial association analysis of their distributions could lead to the identification of spatial patterns of citizens' behavior and sentiments; the combination

of these structures with those deriving from the urban form could inform us about the influences it could have on the human perception.

The cross analysis between physical and SM perceptual urban forms, could help us identify the set of factors favoring or disfavoring the potential of social and economic development. The results of these analyses could contribute to planning support and help steering renewal project.

The research design presented above is based on the assumption of the influence of physical urban form on the perceptions revealed by SMGI. A further question of research would be the capacity of SM perceptual form to influence urban activity with a multiplier effect and, in the long run, modify physical urban form.

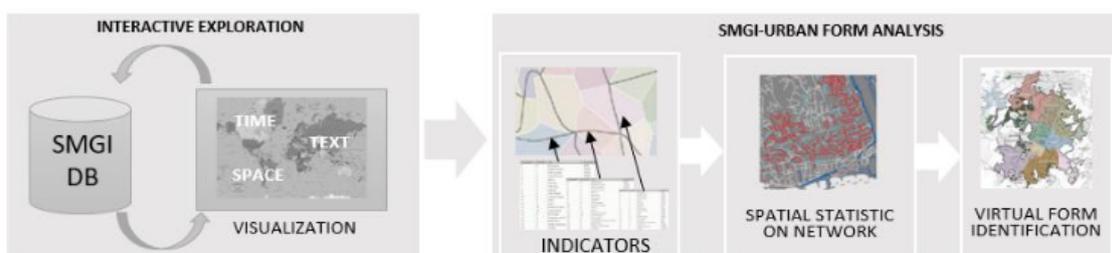


FIGURE 3 – How to analyze SMGI : a. Interactive exploration of the SMGI dataset ; b. three steps analysis : a proposal for a new approach based on urban form elements

This work was supported by ECOS-NORD program and the Chamber of Commerce of Nice Côte-d'Azur.

Références

- Araldi A., Fusco G. (2016). "Urban Form from the Pedestrian Point of View : Spatial Patterns on a Street Network". IN-PUT 2016, Turin, Sept. 14th-15th 2016, 6 p. (proceedings in press).
- Campagna M. (2014) "The Geographic turns in Social Media : Opportunities of space Planning and Geodesign", in *Comput. Sc. and its applications-ICCSA 2014*, 2014, pp.598-610
- Campagna M., Floris R., Massa P., Girsheva A., and Ivanov K. (2015) "The Role of Social Media Geographic Information (SMGI) in Spatial Planning". In : Geertman, S., Ferreira, Jr., J., Goodspeed, R., Stillwell, J. (Eds.) *textitPlanning Support Systems and Smart Cities*, Springer ISBN 978-3-319-18367-1
- Ceron, A., Curini, L., & Iacus, S. M. (2014). *textitSocial Media e Sentiment Analysis : L'evoluzione dei fenomeni sociali attraverso la Rete* (Vol. 9). Springer Science & Business Media.
- Cranshaw, J., Schwartz, R., Hong, J. I., & Sadeh, N. (2012). "The livelihoods project : Utilizing social media to understand the dynamics of a city". In *textitInternational AAAI Conference on Weblogs and Social Media*. p. 58.
- Friendly M. (2008). "Milestones in the history of thematic cartography, statistical graphics and data visualization", <http://www.math.yorku.ca/SCS/Gallery/milestone/milestone.pdf>
- Gallo R., Campagna M., Massa P. and Rabinov G. (2016) "Social Media Geographic Information for urban space analysis : the case of Expo Milano 2015". *Proceedings of INPUT 2016 – 9th International Conference on Innovation in Urban and Regional Planning – e-àgorà for the transition toward resilient communities*", Turin, 14-15 September 2016
- Goodchild M.F. (2007). "Citizens as Voluntary Sensors : Spatial Data Infrastructure in the World of Web 2.0", *textitInternational Journal of Spatial Data Infrastructures Research*, 2, 24-32.
- Hillier B (1996) *textitCities as movement economies*. *Urban Des Int* 1 :49–60
- Masala E., Melis G. (2014). *textitInteractive Visualization Tool for brownfield redevelopment - A European experience*. [Editorship]
- Myrtveit I., Stensrud E., Olsson M. (2001) "Analizing data sets with missing data : an empirical evaluation of imputation methods and likelihood-based methods", *IEE Trans Software Engineering*, 27, pp.999-1013
- Yamada I., Thill J.C. (2007). "Local indicators of network-constrained clusters in spatial point patterns". *Geographical Analysis* 39 (3) : 268–92.
- Yamada I., Thill J.C. (2010). "Local Indicators of Network-Constrained Clusters in Spatial Patterns Represented by a Link Attribute", *textitAnnals of the Association of American Geographers*, 100 :2, 269-285, DOI : 10.1080/00045600903550337
- Kietzmann J.H., Kristopher H. K., McCarthy, I. P., Silvestre B. S., (2011) *Social media? Get serious! Understanding the functional building blocks of social media*, in *textitBusiness Horizons*, Vol. 54, 2011, pp. 241—251.
- Levy A., (2005). *Urban forms and meanings : revisit the urban morphology*, *textitSpace and companies*, 122 (4) : 25-48.
- Lizcano A. (2013) "Merging Computational Science and Urban Planning in the Information Age : The Use of Location-Based Social Media for Urban Analysis". *ICCSA 2013 Conference Proceedings*, pp.200-203.
- Lynch K., (1960). *The Image of the City*. Cambridge (MA) : MIT Press
- Massa P., M. Campagna, (2014). "Social Media Geographic Information : Current

Developments and Opportunities in Urban and Regional Planning", in textitReal Corp. Smart 2014 :PlanIt.

Massa P., M. Campagna, (2014). "Social Media Geographic Information : recent findings and opportunities for smart space planning", in TEMA Journal of Land Use, Mobility and Environment 2014.

Pellegrino P. (2000). textitLe sens de l'espace. La dynamique urbaine, Paris, Anthropos/Èconomica.

Silva T. H., Vaz de Melo P. O., Almeida J. M., Salles J., Loureiro A. A. (2013). "A

comparison of foursquare and instagram to the study of city dynamics and urban social behavior." In textitProceedings of the 2nd ACM SIGKDD intern. workshop on urban computing, p. 4.

Sui D., Goodchild M.F. (2011), The convergence of GIS and social media : challenges for GIScience, textitInternational Journal of Geographical Information Sc., 25(11), 1737-1748.

Viégas F. B., Heer J., Wattenberg M. (2007). Voyagers and Voyeurs : supporting asynchronous collaborative information visualization, CHI 2007, 3, pp.256-279.

Apport de l'analyse d'un espace transfrontalier à travers la modélisation et la simulation du développement urbain. Le cas Strasbourg – Kehl.

Valentine Judge

Laboratoire ThéMA

UMR 6049 CNRS - Université Bourgogne Franche-Comté

Luxembourg Institute of Socio-Economic Research : LISER

Mots-clefs - espace frontalier, développement urbain, simulation, automate cellulaires, arbres de décision

1 Introduction

1.1 Description des processus d'urbanisation

Etudier et comprendre les processus de changement d'occupation du sol en général, quel qu'en soit le contexte présente une base nécessaire à l'appréhension des divers champs de recherche (changement climatique, imperméabilisation des sols, préservation des écosystèmes, aménagement urbain, mobilité résidentielle et quotidienne, qualité du cadre vie, etc.). Le développement urbain est un point particulier qui attire l'attention par les enjeux qu'il représente (socio-économiques, politiques, etc.). En effet, la localisation du développement va influencer les pratiques des individus concernés par ces évolutions (mobilité résidentielle, mobilité quotidienne, coût économique, coût environnemental, etc.). Les zones urbaines observables à grande échelle (i.e. Région) sont formées par des villes qui peuvent être considérées comme « des systèmes complexes, adaptatifs et auto-organisés » (White et al., 2015). Le développement des zones urbaines peut donc être capturé, décrit, par l'utilisation d'outils de modélisation associés à des algorithmes, notamment par la création de règles de transition qui illustrent le phénomène de développement urbain. Ces règles dont la précision peut varier suivant l'objectif de modélisation, la zone étudiée et la méthode utilisée, sont par la suite appliquées à un espace.

Cette recherche s'intéresse plus particulièrement à l'espace frontalier.

1.2 Zones frontières : entre différences et similitudes

La thématique de la frontière et des zones transfrontalières suscite un intérêt grandissant depuis les années 80 (Medina-Nicolas, 2004). La frontière est désormais plus qu'une « marque dans l'espace et une marque de l'espace » (Nordman, 1999) : il s'agit d'une construction historique évolutive et un objet spatial en mutation (Ratti Schuler, 2013). En Europe, à travers la création de l'espace Schengen (1990) ou encore la signature de différents traités (Maastricht 1992), le rôle de la frontière a fortement évolué au cours du temps. Auparavant appréhendée comme une barrière empêchant et/ou contrôlant les passages, elle est devenue une zone d'intégration, un espace entre deux pays dont la culture, la langue, voire la réglementation sont différentes, mais qui tend vers la volonté d'estomper ces limites (développement de réseaux favorisant les mobilités, l'uniformisation du système monétaire, etc.). Malgré la disparition des contrôles aux frontières et une plus grande mobilité des populations, des différentiels subsistent, d'un point de vue socio-économique (Grasland Hamez, 2005) tout comme d'un point de vue culturel. En effet, si une volonté de coopérations qui dépassent les frontières étatiques est nette-

ment affichée et matérialisée par des projets sur des zones qui dépassent les frontières (EuroRégion, EuroDistrict, etc.), il n'en reste pas moins que les systèmes d'acteurs et leurs temporalités, en charge de mener ces projets à termes sont différents tant dans leurs structures que dans leurs méthodes.

Les règles qui régissent les dynamiques d'ouverture à l'urbanisation sont-elles basées sur des critères génériques, universels pouvant s'appliquer à la totalité d'une zone frontalière ou au contraire dépendent-ils de leur localisation dans un pays en particulier ?

L'hypothèse de départ est la suivante : malgré une similarité relative de deux territoires sur une zone frontalière qui appartiennent à différents pays, la caractérisation du processus de développement urbain reste dépendante de la localisation étatique en raison de systèmes différents de part et d'autre de la frontière (institutions, temporalités, leviers d'action, réglementation, etc.). La question de l'influence de la localisation d'un processus dans un pays ou un autre, au niveau d'une zone frontalière contigüe est abordée par l'étude du processus de développement urbain sur la zone transfrontalière franco-allemande centrée sur l'agglomération de Strasbourg – Kehl est abordé dans cette présentation.

2 Méthodologie

2.1 Terrain d'étude et données : L'espace transfrontalier Strasbourg – Kehl

Notre choix de zone d'étude s'est porté sur la zone frontalière franco-allemande loca-

2.2 Modélisation l'occupation du sol

Les automates cellulaires ont constitué une approche privilégiée de modélisation des changements d'occupation du sol en géographie pendant plusieurs décennies. L'idée d'une discrétisation de l'espace en cellules, dont l'état est caractérisé au sein d'une

lisée au niveau de Strasbourg – Kehl car elle illustre parfaitement les points évoqués précédemment. Cette zone présente des différences (langues, systèmes territoriaux, etc.) mais peut être aussi considérée comme relativement similaire à une échelle supérieure (pays contigus, climat identique, types d'occupation du sol similaires, etc.). Leur poids démographique est lui aussi similaire, bien que réparti différemment. La zone de 8 440 km² a été choisie en faisant abstraction des zonages territoriaux préexistants. Le périmètre a été déterminé en fonction de l'accessibilité réseau au pôle central présent sur la zone (cf : l'agglomération de Strasbourg – Kehl) tout en incluant les zones de passages qui permettent de traverser la frontière étatique et naturelle que représente le Rhin. Une reclassification des données Corine Land Cover permet de la décrire d'après 8 types d'occupations du sol (Fig.1). Ces données sont disponibles à 2 dates (1990 et 2006). La résolution d'une cellule est de 1ha. Chaque cellule est caractérisée par la composition de son voisinage déterminé par le comptage du nombre de cellules de chaque classe d'occupation du sol dans un rayon de 1 km. Chacune d'elle est également caractérisée par son accessibilité à des pôles de niveaux supérieurs définis au moyen d'une loi rang-taille. Ces pôles principaux sont attractifs d'un point de vue économique. Dans l'objectif de créer une méthodologie transférable les données ont été choisies pour leur caractéristiques open Data (INSEE, Statistisches Bundesamt, réseau openstreetmap, Corine Land Cover).

liste finie d'états et dont l'évolution serait dépendante de son propre état mais aussi de l'état des cellules composant son voisinage, a été utilisée à maintes reprises dans les années qui suivirent sa première utilisation par W.Tobler en 1979 (Couclelis (1985, 1988), Phipps (1989)). Leur application au milieu urbain a ensuite été dé-



FIGURE 1 – Occupation du sol sur la zone d'étude

mocratisée notamment par R. White G. Engelen (1993), M. Batty Y. Xie (1994, 1997), Clarke et al. (1997) pour ne citer que quelques exemples. L'automate cellulaire a été choisi ici, pour sa simplicité d'utilisation et de compréhension, ainsi que pour son potentiel concernant l'observation et la caractérisation de phénomènes/processus émergents. Comme le souligne W. Tobler (1970) « ce n'est pas parce qu'un processus paraît compliqué qu'il y a cependant une raison de supposer que c'est le résultat d'une règle compliquée ». C'est en s'appuyant sur cette idée que l'utilisation d'un automate cellulaire pour la simulation du développement urbain, prend tout son sens. L'automate cellulaire utilisé est LucSim, développé au sein du laboratoire ThéMA pour répondre aux besoins spécifiques de l'étude et de la méthodologie développée.

2.3 Règles de transition et Arbres de Décision

P. Torrens (2011) évoque le concept de « bonnes règles » qui, replacé dans la vision énoncée par W. Tobler (1970), seraient « simples » tout en permettant de simuler un processus complexe. Par conséquent, dans notre étude une bonne règle est encadrée par le respect de deux contraintes conjointes : (1) une règle doit pouvoir être interprétée thématiquement, (2) elle doit permettre de reproduire des phénomènes

observés. Or, comme le rappelle P. Torrens (2011) "lorsque les systèmes urbains sont évoqués, nous n'avons souvent pas la moindre idée de ce que sont les "bonnes" règles". De ce fait, la définition des règles ainsi que leur calibration représentent une étape centrale de ce travail de modélisation – simulation. Or, J. Van Vliet (2016), dans un état de l'art portant sur les méthodes actuelles de calibration et validation couramment utilisées pour les modèles de changement d'occupation du sol, constate qu'il n'existe pas, à ce jour, de méthode standardisée. C'est dans l'esprit de la création de règles répondant à la définition de « bonnes règles » présentée ci-dessus et du développement d'une méthodologie simple et transposable qui puisse s'adapter au contexte transfrontalier, que notre choix s'est porté sur l'utilisation d'un algorithme d'apprentissage supervisé appelé arbre de décision (Decision Tree). Cette méthode permet de définir et de calibrer automatiquement des règles de transition déterministes basées sur l'analyse des données. Ces règles sont ensuite utilisées pour simuler le processus de développement urbain au sein d'un automate cellulaire.

3 Résultats et discussions

L'apprentissage par arbre de décision a été effectué à partir du jeu de données présenté section 2.1. Ce dernier est donc basé sur

l'observation du voisinage et des caractéristiques des cellules ayant effectué une transition vers l'urbain entre 1990 et 2006. Il permet la création et la calibration auto-

matique de règles de transition permettant de modéliser le développement urbain sur notre zone d'étude.

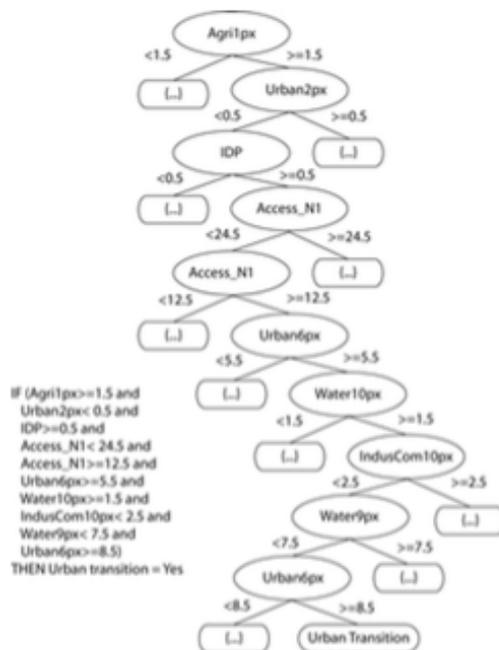


FIGURE 2 – Echantillon de règle de transition

3.1 Résultats

Le modèle produit permet de retrouver la totalité des transitions observées dans les données Corine Land Cover. Ce modèle (jeu de règles) permet aussi de mettre en évidence des règles spécifiques à certains types de développement, localisées dans l'espace, restreintes à un pays en particulier par la

sélection d'une variable de localisation de la cellule dans son pays (Tab.1). En effet, parmi les 83 variables définissant la cellule, celle localisant la cellule en France ou en Allemagne est sélectionnée relativement tôt dans le processus de création de l'arbre (2^{ème} niveau, Fig. 2). La sélection de cette variable restreint l'application de la règle à un pays en particulier.

Table 1 : Composition du jeux de règles

Total	France	Allemagne	Zone totale
217	87	109	21

3.1 Résultats

Sur un espace qui, s'il ne présentait pas de frontière étatique pourrait être considéré comme homogène, la composante territoriale est mise en lumière par la sélection de la variable de localisation géographique qui restreint l'application d'une règle de dé-

veloppement urbain à un pays spécifiquement. La frontière réapparaît clairement dans la production des règles, sans avoir été introduite au départ autrement que comme une caractéristique lambda, n'ayant pas plus d'importance que la quantité de cellules urbanisées à 200m par exemple. Cette dernière est par ailleurs sélectionnée plus

en amont dans le processus de construction de l'arbre (Fig. 2) ce qui nous permet de lui accorder un poids relatif plus important que la localisation géographique. Lors de la construction de l'arbre de décision, les variables sélectionnées avant la variable de localisation spécifiant le pays sont des caractéristiques que l'on peut considérer comme transnationales, un caractère générique s'appliquant encore sur les deux pays.

Si la grande majorité des règles sont localisées dans un pays ou dans l'autre, il y a cependant 21 règles qui ne contiennent pas cette variable. Elles sont donc transnationales dans leur intégralité. Les résultats obtenus par l'application de notre méthodologie confirment notre hypothèse de départ qui supposait une influence de la localisation géographique dans un pays spécifique mais l'infirme en parti, présentant des règles transnationales, qui décrivent une logique d'urbanisation dépassant les frontières.

4 Conclusion

Dans l'objectif d'apporter des éléments de réponse aux différentes questions évoquées précédemment, l'utilisation d'un automate cellulaire a été privilégiée pour les raisons mentionnées dans l'introduction. L'innovation de la démarche se trouve dans l'utilisation d'un couplage Automate Cellulaire et d'Algorithme d'Apprentissage par arbre de décision. D'un point de vue méthodologique, cette recherche montre l'efficacité de l'association automate cellulaire et arbre de décision dans la modélisation et la simulation du développement urbain en contexte transfrontalier. L'efficacité de modélisation est satisfaisante et la méthodologie respecte les objectifs : les règles sont ouvertes à l'analyse thématique quel que soit le niveau d'expertise de l'utilisateur.

D'un point de vue thématique, la méthodologie permet d'observer « plusieurs » processus de développement urbain liés à la localisation géographique. Le premier dont le poids est moindre en terme de transition est

un processus transnational puisqu'il s'applique à la totalité de la zone. Le second et le dernier sont respectivement localisés de part et d'autre de la frontière. L'intérêt dans un futur proche serait d'analyser plus précisément les variables composant des différents types de règles.

Les choix méthodologiques ont été fait en considérant les contraintes liées à l'étude d'une zone transfrontalière mais aussi en raison de la volonté d'avoir à disposition un modèle transposable rapide et simple à appréhender/utiliser pour un public expert ou non expert.

5 Remerciements

La recherche présentée dans ce résumé est intégrée dans le projet Smart.Boundary, financé par le Fonds National de Recherche au Luxembourg et par le CNRS en Franche (ref. INTER/CNRS/12/02). Les auteurs tiennent également à remercier le programme Grasp du LISER pour son soutien dans la collaboration des deux équipes basées au Luxembourg et en France.

Références

- Batty M, Xie Y (1994) *From Cells to Cities*. Environment and Planning B : Planning and Design 21 :531–538
- Clarke K, Hoppen S, Gaydos L (1997) *A self-modifying cellular automaton model of historical urbanization in the San Francisco Bay area*. Environment and Planning B : Planning and Design 24 :247-261. doi : 10.1068/b240247
- Couclelis H (1985) *Cellular Worlds : a framework for modeling micro-macro dynamics*. Environment and Planning A 20 :99–109.
- Grasland C., Hamez G. (2005), *Vers la construction d'un indicateur de cohésion territoriale européen ?*, L'Espace géographique, 2005/2 tome 34, pp. 97-116.

- Medina-Nicolas L. (2004) *L'étude des frontières : un état des lieux à travers la production doctorale française*. Annales de Géographie, t. 113, n°635, 2004. pp. 74-86 ;
- Nordman D. (1998), *Frontières de France*, Paris, Gallimard, 644 p.
- Phipps M., Langlois A. (1997) *Spatial dynamics, cellular automata, and parallel processing computers*. Environment and Planning B : Planning and Design, vol.24, n°2, p. 687-705.
- Ratti R, Schuler M. (2013) *Typologie des espaces frontières à l'heure de la globalisation*. Belgeo [En ligne] URL : <http://belgeo.revues.org/10546> ; DOI : 10.4000/belgeo.10546
- Tobler, W.R. (1970) *A computer movie simulating urban growth in the Detroit region*. Economic Geography 46, 234-240.
- Torrens PM (2011) *Calibrating and validating cellular automata models of urbanization*. Urban Remote Sensing : Monitoring, Synthesis and Modeling in the Urban Environment, Yang, Xiaojun (Ed.). Chichester : John Wiley Sons, pp. 335-345
- Van Vliet J., Bregt A. K., Brown D. G., Van Delden H., Heckbert S, Verburg P. H. (2016) *A review of current calibration and validation practices in land-change modeling*. Environmental
- White R, Engelen G (1993) *Cellular automata and fractal urban form : a cellular modelling approach to the evolution of urban land-use patterns*. Environment and Planning A 25 :1175- 1199
- White R., Engelen G., Uljee I. (2015) *Modeling cities and region as complex systems from theory to planning application*, The MIT press ISBN : 9780262029568

Couplage de deux modèles de simulation (MUP-City et Sim-PLU) pour évaluer l'articulation entre différentes échelles de documents d'urbanisme

Maxime Colomb¹, Mickaël Brasebin¹, Julien Perret¹, Cécile Tannier²

Univ. Paris-Est, LASTIG COGIT, IGN, ENSG, F-94160 Saint-Mandé, France¹

Chrono Environnement, CNRS-Université Bourgogne Franche-Comté²

Mots-clefs - développement résidentiel, communes périurbaines, étude prospective multi-échelle, simulation informatique

L'étalement urbain est une conséquence de la demande d'une partie de la population d'accéder à la propriété individuelle dans un environnement à la fois proche de la nature, à un prix accessible tout en étant à distance acceptable d'un centre urbain attractif. Cette forme de croissance urbaine est largement critiquée de par son impact négatif sur les trois sphères (sociale, économique et environnementale) du développement durable. Dans ce contexte, l'objectif des praticiens de l'aménagement est de parvenir à contrôler le développement résidentiel pour répondre quantitativement et qualitativement à la demande en logements, tout en minimisant les répercussions négatives sur les espaces concernés. Plusieurs documents législatifs existent pour encadrer ce développement à différentes échelles. Le SCoT (Schéma de Cohérence Territoriale) synchronise différentes politiques comme la mobilité, l'aménagement commercial, environnemental et l'habitat à l'échelle d'une agglomération urbaine. Pour ce faire, il doit être concordant avec le PLH (Programme Local de l'Habitat) qui projette le nombre et le type d'habitations prévues dans chaque commune. Les planificateurs locaux se servent de documents tels que le PLU (Plan Local de l'Urbanisme) afin de régir le développement urbain au sein de chaque commune.

Les évolutions technologiques et scientifiques ont permis le développement d'outils de simulation permettant d'anticiper les

répercussions de différentes options d'aménagement sur les espaces urbains. Ces outils de simulation permettent de répondre à différentes finalités et reposent sur des principes variés, en fonction de l'objet de l'étude, des temporalités considérées et de l'échelle à laquelle se déroule la simulation. Les modèles de type LUTI (Land-Use and Transportation Interaction, comme Mobi-Sim¹ (Tannier et al, 2016)) ont pour principal objectif de simuler les répercussions des politiques régionales comme celles préconisées par le SCoT et le PLH. D'autres modèles agissant à une échelle locale permettent de simuler les effets des PLU sur la constructibilité. Bien que ces différents documents doivent être compatibles entre eux, il n'existe pas d'outil permettant de modéliser et de contrôler les relations que doivent respecter les documents de planifications régionales avec les documents de planification locales. Les liens entre ces deux échelles de documents peuvent être multiples, à la fois dans le sens top-down (simuler l'application des réglementations d'un plan régional et vérifier la faisabilité de ces directives à une échelle locale) ou bottom-up (simuler l'application d'une série de mesures prises à une échelle locale pour observer leurs effets à une échelle régionale).

L'objectif général dans laquelle s'inscrit cette communication est de permettre la réalisation d'études prospectives du développement périurbain en associant un modèle de simulation de scénarios de dévelop-

1. <http://thema.univ-fcomte.fr/mobisim/>

pements résidentiels régionaux à un modèle simulant la constructibilité à l'échelle de la parcelle. Nous avons choisi d'utiliser le logiciel **MUP-City**, identifiant des emplacements propices à de nouveaux emplacements résidentiels tout en respectant des principes d'urbanisation fractals (Tannier et al., 2010), ainsi que **SimPLU**, qui simule la construction de formes bâties 3D au sein de parcelles en respectant les contraintes du PLU (Brasebin, 2014). Ce couplage devrait permettre de répondre à des questions telles que : à quel point certains objectifs annoncés dans les documents de planification nécessitent la modification du PLU ? Le foncier disponible permet-il de construire les nouveaux logements prévus dans un PLH ? Sinon, où proposer l'ouverture de nouvelles zones à l'urbanisation et selon quels règlements d'urbanisme ?

Lors de cette présentation, nous décrivons d'abord les deux modèles utilisés (SimPLU et MUP-City) (cf. section 2 de ce résumé). Les résultats des modèles de simulation prospective comportent une variabilité qui entraîne une incertitude quant à l'interprétation desdits résultats (Huang et al., 2013). C'est notamment le cas de MUP-City, comme montré dans (Tannier et al. 2012, Bourgeois 2015). C'est pourquoi nous présenterons une analyse de la variabilité des résultats de simulation du modèle MUP-City nous ayant permis de contrôler

au mieux cette incertitude et de choisir des configurations spatiales simulées suffisamment stables pour être utilisées dans des études d'aménagement prospectives (section 3). La 4^{ème} partie de notre exposé concernera notre première proposition de couplage des modèles SimPLU et MUP-City. La conclusion portera sur la mise en œuvre du couplage et ses perspectives de développement.

Les simulateurs SimPLU et MUP-City

SimPLU propose de générer automatiquement et de visualiser des formes de bâtiments en 3D sur une **parcelle** au sein d'un tissu bâti existant, à partir d'une modélisation des **règles** contenues dans le PLU et de stratégies d'agents constructeurs traduites à travers une fonction objectif. Différentes options d'aménagement peuvent être simulées grâce aux paramètres du modèle. Les **paramètres de forme** offrent la possibilité de tester différents types de morphologie et la **fonction d'objectif** simule différents comportements d'agents. À partir des résultats de simulation obtenus, il est ensuite possible de mesurer des indicateurs morphologiques (ex : densité bâtie) ou fonctionnels (ex : connectivité des espaces non bâtis) résultant de l'urbanisation d'une ou plusieurs parcelles.

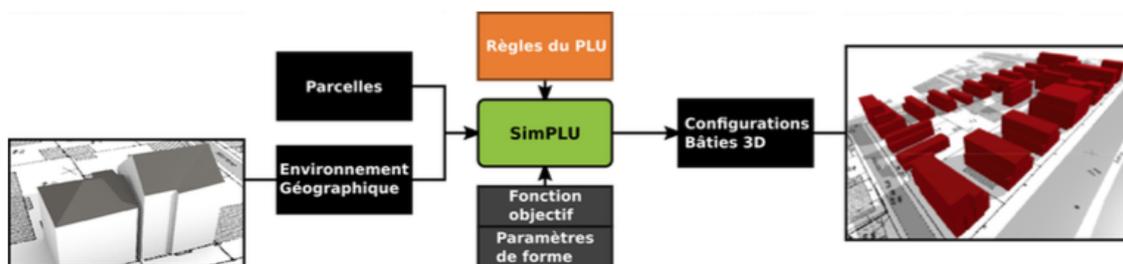


FIGURE 1 – Schéma descriptif de SimPLU et exemple de résultat (Brasebin 2014)

MUP-City est quant à lui un modèle servant à identifier les emplacements où l'urbanisation participerait à un développement fractal d'une région urbaine. Dans les secteurs périurbains, un développement

fractal peut permettre de mieux répondre à la demande en maisons individuelles (Frankhauser 2010) en les localisant proches des espaces verts et naturels ainsi que des commerces et services (Tannier 2012),

tout en réduisant l'impact de l'urbanisation sur la connectivité des habitats écologiques (Bourgeois 2015). Pour ce faire, MUP-City procède à une décomposition multi-échelle de la région urbaine considérée à partir d'une **grille de décomposition** initiale et intègre différentes **règles d'aménagement** dans chacune des mailles issues de

la décomposition. Le résultat d'une simulation se présente sous la forme de cartes de la région urbaine composées de **cellules à urbaniser** carrées de 20m de côté, chacune étant caractérisée par son intérêt à être urbanisée qui varie entre 0 (intérêt nul) et 1 (intérêt maximal).

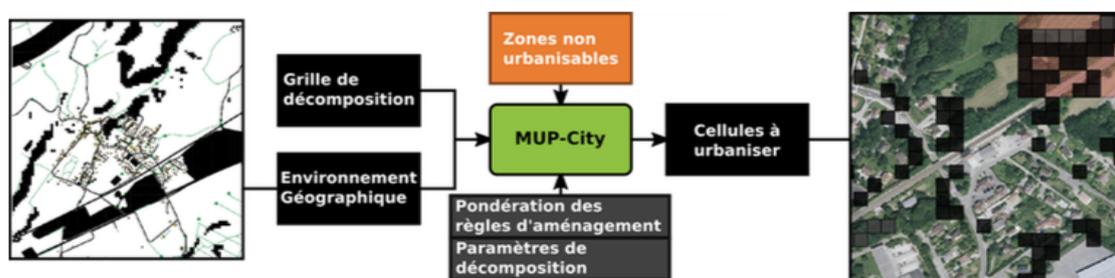


FIGURE 2 – Schéma descriptif de MUP-City et exemple de résultat de simulation superposé à une photographie

La variabilité des configurations spatiales de développement résidentiel simulées avec MUP-City et son implication en vue du couplage avec SimPLU

Une étape préalable à ce couplage consiste à analyser les différents résultats de simulations de MUP-City afin de connaître leur possible variabilité (et donc leurs fiabilité), ou encore l'ampleur des différences possibles entre différentes propositions d'aménagement. Cette étude, en cours de rédaction, a combiné plusieurs angles d'analyse grâce à diverses techniques informatiques, l'analyse de sensibilité étant la principale. Les conclusions suivantes en ont été tirées :

- Pour certaines combinaisons de paramètres, les résultats de MUP-City varient très peu lorsque l'on réplique un grand nombre de fois une même simulation.
- Dans de nombreux cas, la modification des différents paramètres influence fortement les configurations spatiales simulées. Plusieurs configurations devront donc être testées lors du couplage de MUP-City avec SimPLU.

- Lorsque l'emprise spatiale de la zone d'étude est légèrement déplacée, bien que les cellules urbanisées par simulation ne soient pas exactement les mêmes, leur nombre dans chaque commune varie peu. Lorsque l'emprise spatiale de la zone d'étude est déplacée sur de plus grandes distances, les configurations spatiales du développement résidentiel simulées sont davantage variables. Néanmoins, les cellules urbanisées par simulation au sein des agrégats bâtis existants sont moins variables que les cellules situées à l'extérieur des agrégats bâtis existants.

Cette dernière caractéristique nous incite à différencier deux types d'emplacements propices au développement résidentiel. Le premier type d'emplacements correspond à des possibilités de constructions ponctuelles, spatialement assez diffuses et localisées au sein de ou à proximité immédiate des agrégats bâtis existants. Ces emplacements peuvent accueillir un développement résidentiel auto-organisé, prenant la forme d'une densification du tissu urbain au cours du temps en concordance avec les règlements d'urbanisme locaux. L'autre

type d'emplacements correspond à des extensions résidentielles localisées essentiellement en dehors des périmètres actuellement urbanisés et pouvant accueillir des opérations programmées de lotissement ou d'immeubles de logements. De telles opérations nécessitent souvent la modification des réglementations locales d'urbanisme.

Première version du couplage entre MUP-City et SimPLU

Cette première version du couplage, schématisée en figure 3, a pour objectif de déterminer si les objectifs de construction de logements contenus dans le PLH sont atteignables et quelles sont les formes de tissus urbains desquelles ces constructions pourraient résulter.

Conformément aux objectifs d'aménagement du territoire admis couramment (Darley 2011), nous avons choisi de densifier au maximum chaque commune, en urbanisant en priorité les cellules identifiées par MUP-City comme pouvant accueillir des constructions ponctuelles. Les cellules les mieux évaluées par MUP-City seront à urbaniser en priorité en construisant si possible des logements de type collectif afin que le maximum d'habitants puissent bénéficier de ces localisations permettant un bon accès aux commerces, services et infrastructures vertes et de loisir.

Pour chaque commune, le modèle de cou-

plage sélectionne les parcelles sur lesquelles sont présentes les cellules de MUP-City. SimPLU estime ensuite la surface de plancher habitable pour chaque bâtiment simulé dans ces parcelles. En fonction de cette surface, il est possible de construire des logements collectifs, des logements individuels, ou bien il n'est pas possible de construire de bâtiment, soit car la parcelle est trop petite, soit car les contraintes du PLU sont trop restrictives (ce qui pourra être à l'origine d'une modification du PLU).

Lorsque toutes les cellules de type construction ponctuelle ont été sélectionnées et testées, les logements restants à construire sont répartis dans un nombre d'opérations programmées d'extensions résidentielles. Celles-ci sont de type lotissement s'il manque des logements individuels, ou de type immeubles d'habitation s'il manque des logements collectifs. La modélisation du processus d'extension résidentielle dans SimPLU est encore en réflexion car de telles opérations bénéficient le plus souvent d'aménagements des règles du PLU, afin de transformer les zonages et les droits de constructions associés. Les résultats de simulation de MUP-City permettent toutefois déjà de déterminer leurs emplacements. Sur cette base, le nombre de logements potentiellement constructibles dans chaque commune est connu, permettant d'évaluer si le nombre de cellules proposées par MUP-City est suffisant pour répondre aux objectifs du PLH.



FIGURE 3 – Schéma du couplage entre MUP-City et SimPLU

Mise en œuvre et perspectives de développement

Développée dans le cadre d'une thèse, cette contribution présente un premier prototype

de couplage des modèles MUP-City et SimPLU afin de simuler des extensions résidentielles réalistes, conformes aux documents d'aménagements locaux (PLU) et globaux

(SCoT et PLH). Notre cas d'application est la Communauté d'Agglomération du Grand Besançon (CAGB), ainsi que quelques communes environnantes. Plusieurs simulations avec MUP-City ayant déjà été réalisées sur cette zone, les données nécessaires existent et sont validées (Tannier 2012, Bourgeois 2015). Des résultats de simulation seront présentés pour une sélection de communes périurbaines.

SimPLU est pour l'instant utilisé comme un simple générateur de forme 3D, néanmoins différents paramétrages du modèle et l'existence de fonctions d'utilité variées pourraient traduire des objectifs de développement urbain diversifiés. Il serait aussi possible d'utiliser SimPLU afin de valider les hypothèses de développement de la ville fractale, en vérifiant par exemple que l'urbanisation de chaque parcelle ne coupe effectivement aucune connexion écologique.

La simulation d'opérations d'extensions résidentielles programmées reste encore à développer, en s'appuyant sur des approches existantes (Curie et al, 2011). Ce développement nous permettra ensuite d'automatiser certaines rétroactions entre le développement local autorisé par les PLU et les directives des documents d'aménagement régionaux afin d'harmoniser au mieux ces documents. Il sera également nécessaire de concevoir un module pouvant remodeler le parcellaire des zones étudiées, afin de rendre possible le découpage de parcelles (afin notamment de construire plusieurs propriétés sur une parcelle vide ou encore de simuler une densification résidentielle par division parcellaire, inspirée de la démarche BIMBY (Build In My BackYard, Miet 2012)) et la fusion de parcelles (afin de regrouper des petites parcelles issues d'un morcellement pour en faire une parcelle constructible).

Références

Bourgeois M. (2015). Impacts écologiques des formes d'urbanisation. Modélisations urbaines et paysagères (Thèse de doctorat, Université de Franche-Comté).

Brasebin M. (2014). Les données géographiques 3D pour simuler l'impact de la réglementation urbaine sur la morphologie du bâti (Thèse de doctorat, Université Paris-Est).

Curie, F., Mas A., Perret J., Puissant A., Ruas A. (2011). Simulation d'un processus de densification du tissu urbain à base d'agents. *Revue Internationale de Géomatique*, vol. 21, n. 4, pp. 489-513.

Darley A., Touati A. (2011). Processus et politiques de densification de l'habitat en Île-de-France. Note rapide, n° 567, Institut d'aménagement et d'urbanisme – Île-de-France (IAU-ÎdF), septembre.

Frankhauser P., Tannier C., Vuidel G., Houot H. (2010). Approche fractale de l'urbanisation – Méthodes d'analyse d'accessibilité et simulations multi-échelles 11th World Conference on Transportation Research - Septièmes rencontres francophones Est-Ouest de socio-économie des transports, Jun 2007, Berkeley, Californie, United States. pp.21.

Huang Q., Parker D., Filatova T., Sun S. (2013). A review of urban residential choice models using agent-based modeling. *Environment and Planning B : Planning and Design*, vol. 40, p. 1–29.

Miet, D. (2012). Démarche Bimby : l'habitant producteur de terrain, nouvel acteur stratégique du PLU. *Urbanisme*, n° 386, p. 19-21.

Tannier C., Vuidel G., Frankhauser P., Houot H. (2010). Simulation fractale d'urbanisation - MUP- city, un modèle multi-échelle pour localiser de nouvelles implantations résidentielles. *Revue Internationale de Géomatique*, vol. 20, p. 303-329.

Tannier C., Vuidel G., Frankhauser P., Houot H. (2012). Spatial accessibility to amenities in fractal and non fractal urban patterns. *Environment and Planning B : Planning and Design*, vol. 39, p. 801- 819.

Tannier C., Hirtzel J., Stephenson R., Couillet A., Vuidel G., Youssoufi S. (2016). Conception and use of an individual-based model of residential choice in a planning

decision process. Feedback from an experimental trial in the city of Besançon. *Pro-*

gress in Planning, vol. 108, p. 1-38.

Formes urbaines et ilots de chaleurs : simulations et outils d'aide à la décision pour une ville durable

Thibaut Vairet

Laboratoire Théma UMR 6049, Université de Bourgogne // 2 boulevard Gabriel, F-21000 Dijon, France

Mots-clefs - îlot de chaleur, ville durable, outil d'aide à la décision, modélisation, scénarios prospectifs.

Contexte et objectifs

Le monde s'urbanise. Selon les nations unies, plus d'un humain sur deux réside en milieu urbain et un septième de la population habite une agglomération millionnaire. Il s'agit d'une des mutations majeures de l'époque contemporaine. Chaque ville possède des caractéristiques propres (humaines, morphologiques...) mais l'Îlot de Chaleur Urbain (ICU) apparaît comme un phénomène inhérent et commun à toutes. En août 2003, l'Europe a subi une période estivale caniculaire ayant causé la mort de plus de 70 000 personnes dont 20 000 uniquement en France (Robine et al, 2008). Cette canicule meurtrière rappelle l'importance du climat urbain et de ses impacts sur les populations les plus fragiles (Besancenot, 2002). Dans un contexte de changement climatique, une augmentation de la durée, de l'intensité et des fréquences des épisodes caniculaires sont à prévoir (Meehl et al. 2004). Enfin, face à l'augmentation des coûts de l'énergie et des concentrations humaines dans les villes, l'ICU émerge comme une question environnementale et climatique centrale.

Pour pallier les effets indésirables de l'ICU, la communauté urbaine du Grand Dijon, dans le cadre de sa politique d'adaptation au changement climatique, s'interroge sur les moyens permettant de limiter les températures urbaines lors des canicules. L'enjeu est double : d'une part la santé publique et d'autre part la question portant sur les consommations d'énergies (Cam, 2012). Dans cette optique, le Grand Di-

jon, l'ADEME Bourgogne, Météo France, Alterre Bourgogne et deux laboratoires de recherche (THEMA et CRC-

Biogéosciences) CNRS/université de Bourgogne Franche-Comté ont mis en place un programme de Mesures Urbaines de la Température dans l'Agglomération du Grand Dijon (MUSTARDijon). Ce réseau de mesures se caractérise par le nombre important de points de mesures dans une ville de taille moyenne d'une part (250 000 habitants) et par, la durée dans le temps de ces mesures, d'autre part.

Les mécanismes principaux à l'origine de l'ICU en période estivale sont déjà très étudiés dans la littérature scientifique (Mestayer et al, 1994, Oke, 1987; 2006; Santamouris, 2005; Bozonnet et al, 2006). Les réflexions sur les formes de la ville durable (compacité, densité, ...) également (Brianstone et al, 2001, 2010). Mais ces deux domaines de recherche n'ont que rarement été appréhendés de manière conjointe, (Kholer., 2015; Benzerzour et al, 2011).

Ainsi, cette recherche doctorale débute par un triple questionnement, sur quels éléments urbains (albédo, perméabilité, formes urbaines...) travaillé pour maîtriser au mieux les effets indésirables de l'ICU ? Sur quelles types d'espace (centre-ville, quartiers, pavillonnaires...) et dans quelles proportions doit-on effectuer des modifications susceptibles pour impacter sensiblement les effets indésirables de l'ICU ? Enfin quel modèle (WRF ou Méso-NH) permet une meilleure représentation du phénomène d'ICU ?

Le but de cette présentation est d'apporter les premiers éléments de réponses à pro-

pos de la comparaison des modèles WRF et Méso-NH.

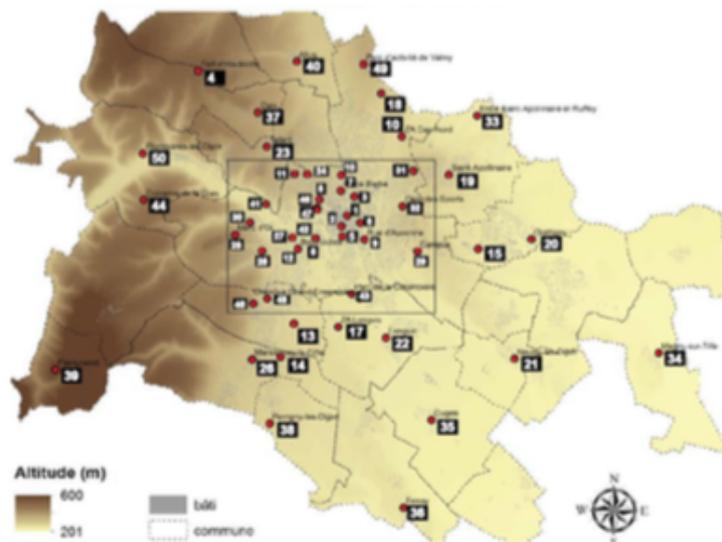


FIGURE 1 –

Ces sondes relèvent les températures ainsi que l'humidité et la force du vent. Celles-ci ont été placées dans des environnements ruraux afin de pouvoir comparer les températures avec l'urbain. L'objectif consistait à obtenir des observations représentatives du quartier, et influencées le moins possible par l'environnement immédiat (rue, cour, ...), afin d'être comparées avec des températures simulées par modélisation dynamique à la résolution

horizontale de 150m (Roux, 2014). Au total, 6 types d'occupations des sols, sélectionnées d'après les travaux d'Oke (2006), ont été instrumentés. De plus, des données d'âge du bâti dijonnais, d'emplacement précis des arbres et des températures futures établies par le GIEC pourront être ajoutées aux modèles permettant d'établir des scénarios urbains corrélés à des changements de températures futures.

Réaliser différents scénarios urbains et les associer à différents scénarios de températures futures (GIEC) pour ensuite les comparer avec les deux modèles (WRF et Méso-NH) est l'objectif de cette thèse.

Données in situ (Réseau MUSTARD)

Ce réseau de soixante-trois sondes (Figure 1) permet d'échantillonner un maximum d'éléments naturels (relief, plan d'eau) et d'aménagements (BDTopo). Aujourd'hui, plus de trois ans de données sont disponibles afin d'améliorer la qualité des simulations.

Méthodes

Deux modèles vont être utilisés afin de les comparer. Le premier est le modèle anglo-saxon WRF et le deuxième est le modèle français de Météo-France : Méso-NH

L'utilisation du modèle régional WRF/ARW ("Weather Research and Forecasting model / Advanced Research WRF) pour ce sujet peut s'expliquer pour deux raisons. La première raison est que le modèle WRF est un modèle de type NH (Non-Hydrostatic). Cela permet donc de descendre à des échelles fines et inclut des modules de physique urbaine. La seconde raison se situe dans le fait que le modèle WRF

peut être facilement alimenté aux bornes par des données simulées de large échelle (ERA-interim), avec possibilité d'assimiler des observations terrestres et satellitaires (réseau MUSTADijon). Cependant, l'utilisation exclusive de ce modèle n'est pas suffisante pour simuler l'ICU. C'est pourquoi il faut utiliser un autre modèle, en complément de WRF/ARW, pour des échelles plus fines. Parvenir à une résolution spatiale réaliste à une échelle de 150 x 150m est complexe et cela reste vain si le modèle ne peut pas simuler la ville et son microclimat. Ainsi, l'une des spécificités de ce travail est d'utiliser un modèle forceur (ERA-interim) pour la méso-échelle mais également, d'utiliser le Modèle de Canopée Urbaine (MCU, ou UCM pour Urban Canopy Model) pour l'échelle urbaine. Celui-ci ne s'active que dans les points de grilles qui sont, à minima, 50% urbanisés. Le MCU représente une zone bâtie : un canyon de la rue, deux bâtiments faisant face, et une route. Le modèle contient les processus physiques essentiels se produisant dans une canopée urbaine : absorption et réflexion des ondes courtes et ondes longues, échanges d'énergie entre l'eau, les surfaces (toit, deux parois en regard et route) et l'air adjacent, et le transfert de chaleur par la conduction à travers les substrats (Albédo). C'est à travers ce modèle que c'est établi les tests de sensibilités en modifiant l'albédo de la ville (Vairet, 2016).

Le second modèle est : Méso-NH. Il s'agit du modèle atmosphérique mesoscale non-hydrostatique de la communauté de recherche française. Il a été conjointement développé par le Laboratoire d'Aérodynamique et par le CNRM-GAME (URA 1357 CNRS/MÉTÉO- FRANCE). Ce modèle intègre un système non-hydrostatique des équations, pour faire face à

toutes les échelles allant de large (synoptique) à petit (grand tourbillon) lors du calcul des budgets. Il dispose d'un ensemble complet de para métrisations physiques, notamment avancées pour la représentation des nuages et des précipitations. Ce modèle est couplé au modèle de surface TEB pour ("Town Energy Balance" en anglais), (Mas-

son 2000). Le premier avantage de TEB est de tenir compte d'un grand nombre de processus physiques, tout en profitant d'un concept de para métrisation efficace permettant des simulations numériques rapides sur des zones étendues.

Il a été développé pour calculer les échanges d'énergie et d'eau entre les villes et l'atmosphère. Les processus importants qui influencent les échanges d'énergie avec l'atmosphère sont pris en compte dans TEB. Actuellement, il s'agit du seul modèle de ce type à considérer autant de processus, notamment ceux liés au cycle de l'eau (évaporation, ruissellement, échanges turbulents...) Les processus ci-dessus sont les plus importants pour simuler les échanges d'énergie et d'eau vers l'atmosphère (et donc influençant fortement la météorologie locale). Ils ont tous été pris en compte dans la première version de TEB. Pour résumer, le modèle français (Méso- NH) semble être plus précis mais plus difficile à prendre en main que le modèle anglo-saxon (WRF).

Protocole expérimental

Avec le modèle WRF, une surface de plus en plus importante avec un nouveau facteur d'albédo pour chaque occupation des sols a été effectuée. **Le protocole tient en un remplacement successif des valeurs d'albédo réelles des murs/toits/routes avec des albédos plus élevés. Le calcul des températures résultant de la modification des albédos s'établira pour des modifications graduelles de 20, 40, 60, 80 et 100% des surfaces.** Autrement dit, pour toutes les simulations des toits, l'albédo des murs et des routes restera celui de base, pareillement les murs puis les routes. Ce n'est que lors de la simulation totale que toutes les valeurs seront changées simultanément. Le but est de réitérer ce protocole avec le modèle Méso-NH et de constater des différences ou non. Cette communication vise à apporter les principaux résultats de l'étude sur l'impact des modifications des albédos des toits, murs et routes sur l'ICU Dijonnais avec le modèle WRF. Mais surtout

d'apporter les premiers résultats de la comparaison des deux modèles.

Résultats obtenus et attendus

En moyenne, sur l'ensemble de l'été, l'ICU avoisine les 1°C. Il a été montré que par beau temps estival, l'ICU contribue à un différentiel de température limité à quelques dixièmes de degrés la journée (0.5°C), mais atteint en moyenne 3 à 4°C au petit matin. Les résultats montrent que l'ICU dijonnais présente une structure bipolaire. D'autres résultats témoignent de l'importance de la « couleur » de la ville sur sa température. En effet, la mise en évidence des lieux les plus propices à la réduction des températures via l'augmentation de l'albédo est un point saillant de ce travail. De même que la validation de la fiabilité temporelle et spatiale du modèle.

Augmenter l'albédo des toits est la meilleure solution pour réduire l'ICU Dijonnais. Ainsi, les zones commerciales sont les zones les plus à même de voir leur température diminuer du fait de leur grande surface de toits. Les diminutions de températures engendrées par les augmentations de l'albédo des murs c'est révélé peu efficace quel que soit le secteur de la ville et son type d'occupation. Enfin, modifier l'albédo de la voirie apporte des résultats mitigés suivant le secteur de l'agglomération.

L'hypothèse est que le modèle Méso-NH soit plus précis que le modèle WRF, tant en terme de localisation de l'ICU que des données de températures.

Références

Benzerzour, M, V. Masson, D. Groleau, and A. Lemonsu. "Simulation of the Urban Climate Variations in Connection with the Transformations of the City of Nantes since the 17th Century." *Building and Environment* 46, no. 8 (August 2011) : 1545–57doi :10.1016/j.buildenv.2011

Besancenot, J-P. "Vagues de Chaleur et Mortalité Dans Les Grandes Agglomérations Urbaines." *Environnement, Risques Santé* 1, no. 4 (December 9, 2002) : 229–40.

Bozonnet, E, F Allard, M Musy, M Chazelas, and G Guarracino. "URBAT : Approche Méthodologique de La Construction Durable En Milieu Urbain : Le Microclimat Urbain et Son Impact Environnemental Sur Les Constructions." 2006, Plan Urbanisme Construction Architecture. edition.

Cam, C-N. *Technologies for Climate Change Mitigation : Building Sector*. UNEP Risoe Centre on Energy, Climate and Sustainable Development. Roskilde, Denmark, 2012.

Kohler, M. *Assesment of the Building Energy Requirements : Added Value of the Use of the Urban Climate Modeling*. Strasbourg, 2015. <http://www.theses.fr/2015STRAH004>.

Meehl, G. A, and C. Tebaldi. "More Intense, More Frequent, and Longer Lasting Heat Waves in the 21st Century." *Science*, 2004, 994–97.

Mestayer, P. G, and S Anquetin. In *Diffusion and Transport of Pollutants in Atmospheric Mesoscale Flow Fields*. Vol. volume 1 de ERCOFTAC series. Climatology of Cities. The Netherlands : Kluwer Academic Publishers, 1994.

Oke, T. R. *Boundary Layer Climates*. London, : Methuen and Co, 1987.

Oke, T. R. "Initial Guidance to Obtain Representative Meteorological Observations at Urban Sites." *Instruments and Observing Methods*, no. 81 (2006).

Robine, J-M, S. L. K Cheung, S LeRoy, H Van-Oyen, C Griffiths, J-P Michel, and R. R Hermann. "Death Toll Exceeded 70,000 in Europe during the Summer of 2003." 2008, *Comptes Rendus Biologies*, n.d., 171–178.

Roux, J. "L'Ilot de Chaleur Urbain À Dijon." Mémoire, Université de Bourgogne, 2014.

Stone-Jr, B, and M. O Rodgers. “Urban Form and Thermal Efficiency : How to Design of Cities Influences the Urban Heat Island.” *Journal of American Planning Association* 67, no. 2 (2001) : 186–98.

Stone, B, J. J Hess, and H Frumkin. “Urban Form and Extreme Heat Events : Are Sprawling Cities More Vulnerable to Climate Change Than Compact Cities ?” *Environmental Health Perspectives* 118, no. 10 (2010) : 1425–28.

Atelier 5

Appréhender les temps longs du territoire

FROM STREET NETWORK ANALYSIS TO URBAN HISTORY

Ryma Hachi

hachiryma@gmail.com

Mots-clefs - Network analysis, Morphological analysis, Urban form, Urban history

The plan of a city keeps traces of its history, that's the main hypothesis of most morphological analysis. Indeed, the proponents of the approach consider that we can learn things about cities' history by focusing on the evolution of their form. This aspect has been widely criticised, for the bait it may induce by making people assume an auto-perpetuation of urban forms, « *we can't think of urban forms without their social references* » some argue¹. This said, the city is not either the ground track of social references, since the persistence of urban forms despite various contexts is opposed to that. Furthermore, some criticisms against morphology may come from a misunderstanding of the analysis' purpose : morphology doesn't aim at capturing reality, it only aims at simplifying it, by casting aside all the functions, senses or histories that everyone associate with forms, and focusing on the study of a single aspect, the form itself². Morphologists consider that this knowledge is worthwhile and can afterwards lead to a better understanding of the causes behind the observed forms.

This approach has been first introduced by August Meitzen (1895)³, who tried to identify the relationships between patterns of

agglomeration and socio-cultural organisations. Since then, the morphology of agglomerations has been studied from different perspectives : while archeologists used it to identify missing structures, architects and urban planners used it as a way to plan projects⁴. For their part, historians' works aimed at identifying typical plans of a certain period rather than describing the processes of transformation that occur. Thus, most of those traditional morphological analyses showed the difficulty of comparing plans of different cities, and looking for generic processes⁵. That's partially why more quantitative morphological analysis appeared since 1970s, such as Space Syntax⁶ which purpose was to measure objectively the social, economic and environmental properties of spatial layouts. Those analyses mostly focused on the structure of the street network, and its relationship with movement flows. Since then, various studies explored the morphology of street networks (mainly using graph theory), and demonstrated the relevance of such approaches to understand the relationship between urban streets patterns and urbanisation^{7,8}, resi-

1. Bernard Lepetit, Pierre Merlin (éd.), « Morphologie urbaine et parcellaire : Formes urbaines, villes en parallèle », In : Annales. Économies, Sociétés, Civilisations, (1990) : 469-470.

2. Bernard Duprat, Morphologie appliquée : L'analyse des conformations architecturales, ses problèmes, ses principes, ses méthodes, (Lyon : Université Jean Moulin Lyon III Faculté de philosophie, 1999) : 2-10.

3. Bernard Gauthiez, Elisabeth Zadora-Rio, Henri Galinié, Village et ville au Moyen Age : les dynamiques morphologiques, (Tours, 2003) : 13-27.

4. Ibid.

5. Ibid.

6. Bill Hillier, Julienne Hanson, The social logic of space (Cambridge university press, 1989).

7. Emanuele Strano, Vincenzo Nicosia, Vito Latora, Sergio Porta, Marc Barthelémy, « Elementary processes governing the evolution of road networks », Scientific Reports, 2, 296, (2012).

8. Nahid Mohajeri, Jon R. French, Michael Batty, « Evolution and entropy in the organization of urban street patterns », Annals of GIS, 19,1 (2013) : 1-16.

lience⁹, and better urban design¹⁰. However, using quantitative tools for historical purpose remains unusual, but starts spreading because of the recent digitization and georeferentiation of old maps.

The purpose of this paper is to expose the relevance of quantitative morphological analysis in a diachronic perspective, with the aim of revealing processes such as the evolution of cities. This relevance is due to the possibility of comparison permitted by morphological analysis. Indeed, by focusing on the form of objects, morphology allows us to compare many of them, as long as they have some morphological common points. We could then compare a city's form through time, and look for regularities or variances that may be hidden by the spatio-temporal particularities of each context. Besides, with relying on previous quantitative studies mentioned before, we will focus on the morphological properties of the street network, considering it as a major component of the urban form, and a good marker of a city's history.

During the last decades, few studies have used network analysis or space syntax ana-

lysis in a diachronic perspective, mainly to observe the interdependence between spatial configuration and land-use^{11 12 13}, or to put spatial configurations in relationship with known urban phenomena (densification¹⁴, dispersal¹⁵, expansion and reinforcement of pre-existing structure¹⁶ ...). This said, once the network's properties computed, these researches usually move to more qualitative aspects (e.g. the economic development of the city), in order to interpret their results. Our method is different since it consists in using quantitative tools not only to describe the network of each period, but also to measure its evolution, and thus distinguish various kinds of change, which will afterward be related to hypotheses about the street networks' formative process.

First, we compute various indicators that describe quantitatively the network (e.g. accessibility¹⁷, centrality¹⁸). Second, we describe the distribution of each indicator, by comparing it to statistical models (Gaussian, power law, etc.). After that, we observe the evolution of this distribution (for each indicator) on a long period of

9. Sergio Porta, Ombretta Romice, J. Alexander Maxwell, Peter Russell, Darren Baird, « Alterations in scale : Patterns of change in main street networks across time and space », *Urban Studies*, 51, 3383 (2014).

10. Stephen Marshall, *Streets and Patterns*, (London and New York : Spon Press, 2005)

11. Sophia Psarra, Conrad Kickert, et Amanda Pluviano, « Paradigm lost : Industrial and post-industrial Detroit—An analysis of the street network and its social and economic dimensions from 1796 to the present », *Urban Design International* 18, no 4 (2013) : 257–281

12. L. S. Vaughan, Ashley Dhanani, et Sam Griffiths, « Beyond the suburban high street cliché—A study of adaptation to change in London's street network : 1880-2013 », *Journal of Space Syntax* 4, no 2 (2013) : 221–241.

13. Laura Vaughan, « Towards Successful Suburban Town Centres | Assessing the relationship between networks of human activity and the changing form of urban and suburban centres | Page 3 », consulté le 28 juin 2016, <https://uclsstc.wordpress.com/page/3/>.

14. Marc Barthelemy et al., « Self-organization versus top-down planning in the evolution of a city », *Scientific reports* 3 (2013), http://www.nature.com/srep/2013/130708/srep02153/full/srep02153.html?WT.ec_id=SREP-639-20130801.

15. Agust Gudmundsson et Nahid Mohajeri, « Entropy and order in urban street networks », *Scientific Reports* 3 (25 novembre 2013), doi :10.1038/srep03324.

16. Emanuele Strano et al., « Elementary processes governing the evolution of road networks », *Scientific Reports* 2 (1 mars 2012), doi :10.1038/srep00296.

17. C. Lagesse, P. Bordin, et S. Douady, « A Spatial Multi-Scale Object to Analyze Road Networks », *Network Science* 3, no 1 (mars 2015) : 156–181, doi :10.1017/nws.2015.4.

18. Linton C. Freeman, « A Set of Measures of Centrality Based on Betweenness », *Sociometry* 40, no 1 (1977) : 35–41, doi :10.2307/3033543.

19. M. Scheffer et al., « Anticipating Critical Transitions », *Science* 338, no 6105 (19 octobre 2012) : 344–348, doi :10.1126/science.1225244.

20. Leto Peel et Aaron Clauset, « Detecting change points in the large-scale structure of evolving networks », *arXiv preprint arXiv :1403.0989*, 2014, <http://arxiv.org/abs/1403.0989>.

time, and use statistical methods developed in^{19 20} to qualify the observed changes : gradual or sudden, low or high, local or global, etc. We finally put these results in relation with the hypotheses mentioned in the litterature. For instance, Caniggia²¹ distinguish two main kinds of change in the urban fabric, micro transformations, which are local but occur almost continuously in time, and boom phenomena that occur less often, but change the urban fabric in a major way.

To cover different kinds of change, we will present results obtained both on metropolises (Paris and New York) and small cities (Beauvais in France, Wake county in the USA), and on various time frames, going from one year to a century. For instance, an interesting result was obtained on the city of Beauvais, by computing its accessibility , which depends on both topological and metric relations between elements. Accessibility reveals how many turns it takes and how far it is, on average, to go from a given street to the rest of the network. Basically, long straight streets have a high accessibility, because they cross the network from one end to the other, and permits to reach a lot of other streets. Thus, the more a street is close to those long straight streets, and permits to reach them with a low number of turns, the more its accessibility is high.

Accessibility has been computed by Lagesse on the street network of the city of Beauvais, for three periods : two periods during the 19th century, and 1960. After that, the comparison of the distribution of accessibility, between the three periods allowed us to reveal a very gradual change all along the 19th century, and then a major one on 1960, after the post World War II reconstruction of Beauvais. Facing these results with the history of the city allows us to qualify the first period as one of resilience of the network during the industrial revolution, and the second as a catch-up phenomenon, eased by the war destructions.

As a perspective, we will present how these statistical information about the way street

networks grow are a first step toward evolutionary models of street networks' morphogenesis.

Références

Albert, Réka, Albert-László Barabási, « Statistical mechanics of complex networks », *Reviews of Modern Physics*, 74 (2002) : 47–97.

Barthelemy, Marc, Patricia Bordin, Henri Berestycki, Maurizio Gribaudo, « Self- organization versus top-down planning in the evolution of a city », *Scientific reports*, 3 (2013).

Caniggia, Gianfranco, *Lecture de Florence. Une approche morphologique de la ville et du territoire*. Etude des processus de formation des tissus urbains. Bruxelles : institut supérieur d'architecture Saint-Luc, 1994, 142 p.

Duprat, Bernard, *Morphologie appliquée : L'analyse des conformations architecturales, ses problèmes, ses principes, ses méthodes*, Lyon : Université Jean Moulin Lyon III Faculté de philosophie, 1999 : 2-10.

Freeman, Linton C. « A set of measures of centrality based on betweenness », *Sociometry*, 40 (1977) : 35–41.

Gauthiez, Bernard, Elisabeth Zadora-Rio, Henri Galinié, *Village et ville au Moyen Age : les dynamiques morphologiques*, Tours, 2003 : 13-27

Gudmundsson, Agust, and Nahid Mohajeri. "Entropy and Order in Urban Street Networks." *Scientific Reports* 3 (November 25, 2013). doi :10.1038/srep03324.

Hillier, Bill, Julienne Hanson, *The social logic of space*, Cambridge university press, 1989.

Lagesse, Claire, Patricia Bordin, Stephane Douady, « A spatial multi-scale object to analyze road networks », *Network Science*, 3 (2015) : 156–181.

Lepetit, Bernard, Pierre Merlin (éd.), « Morphologie urbaine et parcellaire : Formes urbaines, villes en parallèle », In *Annales*.

21. Gianfranco Caniggia, *Lecture de Florence* (Institut Supérieur d'Architecture Saint-Luc, 1994).

- Économies, Sociétés, Civilisations*, (1990) : 469-470.
- Marshall, Stephen, *Streets and Patterns*, London and New York : Spon Press, 2005.
- Mohajeri, Nahid, Jon R. French, Michael Batty, « Evolution and entropy in the organization of urban street patterns », *Annals of GIS*, 19,1, (2013) : 1-16.
- Peel, Leto, and Aaron Clauset. "Detecting Change Points in the Large-Scale Structure of Evolving Networks." arXiv Preprint arXiv :1403.0989, 2014. <http://arxiv.org/abs/1403.0989>.
- Porta, Sergio, Ombretta Romice, J Alexander Maxwell, Peter Russell, Darren Baird, « Alterations in scale : Patterns of change in main street networks across time and space », *Urban Studies*, 51, 3383 (2014).
- Psarra, Sophia, Conrad Kickert, and Amanda Pluviano. "Paradigm Lost : Industrial and Post-Industrial Detroit—An Analysis of the Street Network and Its Social and Economic Dimensions from 1796 to the Present." *Urban Design International* 18, no. 4 (2013) : 257–81.
- Salat, Serge, *Les villes et les formes, sur l'urbanisme durable*, -1e éd. Paris : Hermann, 2011, 544 p.
- Scheffer, M., S. R. Carpenter, T. M. Lenton, J. Bascompte, W. Brock, V. Dakos, J. van de Koppel, et al. "Anticipating Critical Transitions." *Science* 338, no. 6105 (October 19, 2012) : 344–48. doi :10.1126/science.1225244.
- Strano, Emanuele, Vincenzo Nicosia, Vito Latora, Sergio Porta, Marc Barthelemy, « Elementary processes governing the evolution of road networks », *Scientific Reports*, 2, 296 (2012).
- Vaughan, Laura. "Towards Successful Suburban Town Centres | Assessing the Relationship between Networks of Human Activity and the Changing Form of Urban and Suburban Centres | Page 3." Accessed June 28, 2016. <https://uclsstc.wordpress.com/page/3/>.
- Vaughan, L. S., Ashley Dhanani, and Sam Griffiths. "Beyond the Suburban High Street Cliché—A Study of Adaptation to Change in London's Street Network : 1880-2013." *Journal of Space Syntax* 4, no. 2 (2013) : 221–41.
- Ville de Beauvais, Dossier de candidature au label Villes et pays d'art et d'histoire, Beauvais : Ville de Beauvais, 164 p.

« Les passés possibles » : exploration et modélisation de l'occupation du sol et de ses dynamiques spatio-temporelles en contexte incertain.

Johanna Fusco

Laboratoire ESPACE

UMR 7300 CNRS – Université Nice Sophia Antipolis

Mots-clefs - Incertitude, Exploratory Spatial Data Analysis, Logique floue, Local Indicators of Spatial Association, Archéologie spatiale

L'ère des « big data » remet en question nos manières d'appréhender la complexité des systèmes spatiaux : un volume important de données implique inévitablement de gérer des niveaux de qualité et des résolutions hétérogènes, mais aussi d'envisager un grand nombre d'objets, d'interrelations et de processus spatio-temporels. Si l'incertitude générée est généralement admise comme irréductible (Fusco et al., 2015), un nombre croissant de géographes l'intègre aujourd'hui au cœur des processus de production des connaissances (Couclelis, 2003). La prise en compte et la représentation de notre incertitude dans l'analyse et la modélisation des phénomènes spatio-temporels est ainsi devenue un enjeu fondamental de la recherche en géographie théorique et quantitative.

1. Contexte et données

Le contexte du passé et des données archéologiques illustre très bien cet enjeu : si le potentiel de l'analyse spatiale dans la recherche des structures et des dynamiques des systèmes de peuplement passés n'a plus à faire ses preuves, il est cependant nécessaire que celle-ci intègre la complexité liée aux divers niveaux de connaissance et d'incertitude que nous avons de ces systèmes. Cet enjeu est au cœur des questionnements

de l'ANR PaléoSyr/PaléoLib, dont un des objectifs est d'analyser et de modéliser les dynamiques spatio-temporelles du peuplement au sein de la zone de transition entre steppe et désert au Nord-Ouest de la Syrie, au cours de l'âge du Bronze (de -3600 à -1200 av. J.-C.). Cette zone de « marges arides » et les sites archéologiques qui y sont associés sont caractérisés par diverses formes d'incertitude (figure 1) :

- **Spatiale** : la zone d'étude ayant été inégalement explorée, certaines « zones d'ombre » peu ou pas prospectées sont très peu renseignées en données.
- **Temporelle** : Les sites archéologiques sont associés à des niveaux de temps plus ou moins précis.
- **Fonctionnelle** : la fonction d'habitat de nombreux sites n'est pas assumée avec fiabilité.

C'est dans ce contexte, et sur la base de ces données archéologiques imparfaites que l'étude présentée a été élaborée. Celle-ci a pour objectif de développer une **méthodologie originale et reproductible d'analyse de l'occupation du sol et de ses dynamiques spatio-temporelles en contexte incertain**. Elle s'inscrit dans la démarche de l'Exploratory Spatial Data Analysis (ESDA), particulièrement adaptée à ce cadre pour sa flexibilité, sa dimension expérimentale et ses méthodes robustes.

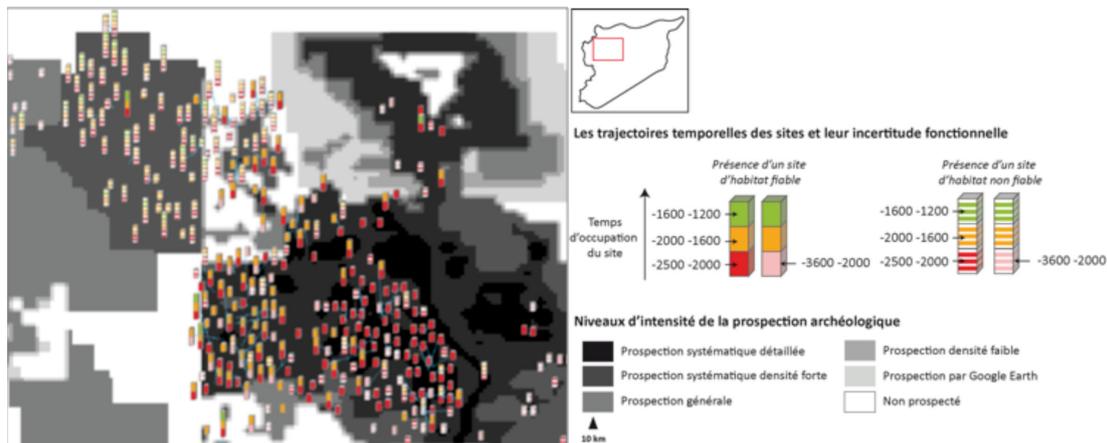


FIGURE 1 – Les trajectoires temporelles des sites et l'incertitude associée dans les « marges arides » de la Syrie au cours de l'âge du bronze

2. Enjeux et objectifs

Les incertitudes évoquées pourraient difficilement être éliminées; l'enjeu est au contraire d'en proposer une représentation permettant de les intégrer dans nos interprétations par des choix conscients et explicites. Notre parti est de raisonner véritablement « dans » l'incertitude en intégrant au fil du raisonnement et des calculs les divers niveaux d'information associés aux données, afin d'évaluer leur impact sur les résultats. Les objectifs de cette étude sont doubles :

- Évaluer et modéliser l'occupation du sol et son évolution en tenant compte de l'hétérogénéité spatiale de la couverture des données et de leurs diverses formes d'incertitude;
- Estimer le peuplement possible des « zones d'ombre » à partir des configurations spatio-temporelles préalablement détectées.

3. Méthodologie

3.1 Détecter les niveaux spatio-temporels d'étude par la variographie

L'outil du variogramme constitue une première approche permettant d'orienter les questionnements et les traitements à venir et de déterminer les niveaux d'étude pertinents auxquels les réaliser. Divers variogrammes décrivant l'organisation spatiale

des sites archéologiques ont été élaborés à diverses échelles spatiales et temporelles, et en intégrant divers niveaux de qualité de l'information. Ils nous proposent :

- Une première image globale et synthétique de l'organisation spatiale des sites et de leurs dynamiques;
- Les tailles de structures, dont nous avons déduit les niveaux spatio-temporels d'analyse pertinents pour aborder l'occupation du sol et son évolution;
- L'impact des niveaux de précision et de fiabilité de la donnée sur les structures spatio-temporelles observées, selon la qualité et la quantité de données que l'on choisit d'intégrer dans le calcul.

3.2 Identifier les structures spatio-temporelles de l'occupation du sol et de son changement par les LISA

Le but de cette seconde étape est de discerner les grands types de configurations spatiales de l'occupation du sol et leurs dynamiques, aux échelles identifiées par les variogrammes. Nous postulons que ces structures peuvent être révélées par la mesure de la dépendance spatiale locale : le calcul de LISA (Local Indicators of Spatial Association, Anselin, 1995) à l'aide du free-ware GeoDa (Anselin, 2004), nous a permis de repérer spatialement des agrégats de valeurs associées localement (« hotspots ») et

des singularités locales (« outliers »). Nous considérons ces structures comme des marqueurs significatifs de l'occupation du sol et de son évolution, sous forme de concentration / dispersion.

Nous avons ainsi régionalisé les modes d'occupation du sol en nous basant sur ces structures, et en les associant aux divers niveaux de fiabilité et de précision de la donnée en différenciant le « cœur » de l'espace géographique de ses « franges » plus floues (Rolland-May, 1987).

3.3 Evaluer et modéliser les possibilités d'occupation du sol par la logique floue

L'objectif de cette étape est de modéliser les possibilités d'occupation du sol des « zones d'ombre » peu ou pas prospectées par les archéologues, et d'évaluer en quoi nos niveaux d'observation du phénomène étudié -échelles spatiales et temporelles, qualité de la donnée, appartenance des sites aux configurations spatiales détectées par les LISA- font varier ces scénarios. Nous avons donc commencé par analyser les logiques de localisation des sites répertoriés. A l'aide de méthodes statistiques et spatio-morphologiques -analyse d'images par morphologie mathématique-, nous avons révélé un lien fort entre les sites et la proximité aux cours d'eau entre -3600 et -2000 avant J.-C., quels que soient leur niveau de fiabilité et leur configuration spatiale. C'est donc à partir de ce paramètre que l'occupation du sol des « zones d'ombre » a été évaluée et modélisée, par la logique floue et la théorie des possibilités.

La théorie des ensembles flous est une alternative à la logique Booléenne, qui tente d'accommoder la définition d'ensembles et de classes, et le concept de « vague » inhérent au réel et surtout, à notre propre perception du réel (Fisher et al., 2006). A partir des logiques de localisation identifiées entre les sites connus et les cours d'eau, nous avons calibré des ensembles flous estimant des possibilités « forte », « moyenne » ou « faible » de localisation de sites sur

l'ensemble de la zone étudiée. Ces possibilités ont ensuite été déclinées en fonction des divers niveaux d'intensité de prospection de la zone (figure 1) dans la cartographie des scénarios d'occupation du sol.

Les valeurs d'appartenance des sous-ensembles flous ont ensuite été transformées en intervalles dans la logique du « flou de type 2 » (Mendel, John, 2002), permettant une meilleure représentation de l'incertitude que des valeurs précises. Ceux-ci sont définis par l'écart entre le nombre de sites fiables et la totalité des sites. Ils représentent donc notre incertitude sur le nombre de données servant à paramétrer les scénarios, selon que l'on privilégie la qualité (sites fiables) ou la quantité (totalité des sites) de l'information dans la modélisation. Différents scénarios de possibilités d'occupation du sol ont été ainsi cartographiés en fonction du niveau de temps, de fiabilité, du type de configuration spatiale et du type de flou considérés dans la modélisation. Deux types d'information sont représentés sur les cartes de scénarios (dont la figure 2 fait partie) :

- les possibilités de localisation de sites dans les « zones d'ombre » méconnues ;
- les lieux les plus « attractifs » parmi les zones explorées. Or, certains sites connus s'écartent du modèle proposé, en se situant dans des zones à l'attractivité « faible ». Ceux-ci relèvent visiblement de logiques divergeant de la proximité aux cours d'eau, dont l'évaluation permettrait d'enrichir les scénarios proposés.

Conclusion

L'ouverture des possibles ne dépend donc pas ici comme c'est classiquement le cas, de la variation de paramètres thématiques, mais des niveaux de connaissance et d'observation que le chercheur -ou le décideur- accepte de manipuler selon sa problématique et son objectif.

L'impact de cette étude dépasse le cadre de l'application rétrospective et s'étend à la géoprospective, qui s'appuie sur l'étude des

tendances passées afin d'évaluer les « futurs possibles ». La méthodologie développée revêt dès lors une dimension d'aide à la

décision dans l'évaluation des changements spatiaux à venir au sein des territoires.

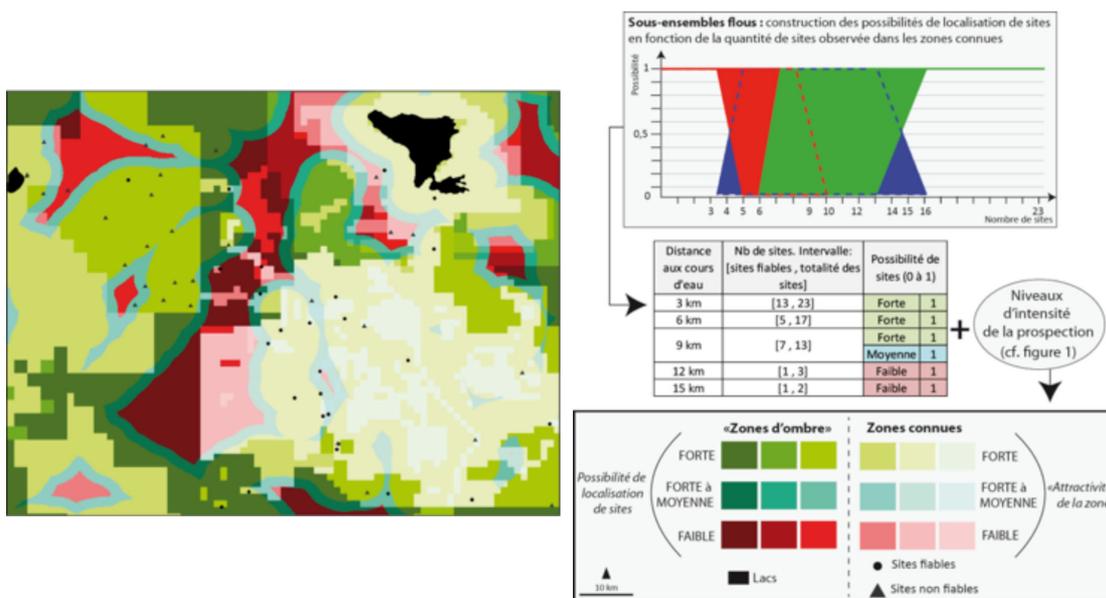


FIGURE 2 – Cartographie par le flou de type 2 des possibilités d'occupation du sol des « marges arides » en Syrie de -3600 à -2000 av. J.-C. Scénario réalisé pour les sites relevant d'une configuration spatiale « dispersée » (« outliers »).

Références

ANSELIN, L. (1995), "Local indicators of spatial association - LISA", *Geographical Analysis*, n°27, pp. 93-115.

ANSELIN, L. (2004), *GeoDa : an introduction to spatial data analysis*, Spatial Analysis Laboratory, Department of Agricultural and Consumer Economics, University of Illinois, Urbana-Champaign, 18 p.

BANOS, A. (2001), «A propos de l'analyse spatiale exploratoire des données». *Cybergeo : European Journal of Geography*, Systèmes, Modélisation, Géostatistiques, document 197. DOI : 10.4000/cybergeo.4056.

COUCLELIS, H. (2003), "The Certainty of Uncertainty : GIS and the Limits of Geographic Knowledge", *Transactions in GIS*, 7(2), pp. 165-175.

DAUPHINÉ A., VOIRON-CANICIO C. (1988), *Variogrammes et structures spatiales*, Montpellier : GIP RECLUS, n° 12, 56 p.

DE RUNZ, C., DESJARDIN, E., PIANTONI, F., HERBIN, M. (2007) «Using fuzzy logic to manage uncertain multimodal data in an archaeological GIS», *Proceedings of the 5th International Symposium on Spatial Data Quality*, pp. 114-119.

FUSCO, G., BERTONCELLO, F., CANDAU, J., EMSELLEM, K., HUET, T., et al., (2015), « Faire science avec l'incertitude : réflexions sur la production des connaissances en Sciences Humaines et Sociales ». *Incertitude et connaissances en SHS : production, diffusion, transfert*, Jun 2014, Nice, France. <halshs-01166287>.

FUSCO, J. (2016), *Analyse des dynamiques spatio-temporelles des systèmes de peuplement dans un contexte d'incertitude : Application à l'archéologie spatiale*. Thèse de Géographie, Université Nice Sophia Antipolis. <tel-01341554>

FISHER, P. F., COMBER, A., WADSWORTH, R. (2006), "Approaches of uncertainty in spatial data", in Devillers, R.,

- Jeansoulin, R. (Eds.), *Fundamentals of spatial data quality*, ISTE, London, UK., pp. 43-59.
- GEYER, B., BESANÇON, J., ROUSSET, M.-O. (2006), «Les peuplements anciens», in Jaubert R., Geyer B. (eds), *Les marges arides du Croissant fertile. Peuplements, exploitation et contrôle des ressources en Syrie du Nord*, TMO 43, Maison de l'Orient, Lyon, pp. 55-69.
- LANGLOIS, P. (2010), *Simulation des systèmes complexes en géographie*, Hermès Science, Lavoisier, 332 p.
- MENDEL, J. M, BOB JOHN R. I. (2002), "Type-2 fuzzy sets made simple", *IEEE Transactions on fuzzy systems*, vol. 10, n°2, pp. 117-127.
- NICCOLUCCI, F., D'ANDREA, A., CRESCIOLI, M. (2001), «Archaeological Applications of Fuzzy Databases», in :
- Stan ?i ?, Z., T. Veljanovski (eds.), in *Computing Archaeology for Understanding the Past*, Proceedings of the 28th Computer Applications in Archaeology, Ljubljana, April 2000, Archaeopress, Oxford, pp. 107-116.
- ROLLAND-MAY, C. (1987), « La théorie des ensembles flous et son intérêt en géographie », *L'Espace géographique*, vol. 16, n°1, pp. 42-50.
- VOIRON-CANICIO, Ch. (1995), *Analyse spatiale et analyse d'images*, Montpellier, GIP Reclus, 190p.
- VOIRON-CANICIO, Ch. (2012), « L'anticipation du changement en prospective et des changements spatiaux en géoprospective », *L'Espace Géographique*, vol. 41, n° 2, pp. 99-110.
- ZADEH, L. A. (1965), « Fuzzy sets », *Information and control*, n°8, pp. 338-355.

Lire les lignes de la Ville

Claire Lagesse

Laboratoire Théma

UMR 6049 CNRS - Université Bourgogne Franche-Comté²

claire.lagesse@univ-fcomte.fr

Mots-clefs - Réseau viaire ; Théorie des graphes ; Analyse Spatiale ; Systèmes complexes ; Modélisation urbaine

La ville est un système très riche qui regroupe une multitude d'éléments en interactions les uns avec les autres. Elle peut être lue de diverses manières, et, selon le regard porté, révéler ses qualités politiques, culturelles, sociales... L'angle de vue que nous avons choisi pour ce travail est celui morphologique.

Nous essayons de comprendre s'il est possible de retracer l'histoire et les usages d'un territoire en caractérisant le réseau viaire sur lequel il s'appuie. Pour cela, nous établissons une méthodologie d'analyse quantitative des graphes spatialisés. Celle-ci est pensée de manière à pouvoir s'appliquer à n'importe quel réseau possédant des coordonnées. Cependant, elle a été élaborée en fonction de l'objet urbain.

Introduction à la méthodologie

La ville peut être décomposée en trois unités géométriques élémentaires : la ligne (le réseau viaire), la surface (les parcelles), le volume (les bâtiments). Parmi celles-ci, les bâtiments sont souvent détruits pour faire place à des constructions plus récentes ; les parcelles sont divisées, réunies ou redessinées pour satisfaire les transformations territoriales. Entre ces éléments, le réseau viaire apparaît comme le plus pérenne : vecteur d'un accès indispensable, support du développement, son emprise est souvent renforcée. Il se fonde dans le paysage urbain, structurant autour de lui le découpage parcellaire et avec lui toute l'occupation du sol. Nous le formalisons sous la

forme d'un graphe : chaque intersection est un sommet et chaque tronçon de rue entre deux intersections est un arc. Nous avons voulu dans ce travail nous émanciper de tous les concepts, idées et raisonnements liés à la rue en définissant un nouvel objet, que nous avons appelé voie. La voie est pensée comme une ligne continue associée à une perspective, à l'image de la piste de réflexion initiée par les travaux de syntaxe spatiale (Hillier, 1976, 2007). Nous avons établie une paramétrisation précise et étudié plusieurs possibilités de construction avant de n'en sélectionner qu'une : la voie est construite à chaque sommet, indépendamment du sens de lecture du réseau, en associant les tronçons les plus alignés, en respectant un angle seuil d'association de 60°. Nous obtenons ainsi un objet multi-échelle, pouvant traverser l'ensemble du graphe ou se limiter à une partie de celui-ci.

Pour conserver l'idée de persistance dans le temps notre méthode se concentre sur l'information structurelle minimale. Nous faisons abstraction dans nos recherches de tous les attributs non géométriques ou non topographiques du réseau viaire. La voie est un objet purement morphologique. Nous cherchons la reconstruction a posteriori des informations qualitatives en caractérisant les voies au sein de la structure du graphe viaire.

Lire le temps à travers les lignes

Les lignes du réseau viaire sur le territoire se construisent au fil du temps pour relier des lieux dont l'accessibilité est jugée importante. La construction de la voie retrace ces grands alignements, qu'ils soient historiques, ou aménagés pour assurer une desserte optimale. L'empreinte du temps, de l'espace, et des usages peut alors se révéler si nous disposons des bons outils pour la lire. Par exemple, nous pouvons retrouver la topographie d'une ville en soulignant les voies courtes et très connectées et en les opposant aux voies longues peu connectées.

Nous identifions différents niveaux de lecture des villes en explorant l'indicateur de degré (le degré d'une voie étant défini par le nombre d'autres voies qu'elle intersecte). Nous montrons comment cet indicateur peut être révélateur de l'utilisation du réseau, de manière équivalente à l'indicateur de *betweenness centrality*, révélant les voies participant aux trajets optimaux en terme de distance.

Au delà de la caractérisation locale du réseau, nous développons des indicateurs permettant d'analyser l'influence d'une voie sur l'ensemble de l'espace. Ainsi, nous construisons l'indicateur de *closeness*, en sommant pour chaque voie le nombre de tournants (changements de voie) nécessaires pour accéder à l'ensemble du graphe. Nous prenons l'inverse de cette somme, de façon à ce qu'une voie avec un indicateur fort de *closeness* permette d'accéder efficacement à l'ensemble du réseau.

Au cours du temps, l'ajout de nouveaux éléments dans un graphe viaire, se fait souvent en cohérence avec l'existant. Par ce processus de développement, les nouvelles

voies sont construites de façon à minimiser leurs distances topologiques avec de plus anciennes. Le squelette historique de la ville s'en trouve renforcé et ressort donc avec l'indicateur de *closeness* le plus fort. Le nouveau réseau s'appuie sur sa structure, et donc, plus une voie est ancienne, plus elle est susceptible de desservir l'ensemble du territoire de manière optimale. Ainsi, la lecture du réseau viaire proposée par cet indicateur offre un parallèle très intéressant avec l'observation de la croissance des villes. Si nous prenons pour exemple le graphe viaire de Manaus (Brésil), nous observons que les données du développement de la ville entre 1895 et 2014 correspondent aux résultats de l'indicateur appliqué aux voies : celles dont la valeur de *closeness* est la plus importante correspondent aux quartiers les plus anciens (figure 1).

Cependant, lors de la création de grandes structures planifiées, construites explicitement pour desservir efficacement le territoire, la trace historique sera perdue au profit de celle des voies conçues explicitement pour minimiser les distances (c'est ainsi le cas du périphérique à Paris, dont la construction date des années 1970). L'estimation faite avec l'indicateur de *closeness* sera également plus éloignée de la dynamique de développement observée lorsque la ville comprend des parties de son graphe entièrement planifiées. Celles-ci sont souvent créées par extensions unitaires, indépendamment du centre ancien. C'est le cas à Barcelone, où la proximité topologique de la vieille ville est moins importante que celle de la structure qui lui a été ajoutée selon les plans de Cerdà (1860). Cette partie du graphe a été pensée isolément de la structure ancienne, sans y accorder sa géométrie, imposant au graphe sa propre cohérence.

Lire les lignes à travers le temps

Au delà de la caractérisation statique des graphes, nous comparons des réseaux de différentes dates sur un même territoire. Afin d'en déceler les évolutions structu-

relles, nous établissons une méthodologie de quantification des changements, qui s'appuie sur une base de données appelée *panchronique*. Celle-ci a pour particularité de s'appuyer sur des géométries d'emprises identiques tout au long de la période étu-

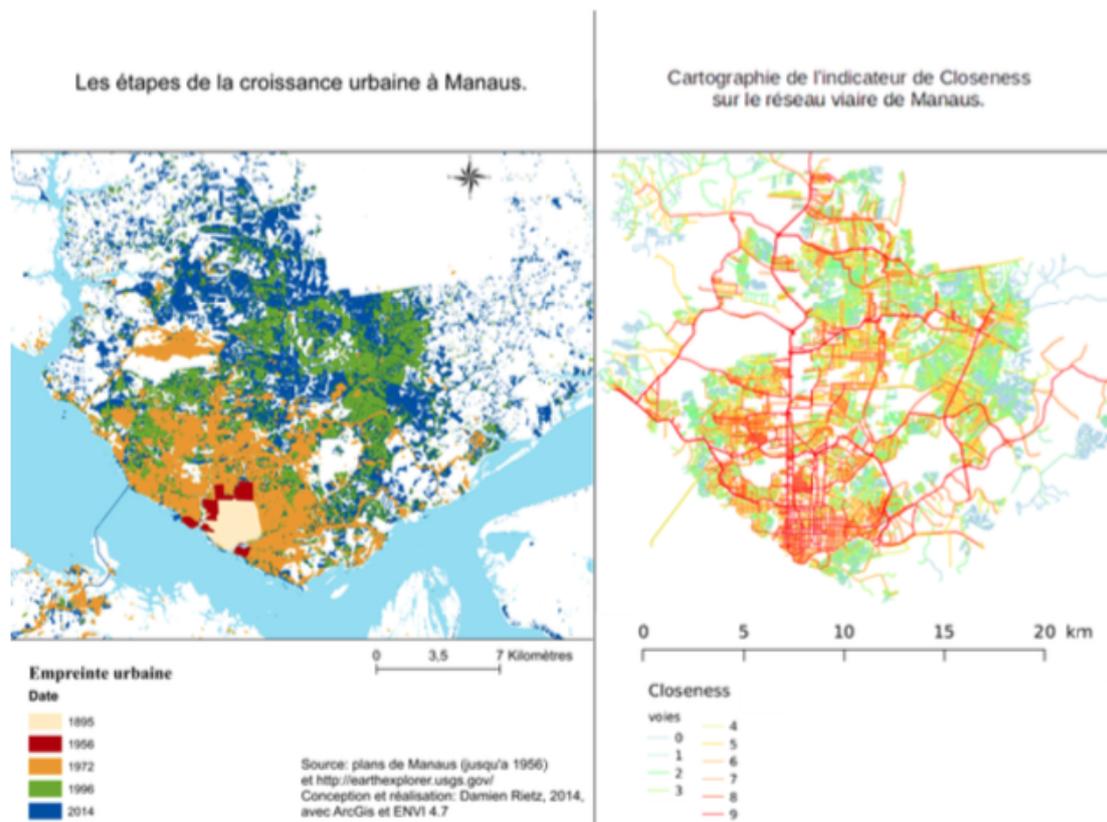


FIGURE 1 – Parallèle entre la croissance de la ville de Manaus et l'indicateur de closeness

diée.

Notre but est de déceler les modifications de proximités topologiques (et ainsi de logiques d'accès) au sein des voies du graphe. Nous observons ainsi, par quantifications successives sur des couples de dates, une cinématique d'évolution, naissant de la juxtaposition d'informations statiques. Les changements d'une année sur l'autre à l'intérieur du graphe ont un réel impact sur la proximité entre les objets. Celui-ci ne se révèle pas toujours positif : la densification de certaines zones ou les coupures de certaines structures globales peuvent diminuer la proximité des voies du graphe. Le remodelage permanent de ces graphes n'aboutit donc pas toujours à une amélioration de l'accessibilité globale. Les résultats de cette analyse peuvent appuyer les décisions des aménageurs urbain (une étude de différentes propositions pour un projet de construction d'un pont a été faite avec le service d'urbanisme d'Avignon).

Les changements entre les couples d'années

montrent parfois une prédisposition topologique au développement de certains quartiers. Ainsi, entre 1374 et 1570, les modifications viaires entre les deux noyaux urbains de Rotterdam et Schiedam, renforçaient l'accès au centre du village de Rotterdam, au détriment de celui de Schiedam, prédisposant la ville à devenir prédominante.

Conclusion et Perspectives de recherche

Les réseaux viaires ont une topologie et une topographie qui n'est pas étrangère au lieu dans lesquels ils s'inscrivent. À travers la voie, objet générique construit, nous explorons comment la structure viarie peut être révélatrices de l'Histoire d'une ville. L'analyse de sa cinématique permet de comprendre l'évolution de ses accessibilités, et ainsi d'avoir l'intuition de sa morphogénèse.

Étudier la ville à travers les lignes de ses

rues ne peut être une démarche isolée, il est nécessaire pour comprendre un espace d'établir une collaboration assidue avec les personnes travaillant sur le terrain. Elle nous permet de mieux lire les indicateurs calculés et d'en identifier les limites. Il est important de ne pas oublier l'objet sur lequel nous travaillons au profit de sa structure mathématique si nous voulons le comprendre.

Ces recherches ouvrent un champ de perspectives lié à l'analyse historique des villes. L'étude de cohérence, croisée avec celle de cinématique des changements, pourra nourrir les travaux portant sur la croissance des villes. Ce travail nous guide

vers une meilleure compréhension des différents types de dynamiques urbaines et de leurs liens avec les structures spatiales. Les échanges pluridisciplinaires seront, encore une fois, primordiaux pour nourrir cette problématique.

Références

Hillier, B., Leaman, A., Stansall, P., and Bedford, M. (1976). Space syntax. *Environment and Planning B : Planning and Design*, 3(2) :147–185.

Hillier, B. and Vaughan, L. (2007). The city as one thing. *Progress in Planning*, 67(3) :205–230.

Interroger la taille des villes sur 2 000 ans. Population et surface des villes préindustrielles du nord de la France

GRAVIER Julie

UMR 8504 – Géographie-cités,
Université Paris 1 – Panthéon-Sorbonne

julie.gravier@parisgeo.cnrs.fr

Mots-clefs - système de villes, analyse spatio-temporelle, temps long, France

Contexte et objectifs

Cette communication s'intègre dans un travail de doctorat dont l'objet porte sur l'articulation entre une ville et le système urbain dans lequel elle est intégrée sur le temps long. L'articulation est appréhendée pour toute la durée de l'existence de la ville étudiée, à savoir 2 000 ans pour le présent cas de Noyon (Oise). De ce fait, ce travail est réalisé en interface disciplinaire entre la géographie et l'archéologie.

L'articulation sur le temps long inclut en outre de se poser deux questions complémentaires : quelle est la position relative de la ville de Noyon par rapport aux autres d'un point de vue politico-administratif et économique ? Comment évolue cette position sur le temps long ? Pour y répondre, des événements historiques sont des premiers indicateurs de la situation relative de la ville dans le système urbain. À titre d'exemple, nous savons que Charlemagne fut couronné à Noyon et que les évêques de la ville étaient à la fois comtes et pairs de France à partir du 12^e s. Ainsi, les évêques faisaient partie des grands vassaux de la couronne et entretenaient des liens politiques privilégiés avec le roi. Du point de vue économique, nous savons grâce aux textes que la ville ne figurait pas dans la Hanse des XVII^e au 13^e et 14^e s. – associant des drapiers des villes flamandes et du nord de la France – tandis que l'on y trouvait dès le début Beauvais et Saint-Quentin, puis d'autres villes du nord telles qu'Amiens, Arras, Douai, Lille, etc. De nombreux événements historiques de ce

type sont connus sur l'ensemble de la durée d'existence de la ville. Ces données sont strictement ponctuelles dans le temps mais elles sont la marque de la position relative de Noyon dans des réseaux. Ainsi, à partir de ce type de données, nous émettons deux hypothèses combinées, l'une étant relative à la portée de la ville – au niveau politico-administratif et économique – et l'autre à l'évolution dans le temps de cette portée. Nous supposons ainsi que la ville de Noyon a été intégrée au sein de réseaux politico-administratifs de portées différentes au cours du temps : tout d'abord, de portée micro-régionale durant l'Antiquité, puis macro-régionale, voire nationale durant le Moyen Âge et l'époque moderne, et enfin, de nouveau de portée micro-régionale depuis le 19^e s. De plus, nous supposons que la portée de la ville d'un point de vue économique n'a jamais dépassé celle d'une étendue micro-régionale, voire locale au cours du temps.

Afin d'explorer l'hypothèse de la position politico-administrative de Noyon dans le système urbain sur 2 000 ans, plusieurs indicateurs peuvent être considérés, dont les statuts successifs des villes du système qui sont bien connus sur le temps long. En revanche, il est difficile de construire un indice de la position économique de la ville car les indicateurs sont rarement homogènes dans le temps. De plus, si les études au niveau de la ville sur toute la durée de leur existence sont fréquentes dans le champ de l'archéologie urbaine française depuis la fin des années 1970 (Galinié, Randoïn 1979, Colloque

international d'archéologie urbaine 1982, Rodier et al. 2010, Lorans, Rodier 2014), celles portant sur le niveau du système urbain sont relativement exceptionnelles et plutôt axées sur une période chronologique spécifique (Garmy et al. 2005, Garmy, Kadouri 2014). Ainsi, il n'existe pas véritablement d'études diachroniques des systèmes de villes auxquelles il serait possible de se référer. En revanche, de nombreux travaux ont été réalisés entre archéologues et géographes depuis les années 1990 sur les systèmes de peuplement anciens (Archaeomedes 1998). Dans le cadre de ces études, de nombreux indicateurs ont été proposés et testés pour évaluer les formes de ces systèmes et leurs changements dans le temps. Cependant, ces indicateurs se fondent notamment sur des données archéologiques très nombreuses – superficies occupées des sites archéologiques, qualité des matériaux et du mobilier, etc. – qui sont connues grâce à des travaux effectués depuis les années 1980 par plusieurs équipes de recherche (Nuninger et al. 2006). Dès lors, il n'est pas envisageable de répliquer ces méthodes d'appréhension des systèmes de peuplement dans le cadre de notre recherche doctorale.

Cependant, les études des géographes français à l'échelle du système de villes sont beaucoup plus communes qu'en archéologie, y compris celles qui portent sur l'évolution des systèmes urbains sur des durées pluriséculaires (en autres, Bairoch et al. 1988, Bretagnolle 1999, Pumain et al. 2015). Dans ces dernières, la situation des villes dans le système est notamment associée à leur taille et évaluée par la population recensée, considérée comme un indicateur résumant les propriétés fonctionnelles des villes (Pumain 1997), et en particulier leur fonction économique. Ainsi, nous avons considéré cet indicateur démographique pour appréhender la position économique de Noyon sur le temps long. Toutefois, nous ne possédons pas de données démographiques pour les périodes anciennes. C'est pourquoi nous proposons de prendre en considération les surfaces de l'espace ur-

bain, qui est un indicateur à la fois pérenne et ayant une continuité de sens dans le cadre des sociétés préindustrielles. Cependant, considérer que les surfaces de l'espace urbain seraient de facto liées aux populations des villes est un postulat très fort. Nous nous demanderons donc quelle est la nature de la relation entre les surfaces et les populations. Pour y répondre, il est requis de se procurer des données sur les populations et les surfaces des entités urbaines étudiées qui soient à la fois précises et harmonisées.

Données

Le corpus de données date du début du 19^e s., c'est-à-dire à partir du moment où les recensements sont exprimés à l'échelle de l'individu – et non celle du foyer – et au moment où l'on possède des données cartographiques précises et harmonisées à l'échelle du système de villes. Sachant que nous sommes fondés sur les cartes d'état-major, le corpus des villes est issu de la définition des lieux donnée sur les cartes elles-mêmes, comprenant en particulier deux types d'entités : les villes et les bourgs. Nous avons pris en compte ces derniers car nous ne souhaitons pas évincer du peuplement urbain ancien les « strates intermédiaires, [où] tout se complique » (Lepetit 1988 : 20). Au total, le corpus comprend un semis de 137 unités spatiales situées dans le nord de la France¹. De plus, nous avons choisi de travailler sur des données d'époque préindustrielle puisqu'on se situe avant l'arrivée du chemin de fer et donc avant la profonde réduction des distances-temps liée à l'accroissement des vitesses – ayant notamment entraîné un étalement urbain marqué (Bretagnolle 1999, Rodier et al. 2010). Ainsi, le contexte des relations espace-temps au début du 19^e s. est comparable à celui des sociétés antérieures.

Les données des surfaces sont fondées sur les cartes d'état-major dont les levées topographiques ont été effectuées entre 1818 et 1836 pour l'espace considéré. Les surfaces

1. L'espace étudié correspond globalement à l'actuelle région Hauts-de-France.

ont été enregistrées manuellement depuis le site géoportail de l'IGN, avec un repérage des villes au 1/136 000 et des mesures faites au 1/17 000. L'enregistrement morphologique a été réalisé pour l'ensemble de l'espace urbanisé dense, comprenant l'espace intra-muros adjoint des faubourgs². Quant aux données des populations, elles sont issues des recensements de 1821, 1836 et 1866. Ces données sont issues des travaux développés par le Laboratoire de démographie historique (CNRS/EHESS) et ont été récupérées depuis le site internet Cassini (Motte, Vouloir 2007). Nous avons souhaité prendre les dates de 1821 et de 1836 car elles sont synchrones au moment des levées topographiques. Nous avons par ailleurs adjoint la date de 1866 puisque les cartes d'état-major ont été réalisées entre 1820 et 1866 et qu'il est possible que certaines feuilles de l'espace étudié aient été reprises après les levées. Ces recensements ont tous été réalisés à échelle communale. Il nous a finalement semblé que ces données pouvaient être mises en relation puisque les mailles des communes sont plus larges que les délimitations des surfaces urbaines.

Méthodes et résultats

Dans un premier temps, nous avons procédé à un test de corrélation selon une relation linéaire entre population et surface. Cependant, comme les distributions

Perspectives

À partir de ces résultats, deux perspectives sont envisageables pour étudier le système de villes sur 2 000 ans. Maintenant que nous avons établi, pour le présent cas, qu'il existe une relation entre surface et population des villes préindustrielles, la première perspective serait de prendre en considération les surfaces comme un indicateur de la taille

des variables sont particulièrement dissymétriques, le coefficient de corrélation de Bravais-Pearson (supérieur à 0,98) est très sensible à quelques valeurs extrêmes et l'ajustement linéaire très mauvais pour décrire la relation. Après transformations bi-logarithmique (\log_{10}) des valeurs des variables, il est notable que l'ajustement puissance – écrit sous la forme $y = ax^\beta$ – est meilleur au regard du nuage de points, bien que le coefficient de corrélation soit de 0,79 et la qualité de l'ajustement de 0,63 (r^2). Après avoir séparé les villes et les bourgs, nous observons qu'il n'existe ni de relation linéaire, ni de relation puissance entre ces derniers et la population. À l'inverse, nous remarquons qu'il existe une relation puissance entre les populations et les surfaces des villes préindustrielles. Ce résultat est d'ailleurs comparable aux travaux portant sur les lois d'échelle pour les villes actuelles, notamment européennes (par exemple, Bretagnolle et al. 2016, Cottineau et al. 2016). Dans le cas présent, la valeur de β est inférieure à 1, signifiant que l'on se situe dans un régime sublinéaire au sein duquel il existe une concentration des quantités observées – ici les surfaces – dans les plus petites villes. Ainsi, « plus les villes sont peuplées, moins elles offrent d'espace au sol disponible par habitant » (Swerts, Pumain 2010 : 38), ou dit autrement, les grandes villes auraient tendance à se densifier plutôt qu'à s'étaler.

des villes sur le temps long. Comme la relation n'est pas proportionnelle entre ces deux variables, la seconde perspective serait de transformer les surfaces observées – pour des périodes plus anciennes – en données populations selon la fonction puissance définie dans le cadre du test réalisé. Nous obtiendrions ainsi des hypothèses de populations des villes.

2. Dans une étude précédente faite sur les 77 villes françaises évoquées par Charles de Fourcroy dans la table poléométrique (Dainville 1958), nous avons testé plusieurs protocoles d'enregistrement morphologique : 1) la surface de l'espace intra-urbain dense correspondant aux îlots bâtis sur la carte d'état-major ; 2) la surface intra-muros et 3) la surface de l'espace urbain (espace intra-muros adjoint des faubourgs). Les corrélations entre les populations et ces différents types d'enregistrements surfaciques nous ont permis de considérer que le troisième protocole était le plus pertinent. En particulier, les ajustements linéaire et puissance présentaient les meilleurs coefficients de détermination (r^2 respectivement de l'ordre de 0,83 et 0,74).

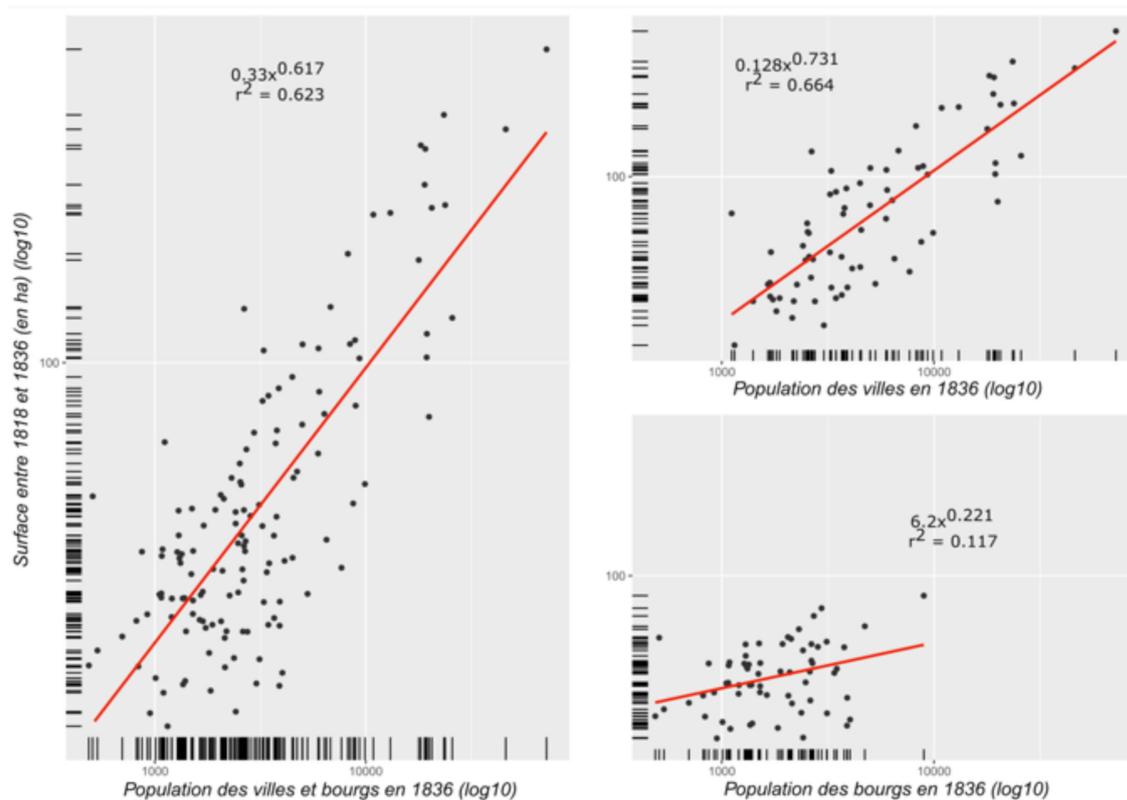
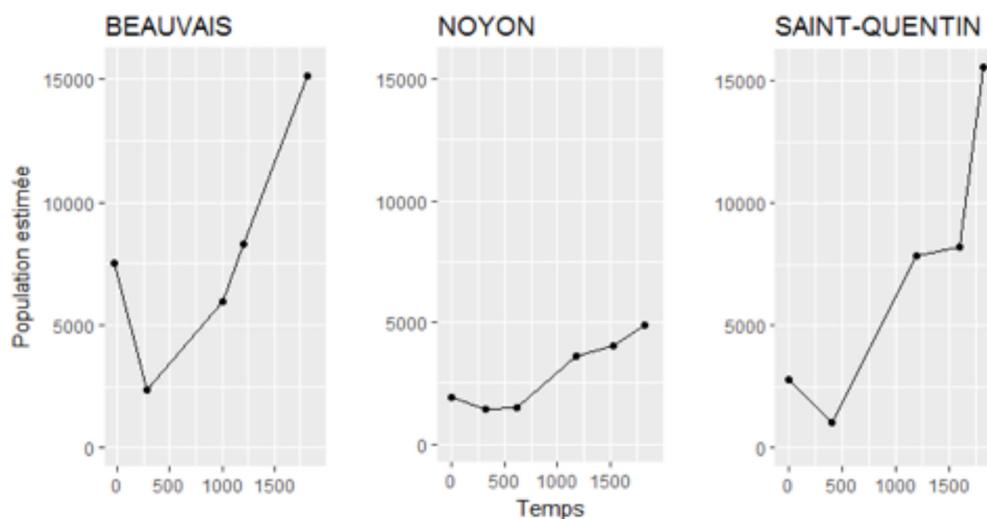
FIGURE 1 – Les villes et bourgs du nord de la France au début du 19^e s

FIGURE 2 –

Cette seconde possibilité apparaît plus pertinente pour comparer le système préindustriel avec le système actuel car elle permettrait de prendre en compte la définition évolutive des villes (Pumain et al. 2015).

Cependant elle présuppose que le paysage urbain – forme et densité du bâti – n’aurait pas changé entre l’Antiquité et l’époque moderne. Or, ce paysage a évolué au cours du temps. Il nous semble qu’il serait donc

plus pertinent de réaliser ces deux perspectives, dans le but de comparer les surfaces et les populations pour tenter de faire ressortir les récurrences des positions relatives des villes dans le système.

Références

Archaeomedes 1998

ARCHAEOMEDES, *Des oppida aux métropoles ? : archéologues et géographes en vallée du Rhône*, Paris : Anthropos.

Bairoch et al. 1988

BAIROCH P., BATOU J., CHÈVRE P., *La population des villes européennes ? : banque de données et analyse sommaire des résultats, 800-1850*, Genève : Droz.

Bretagnolle 1999

BRETAGNOLLE A., *Les systèmes de villes dans l'espace-temps ? : effets de l'accroissement des vitesses de déplacement sur la taille et l'espacement des villes*, (Université Paris I - Panthéon-Sorbonne, Thèse de doctorat sous la direction de D. Pumain).

Bretagnolle et al. 2016

BRETAGNOLLE A., GUÉROIS M., LE NÉCHET F., MATHIAN H., PAVARD A., « La ville à l'échelle de l'Europe. Apports du couplage et de l'expertise de bases de données issues de l'imagerie satellitale », *Rev. Int. géomatique*, 1, pp. 55-77.

Colloque international d'archéologie urbaine 1982

COLLOQUE INTERNATIONAL D'ARCHÉOLOGIE URBAINE, *Archéologie Urbaine. Actes du colloque international*, Tours, 17-20 novembre 1980, Paris : Association pour les fouilles archéologiques nationales.

Cottineau et al. 2016

COTTINEAU C., HATNA E., ARCAUTE E., BATTY M., « Diverse cities or the systematic paradox of Urban Scaling Laws », *Comput. Environ. Urban Syst.* [en ligne], 59, URL : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0198971516300448>.

Dainville 1958

DAINVILLE F. de, « Grandeur et population des villes au XVIII^e siècle », *Population* (Paris). [en ligne], 13, 3, pp. 459-480, URL : http://www.persee.fr/doc/pop_0032-4663_1958_num_13_3_5673.

Galinié, Randoïn 1979

GALINIÉ H., RANDOÏN B., *Les Archives du sol à Tours ? : survie et avenir de l'archéologie de la ville*, Tours : L.A.U.

Garmy et al. 2005

GARMY P., KADDOURI L., ROZENBLAT C., SCHNEIDER L., « Logiques spatiales et "systèmes de villes" en Lodévois de l'Antiquité à la période moderne », in BERGER J.-F., BERTONCELLO F., BRAEMER F., DAVTIAN G., GAZENBEEK M. (éd.), *Temps et espaces de l'homme en société. Analyses et modèles spatiaux en archéologie* (XXVe Rencontres internationales d'archéologie et d'histoire d'Antibes, 21-23 octobre 2004), Antibes : APDCA, pp. 335-341.

Garmy, Kaddouri 2014

GARMY P., KADDOURI L., « Modélisation spatiale d'un réseau urbain antique ? : à propos des villes de la cité de Nîmes », in LORANS É., RODIER X. (éd.), *Archéologie de l'espace urbain*, Tours / Paris : Presses universitaires François-Rabelais / Cths, pp. 479-493.

Lepetit 1988

LEPETIT B., *Les villes dans la France moderne (1740-1840)*, Paris : Albin Michel.

Lorans, Rodier 2014

LORANS É., RODIER X. dir., *Archéologie de l'espace urbain*, Tours / Paris : Presses universitaires François-Rabelais / Cths.

Motte, Vouloir 2007

MOTTE C., VOULOIR M.-C., « Le site Cassini.ehess.fr. Un instrument d'observation pour une analyse du peuplement », *Bull. du Com. français Cartogr.* [en ligne], 191, pp. 68-84, URL : <http://www.lecfc.fr/new/articles/191-article-7.pdf>.

Nuninger et al. 2006

NUNINGER L., SANDERS L., FAVORY

F., GARMY P., RAYNAUD C., ROZENBLAT C., KADDOURI L., MATHIAN H., SCHNEIDER L., « La modélisation des réseaux d'habitat en archéologie? : trois expériences », *Mappemonde* [en ligne], 83, pp. 1?28, URL : <http://mappemonde.mgm.fr/num11/articles/art06302.html>.

Pumain 1997

PUMAIN D., « Pour une théorie évolutive des villes », *Espac. géographique* [en ligne], 26, 2, pp. 119?134, URL : http://www.persee.fr/doc/spgeo_0046-2497_1997_num_26_2_1063.

Pumain et al. 2015

PUMAIN D., SWERTS E., COTTINEAU C., VACCHIANI-MARCUZZO C., COSMO A. I., BRETAGNOLLE A., DE-

LISLE F., CURA R., LIZZI L., BAFFI S., « Multilevel comparison of large urban systems », *CyberGeo Eur. J. Geogr.* [en ligne], 706, URL : <https://cybergeo.revues.org/26730tocto1n2>.

Rodier et al. 2010

RODIER X., GRATALOUP C., GUILLOTEAU C. coord., « Dossier? : Chrono-chorématique urbaine », *Mappemonde* [en ligne], 100, 4, URL : http://mappemonde.mgm.fr/dos_chrono.html.

Swerts, Pumain 2010

SWERTS E., PUMAIN D., « Peut-on estimer la population des villes chinoises à partir de leur surface bâtie?? », *CyberGeo Eur. J. Geogr.* [en ligne], 508, URL : <http://cybergeo.revues.org/23319?lang=en>.

Atelier 6

Analyse de textes, de discours et de productions
scientifiques

Romans et analyse spatiale

Jean-Pierre Marchand

Université Paris Est – LVMT UMR T 9403 – IFSTTAR¹

LETG – COSTEL-CNRS – UNIVERSITÉ DE RENNES

Mots-clefs - roman, analyse spatiale, hiérarchie urbaine, Von Thünen, limites, front pionnier

Nombre d'écrivains ont décrit des territoires, des paysages. Certains étaient géographes comme J. Verne, J. Gracq. D'autres (Stevenson, J. Verne, W. Faulkner) ont cartographié les territoires de leurs romans. Mais comment les géographes ont-ils lu leurs romans? Y. Lacoste (1981) a dessiné un croquis de la seigneurie d'Orsenna. D'autres ont recherché un territoire réel compatible avec le roman : Ainsi Yoknapatawpha, le territoire fictionnel de Faulkner, a-t'il été identifié comme étant le comté de La Fayette (Aiken 2010). J-L Tissier (1981) a montré combien l'œuvre de Gracq devait à sa formation de géographe. Joyce et Synge ont aidé à préciser l'ambiance du climat irlandais (J-P Marchand 1992).

Mais, de même qu'il existe des lectures sociales, des lectures politiques (Y. Lacoste 1981), des lectures par la psychanalyse de romans, il peut y avoir une lecture des

territoires d'un roman par l'analyse spatiale définie par P. Hagett (1973). Dans les exemples qui suivent, on verra que des concepts tels que les places centrales, l'espace temps selon Hägerstrand, l'approche systémique, les limites, traités par l'analyse spatiale, peuvent éclairer la lecture d'un roman. Il peut paraître un peu fruste de se limiter à l'analyse spatiale pour apprécier une fiction, mais cela n'empêche pas d'aimer ces livres pour ce qu'ils sont d'abord : d'excellents romans! On se contente simplement de rajouter une autre clé de lecture.

On verra successivement comment des écrivains ont fait de l'analyse spatiale comme Monsieur Jourdain faisait de la prose (Jules Romains, Jules Verne), ensuite la question des limites sera posée à travers une comparaison entre le « Rivage des Syrte » de J. Gracq et « Le Désert des Tartares de Dino Buzzati

UN MODÈLE CENTRE PÉRIPHÉRIE ET DE PLACE CENTRALE

(JULES ROMAINS : LES HOMMES DE BONNE VOLONTÉ, TOME 1 « LE 6 OCTOBRE »)

Le roman a été publié en 1932 et le tome 1 se passe le 6 octobre 1908.

TEXTE	Constatations	Faits géographiques	Modèles sous jacents
<p><i>11 trains vont sur Paris.</i></p> <p><i>4 quittent « les dernières grandes villes que Paris laisse croître à distance et qui jalonnent un cercle qui est comme le dessin de son ombre ». « Paris impalpable a commencé ».</i></p>	<p>Disposition auréolaire</p> <p>Domination</p> <p>Rien sur le relief.</p>	<p>Rapports capitale /villes</p> <p>Région polarisée</p> <p>Centre dominant avec pôles périphériques dominés</p>	<p>Modélisation Radioconcentrique</p> <p>Paris, cercle des villes, cercle des chefs lieux, banlieue.</p> <p>Rôle des radiales.</p> <p>Plaine uniforme</p> <p>Places centrales multi scalaire (Paris et les chefs lieux)</p>
<p><i>3 arrivent au 2° cercle, à une douzaine de lieux de Notre Dame, celui des chefs lieux des vieux pays de l'IDF : « bourgs cossus, marchés au blé. Paris les tolère et les emploie, les empêche depuis 1000 de dépasser 100 rues, 500 notables, 10000 foyers ».</i></p>	<p>Disposition auréolaire.</p> <p>Rapports villes campagnes</p> <p>Rien sur le relief.</p>	<p>Polarisation par les bourgs</p> <p>Centres secondaires dominant périphérie agricole</p> <p>Périphérie exploitée et dominée par la place centrale</p>	<p>Organisation pseudo Christallérienne à 3 niveaux :</p> <p>il manque les villes encore plus éloignées et les niveaux inférieurs (villages et bourgs).</p> <p>Les distances sont implicites car le modèle de Christaller est historique et traduit la rémanence de l'organisation urbaine du Bassin Parisien.</p>
<p><i>« 4 ralentissent dans la proche banlieue »</i></p>	<p>La description avec la banlieue au delà de la rupture de la «zone» intervient dans un autre chapitre.</p>	<p>Périphérie intégrée.</p>	<p>Organisation centre périphérie selon A Reynaud. (1981)</p>

UNE REPRESENTATION SELON VON THÜNEN

LE RIVAGE DES SYRTES (JULIEN GRACQ) : LES COLLINES AUTOUR D'ORSENNA

Le texte décrit un trajet entre Orsenna et l'Amirauté, une coupe à travers diverses occupations du sol, des reliefs et des climats différents. (Sauf pour Maremma et les fermes de la steppe, tout est dans le premier chapitre).

TEXTE	CONSTATATIONS	FAITS GEOGRAPHIQUES	MODELE CENTRE PERIPHERIE	THEORIE
« Parce qu'il monte de la brume des siècles, les dômes et les toits d'Orsenna jaillissaient du brouillard »	Une ville ancienne à la riche histoire mais sur le déclin	Une capitale, une centralité ancienne	Un centre en déclin	Des auréoles correspondant à celles du modèle de Von Thünen.
« Les jardins des faubourgs défilèrent sans agréments »	Banlieue maraichère sur collines en proximité urbaine.	Une première auréole	Périphérie exploitée mais intégrée	Mais la plaine n'est pas uniforme :
« J'aimais m'enfoncer, dans les forêts qui cernent la ville »		Deuxième auréole. Espace récréatif		Il y a des forçages
« La splendeur mûre et l'opulence d'Orsenna, montaient au cœur de ces campagnes »	Campagne riches, nourrissant la ville	Troisième auréole	Périphérie exploitée (selon A. Reynaud 1981)	qui entraînent des paysages et des mises en valeurs différentes :
« On traversait maintenant les pays montueux et boisés qui ferment au sud les campagnes d'Orsenna »	Fin des collines avec vallées avec de nouveaux bois	Quatrième auréole. Piedmont.		a) de relief (collines/plaine), b) de climat (humide/sec) c) de sol
« A la buée vaporeuse avait succéder une sécheresse lumineuse et dure...Le sol en s'aplanissant tendait à notre rencontre de grandes steppes nues où s'ébattaient d'immenses troupeaux de buffles ...quelques fermes...des plaques malsaines d'une herbe maigre »	Changement de temps : ciel clair Plaine steppique avec sécheresse. Changement de climat	Passage brutal des collines humides à la plaine steppique Cinquième auréole plus large que les précédentes. Faible densité Élevage extensif. Climat semi désertique.	Périphérie délaissée (A.R)	La rente foncière, le moteur du modèle de Von Thünen, n'est pas explicitée. Elle fournit pourtant une hypothèse, du moins pour les collines.
« ..un instant l'eau des lagunes évaporait sa buée.. quelque chose s'étouffait derrière ce brouillard... »	Apparition du brouillard. Paysage de lagunes		Marge (A.R)	L'élevage extensif des steppes est dû à un déterminisme physique entraînant une rente foncière moindre.
..la mer de jonc venait border des vasières et des lagunes vides, fermées par des flèches de sable ...les lagunes vinrent à	Paysages de lidos avec lagune et marée terre et de la mer	« finis terrae » Confins de la Seigneurie d'Orsenna.	L'amirauté un isolat.	

SYSTEMOGÉNÈSE, AUTOREPRODUCTION, SYSTEMOLYSE

JULES VERNE ET « L'ÎLE MYSTÉRIEUSE » : UN MODÈLE DE FRONT PIONNIER

Description	Faits géographiques	Modèle et théorie
<p>Systémogénèse</p> <p><i>Arrivée de 5 naufragés du ciel et d'un chien sur une île déserte.</i></p> <p>- Installation de fortune.</p> <p>- Exploration : « Mais généralement les insulaires habitaient le littoral et le littoral paraissait absolument désert »</p> <p>- Dénomination des lieux de l'île Lincoln.</p> <p>- Résidence (Granite house)</p> <p>- Corral, moulin, mines, potagers</p> <p>- Construction d'un bateau et d'un port.</p> <p>- Routes en étoile autour de Granite house.</p>	<p>Une île déserte tropicale</p> <p>Appropriation par exploration et dénomination.</p> <p>Distance progressive (potager, champs, corral, forêt)</p> <p>Construction d'un ensemble cohérent et hiérarchisé.</p> <p>Mise en place de voies de communications.</p>	<p>Incertitude maximum</p> <p>Référence au « modèle de l'île tropicale » inconnu à cette époque ! (1875)</p> <p>La carte de l'île n'est guère conforme à une île volcanique tropicale.</p> <p>Une organisation de Von Thünen ? Mais qui dépend de la distance.</p> <p>« Théorème » de M. Le Berre (1984) sur la mise en place des systèmes territoriaux</p> <p>Organisation radioconcentrique « quelque peu tordue »</p>
<p>Autoreproduction</p> <p><i>Un chien et 5 hommes.... ;</i></p> <p><i>Ils s'installent pendant x années</i></p> <p><i>Quelques perturbations : (inondation, tempête</i></p> <p><i>Le volcan qui donne des signes de réveil. Présence du capitaine Némé..</i></p>	<p>Démographie fortement compromise</p> <p>Perturbation autour d'un point d'équilibre.</p> <p>Arrivée d'un 6^{ème} homme.</p>	<p>Fonctionnement d'un territoire sous contraintes économiques, naturelles, (...et de chance : capitaine Némé)</p> <p>Rétroaction du territoire sur les contraintes.</p> <p>Système stable en biostasie démographique.</p>
<p>Systémolyse</p> <p>Le volcan explose et l'île avec.</p>	<p>Volcanisme.</p> <p>Disparition de l'île.</p>	<p>Systémolyse par rhexistasie volcanique.</p>
<p>Passage d'un navire</p>	<p>Une nouvelle vie commence</p>	<p>Pour les 6 hommes de nouveaux</p>

UNE QUESTION GEOGRAPHIQUE : LES LIMITES

« Le rivage des Syrtes » de Julien Gracq et « le désert des tartares » de Dino Buzzati.

Les deux romans portent dans leurs titres la notion de limites, celle de la frontière. Elle est explicite entre Orsenna et le Ferghestan, ou entre « la ville » et le « Désert des Tartares ». Si pour l'un, l'ennemi vient du Nord, chez l'autre, il vient du sud. Si l'un se passe en montagne (Buzzati était originaire des Dolomites) et l'autre sur un rivage, une analyse géographique plus fine montre une réalité beaucoup plus complexe et d'autres types de frontières peuvent être décelés.

TYPES DE LIMITES	GEOMETRIE	RIVAGE DES SYRTES	DÉSERT DES TARTARES
Frontières bornées Limite d'institution	Ligne	Les lignes en mer.	La ligne de fort, « une frontière « morte » reste une frontière ».
Frontières mentales	Plus ou moins floues Peu visible sur la terrain.		Drogo rebrousse chemin une 1 ^{ère} fois. C'est à l'auberge qu'il meurt, après avoir franchi cette limite
Fronts pionniers		<i>La principauté d'Orsenna est trop ancienne et son déclin n'autorise pas de nouvelles phases d'extension.</i>	Dans le désert du nord : marqué par la route et masqué par les brumes.
Les limites sont des espaces flous	Homogénéité « statistique »	La limite du désert au fond du golfe.	Le front pionnier des Tartares.
Les limites sont des territoires (Homogénéité statistique)	Espace plus ou moins vaste au fonctionnement propre rétroagissant avec les territoires entourant.	Les marais (ont leur propre fonctionnement), les recoins dans le marais et les chenaux, la marée etc. .	L'espace de promenade des officiers (espaces subis).
Limites d'usage	Visibles au niveau infra régional	Limites entre les mises en valeur agricoles autour d'Orsenna.	
Echelles des limites	De la ligne à l'épaisseur selon une géométrie fractale Cheylan (1986)	Le rivage est selon l'échelle soit : - une ligne. - un ensemble de chenaux - perturbé par des graus... - avec leurs propres anfractuosités	
Limites de zones d'influence	En auréole (cf. supra)	Les mises valeur des collines autour d'Orsenna	

La plus grande richesse de ces limites « non explicites » chez J. Gracq témoigne de sa formation de géographe comme l'a bien montré J-L Tissier (1979) et les marais rappellent ceux de la région de Guérande décrits dans un autre de ses romans « La presqu'île ».

Conclusion

Tous les romans ne sont pas « solubles » dans l'analyse spatiale. Le titre n'est pas gage de géographie : on songe à « la carte et le territoire » de M. Houellebecq. Et ce ne sont souvent que quelques passages dans un livre qui laissent entrevoir à l'œil du géographe des éléments d'analyse qui avait « échappé » à l'auteur. Certes J. Gracq était géographe, mais imprégné d'une culture vidualienne.

D'autres thèmes auraient pu être abordés : la diffusion chez Gracq, l'aménagement du territoire, la croissance urbaine et la concurrence entre lieux chez Faulkner (Requiem pour une Nonne, Absalon), les limites selon E. Jünger (Sur les falaises de marbre), la genèse d'un projet chez M. de Kéranjal (Naissance d'un pont). Mais cet essai reste avant tout une approche méthodologique sur les rapports entre la géographie et l'analyse spatiale.

ROMANS CITÉS DANS LE TEXTE

D. Buzzati (1949). « *Le Désert des Tartares* ». Le livre de poche. Paris. 243 p.

J. Gracq (1951) « *Le rivage des Syrtes* ». Joseph Corti. Paris. 321

J. Romains (1932) : *Le 6 octobre* (T.1 des « hommes de bonne volonté »). Flammarion. Paris. 308p.

J Verne. (1875) : *L'île mystérieuse*. Librairie Hachette-Hetzel. Paris. 616 p

Références

C. Aiken (2010) « *William Faulkner and the Southern Landscape* ». Athens. University of Georgia press 304 p.

J-P Cheylan (1986) « Les Cévennes, anatomie d'une fracture ». Mappemonde 1986/4 .p 30-37

P. Hagett (1973) « L'analyse spatiale en géographie humaine ». Armand Colin. Paris. 390 p.

Y. Lacoste (1987) " *Julien Gracq, un écrivain géographe : Le Rivage des Syrtes, un roman géopolitique* ", Hérodote, n°44, janvier/mars 1987.

M. Le Berre (1984) « *Pour une différenciation systémique de la différenciation spatiale* » (Géopoint 1984).

J-P Marchand (1992) « *Le mythe de la pluie en Irlande* » in L'eau, mythes et réalités. edit M.Perrot, EUD, Dijon, p.291-299.

J-L Tissier (1981) « *De l'esprit géographique dans l'œuvre de Julien Gracq* ». Espace géographique (1981 Volume 10 pp. 50-59.

A. Reynaud (1981) « Société, espace et justice ». Pris PUF. (263 p.)

Les villes arctiques dans la production scientifique mondiale Une périphérie en voie d'intégration ?

Laurent Beauguitte¹, Marion Maisonobe²

UMR IDEES¹

UMR LISST²

Mots-clefs - analyse de réseaux, centre/périphérie, publication scientifique, villes arctiques

Cette communication s'inscrit dans le projet Pôles Urbains (ANR PUR n° ANR-15-CE22-0006, 2016-2019) coordonné par Yvette Vaguet (UMR IDEES) – pur.hypotheses.org

Introduction

Le phénomène de mondialisation contemporain est marqué par une intensification des échanges humains, matériels et immatériels entre lieux du Monde, le Monde orthographié avec une majuscule désignant l'espace environnemental et social global dans lequel s'inscrit le fonctionnement des sociétés contemporaines (Dollfus, 1990 ; Didelon-Loiseau, 2013). Ce processus semble aggraver les disparités socio-spatiales à différentes échelles, tant intra-urbaine que continentale, et il est donc légitime de s'interroger sur la place des espaces périphériques. Si dans la typologie d'Alain Reynaud (1981), les espaces arctiques étaient considérés comme des angles morts, leur position a-t-elle changé aujourd'hui ? L'exemple des données de collaboration scientifique issues du projet ANR Géoscience nous permet de proposer différentes pistes méthodologiques fondées sur l'analyse de réseaux pour tenter de mettre en évidence ce processus.

Le modèle centre-périphérie et les zones arctiques

Le modèle centre-périphérie, issu de l'école de la domination des années 60, a été popularisé dans la sphère de la géographie francophone par l'ouvrage d'Alain Reynaud, *Société, espace et justice* (1981). Basé sur une grille de lecture théorique et conceptuelle, une série de positions de lieux dans

un espace relationnel est proposée par l'auteur. Toutes ces positions sont fondées sur la présence, l'intensité et la réciprocité des échanges (humains, matériels, économiques) entre lieux, ces lieux pouvant être selon l'échelle choisie des quartiers, des agglomérations, des régions ou des espaces continentaux.

La typologie propose six grands types de positions : le centre, la périphérie intégrée, la périphérie exploitée, la périphérie délaissée, l'isolat et l'angle mort. La caractéristique majeure du centre est qu'il présente un solde positif pour tous les échanges dans lesquels il est impliqué : lieu d'émigration, il concentre les richesses matérielles, culturelles et financières. Les périphéries présentent des situations contrastées mais sont toutes globalement dominées par le centre. Si la périphérie intégrée peut à son tour devenir un centre tant son insertion dans des réseaux d'échange multiples est forte, la périphérie exploitée sert, elle, de réservoir de main d'œuvre ou de matières premières. Lorsqu'elle est délaissée, les richesses accumulées au centre n'y sont pas redistribuées. L'isolat, ou périphérie comptant sur ses propres forces, fonctionne de manière relativement autonome, déconnecté des circuits d'échange. Enfin, l'angle mort est un espace de très faible densité non intégré dans les circuits d'échange. Il est intéressant de noter qu'aucune tentative méthodologique sérieuse n'est proposée par l'auteur pour typer des espaces spécifiques ; comme nous le montrerons, l'analyse de réseaux

peut être utilisée pour produire cette typologie.

La situation des zones arctiques a longtemps et reste encore aujourd'hui marquée par son caractère très périphérique – Alain Reynaud considérait en 1981 que la plus grande partie du cercle arctique pouvait être classée en angle mort. Périphérie à exploiter lorsqu'elle est considérée comme un réservoir de matières premières, elle peut également être dans une situation d'isolat (certaines parties du grand nord canadien). Enfin, la Sibérie a longtemps été une zone de relégation politique et simultanément une zone militaire stratégique. Dans tous les cas, ses dynamiques sont dictées par des évolutions exogènes, qu'elles soient politiques ou économiques.

L'analyse proposée ici vise à étudier la situation des espaces urbains arctiques dans la production scientifique mondiale, en se basant sur le modèle conceptuel centre-périphérie et en mobilisant l'analyse de réseaux.

Données et méthode

Les données collectées dans le cadre de l'ANR Géosciences (collaborations scientifiques inter-urbaines à l'échelle mondiale) sont ici utilisées afin de tester la pertinence méthodologique de l'approche proposée.

Les données de collaboration scientifique

Pour identifier les lieux de l'activité de production scientifique et leurs échanges à l'échelle mondiale, le Web of Science (WoS) est une base de données de référence. Elle recense les publications dans une sélection de près de 10 000 revues scientifiques. Le périmètre de la base tend à favoriser la biomédecine et les productions anglo-américaines. À travers les adresses institutionnelles des auteurs, il est possible de localiser précisément la provenance des publications, ce qui a été fait dans le cadre de l'ANR Géoscience.

Un premier repérage géographique a été effectué au niveau des localités déclarées par les auteurs, niveau trop hétérogène pour une comparaison à l'échelle mondiale. Les données ont ensuite été agrégées au niveau d'agglomérations urbaines. Appliquée à l'ensemble des publications recensées dans le WoS entre 1999 et 2012, cette méthode fait ressortir près de 11 000 agglomérations impliquées dans l'activité de production scientifique mondiale. L'analyse spatialisée des co-publications permet d'observer la mise en place de liens de collaborations scientifiques entre agglomérations urbaines. Co-publier un article avec un auteur travaillant dans une autre ville traduit une connexion entre lieux.

Notre corpus est constitué par l'ensemble des publications parues entre 1999 et 2012 dont au moins l'une des adresses se trouvait au-dessus de la limite du cercle polaire, soit 16820 publications. Les liens de co-publication sont pondérés en fonction du nombre de lieux impliqués : plus il y a de lieux pour un article donné, moins le poids donné aux liens de collaboration entre ces lieux sera important. Cela permet notamment de raisonner en conservant le nombre réel de publications, la somme des liens permettant de retrouver le nombre de co-publications (Maisonobe et al., 2016).

Pour suivre l'évolution du réseau de collaborations, nous avons travaillé à 4 dates (2000, 2003, 2007 et 2010), les données de collaboration considérées étant le résultat d'une moyenne mobile sur 3 ans de la valeur des liens.

Choix méthodologiques

Nous observons à différentes dates des réseaux de collaboration ; choisir des indicateurs liés à la théorie des graphes paraît donc à première vue pertinent. Le développement continu depuis une vingtaine d'années des mesures disponibles suite à l'explosion des complex network studies nous semble nécessiter une approche hypothético-déductive liant clairement les

évolutions supposées et le choix des indicateurs.

L'hypothèse générale développée au sein de l'ANR PUR est que les régions arctiques tendent à passer d'une situation d'angle mort ou d'isolat à une situation de périphérie tantôt dominée, tantôt en voie d'intégration. Si tel est le cas pour les co-publications scientifiques, on devrait entre 2000 et 2010 observer les évolutions suivantes :

- augmentation du nombre de sommets et de liens, révélatrice d'une multiplication des collaborations ;
- augmentation de la densité (nombre de liens présents divisé par le nombre de liens possibles) ;
- diminution du diamètre lié à une interconnexion croissante entre agglomérations ;
- baisse du degré de centralisation, révélant une baisse de la polarisation des centres arctiques par une seule

métropole ;

- augmentation du degré moyen pondéré et du lien moyen, reflet d'une augmentation générale des co-publications scientifiques impliquant les villes arctiques.

Entre 2000 et 2010, 83 agglomérations du cercle arctique participent à la production scientifique mondiale : 32 en Norvège, 19 en Russie, 12 au Canada, 10 en Finlande. Les 10 villes restantes se répartissent entre la Suède, les États-Unis et le Groenland (dépendance du Royaume du Danemark). Un premier indicateur signale la position périphérique de l'espace étudié : si l'on considère l'ensemble du WoS, un tiers des publications sont des co-publications interurbaines. Pour les villes arctiques, cette proportion dépasse les 70%. Cette situation s'explique à la fois par la faible autonomie scientifique des villes arctiques et par la nature des recherches qui y sont menées, recherches assez appliquées exigeant un degré important de mutualisation des moyens.

Tableau 1

	2000*	2003*	2007*	2010*
Nombre de villes arctiques	41	49	49	63
Nombre de villes hors arctique	520	587	792	937
Nombre de liens entre villes arctiques	57	53	63	102
Nombre de liens villes arctiques-reste du monde	1146	1367	2007	2474

* Moyennes mobiles sur 3 ans. Source : Web of Science (articles, recensions et lettres).

En ce qui concerne les indicateurs issus de la théorie des graphes, comme attendu, le nombre de lieux et de liens augmentent. Le nombre de partenaires extérieurs à l'arctique double entre 2000 et 2010 (Tableau 1). Le nombre de co-publications par ville (degré moyen pondéré) progresse tout au long de la période signalant que l'augmentation continue de la production scientifique cette dernière décennie concerne aussi les villes arctiques (Tableau 2). Le diamètre reste stable, ce qui montre que la densification du réseau va de pair avec l'élar-

gissement du nombre de lieux. L'indice de centralisation augmente légèrement durant la période considérée ? : qu'il s'agisse des seules villes arctiques – où la domination de Tromsø reste marquée – ou des villes co-publiantes, la concentration de l'activité scientifique reste forte. Le degré moyen pondéré augmente tandis que l'intensité moyenne des liens tend à baisser : ceci montre que le panel des villes non arctiques tend à s'élargir et qu'il y a de moins en moins un partenaire privilégié et un seul.

Tableau 2

	2000*	2003*	2007*	2010*
Nombre de liens	5210	9060	20481	30352
Nombre de sommets	561	636	841	1000
Densité	0.033	0.045	0.058	0.06
Diamètre	5	5	5	5
Centralisation (degré)	0.72	0.69	0.72	0.74
Degré moyen pondéré	1.89	2.06	2.14	2.38
Intensité moyenne liens	0.1	0.07	0.04	0.04

* Moyennes mobiles sur 3 ans. Source : Web of Science (articles, recensions et lettres)

Ces différents indicateurs montrent une très légère intégration mais il faut noter que les volumes concernés restent extrêmement faibles. Les méthodes classiques de régiona-

lisation utilisées en analyse de réseaux (détection de communautés, blockmodeling, k-cores etc.) ne permettent pas de déceler une quelconque région arctique.

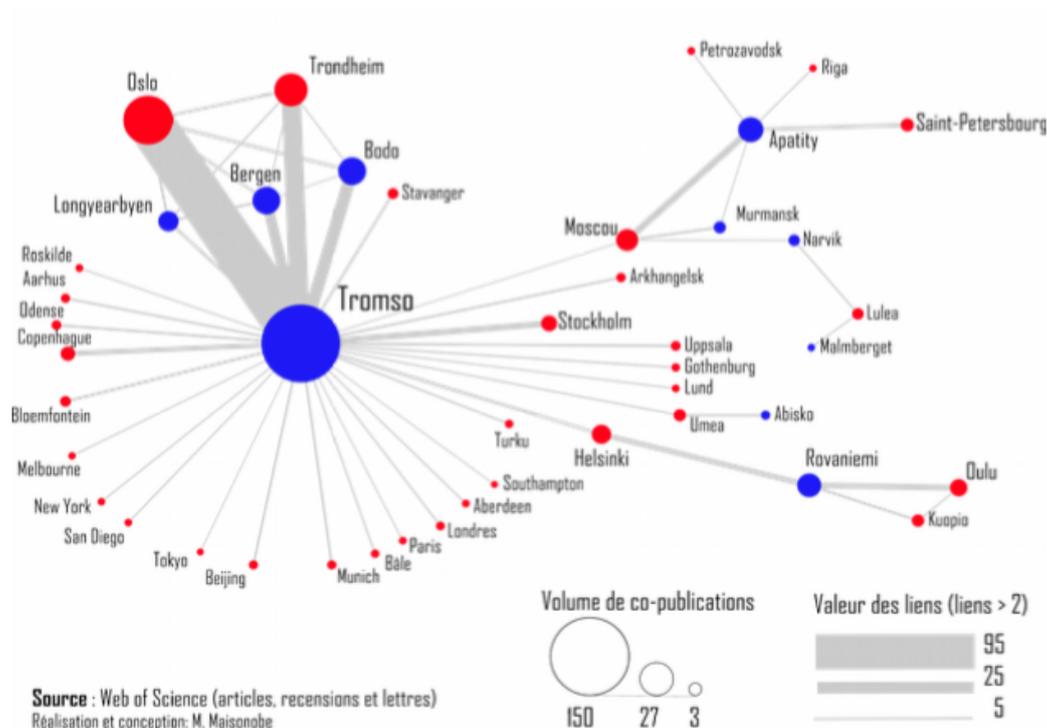


FIGURE 1 – Réseau de collaborations scientifiques des villes arctiques en 2010

Conclusion

Parler de l'espace des villes arctiques a-t-il un sens en ce qui concerne les collaborations scientifiques ? Cet espace est tellement dominé par la Norvège en général et Tromsø en particulier que l'on peut douter de l'intérêt thématique d'un tel prisme régional. Néanmoins, d'un point de vue mé-

thodologique, la démarche proposée vise à mettre en évidence des phénomènes relationnels impliquant des espaces périphériques dont les interrelations sont trop souvent écrasées si l'on considère l'ensemble des liens. Cette approche exploratoire sera prochainement testée sur d'autres bases de données relationnelles afin de contrôler sa capacité à mettre en évidence ce type de

phénomènes dont la mesure reste délicate.

Références

DIDELON-LOISEAU C. (2013). *Le Monde comme territoire ; pour une approche renouvelée du Monde en géographie*. Rouen : Université de Rouen, mémoire d'habilitation à diriger des recherches, 322 p.

DOLLFUS O. (1990). « Le système monde ». In B RUNET R. (dir.), DOLLFUS O., *Géographie universelle : Mondes Nouveaux*. Montpellier-Paris : Reclus-Belin.

MAISONOBE M., GROSSETTI M., ECKERT D., JÉGOU L., MILARD B. (2016). « L'évolution mondiale des réseaux de collaborations scientifiques entre villes : des échelles multiples ». *Revue Française de Sociologie*. 57(3), p. 415-438.

REYNAUD A. (1981). *Société, espace et justice. Inégalités régionales et justice socio-spatiale*. Paris : Presses universitaires de France, coll. « Espace et liberté », 264 p.

Analyse de discours des Sciences Sociales en Arctique Quelle place pour la ville arctique ?

VAGUET Yvette¹, JEANNE Philippe¹

UMR IDEES - Department of Geography -
University of Rouen, 76 821 Mont Saint-Aignan Cedex; France¹

Mots-clefs - Analyse de discours, ICASS, urbain, ville, Arctique

Cette communication s'inscrit dans le projet Pôles Urbains (ANR PUR n° ANR-15-CE22-0006, 2016-2019) coordonné par Yvette Vaguet (UMR IDEES) – <https://pur.hypotheses.org>

Contexte et Objectifs

Associé aux confins de l'œcoumène, l'Arctique semble antinomique de l'urbain dans les représentations communes tant il évoque plus volontiers un désert blanc et glacé habité par des peuples premiers et des ours blancs. Les étudiants géographes de l'Université de Rouen se soumettent volontiers à un exercice qui consiste à donner les cinq mots qui leur viennent à l'esprit à partir du terme : Arctique. Cette technique très populaire d'association verbale à un mot-stimulus, ici Arctique, conduit dans des conditions spontanées, à octroyer aux mots associés un statut sémantique particulier. De fait, ils constituent des mots-pleins et cet effet de « plénitude » est renforcé par l'absence de l'ossature logico-formelle habituelle de la phrase. Cet exercice, répété sur plusieurs années, présente un tableau des représentations sociales courantes de cette région aux yeux de nos jeunes géographes (au total, plus d'une centaine d'individus). Parmi les mots cités les plus fréquemment se trouvent : glace, pôle, Inuit, océan, neige, Russie, brise-glace, cercle polaire, froid, ours polaire, banquise, réchauffement climatique... Assurément, le mot ville n'a jamais émergé. L'étape suivante s'appuie sur des échanges avec les étudiants à partir de photographies. Force est de constater que ces jeunes gens ne sont jamais surpris par un cliché montrant un ours polaire en position délicate : fiché sur un glaçon au milieu de l'océan arctique en plein soleil. Le cliché évoque admirablement la

menace de la fonte de la banquise liée au réchauffement climatique et le risque d'extinction des espèces endémiques. A l'inverse, ils ont toujours été très étonnés par la photographie d'un embouteillage dans un paysage urbain par une nuit polaire.

Les villes ne sont pourtant pas absentes des hautes latitudes et sur dix boréaux, 8 résideraient aujourd'hui dans un établissement urbain (Canobbio 2011)(Vaguet 2016). Pourquoi cette distorsion ? Comment s'inscrit le discours scientifique par rapport aux représentations de l'Arctique ? Les objets de recherche traités par les sciences sociales dans les hautes latitudes rendent-ils suffisamment grâce au peuplement urbain ?

Une représentation sociale se forge dans l'interaction, au contact des discours circulant dans l'espace public (Abric 2003, Kalamalikis 2005). Elle exprime le rapport que les individus et les groupes sociaux entretiennent avec le monde. Dans lors, il semble pertinent de s'interroger sur l'absence de la ville dans la représentation sociale du monde polaire et notamment sur le discours que produisent les scientifiques. Ce dernier se positionne-t-il, en amont, participant à la construction des perceptions communes, en aval, en marge des représentations sociales ou en conformité ?

Données et Traitements

Le Congrès International des Sciences Sociales en Arctique (ICASS) offre, tous les

trois ans, un panorama des recherches en SHS. Cet événement prend, à chaque occurrence, une plus grande ampleur tant en nombre de participants qu'en nombre de contributions. Aussi, il s'est affirmé comme l'événement majeur pour nos disciplines en Arctique et les livres des résumés de ces rencontres constituent un matériel légitime pour analyser les discours scientifiques et leur évolution. Ceux des communications des ICASS VII, VIII et IX (à venir), aux dates respectives de 2011, 2014, et 2017 ont retenu notre attention. Les corpus de données Book of Abstracts présentent l'avantage d'être disponibles en ligne et téléchargeables gratuitement. Leur analyse a été menée par la méthode et logiciel ALCESTE.

Le logiciel ALCESTE (Analyse des Lexèmes Cooccurents dans les Enoncés Simples d'un TExte) est un outil de traitement de données textuelles co-développé par le CNRS (Image CNRS 1986). La méthodologie adoptée consiste à rechercher, d'une part, les dissemblances de vocabulaire dans le corpus de données et d'autre part à rechercher leurs lois de distribution (Reinert 1999, Reinert 1993, Kalampalikis 2005). Il offre au chercheur en sciences sociales un puissant outil d'aide à l'analyse de textes numérisés via ses résultats statistiques. En effet, c'est à partir de la présentation de ceux-ci qu'il appartient au chercheur de construire du sens.

Il s'agit de mettre en évidence les mots (les « formes » dans le langage ALCESTE) qui se trouvent, plus ou moins, souvent ou jamais, ensemble dans des segments de textes. Ces segments constituent des Unités de Contexte Élémentaires (UCE) dont la longueur en mots est automatiquement calculée par le logiciel en fonction de la taille du texte. Ainsi, dans une UCE donnée, la forme « A » est-elle cooccurente à la forme « B », oui ou non ? Le logiciel construit des tableaux booléens de présences/absences permettant, in fine, de structurer le corpus en classes lexicales de contexte similaire. Le « plus ou moins présent » et le « plus ou moins absent » sera calculé à partir du Khi^2 normalisé qui permet de déterminer le lien qui unit une forme à une classe. Si une

forme a fortement contribué à construire la classe, elle sera dotée d'un Khi^2 élevé ; au contraire, si elle n'a pas, ou très faiblement, contribué à construire une classe, son Khi^2 sera faible. Rangés par ordre décroissant de Khi^2 , les formes contributrices à la classe aident l'analyste dans son travail d'interprétation.

Les classes lexicales de contexte similaire circonscrivent ainsi les « monts » du discours, ou les 'attracteurs sémantiques', c'est-à-dire les « lieux... où le sujet-énonciateur semble avoir déposé du sens » (Kalampalikis 2005). Outre les classes lexicales, ALCESTE offre aussi l'intérêt de rechercher les dissemblances majeures du discours (les « vallées ») et ce, de façon hiérarchique et descendante, de la plus large et profonde vallée – ou opposition – à la plus petite. Il produit ainsi une Classification Descendante Hiérarchique (CDH). Au final, la méthode vise à mettre en évidence l'organisation topique du discours telle une topographie.

Résultats Discussion

Les résultats proposés par ALCESTE sont riches et dotés de nombreuses représentations graphiques. Aussi, faisons-nous le choix de ne retenir que la Classification Descendante Hiérarchique (CDH) pour l'analyse globale et les « réseaux de formes » pour le thème de la ville.

Les résultats globaux soulignent les pôles d'attraction sémantique ('les monts') et les oppositions majeures ('les vallées') visibles sur le dendrogramme de la CDH. L'examen de la topographie du discours s'effectue en remontant la CDH depuis les formes élémentaires (les mots-pleins) du discours rassemblés selon leur proximité en monts lexicaux formant les classes. Celles-ci peuvent être nommées d'après les formes les plus contributrices à leur construction. Les lignes de division (DL) constituent les vallées de notre monde lexical et participent à la compréhension du discours scientifique dans sa globalité. La figure 1 illustre le cas de l'ICASS VII (2011).

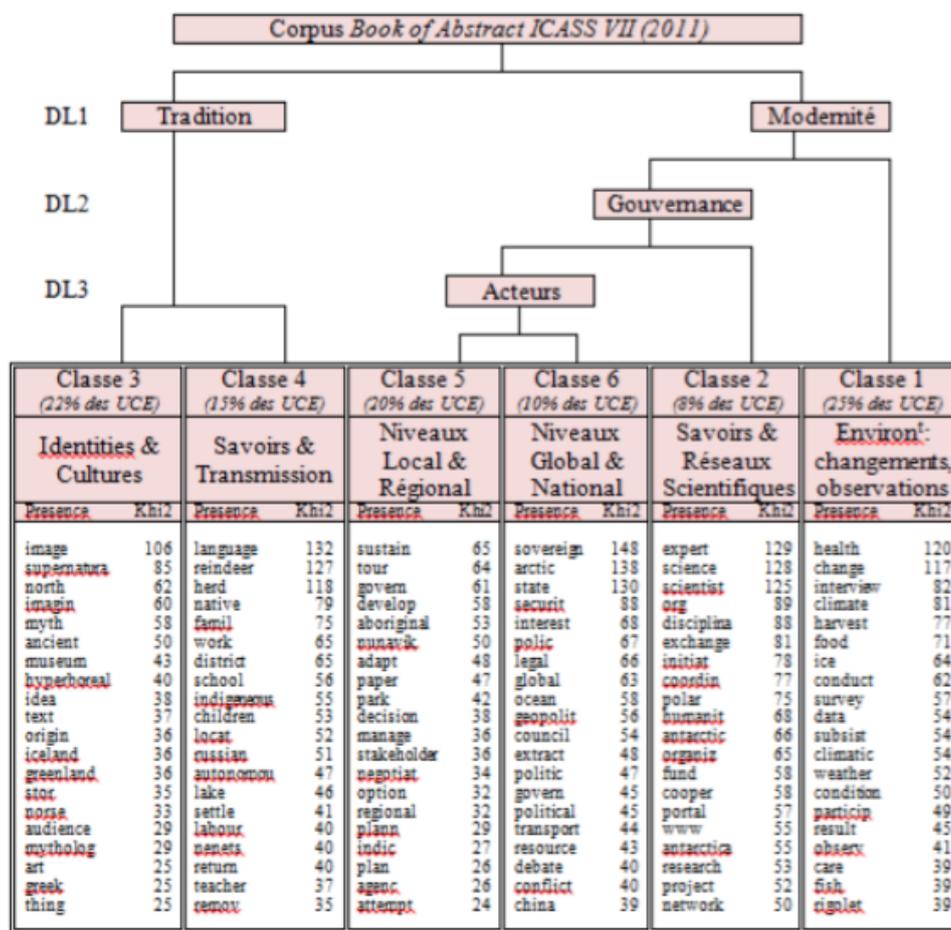


FIGURE 1 – Classification Descendante Hiérarchique ICASS VII - Circumpolar Perspectives in Global Dialogue : Social Sciences beyond the International Polar Year (2011)

Nos résultats montrent une certaine permanence des objets de recherche bien que le thème du congrès affecte globalement le discours scientifique. Ainsi, le monde autochtone et la transmission des savoirs vernaculaires constitue un grand ensemble lequel occupe une place significative de façon récurrente, au moins sur les dernières occurrences de l'événement. Les préoccupations autour de l'environnement changeant dans le contexte de réchauffement climatique sont aussi importantes.

En conclusion, notre analyse montre que le discours scientifique tend à minorer l'existence de la ville. Nous tentons d'avancer des éléments de réponse quant à l'interprétation de ce retard à prendre pour objet de recherches, la ville, ce qui, sous d'autres latitudes, constitue une évidence depuis des

En quête de la place de la ville dans le discours, nous avons recherché les mots évocateurs d'un contexte urbain avec les termes 'urban', 'town'. Il s'avère que les corpus montrent une émergence, quoique timide, de l'environnement urbain. Le logiciel ALCESTE a trouvé suffisamment d'occurrences pour pouvoir élaborer un nuage de mots reliés à celui de 'town' pour l'ICASS VIII de 2014, pas pour celui de 2011 (fig. 2). La ville arctique y apparaît clairement fille de l'industrie.

décennies (voir l'abondance des travaux sur la ville européenne ou la ville tropicale) ?

Références

CANOBBIO, E. (2011). *Mondes arctiques, miroirs de la mondialisation*. Documenta-

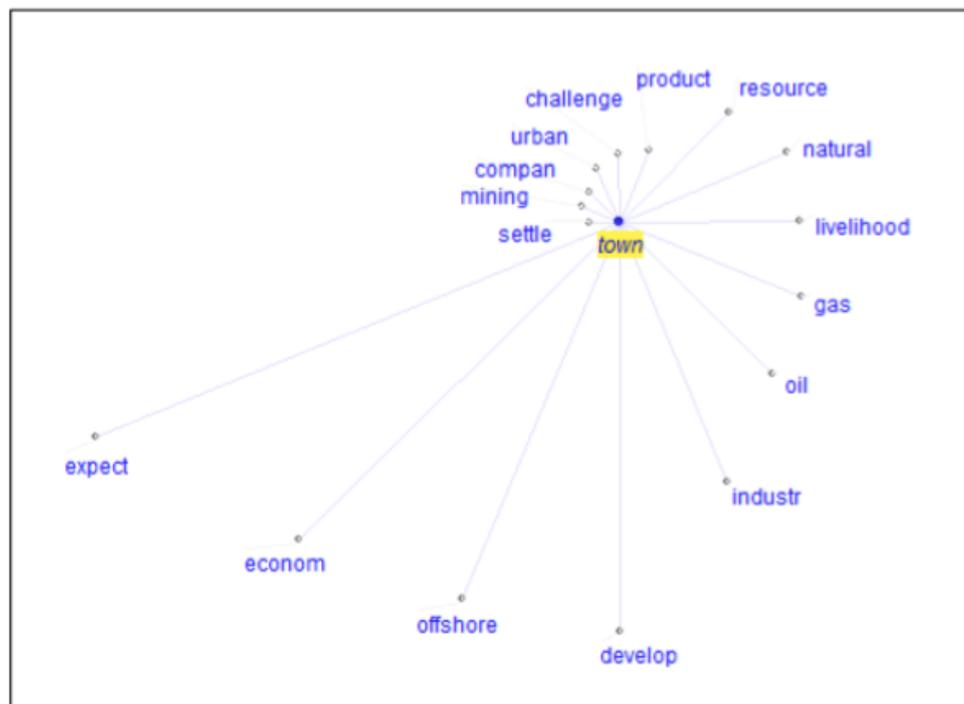


FIGURE 2 – Nuage de mots à partir de la forme ‘town’ dans sa classe 2 (ICASS VIII, 2014)

tion photographique.

KALAMPALIKIS, N. (2005). L’apport de la méthode Alceste dans l’analyse des représentations sociales. In Abric, J.-C., ed. *Méthodes d’étude des représentations sociales*. Hors collection. Toulouse : Erès, 147–163. Available at : http://www.cairn.info/methodes-d-etude-des-representations-sociales-9782749201238-page-147.htmlanchor_citation.

REINERT, M. (1993). Les “mondes lexicaux” et leur “logique” à travers l’ana-

lyse statistique d’un corpus de récits de cauchemars.” *Langage et société*, 66, 5–39, 10.3406/lsoc.1993.2632.

REINERT, M. (1999). Quelques interrogations à propos de l’ “objet” d’une analyse de discours de type statistique et de la réponse “Alceste.” *Langage et société*, 90, 57–70, 10.3406/lsoc.1999.2897.

VAGUET, Y. 2016. Les formes et les enjeux de l’urbanisation en Arctique. In *L’Arctique en mutation. Les mémoires du laboratoire de Géomorphologie*. EPHE, 125–134.

Les PDU des années 2000/2010 et leurs discours

Thomas Buhler¹, Marion Bendinelli², Virginie Lethier²

Laboratoire ThêMA

UMR 6049 CNRS - Université Bourgogne Franche-Comté¹

EA ELLIADD, UFR-SLHS Besançon ²

Mots-clefs - discours, planification, déplacements, textométrie, PDU

Contexte

De nombreuses disciplines cherchent à comprendre les raisons profondes qui motivent la mise en place de politiques urbaines et les discours les accompagnant¹. Cela dit, ces travaux de recherche se heurtent souvent à des problèmes de méthodologie. En effet, les méthodes « classiques » que sont

les entretiens avec les acteurs, le travail sur archives, la passation de questionnaires auprès d'acteurs ou encore les expérimentations présentent chacune de fortes limites par rapport à l'ambition scientifique d'une analyse distanciée et systématisée de l'action publique urbaine et de ses discours (Tableau 1, ci-dessous).

Méthode « classique »	Ecueil principal
Entretiens avec les acteurs	Fort recours à la rhétorique (élus notamment) ; Rationalisation à posteriori
Passation de questionnaires auprès des acteurs	Faible taux de retour chez les élus ; Sphère des techniciens surreprésentée
Travail sur archives	Temps important de « sédimentation »
Expérimentations	Spécificité du contexte ; faible généralisation possible

Tableau 1 : Limites des principales méthodes en analyse des politiques urbaines

Les entretiens menés auprès des acteurs² présentent deux limites principales bien connues. La première est le très fort recours à la rhétorique par certains enquêtés, et notamment les élus. Ainsi, il est parfois très difficile - même pour un chercheur aguerri - d'accéder aux « raisons profondes » qui ont motivé la mise en place d'un projet ou d'une politique particulière. Une seconde li-

mite réside dans le phénomène bien connu de « rationalisation a posteriori » c'est-à-dire d'une explication des raisons passées avec des éléments du présent, soit une distorsion des raisons qui ont motivé l'action initiale [Bourdieu, 1986]

La passation de questionnaires auprès de ce même public pourrait a priori pallier certains de ces problèmes. Cela dit, il apparaît

1. En dehors de la géographie et de l'urbanisme, les sciences politiques, la sociologie et l'économie s'intéressent fortement à ces questions.

2. Par « acteurs » nous entendons ici les élus et les techniciens qui sont les deux principaux intervenants dans ces politiques et projets

que les élus sont (en général) assez peu disposés à y répondre en dépit d'un anonymat garanti³. Au sein de la sphère publique, les techniciens sont alors surreprésentés ainsi que leurs points de vue sur les politiques mises en place.

Le travail « classique » sur archives est plus rare dans l'analyse des politiques urbaines en géographie et urbanisme [Leheis, 2011 ; Ultsch, 2010]. Cela est probablement dû à la quantité de temps nécessaire pour chercher, organiser et analyser l'information souvent très volumineuse sur un sujet particulier.

Enfin, il est possible de conduire des « expérimentations » c'est-à-dire des situations virtuelles où on place les acteurs des politiques urbaines pour comprendre leurs rationalités, leurs stratégies ou encore leurs représentations associées au territoire d'action. Dans le monde de l'urbanisme, ces expérimentations sont pour l'heure plutôt rares et récentes⁴. Elles présentent une limite principale, celle de la généralisation des résultats. En effet, l'expérimentation simule un contexte et une temporalité de prise de décision qui ne sont pas réels, les observations relevées sont alors faiblement généralisables.

Face à toutes ces limites, nous proposons une méthode qui - potentiellement - pourrait renouveler les analyses sur les politiques urbaines : l'analyse de documents d'action publique par la textométrie.

Objectifs

En tant que telle, la textométrie n'est pas une « nouvelle » méthode puisqu'elle

est issue de la rencontre dans les années 1970 entre sciences du langage, statistique et informatique [Heiden, 2010]. Depuis la conception puis la diffusion de l'outil libre et gratuit « TXM » dans les années 2010, les géographes commencent à utiliser la textométrie pour leurs analyses de discours, le plus souvent sur des corpus de presse quotidienne, nationale ou régionale [Comby, 2015a et 2015b ; Flaminio, 2016].

Très synthétiquement la textométrie propose une approche qu'on peut qualifier de « contrastive » [Comby, 2015b] c'est-à-dire qu'elle permet de comparer les caractéristiques de plusieurs textes ou de sous-corpus et ceci afin d'identifier des similitudes ou des variations. Pour ce faire, la textométrie prend appui sur des statistiques lexicales (identification d'un vocabulaire précis...), des modèles statistiques « classiques » (analyses factorielles, classifications...) et spécifiques aux sciences du langage (attirance contextuelle de mots, contrastes entre textes, sur- ou sous-emploi d'un terme dans une partie du corpus) [Heiden, 2010]. Enfin, dernier trait distinctif de cette méthode : la textométrie permet de revenir systématiquement au co(n)texte, permettant au géographe d'accorder une attention accrue à la matérialité discursive.

Afin de tester la méthode proposée, nous analyserons ici - par la textométrie - les discours contenus dans les Plans de Déplacements Urbains (PDU) de dix-huit agglomérations françaises⁵, et ce pour deux éditions : celle des années 2000 et celle des années 2010. Trente-six PDU servent donc ici de base à l'analyse⁶. Il est à noter que nous avons priorisé l'encodage des PDU pour lesquels les deux éditions (an-

3. Petit exemple illustratif : un questionnaire auto-administré portant sur des scénarios d'aménagement a été conçu et distribué par Nicolas Lunardi, doctorant à Théma, auprès d'une vingtaine de techniciens et d'une douzaine d'élus d'agglomération de toutes étiquettes politiques en décembre 2015. Il n'a eu aucun retour d'élus, mais en revanche il a obtenu un retour quasi-systématique des techniciens présents ce jour-là.

4. Une expérimentation de ce type a été lancée entre certains chercheurs de Théma et des élus et techniciens du Grand Besançon autour de la question de l'utilisation d'outils de modélisation-simulation pour renseigner les politiques de logement.

5. Dans l'ordre alphabétique : Aix-en-Provence, Amiens, Bayonne, Besançon, Brest, Caen, Clermont-Ferrand, Dijon, Le Havre, Lille, Lorient, Marseille, Nantes, Strasbourg, Toulouse, Tours, Valenciennes, Vienne.

6. Nous remercions le CEREMA pour nous avoir fourni l'ensemble des PDU dont ils avaient à disposition, soit environ 180 documents

nées 2000 et 2010) étaient disponibles dans notre corpus transmis par le CEREMA. L'échantillon que nous présentons repose donc sur le « simple » critère de la disponibilité de deux éditions de PDU pour des agglomérations françaises de tailles grande et moyenne, ayant une obligation réglementaire à réaliser un PDU. En cela, notre échantillon représente tout de même une petite moitié des agglomérations françaises concernées.

Par ailleurs, le corpus de PDU étudié dans ce papier représente 1,8 million de mots, ce qui semble justifier une approche systématique et exhaustive telle que permise par la textométrie.

En plus d'être un exemple pour illustrer notre proposition de méthode, les PDU sont - thématiquement - des documents particulièrement intéressants. En effet, un consensus semble exister dans les sphères opérationnelles et de recherche pour critiquer le côté « homogène⁷ » voire « lisse » des différents PDU [Offner, 2006]. Pour autant - à notre connaissance - aucun travail systématique d'ampleur n'a pour l'heure été réalisé pour affirmer cela⁸.

Données et méthode

Entre les mois de mars et de juillet 2016, nous avons procédé à l'encodage des 36 PDU au format XML-TEI, et ceci afin de pouvoir mener des analyses entre PDU, entre éditions d'une même agglomération, et entre chapitres-types⁹ (diagnostic, plan d'action, etc.)¹⁰. Pour chaque PDU nous disposons de métadonnées précises qui permettent d'effectuer des requêtes et des traitements statistiques. Parmi ces métadonnées, nous avons par exemple la couleur politique de la majorité d'agglomération à la

date de l'approbation du document, le type de maîtrise d'ouvrage (collectivité ou syndicat mixte des transports en commun), les bureaux d'études ayant participé à l'élaboration, etc.

Les résultats présentés ici proviennent d'une analyse factorielle des correspondances (AFC) réalisée sur quatre sous-corpus que nous avons distingués en fonction de la couleur politique de la majorité approuvant le document (« droite » ou « gauche ») et de la décennie dans laquelle les PDU ont été approuvés (« 2000 » ou « 2010 »). Bien entendu nous avons tenu compte des alternances politiques ayant eu lieu, notamment lors des élections municipales de 2008. Pour ce qui est des dates des deux éditions, Offner [2006] a bien montré la synchronie dans la réalisation de ces documents pour les principales villes françaises. Cette simultanéité dans le temps est principalement due au délai imposé (« dans les trois ans ») – puis prolongé deux fois – par la loi LAURE de 1996, mais également par l'obligation pour les agglomérations d'avoir réalisé un PDU pour obtenir les aides financières de l'Etat pour leurs projets de TCSP.

L'obligation légale d'une révision du document tous les dix ans nous amène à une deuxième vague autour des années 2010-2013.

L'AFC sur laquelle reposent les résultats cidessous distingue donc les PDU des années 2000 et 2010 en prenant en compte la couleur de leur majorité politique (« gauche » pour PS, PCF, Verts et PRG ; « droite » pour le RPR, l'UDF, l'UDI, le Modem, le Nouveau Centre...).

7. Nous sommes en partie d'accord sur ce constat puisque tous les PDU, légalement, se doivent de parler de « tout » (toutes les alternatives à l'automobile). Cela dit, nous allons le voir, l'intensité de recours à certains termes permet de faire apparaître des différences très importantes dans les discours publicisés.

8. Notons que le travail de synthèse de Jean-Marc Offner – particulièrement stimulant - repose sur la lecture d'un nombre réduit de PDU et de quelques thèses ayant pour sujets la genèse de l'un ou l'autre de ces documents

9. Pour cette distinction, la liberté de forme des PDU a parfois posé des problèmes de catégorisation

10. Remercions ici le travail très précieux de Yuting HE, stagiaire en Master Sciences du langage spécialité « Discours, texte, communication » au laboratoire ThÉMA sur cette même période.

Principaux résultats obtenus

L'analyse factorielle - présente en annexe - prend en compte les deux cent lemmes¹¹ les plus fréquents du corpus, avec une fréquence minimale pour chaque lemme de dix occurrences par PDU. Ce critère permet d'enlever les termes liés à une particularité « locale » (termes associés au littoral, à la montagne, les noms de communes, d'EPCI ou d'élus...) pour se concentrer sur la base du discours qui est comparable.

De cette analyse factorielle, deux grands résultats - correspondant aux deux axes principaux - ressortent fortement. Avant toute chose, soulignons que l'inertie présentée par les deux premiers facteurs est de 82,79% ce qui semble tout à fait significatif.

L'axe 1 (53,12%) propose une opposition entre des termes décrivant des objets et dispositifs concrets de la mobilité quotidienne (« ligne » ; « stationnement » ; « arrêt » ; « deux voies », ...) (partie négative) et des termes plus abstraits (« notamment », « mise au point », « mesure »¹²). On note également une opposition entre des termes soulignant une obligation (« assurer », « devoir », « prendre », « compte ») (partie positive) et des termes relevant de la prise d'initiative (« proposer », « améliorer », « agir », « permettre », « projet », « mettre »).

Ce premier axe identifie les spécificités des PDU au regard de leur inscription temporelle (2000 ou 2010). Dans les années 2000 on observe un discours plutôt passif mais concret, listant les actions à mener dans leur matérialité. Dix ans plus tard, il semblerait que ces mêmes documents portent cette fois-ci un discours qui met en scène leur proactivité mais qui développe également une abstraction beaucoup plus forte.

11. Un lemme est une unité à laquelle plusieurs formes écrites (« graphies ») se rattachent. Par exemple le lemme d'un verbe contient l'ensemble des conjugaisons de ce verbe, à tous les temps et modes. La « lemmatisation » d'un corpus permet d'analyser de manière plus synthétique des grandes oppositions textuelles.

12. Notons que les évolutions législatives (loi ENE notamment) ont aussi aidé à l'apparition de certains termes spécifiques (« évaluation », « environnement »).

13. On note que l'axe 2 oppose également des échelles différentes. Le « centre-ville » (partie positive) s'oppose alors à au duo « agglomération » - « quartier » (partie négative).

14. On note des termes qui forment une volonté d'action en faveur des déplacements alternatifs (« action », « mesure ») et un lexique qui renvoie à l'univers de la gestion (« évaluation », « coût », « effet »)

L'axe 2 (29,67%) marque une opposition entre un discours qui met en avant la limitation de la voiture en ville (partie négative : « réduire », « automobile », « particulier », « circulation », « vitesse ») et un discours qui se concentre sur les alternatives proposées (« gare », « vélo », « cyclable », « offre », transports en « commun »)¹³.

Cette deuxième opposition suit clairement des frontières partisans droite/gauche. On peut noter que le discours des PDU des territoires électoralement à « gauche » développe plus les objectifs de limitation de la place de la voiture. Les PDU d'intercommunalités de « droite » - quant à eux - portent un discours plus centré sur les modes dits alternatifs à l'automobile, en parlant nécessairement moins de baisse des circulations, vitesses ou encore de la part modale de l'automobile.

Discussion et conclusion

Les différents éléments de cette analyse factorielle nous permettent d'affirmer qu'une importante transition s'est opérée au cours des années 2000 quant à la nature même des PDU. Cette transition discursive porte ces documents vers une mise en scène plus forte des capacités d'action¹⁴ de la puissance publique couplée - paradoxalement - à une imprécision des objets mêmes sur lesquels porte cette action. Cette mise en scène véhiculée par le discours aurait-elle pour origine la double injonction contradictoire du « toujours plus » réglementaire (logistique urbaine, évaluation environnementale, prise en compte des situations de handicap) couplée au « toujours moins » budgétaire (baisse des dotations de l'Etat, notamment)? Cette transition aurait-elle pour explication la prise de pouvoir de la

novlangue et des agences de communication sur le « politique » ?

Globalement, on constate des discours sur les déplacements très différenciés en regard de l'inscription partisane majoritaire des élus des territoires concernés. Pour des documents souvent qualifiés de « techniques » et d'« homogènes » (entre eux) il semblerait que les oppositions apparaissent clairement lorsqu'on prend en compte systématiquement le lexique sur- et sous-utilisé. Une constatation apparaît également à la lecture de ces résultats : entre les deux éditions des PDU, les villes « de gauche » et les villes « de droite » semblent suivre une trajectoire parallèle (sur le plan factoriel) ce qui permettrait de conserver une distance (nécessaire ?) entre-elles.

Ce dernier point nous semble mettre en avant l'importance d'une méthode systématique, quantifiée et fine permettant un suivi dans le temps et dans l'espace des discours accompagnant les politiques publiques urbaines mises en place. La textométrie semble en effet prometteuse – en complément des méthodes classiques – pour identifier les récurrences, ruptures et autres transitions douces invisibles « à l'œil nu ».

Références

- Bourdieu, P., 1986, « L'illusion biographique », *Actes de la recherche en sciences sociales*, vol. 62, n°1, pp.69-72
- Comby, E., 2015a, *Pour qui l'eau ? Les contrastes spatio-temporels des discours sur le Rhône (France) et le Sacramento (Etats-Unis)*, thèse de doctorat, Lyon III
- Comby, E., 2015b, « L'analyse de données textuelles et l'acceptation sociale », in Depraz, S., Cornec, U., Grabski-Kieron, U. (dir.), *Acceptation sociale et développement des territoires*, Lyon, ENS Editions, 265 p.
- Flaminio, S., 2016, « Ruptures spatio-temporelles dans les représentations médiatiques des barrages (1945-2014) », *L'Espace Géographique*, vol. 2, pp. 157-167
- Heiden, S., 2010, "The TXM Platform : Building Open-Source Textual Analysis Software Compatible with the TEI Encoding Scheme", in K. I. Ryo Otoguro (Ed.), *24th Pacific Asia Conference on Language, Information and Computation* - p. 389-398
- Leheis, S., 2011, *La ville et sa rocade. Un projet d'infrastructure au risque du temps long, le cas de Marseille*, thèse de doctorat en urbanisme, Ecole Nationale des Ponts et Chaussées
- Offner, J.-M., 2006, *Les Plans de déplacements urbains*, La Documentation française, 92 p.
- Ultsch, J., 2010, « Les temporalités de l'interface ville-rivière à travers le cas de Saint-Etienne et du Furan », *Géocarrefour*, vol. 85/3, pp. 209-219

Atelier 7

Statistique pour l'analyse des territoires

Analyse géostatistique de la répartition des équipements de loisir sur les littoraux marseillais et niçois

Florian Masse, Samuel Carpentier-Postel, Sébastien Oliveau

Aix Marseille Univ, Univ Nice Sophia Antipolis, Avignon Université, CNRS, ESPACE

Mots-clefs - loisirs, littoral, urbanisation, répartition, concentration, dispersion, semis, ellipses

Les équipements de loisirs peuvent exister sous de multiples formes et leur implantation pose de nombreuses questions : diversité de l'offre, accessibilité, localisation en accord avec l'environnement immédiat, etc. Dans les villes côtières de la Méditerranée, la proximité du littoral implique de fait une barrière, où l'urbanisation ne peut s'étendre, mais aussi des opportunités d'implantations pour des équipements de loisirs spécifiques. Ceux-ci s'ajoutent aux équipements que l'on trouve habituellement dans un espace urbain, soulevant notamment la question de la cohabitation des fonctions récréatives et résidentielles (Robert, 2011).

Considérant que « *l'ensemble des localisations constitue l'organisation de l'espace géographique* » (Bailly, Ferras, Pumain, 1995), nous tenterons de comprendre les logiques de localisation des équipements de loisirs afin de mettre en évidence l'organisation d'un espace qui réponde à ces spécificités littorales et récréatives. En prenant en compte le type de loisir pratiqué, la forme du bâti et l'emprise spatiale de l'équipement comme autant d'éléments qui permettent d'identifier les aménités de loisirs, nous posons les hypothèses suivantes : la dispersion et la localisation des équipements de loisirs varient en fonction de leur intérêt récréatif ; la distance au littoral est un facteur explicatif de la localisation des équipements de loisir.

Aire d'étude et données

PACA est la région française qui présente la plus forte densité de logements dans les communes littorales avec 432 logements/km contre 176 en moyenne pour les régions métropolitaines littorales (Zaninetti, 2006). À cet égard, Marseille et Nice, qui sont les 2^{ème} et la 5^{ème} ville de France en population à l'échelle municipale, voient leurs aménités cumuler la fréquentation par les pratiques quotidiennes mais aussi par le tourisme. La localisation des équipements de loisirs est donc soumise à la fois à la demande locale et à l'attractivité touristique.

Pour analyser les logiques de répartition des équipements de loisir, les données mobilisées proviennent de l'Insee et d'Open Street Map¹. La Base Permanente des Équipements 2014 de l'Insee fournit des informations concernant le secteur des équipements sportif, de loisir et culturels. Il recense 27 types d'équipements différents par communes selon des critères fonctionnels. Ces 27 groupes sont ici agrégés en 5 classes d'équipements en fonction de leurs caractéristiques structurelles que sont leur emprise spatiale, le type de bâti recensé (quand bâti il y a), et le type d'activité pratiqué².

En termes d'équipements balnéaires, la base Insee ne retient cependant que les plages surveillées et les ports réglementés. Afin d'élargir cette base à toutes les plages du littoral et tous les quais servant de port de plaisance, nous utilisons Open Street

1. « OpenStreetMap (OSM) est un projet international fondé en 2004 dans le but de créer une carte libre du monde », openstreetmap.fr

2. Les classes créées sont les structures lourdes, les structures ouvertes, les structures privées, les boucliers et les équipements culturels. 3 Enquêtes Ménages et

Map en complément. Cette plateforme de cartographie participative fournit un relevé alternatif des équipements du territoire français en open data.

Méthode

Choisir d'étudier la localisation des équipements de loisirs à partir de leurs coordonnées (x; y) permet de s'affranchir de leur appartenance à une entité spatiale (par exemple par agrégation à l'échelle communale), ce qui permet d'identifier l'objet « équipement de loisir » en tant que tel. Ce choix permet de ne plus se poser la question de l'homogénéité des formes et des aires (posant la question du MAUP), et de ne plus limiter un équipement à son appartenance administrative. La méthode mise en place ici consiste en une analyse par semis de points. Dans un premier temps, des ellipses standards sont calculées pour chaque type d'équipement (Bacchi, 1957). La forme de l'ellipse, la localisation de son centre de gravité ainsi que les directions de ses rayons donnent des informations quant à la localisation et la dispersion du semis de points (Paynich, Hill, 2013). Comparer les ellipses pour chaque type d'équipement nous permet alors de mettre en évidence différentes logiques de répartitions.

Dans un deuxième temps, nous analysons la répartition des équipements de loisirs en fonction de la distance au littoral. En effet, les ellipses standards mettent en évidence des logiques spatiales relatives à la distance au littoral qui sont ensuite vérifiées en termes de distances moyennes et médianes de chaque type d'équipement à la bande littorale. Confronter moyenne et médiane nous permet d'étudier les logiques de concentration et de dispersion que nous approfondissons par la suite.

Nous complétons finalement la répartition des équipements de loisirs à une autre méthode d'analyse de semis de points, l'analyse du plus proche voisin. Cette technique

est basée sur le calcul d'un indice faisant le rapport entre la distance moyenne observée entre chaque point et son plus proche voisin et la distance moyenne théorique si le semis suit une répartition aléatoire au sens de la loi de Poisson. Nous pouvons par ce biais qualifier le type de répartition (de la concentration à la dispersion en passant par la répartition aléatoire) des équipements de loisirs localisés dans le périmètre des EMD³ des Bouches-du-Rhône et des Alpes-Maritimes, que nous considérerons ici comme les agglomérations marseillaises et niçoises.

Résultats préliminaires et résultats attendus

Par soucis de lisibilité, la carte (figure 1) ne représente les ellipses standards que de 3 types d'équipements : les structures ouvertes, les structures lourdes et les structures privées. On observe tout d'abord une structuration similaire entre les agglomération marseillaise et niçoise en ce qui concerne la position relative des ellipses. Du Nord au Sud, on retrouve, par ordre d'éloignement au littoral, les structures privées, les structures lourdes puis les structures ouvertes. Leur direction est quant à elle similaire dans chaque cas avec les demi-grands axes de l'ellipse (les plus longs) parallèles au littoral. Cela reflète que, dans ces espaces littoraux, la forme de l'urbanisation tend à suivre le trait de côte. Le demi-petit axe des ellipses (le plus court) varie suivant les zones d'études. S'il dépend en partie de la forme des agglomérations, qui est plus « resserrée » pour Nice que pour Marseille, il traduit aussi une concentration plus forte de certains équipements de loisirs en proximité immédiate du littoral. En effet, l'ellipse des équipements ouverts est bien plus fine dans l'agglomération niçoise que dans l'agglomération marseillaise, caractérisant une logique d'implantation plus concentrée. La présence de l'Étang de Berre

3. Enquêtes Ménages et Déplacements : réalisées selon une méthodologie standard CERTU (aujourd'hui CEREMA), ces enquêtes portent sur un échantillon représentatif de la population de l'aire d'étude et recensent les caractéristiques sociodémographiques des ménages, leurs déplacements quotidiens, leurs habitudes d'utilisation des modes de déplacement et leurs opinions sur des thèmes liés aux déplacements.

dans le périmètre de l'agglomération marseillaise, regroupant quelques équipements

balnéaires, est par ailleurs un facteur aggravant de cette différence de dispersion.

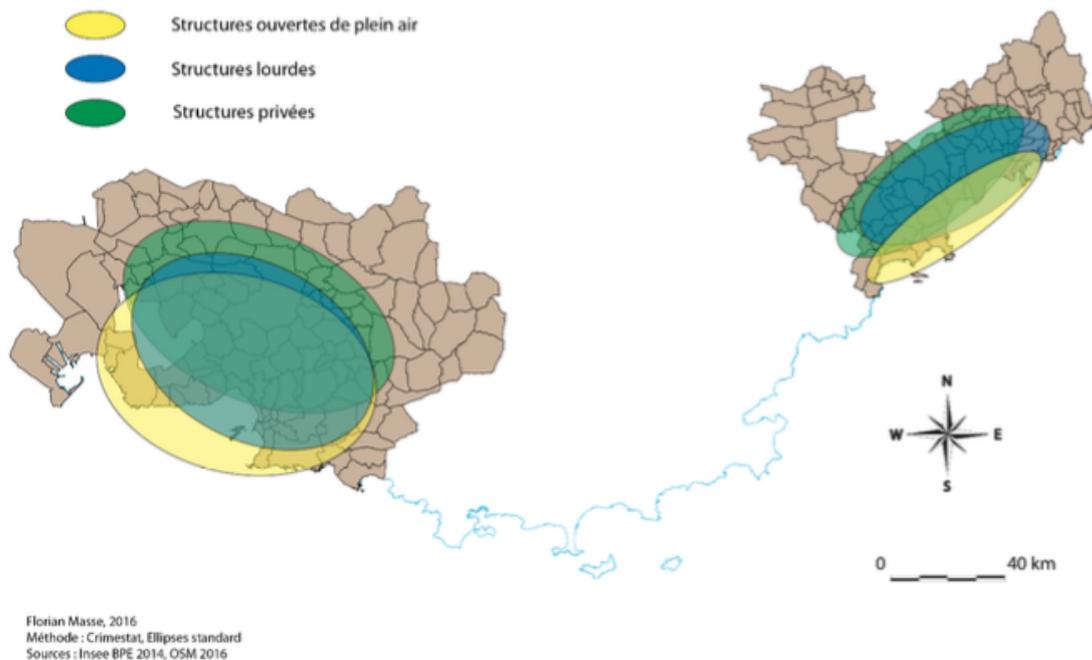


FIGURE 1 – Analyse centrographique des équipements de loisir dans le périmètre des EMD des Bouches-du-Rhône et des Alpes-Maritimes

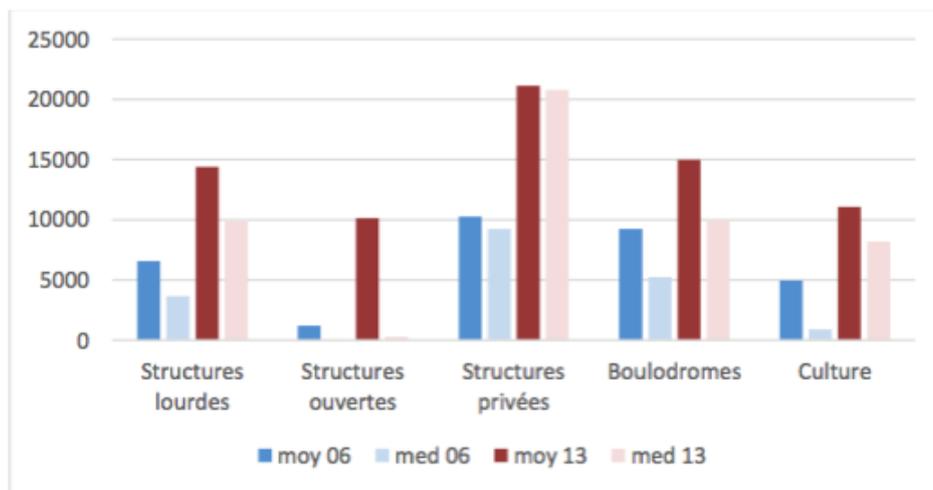
Il découle de cette carte une logique d'implantation commune aux deux zones, avec un gradient Sud-Nord qui distingue les types d'équipements. Pour autant, l'agglomération niçoise présente une plus forte concentration des équipements, quels qu'ils soient, à proximité immédiate du littoral. Pour étayer la consistance de ces gradients de répartition en fonction du littoral, une analyse des distances médianes et moyennes de chaque type d'équipement au trait de côte a été réalisée⁴.

La figure 2 met en évidence des mécanismes de localisation similaires pour tous les types d'équipements. Ils reposent en effet sur le même schéma, un éloignement

moyen plus important dans les Bouches-du-Rhône que dans les Alpes-Maritimes et une médiane plus proche du littoral que la moyenne, ce qui traduit une grande quantité d'équipements répartis sur une bande littorale très resserrée. Les écarts moyens importants entre Marseille et Nice, pour les structures ouvertes, s'expliquent quant à eux par la présence de l'Etang de Berre, qui concentre des équipements balnéaires sans être considéré ici comme un littoral.

Une analyse de variance (ANOVA) nous permet ensuite de valider l'homogénéité statistique de nos classes d'équipements par rapport à la distance au littoral.

4. La distance calculée est une distance à vol d'oiseau.



Sources : Insee BPE 2014, OSM 2016

Florian Masse, 2016

FIGURE 2 – Distances médianes et moyennes des équipements de loisir au littoral (en mètres)

	F observé	F théorique	P-value
Périmètre de l'EMD 06	35,13	2,38	6,27515E-28
Périmètre de l'EMD 13	18,00	2,38	1,36E-14

Sources : Insee BPE 2014, OSM 2016

Florian Masse, 2016

FIGURE 3 – Analyse de variance des types d'équipements en fonction de la distance au littoral

Avec des F observés largement supérieurs au F de la table de Fisher, appuyés par une p-value significative, les résultats confirment alors notre hypothèse qui tentait d'établir un lien entre le type d'équipement de loisir implanté sur un territoire et sa distance au littoral.

Si l'on aborde enfin la répartition spatiale de chaque équipement en fonction de sa

classe d'appartenance, la méthode du plus proche voisin (figure 3) met en évidence des similarités spatiales et des disparités fonctionnelles. En effet, on peut observer que, quel que soit le type d'équipement de loisir, son indice du plus proche voisin reste dans des intervalles de valeur traduisant un certain niveau de concentration pour les deux zones d'étude.

Périmètre de l'EMD 06	Structures lourdes	Boulodromes	Structures ouvertes	Structures privées	Équipements culturels
Distance moyenne observée	194.3	1452.7	617.3	2148.0	1226.5
Distance moyenne théorique	985.6	2115.7	1764.5	3311.4	3495.7
Indice du plus proche voisin	0.20	0.69	0.35	0.65	0.35
p-value	>0.0001	>0.0001	>0.0001	>0.0001	>0.0001
Périmètre de l'EMD 13	Structures lourdes	Boulodromes	Structures ouvertes	Structures privées	Équipements culturels
Distance moyenne observée	138.5	2073.2	1226.6	2107.1	2303.0
Distance moyenne théorique	867.7	2697.0	2327.9	3343.2	3968.5
Indice du plus proche voisin	0.16	0.77	0.53	0.63	0.58
p-value	>0.0001	>0.0001	>0.0001	>0.0001	>0.0001

Sources : Insee BPE 2014, OSM 2016

Florian Masse, 2016

FIGURE 4 – Analyse du plus proche voisin

Cet indice révèle ainsi d'apparentes différences de dispersion par types d'équipements de loisirs. En effet, les structures lourdes présentent la caractéristique d'être particulièrement concentrés. A l'inverse, les bouledromes se singularisent par une répartition largement plus aléatoire. Enfin, les trois autres types d'équipements se situent dans un intervalle proche de la concentration. Ces différences traduisent à la fois des logiques de répartition propres où les structures lourdes sont souvent rassemblées dans des « centres sportifs », mais sont aussi à mesurer précautionneusement car elles dépendent du nombre d'équipements analysés, qui ici peut fortement varier en fonction des types d'équipements. Pour conclure, ces trois analyses mettent en évidence des logiques d'implantations différentes pour les équipements de loisirs, qu'ils soient situés autour de Nice ou de Marseille. En effet, un gradient littoral/arrière-pays se dégage, sur les deux terrains d'étude, où chaque type d'équipement de loisir se succède, posant la question de la mixité entre ceux-ci. Ceci étant, la proximité au littoral semble bien plus intense à Nice, il serait alors intéressant d'aborder la perspective d'une analyse similaire, qui soit cette fois pondérée par la population résidant autour de chaque équi-

pement. Cette analyse pose aussi la question de la fréquentation des littoraux qui attirent d'une part des populations résidentes et des touristes et exacerbent les problématiques de préservations d'espaces remarquables et de possibles sur-fréquentation dans des zones fortement urbanisées.

Références

- BACHI R., 1957, «Statistical Analysis of Geographical Series», *Bulletin de l'Institut international de Statistique*, n°36, p. 229-240.
- BAILLY A., FERRAS R., PUMAIN D., 1995, *Encyclopédie de la Géographie*, Economica, 1168 p.
- PAYNICH R., HILL B., 2013, *Fundamentals of Crime Mapping*, Jones Bartlett Learning, 620 p.
- ROBERT S., 2011, "Cartographier la visibilité de la mer pour la gestion d'un littoral : une expérimentation sur la Côte d'Azur", *L'espace géographique*, 2011/3, Tome 40, p. 215- 230.
- ZANINETTI J. -M., 2006, « L'urbanisation du littoral en France », *Population et Avenir*, n°677, p. 4-8.

La valorisation des densités urbaines, une approche par l'économie des choix de localisation

Marion Girard

Université Paris Est – LVMT UMR T 9403 – IFSTTAR¹

Docteur en Sciences Économiques
Laboratoire d'Économie de Dijon (LEDi)

Mots-clefs - densités urbaines, choix résidentiels, Économie Urbaine, modèle hédonique spatial, Grand Dijon

Depuis les années 1990 et la prise en compte des enjeux de réchauffement climatique et d'épuisement des ressources énergétiques, les formes urbaines sont les phénomènes qui symbolisent à la fois les problèmes et les solutions relatifs à ces enjeux. Comme l'illustrent les travaux de Newman et Kenworthy (1989), les villes nord-américaines étalées et peu denses, sont fortement consommatrices d'énergie comparées aux villes asiatiques, très concentrées et peu énergivores. La mobilité et la consommation d'espaces des villes interrogent les formes de l'étalement urbain tandis que la densité apparaît aujourd'hui comme un critère phare de la Ville Durable tant recherchée par les décideurs publics.

Ainsi, deux modèles urbains s'opposent : celui de la Ville Étendue et celui de la Ville Compacte. Le premier est le modèle observé actuellement dans la plupart des villes occidentales. La Ville Étendue découle d'un mouvement de migrations résidentielles centrifuges amorcé dans les années 1960. Spatialement, ce phénomène s'est traduit par une expansion de l'urbanisation vers des terres naturelles et agricoles, généralement sous une forme fragmentée et peu dense, très consommatrice de sols (Galster et al. 2001). Caractérisés par un éloignement géographique des pôles d'emploi et de consommation, et par la monofonctionnalité des espaces (Ewing 2002), les territoires périurbains sont associés à une mobilité très énergivore : les déplacements y sont longs, fré-

quents et quasi exclusivement effectués en automobile personnelle (Kahn 2000 ; 2006). De fait, la Ville Étendue ne semble aujourd'hui plus viable d'un point de vue environnemental et la Ville Compacte se présente comme un modèle urbain capable de répondre à ses limites. La compacité est un trait spatial caractéristique de la Ville Durable visant à contenir l'urbanisation (Beaucire 1994). En limitant la taille de la ville et en favorisant la mixité fonctionnelle des espaces, la Ville Compacte entend rapprocher les individus des lieux qu'ils fréquentent quotidiennement (lieu d'emploi, de consommation ou de loisirs) et ainsi réduire leurs déplacements.

Pour autant, le taux de croissance annuel de la population urbaine est encore aujourd'hui positif : le nombre de citadins a augmenté de 2,1 % dans le monde en 2015, de 1% dans les pays d'Amérique du Nord et de 0,6% dans l'Union Européenne¹. Ainsi, la Ville Compacte doit concilier deux objectifs antagonistes : accueillir toujours plus d'habitants sans avoir recours à de nouvelles ressources foncières. Elle se réalise donc au travers d'une intensification de l'usage des sols, soit une augmentation de la densité dans les espaces urbains. Ce nouveau modèle urbain prôné par les instances publiques interroge sur les représentations de la densité et son acceptabilité par la société.

Si de nombreuses disciplines telles que la géographie, la sociologie ou l'urbanisme, se sont d'ores et déjà emparées des thé-

1. Données de la Banque Mondiale pour l'année 2015

matiques associées à la densité urbaine, son étude en économie reste marginale. Dans la majorité de ces travaux, la densité n'est généralement intégrée qu'au travers de ses impacts sur les effets d'agglomération recherchés par les entreprises. Elle n'est que rarement relative aux ménages et à leur environnement de vie. Pourtant, les théories de l'Économie Urbaine traitant des choix de localisation résidentielle apportent des éclairages pertinents pour les politiques d'aménagement visant la densification de l'espace urbain. En effet, les modèles de microéconomie urbaine nous permettent d'identifier les principaux déterminants de la localisation résidentielle des ménages et les attributs spatiaux valorisés par ceux-ci. Ces modèles nous permettent notamment de comprendre quels arbitrages conduisent à une organisation spatiale dense et dans quels cas la densité est acceptée voire valorisée par les individus.

Dans un premier temps, nous relevons l'arbitrage standard effectué par les agents qui oppose distance à l'emploi et taille du logement (Alonso 1964; Mills 1972; Muth 1969). Les caractéristiques des territoires constituent également des déterminants du choix résidentiel. Ces derniers sont relatifs aux aménités spatiales (Brueckner, Thisse, et Zenou 1999), aux externalités de voisinage (Fujita 1989) ou à l'âge du bâti (Rosenthal 2008, Brueckner et Rosenthal 2009)). Enfin, nous considérons les rares modèles qui intègrent directement la densité dans les arbitrages individuels. Ces modèles nous permettent d'appréhender les conditions d'acceptabilité et de valorisation des densités urbaines. Nous retenons alors deux hypothèses principales tirées de la littérature théorique d'Économie Urbaine :

- La densité perçue au travers du bâti est une caractéristique spatiale dévalorisée par les individus, ces derniers exprimant une préférence pour les espaces peu denses et ouverts (Wu, Adams, et Plantinga 2004) ;
- La densité en tant que vecteur d'interactions sociales est recherchée et valorisée par les ménages, elle faci-

lite et amplifie les échanges entre individus (Beckmann 1976).

Nous testons ces deux hypothèses en mobilisant la méthode d'évaluation des prix hédoniques appliquée aux logements. Cette méthode d'estimation consiste à régresser le prix total d'un bien immobilier sur chacune de ses caractéristiques afin d'en évaluer la valeur marginale. Nous mobilisons pour cela la base des transactions immobilières Perval constituée de plus de 4400 observations réparties sur l'agglomération du Grand Dijon. Afin de caractériser finement chaque logement, nous considérons ses caractéristiques structurelles (surface, nombre de pièces...) et environnementales. L'environnement résidentiel d'un logement est décrit à la fois par ses caractéristiques sociales (composition sociale du voisinage), ses attributs spatiaux (présence d'aménités) et des données de distances relatives (distance aux pôles d'emploi principal et secondaires). La valorisation de la densité est estimée au travers de deux variables construites pour l'étude. La première est relative à la hauteur du bâti dans le voisinage immédiat du logement et retranscrit la valorisation de la densité perçue depuis l'habitat. La seconde variable consiste en un ratio de densité net autour du logement, retranscrivant le potentiel d'interactions locales. L'utilisation d'un ratio de densité net permet une mesure plus juste de l'intensité de l'occupation de l'espace en ne considérant que le sol urbanisé à usage résidentiel.

Les variables relatives aux attributs structurels du logement – variables intrinsèques – sont tirées de la base de données Perval. Les variables décrivant l'environnement résidentiel du logement – variables extrinsèques – mobilisent des données tirées des recensements INSEE de 2012 ainsi que des données géoréférencées (BD Topo). À l'aide de Systèmes d'Information Géographique (SIG) et pour chaque observation, nous localisons les attributs spatiaux à proximité des logements (aménités vertes et patrimoniales) ; nous construisons une variable d'accessibilité au réseau de transport en commun ; nous mesurons la distance aux pôles d'emploi et nous calculons le ratio de

densité net autour de chaque transaction immobilière.

L'estimation de la valeur marginale de chaque caractéristique des biens immobiliers est réalisée par les méthodes et outils de l'économétrie spatiale. En considérant que le logement est un bien ancré dans son espace, l'étude des données immobilières soulève l'enjeu du traitement de l'autocorrélation spatiale (Le Gallo 2002). En effet, les logements proches spatialement interagissent entre eux : on constate un phénomène de diffusion des prix immobiliers ainsi qu'une similitude des caractéristiques structurelles des biens (des logements construits à la même période et proches spatialement sont généralement semblables) (Srikhum 2012). Nous mobilisons donc les méthodes de l'économétrie spatiale afin de contrôler ces interdépendances. De même, ces techniques nous permettent d'appréhender l'hétérogénéité spatiale des comportements économiques : un attribut d'un bien ne sera pas valorisé de la même façon sur deux territoires distincts. Compte tenu de ces enjeux méthodologiques, nous estimons dans un premier temps notre modèle hédonique suivant une spécification Spatial Durbin prenant en compte les différentes formes d'autocorrélation spatiale. Dans un second temps, nous testons l'hypothèse d'hétérogénéité spatiale. En supposant l'existence d'externalités de voisinage, nous segmentons notre échantillon suivant quatre classes distinguées par le statut socio-économique des voisins.

Les résultats de nos estimations apportent des éclairages pertinents pour les politiques d'aménagement urbain visant la compaction des villes. Tout d'abord, nous montrons que la densité perçue au travers de la hauteur du bâti est dévalorisée par les individus ; elle contribue à diminuer le prix des biens. Ce résultat confirme l'hypothèse émise par Wu et al. (2004) selon laquelle les individus préfèrent les espaces ouverts et peu denses. De plus, nous montrons que la valorisation de la densité en tant que vecteur d'interactions sociales dépend du statut socio-économique du voisinage. En pré-

sence d'un voisinage « défavorable », la densité déprécie la valeur des logements. En revanche, elle semble être valorisée en présence d'un voisinage « avantageux » source d'externalités positives. Ainsi, la densité apparaît comme un déterminant direct des choix de localisation lorsqu'elle est relative à la densité perçue en termes de bâti et lorsqu'elle génère des externalités de voisinage négatives. Ces résultats posent évidemment question au regard de l'objectif de mixité sociale affiché par le modèle de Ville Durable tant recherché par les décideurs publics. En guise de conclusion, et toujours suivant nos résultats empiriques, nous mettons en avant l'importance de la qualité des logements dans le choix résidentiel des ménages. En effet, la mise à disposition de logements à haut niveau de service résidentiel pourrait potentiellement compenser un environnement urbain dense peu désiré par les individus.

Références

- Alonso, William. 1964. « Location and Land Use. Toward a General Theory of Land Rent. », 204 pp.
- Beaucire, Francis. 1994. « Transports urbains ». *La Documentation Française*, Ville et environnement, de l'écologie urbaine à la ville durable, no 84.
- Beckmann, Martin J. 1976. « Spatial Equilibrium in the Dispersed City ». In *Environment, Regional Science and Interregional Modeling*, édité par Manas Chatterji et Paul Van Rompuy, 132-41. Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems 127. Springer Berlin Heidelberg.
- Brueckner, Jan K., et Stuart S. Rosenthal. 2009. « Gentrification and Neighborhood Housing Cycles : Will America's Future Downtowns Be Rich ? » *Review of Economics & Statistics* 91 (4) : 725-743.
- Brueckner, Jan K., Jacques-François Thisse, et Yves Zenou. 1999. « Why is central Paris rich and downtown Detroit poor ? : An amenity-based theory ». *European Economic Review* 43 (1) : 91-107.

- Ewing, Reid. 2002. « Measuring Sprawl and Its Impact ». In . Smart Growth America.
- Fujita, Masahisa. 1989. *Urban Economic Theory, Land Use and City Size*. Cambridge University Press.
- Galster, George, Royce Hanson, Michael R. Ratcliffe, Harold Wolman, Stephen Coleman, et Jason Freihage. 2001. « Wrestling Sprawl to the Ground : Defining and measuring an elusive concept ». *Housing Policy Debate* 12 (4) : 681 ?717.
- Kahn, Matthew E. 2000. « The Environmental Impact of Suburbanization ». *Journal of Policy Analysis and Management* 19 (4) : 569 ?86.
- . 2006. *Green Cities. Urban growth and the Environment*. Brookings Institution Press.
- Le Gallo, Julie. 2002. « Économétrie spatiale : l'autocorrélation spatiale dans les modèles de régression linéaire ». *Economie & prévision* 155 (4) : 139 ?57.
- Mills, E.S. 1972. *Studies in the structure of the urban economy*. John Hopkins University Press.
- Muth, Richard F. 1969. *Cities and housing : the spatial pattern of urban residential land use*. University of Chicago Press.
- Newman, P. G., et J. R. Kenworthy. 1989. *Cities and automobile dependence : an international sourcebook*.
- Rosenthal, Stuart S. 2008. « Old homes, externalities, and poor neighborhoods. A model of urban decline and renewal ». *Journal of Urban Economics* 63 (3) : 816 ?40.
- Srikhum, Piyawan. 2012. « Statistiques spatiales et étude immobilière ». Université Paris Dauphine.
- Wu, JunJie, Richard M. Adams, et Andrew J. Plantinga. 2004. « Amenities in an Urban Equilibrium Model : Residential Development in Portland, Oregon ». *Land Economics* 80 (1) : 19 ?32.

AGGLOMÉRATION ET LUTTE CONTRE LA DÉLINQUANCE : COMMENT MESURER LA LUTTE CONTRE LA DÉLINQUANCE À L'ÉCHELLE DES ZUS DE FRANCE MÉTROPOLITAINE ?

Justin Emery^{1,3}, Sonia Bellit², Cécile Détang-Dessendre³, Lionel Védrine³

Laboratoire ThéMA

UMR 6049 CNRS - Université Bourgogne Franche-Comté¹

ONDRP (Observatoire National de la Délinquance et des Réponses Pénales), Paris²

CESAER, AgroSup Dijon, INRA³

Mots-clefs - Analyses spatiales, Délinquance, Emploi, Politique de sécurité, Politiques urbaines, Zones Urbaines Sensibles

CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

En France, peu d'études ont été menées sur le couple emploi-délinquance à une échelle spatio-temporelle fine. On peut, néanmoins, relever quelques études menées à l'échelle des départements français étudiant, par exemple, les effets du chômage sur la délinquance des jeunes (Fougères et al., 2009), ou une étude de l'accroissement de la délinquance en lien avec le marché de l'emploi menée sur plusieurs pays européens (Tranaes, 2015). Par ailleurs, on peut relever que l'impact des crises économiques majeures, comme par exemple, la crise du phylloxera au cours du XIX^e siècle (Bignon et al., 2015), joue un rôle majeur à la fois sur l'activité économique et sur le taux de délinquance mesuré. Dans ce sens, ces différentes études montrent que, non seulement, le contexte économique, mais aussi l'accessibilité à l'emploi sont des leviers d'actions majeurs pour lutter contre la délinquance.

De plus, les études sur la délinquance se sont intéressées aux effets conjoints des politiques publiques de lutte contre la criminalité et à l'étude de la place des interactions sociales. Ces dernières montrent que la criminalité ou la délinquance sont plus spécifiquement des phénomènes urbains. C'est pourquoi, nous souhaitons tes-

ter à l'échelle des ZUS (Zones Sensibles Urbaines) de France métropolitaine, les conclusions mises en avant par Caigné et Zenou (2015) qui montrent que :

- le taux de délinquance est croissant avec la taille des villes ;
- l'accès aux emplois diminue la délinquance à court terme mais peut aussi l'augmenter à long terme ;
- l'amélioration de l'accès à l'emploi améliore l'efficacité de la police en matière de sécurité sur la délinquance.

Pour cela, notre approche repose sur l'interaction entre les politiques menées en matière de sécurité et d'emploi en combinaison d'un recensement des taux de délits et de délinquances à l'échelle des ZUS. L'objectif est de combiner un vaste ensemble de zonages spatiaux reliés à ces données en vue de proposer un premier état de lieux ainsi qu'une première typologie spatiotemporelle des ZUS de France métropolitaine. Les problématiques de ce travail sont alors de plusieurs ordres :

- Comment caractériser spatialement les politiques d'emplois et de sécurité sur la délinquance à une échelle fine ?
- Comment fournir une évaluation temporelle de celles-ci ?
- Comment traiter des effets conjoints des politiques d'emploi et de sécurité

en s'appuyant sur différents référentiels spatiaux ?

DONNÉES ET MÉTHODES

Données spatiales pour caractériser les politiques urbaines à l'échelle des ZUS

Pour tester empiriquement ces différentes problématiques de travail, il est nécessaire d'identifier les zonages d'études adéquats à notre problématique. Pour commencer, les ZUS constituent l'unité spatiale de référence de notre étude. Elles correspondent à des zonages définis par décret, depuis 1993, et qui se caractérisent « *par la présence de grands ensembles ou de quartiers d'habitat dégradé et par un déséquilibre accentué entre l'habitat et l'emploi* » (DIV, 2003). Nous nous sommes, ensuite, concentrés sur des zonages spatiaux, transmis par l'intermédiaire du CGET (Commissariat Général à l'Égalité des Territoires), qui impactent les politiques urbaines à l'échelle des ZUS en termes d'emploi et de sécurité. À ce niveau, on peut regretter le manque de données détaillées en libre accès restreignant alors nos choix à quelques zonages types dont nous en décrivons les caractéristiques ci-dessous :

- Les QP (*Quartiers Prioritaires*), créés en 2014, ces zonages ont pour vocation de simplifier les zonages et les périmètres d'intervention de la politique de la ville. La définition des QP se « base sur un critère unique, celui du revenu [...] les nouveaux quartiers viennent ainsi se substituer aux ZUS pour les avantages réglementaires et aux anciens quartiers Cucs1 pour les crédits spécifiques de la politique de la ville » (Darriau et al., 2014)
- Les ZFU (*Zones Franches Urbaines*) constituent notre périmètre de référence pour analyser l'impact des politiques d'emploi à l'échelle des ZUS. Ce sont des périmètres créés au sein des quartiers défavorisés dans

le cadre du développement économique (deux générations de ZFU ont été créées : la 1^{ère} créée en 1996 et la 2^{de} créée en 2004). Au sein de ces zonages, les entreprises qui génèrent une main d'œuvre locale bénéficient d'avantages fiscaux.

- Les ZSP (*Zones de Sécurité Prioritaires*) sont définies par le ministère de l'intérieur, elles correspondent à des périmètres bénéficiant d'un renforcement des forces de polices. Tout comme les ZFU, pour l'emploi, les ZSP constituent le périmètre de référence pour apprécier les politiques en matière de sécurité. Créées en 2012, les ZSP ont été définies par trois vagues successives : en Juillet 2012 (15 ZSP), en Novembre 2012 (49 ZSP) et en Décembre 2013 (16 ZSP).

Des données temporelles originales pour mesurer la délinquance

Parallèlement à ces différents zonages rattachés au ZUS, des données sur les faits de délinquances ont été collectées à l'échelle de chaque ZUS. En France, les statistiques officielles sur la criminalité sont produites par les services de polices dont l'accès à une échelle fine demeure restreint et ont été communiquées par le SSMSI (Service Statistique Ministériel de la Sécurité Intérieure). Nommées « État 4001 », ces statistiques permettent de fournir une mesure de la délinquance à une échelle relativement fine du territoire (les commissariats). Avec les enquêtes de victimisation, elles constituent les seules données françaises disponibles pour quantifier la délinquance à une échelle locale et sur une période relativement longue (dans notre cas de 2004 à 2013). L'État 4001 est structuré autour de 107 index correspondant à différents types d'infraction et dont seulement 34 index sont transmis à l'échelle des ZUS. Au sein de l'État 4001, deux grand types d'infractions sont recensée : les atteintes aux personnes et les atteintes aux biens (SIGV, 2010). Les difficultés liées à la manipulation de

l'État 4001 se situent au niveau de la comptabilisation des crimes et délits qui s'appuient sur des unités de comptes (victime, procédure, plaignant, infraction,...). C'est pourquoi, un prétraitement de ces données est préalablement nécessaire (réagrégation, traitement des valeurs aberrantes et manquantes, filtrage des données...).

La dernière phase du travail vise à intégrer ces différentes sources de données (spatiales et temporelles) sous un même système de gestion de base de données permettant, d'une part, de caractériser les ZUS en

lien avec les différents zonages mis en place, et d'autres part, de proposer une mesure du taux d'infractions en lien avec les données État 4001. Par ailleurs, les caractéristiques socio-économiques des ZUS sont aussi intégrées au SGBD en exploitant les données du recensement général fournies par l'INSEE. Une fois, l'ensemble des bases de données misent en place et structurées, l'ensemble est intégré via le système d'information géographique QGIS et le SGBD associé SQLite comme illustré au sein du schéma ci-dessous :

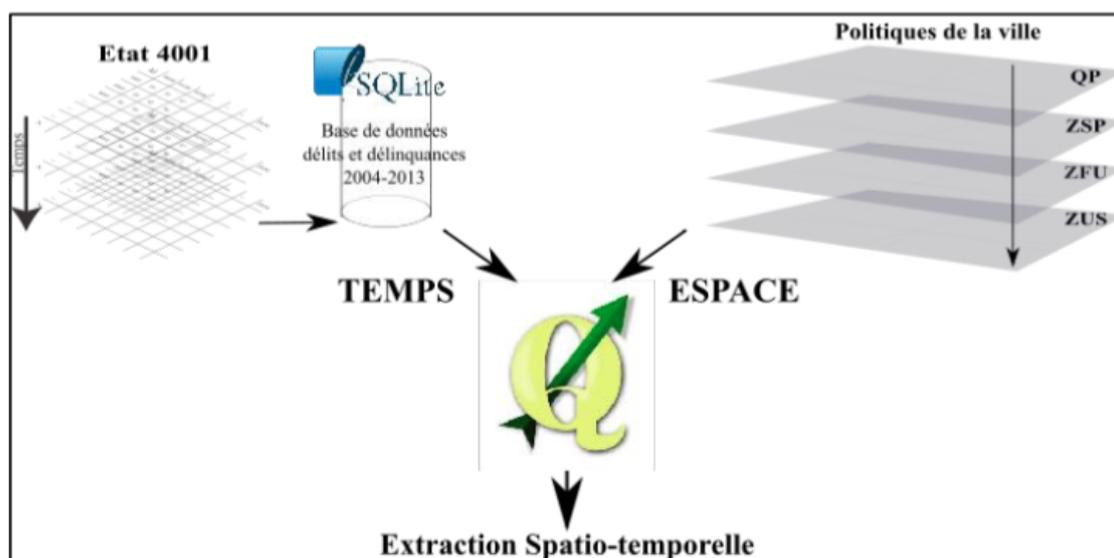


FIGURE 1 – Schéma d'intégration des zonages de politiques de la ville et de l'État 4001

RÉSULTATS ATTENDUS

Cette proposition de communication sera l'occasion de présenter les premiers résultats réalisés à partir d'une source de données originale qui est l'État 4001. De surcroît, la souplesse du SGBD employé doit nous permettre de fournir une visualisation spatio-temporelle des ZUS sur la période 2004-2013 en vue d'apprécier l'impact des politiques urbaines sur les taux délinquances recensés à travers l'État 4001. Trois typologies seront alors présentées et sont en cours de réalisation et de finalisation :

- Une typologie des ZUS en combinaison de leurs caractéristiques socio-

économiques et de leurs intégrations, ou non, au sein des différents périmètres cités précédemment (QP, ZFU, ZSP) ;

- Une typologie des ZUS en combinaison des données de délits et délinquances comptabilisées à partir de la base « État 4001 » ;
- Une typologie synthétique des ZUS issues des analyses de typologies précédentes afin de fournir une photographie des politiques menées en matière d'emploi et de sécurité.

Enfin, ces premiers traitements s'inscrivent dans un contexte plus large visant à étudier le rôle de l'accessibilité à l'emploi et de la politique de sécurité sur la délinquance

dans le cadre de l'économie urbaine.

Références

Bartik, T.J. (1991) "Boon or Boondoggle? The Debate Over State and Local Economic Development Policies", Upjohn Press Book Chapters.

Bignon, V., Caroli, E., & Galbiati, R. (2012). Stealing to survive : crime and income shocks in 19th century France. Available at SSRN : <https://ssrn.com/abstract=2012989>.

Darriau et al. (2014) Valérie Darriau, Marylène Henry, Noémie Oswald) « Politique de la ville en France métropolitaine : une nouvelle géographie recentrée sur 1 300 quartiers prioritaires », France, portrait social - Insee Références - Édition 2014, <https://www.insee.fr/fr/statistiques/1288521?sommaire=1288529>

Délégation interministérielle à la ville (DIV) (2003) « Historique législatif des ZUS – ZRU – ZFU », Thématiques : Politique de la ville généralités, iVille : base

documentaire de la politique de la ville : <http://i.ville.gouv.fr/iville.php/referenc/2034/historique-legislatif-des-zus-zru-zfu>

Fougère, D., Kramarz, F., & Pouget, J. (2009). Youth unemployment and crime in France. *Journal of the European Economic Association*, 7(5), 909-938.

Gagné, C., Zénou, Y. (2015). Agglomeration, city size, and crime. *European Economic Review*, 62-82. DOI : 10.1016/j.eurocorev.2015.08.014 <http://prodinra.inra.fr/record/323615>

Tranaes, T. (2015). Active labor market policies and crime. *IZA World of Labor*.

SIGV, 2010, « Crimes et délits constatés : Indicateurs de l'Observatoire national des zones urbaines sensibles disponibles sur le SIG Ville », Indicateurs de l'Etat 4001 diffusés sur le SIG Ville : Document MAJ 2010, (Ministère de l'Intérieur, de l'Outre mer et des collectivités territoriales) : http://sig.ville.gouv.fr/uploads/doc/Indicateurs_Etat4001_SIGVille_20100520.pdf

L'espace, une dimension occultée par les institutions judiciaires ou la restriction de son appréhension à la seule organisation de la carte judiciaire

Etienne Cahu¹, Paul Cahu²

UMR CNRS 6266 IDEES

Université de Rouen. Département de géographie.¹

Docteur en Sciences économiques Économiste indépendant²

etienne@cahu.fr

paul@cahu.fr

Mots-clefs - Justice pénale, carte judiciaire, procureur de la République, accessibilité, juridiction.

Lors de la réforme de la carte judiciaire (c'est-à-dire de l'organisation des différentes juridictions) proposée par R. Dati en 2007, les lignes d'affrontement historiques se redessinent entre les adeptes d'une concentration des juridictions au nom de la rationalité budgétaire et les tenants d'un maillage moins polarisé revendiquant le droit à l'égalité d'accès des citoyens à la justice. Cette confrontation peut se lire comme une lutte entre deux conceptions de la justice assez exclusives l'une de l'autre. La première défend une justice comme métagarant du social dans un rapport vertical au citoyen tandis que la seconde appelle de ses vœux une justice plus opératrice du social dans une horizontalité avec le citoyen (Commaille J., 2000). Ces clivages réapparaissent avec l'arrivée de la Gauche au pouvoir et la volonté de C. Taubira de procéder à un réexamen de la situation de 8 des 22 Tribunaux de Grande Instance (TGI) supprimés par la précédente réforme. Cette confrontation sur la carte judiciaire qui semble d'ailleurs relever pour une grande part de dogmatisme plus que d'empirisme, peine à cacher l'occultation de toute dimension spatiale dans la réflexion sur les institutions judiciaires.

Et pourtant, c'est bien à un défi géographique de taille qu'est soumise l'administration de la justice en France. Elle se doit,

en effet, de résoudre l'apparente contradiction entre la proclamation de lois uniformes sur le territoire national et la territorialisation des populations. Elle a ainsi pour mission essentielle de concilier les exigences d'indivisibilité et d'égalité proclamées par la République avec la pluralité des territoires. Magnifique paradoxe scalaire enraciné dans l'humanité de la justice, c'est-à-dire dans une réponse non mécanique prenant en compte les différences territoriales qu'elles soient culturelles, économiques ou sociales, aux échelles plus grandes.

Peut-on parler d'a-topie de l'espace dans la réflexion sur le rendu de justice pénale en France ?

Dans un premier temps, nous montrons l'occultation de la dimension spatiale dans la réflexion sur les institutions judiciaires, en faisant l'inventaire des données statistiques à disposition. Cet oubli explique en grande partie l'absence totale d'investissement de la discipline géographique dans l'analyse des institutions judiciaires. Puis, après avoir rappelé brièvement les débats historiques que les transformations de la carte judiciaire ont entretenus et qui semblent être les seules réflexions spatiales dans le domaine judiciaire, nous essaierons de dépasser le dogmatisme politique pour essayer de trancher, quantitativement, de la pertinence de la carte ju-

diciaire sur l'accessibilité des juridictions pour les justiciables. Enfin, nous relativiserons l'a-topie de l'espace (littéralement le « non-lieu » de l'espace) dans les institutions judiciaires françaises en éclairant les pratiques des procureurs de la République pour réduire les distances. Cette approche qualitative permet de mettre en évidence le rôle de passeurs scalaires que peuvent jouer ces acteurs judiciaires.

Une vacuité des statistiques, symbole de l'a-topie de l'espace

Certes, la Chancellerie scrute aujourd'hui les chiffres des juridictions et confie au procureur général la mission de « coordonne [r] l'action des procureurs de la République tant en prévention qu'en répression »¹. Le procureur général réunit donc les procureurs de la République des différents TGI présents dans le ressort (= territoire) de la Cour d'appel et s'appuyant sur les chiffres des juridictions et les comparant entre elles, peut développer une approche géographique. Or, cette comparaison s'avère être un jeu de dupe tant il est difficile de travailler toutes choses égales par ailleurs à cause de la faiblesse des données spatialisées et de leurs possibles croisements avec d'autres variables.

- L'a-topie de l'espace dans le raisonnement judiciaire en France provient en premier lieu des **problèmes de concordance des maillages judiciaire et administratif qui gênent le croisement des données judiciaires et socio-économiques**, calculées par l'INSEE (voir figure 1). En effet, si plus de la moitié des départements n'accueille qu'un tribunal de grande instance, l'aire de compétence des autres est partagée entre plusieurs juridictions (le record est détenu par le Nord qui héberge cinq sièges de TGI). Les 2/3 des juridictions doivent soit faire appel à l'INSEE pour leur communiquer les

chiffres des différents cantons qu'il suffit dès lors d'agréger, soit, faute de temps ou de motivation, se passer de chiffres précis et tâtonner dans leurs politiques pénales.

- Outre ces obstacles qui rendent complexe l'obtention de données et donc le broissage du tableau socio-économique des ressorts des tribunaux, il est, aujourd'hui, **très difficile de descendre à une échelle infra-juridictionnelle**. Ainsi, on ne peut, à travers les seuls chiffres judiciaires, connaître des informations sur les prévenus ou sur les plaignants (sexe, âge, nationalité, niveau d'étude...) et notamment sur leur lieu d'habitation. Cette absence de données pose trois difficultés méthodologiques :
 - l'impossibilité d'une analyse du **degré de sévérité des tribunaux à l'échelle infra-juridictionnelle**. Une réflexion géographique dans le domaine purement statistique doit donc se résoudre à travailler presque exclusivement à l'échelle des TGI.
 - la complexité d'une comparaison inter-juridictionnelle des politiques développées : celle-ci doit en effet **prendre en considération la population du ressort et ses caractéristiques** car les TGI ont des tailles et des structures très disparates (les TGI de Paris et de Millau ont en charge respectivement une population de 2,2 millions et de 70 000 personnes). De même, le niveau de richesse, le taux de chômage, l'ouverture culturelle sont très différents d'une juridiction à l'autre.
 - La difficulté de travailler ceteris paribus, c'est-à-dire toute chose égale par ailleurs. Pour cela, il faudrait **être sûr que chaque juridiction fonctionne quasi-**

1. Circulaires du 19 septembre 2012 et du 31 janvier 2014.

ment en vase-clos, sans être affectée par des flux émanant d'une juridiction extérieure. Il faudrait être assuré que les gens qui sont jugés pour des infractions dans un TGI proviennent bien de ce même TGI et qu'il n'y a ainsi pas de phénomène de déport sur une juridiction voisine. Un tel mécanisme, s'il s'avérait massif, viendrait en effet ruiner la comparaison entre les différents tribunaux.

- **Cassiopée, voie de salut pour la justice et pour l'analyse géographique des institutions judiciaires ?** Dès le début 2000, la Chancellerie insuffle la création d'un nouveau système d'information à partir des bases de données des juridictions gérées par le logiciel Cassiopée. Ce processus de centralisation des informations judiciaires doit permettre de relier entre eux les différents services tout au long du système pénal, de l'enregistrement des affaires et de leur orientation sous la responsabilité du parquet, à leur instruction et leur jugement jusqu'à l'exécution des peines. Cela s'avérait être une voie de salut pour l'acteur judiciaire qui pourrait prendre un peu de recul sur ses actions et les comparer à celles des juridictions voisines mais également pour le géographe qui en exploitant le nouveau champ « code postal » pourrait appréhender le système judiciaire à toutes les échelles. Malheureusement, ce logiciel est pour l'instant une voie sans issue car **l'enjeu d'une telle entreprise a été mal explicité, notamment auprès du greffe qui délaisse le remplissage de nombreux champs dont celui du code postal.**

Ainsi, on pourrait conclure, dans un premier temps, sur l'a-topie de l'espace dans la réflexion judiciaire. On peut d'ailleurs affirmer que la question du maillage judiciaire et donc de l'organisation optimale de la

distribution des tribunaux occulte presque toute autre réflexion spatiale dans le domaine de la justice aujourd'hui en France.

2. Une appréhension de l'espace restreinte à l'organisation de la carte judiciaire

La rénovation de la carte judiciaire imposée par R. Dati en 2009 connaît un nouveau toilettage avec l'arrivée de C. Taubira au ministère de la Justice en 2012. La figure 2 met en lumière les grandes transformations : certains TGI accueillent des chambres détachées et des guichets uniques de greffe tandis que les TGI de Tulle, de Saumur et de Saint-Gaudens renaissent de leurs cendres. C. Taubira appuie sa décision de rouvrir ces trois TGI notamment sur les travaux de J. Creusat et T. Ferré (2013) qui mettent en valeur (figure 3), en utilisant le logiciel Odomatrix, qu'une part bien plus importante de la population de ces anciens ressorts, se trouve avec la réforme Dati, à une distance jugée dissuasive (80 minutes) de leur nouveau TGI de référence. L'accessibilité au système judiciaire est donc l'argument primordial de la garde des Sceaux qui s'inscrit ainsi pleinement dans une opposition multiséculaire entre les partisans de la rationalité financière et les partisans de l'égalité. Or, cette dialectique s'avère très dogmatique et il nous faut trancher quantitativement cette question en trouvant les moyens de tester l'incidence réelle de la distance des tribunaux sur l'accès des justiciables à la justice. Nous vérifions si la distance d'un prévenu à son TGI de référence a une influence sur sa propension à ne pas se présenter devant les tribunaux quand elle y est convoquée. Pour cela, nous compilons, à l'échelle des juridictions, des données :

- relatives aux justiciables condamnés (ventilées par le casier judiciaire) à savoir les jugements contradictoires à signifier (CAS). Un jugement est étiqueté CAS quand le prévenu ne s'est pas déplacé pour assister à l'audience. Ces jugements représentent environ 11,5 % des condamnations prononcées en France pour délit

entre 2000 et 2009 et nous travaillerons sur le temps de la décennie, afin d'éviter les risques d'exceptionnalité.

- relatives à la part des justiciables résidant à plus de 50, 75 ou 100 kilomètres (spécification 1, 2 ou 3) et à plus de 45, 60 et 75 minutes du siège de TGI en heure de pointe (spécification a, b et c). Ces données sont obtenues grâce au logiciel Odomatrix mis gracieusement à notre disposition par son concepteur, M. Hilal. Nous nous appuyons sur la répartition de la population proposée par l'INSEE entre 2004 et 2009.

La corrélation entre le taux de non-présentation et la distance au tribunal, déduite du R2 du modèle est très faible – de l'ordre de 0,1 au mieux (figure 4). Quelle que soit la spécification adoptée (distance physique ou distance temporelle), l'hypothèse d'une relation statistique entre le taux de non-présentation et la distance est rejetée. Nous pouvons donc conclure que, dans le domaine pénal, la présence des prévenus à leur jugement n'est absolument pas déterminée par le plus ou moins grand éloignement de leur lieu de résidence avec le siège de leur juridiction de référence. Plus exactement, nous déduisons que, dans la configuration d'avant la réforme de la carte judiciaire de 2009, la taille des juridictions n'est pas trop grande pour mettre en évidence ce phénomène.

L'analyse comporte cependant quelques biais qui doivent diriger les futures recherches sur ces questions :

- les seuls chiffres des CAS analysés sont ceux disponibles, c'est-à-dire ceux précédant la réforme de la carte. Il sera donc pertinent de vérifier, une fois des chiffres plus récents publiés, si cette absence de relation est toujours d'actualité ou si, l'agrandissement de certains TGI par l'absorption de juridictions récemment fermées a des répercussions sur la part des justiciables absents à leur procès.

- le domaine civil est occulté alors même qu'il représente une part essentielle des affaires.
- elle a considéré que l'absence d'un prévenu à son procès ne pouvait être comprise que par l'accessibilité difficile au tribunal. Or, d'autres facteurs, même s'ils sont secondaires, peuvent jouer un rôle significatif comme le degré de rupture de lien social par exemple.

Des acteurs judiciaires qui tentent de lutter contre la marginalisation en compressant les distances

Bien que l'impact de la distance entre les justiciables et leurs juridictions de rattachement ne semble pas déterminant pour l'accessibilité des tribunaux, les acteurs judiciaires, non informés, essayent de compresser cette distance. Ainsi, sans remettre en cause l'architecture de la carte judiciaire, les magistrats locaux tentent de limiter les répercussions supposées de la distance sur la venue au tribunal. Ils emboîtent, inconsciemment et simultanément, le pas à J. Lévy qui, dès 1999, identifie trois modalités pour vaincre la distance. Ces modalités sont évoquées par les procureurs lors d'entretiens, même si, dans la pratique, leur mise en action, apparaît très timide :

- les mobilités avec les audiences forcées mais, au pénal, cette solution n'est pas durable
- les télécommunications avec les justiciables comme les autres acteurs du système pénal avec une intensification des procédures par internet et de la vidéoconférence.
- La coprésence par la territorialisation des magistrats et notamment des substituts du procureur. Alors que, de manière traditionnelle, les parquetiers sont spécialisés dans des types de contentieux, la territorialisation leur donne une spécialisation géographique. Ils sont, dès lors, référent d'une partie du ressort du TGI.

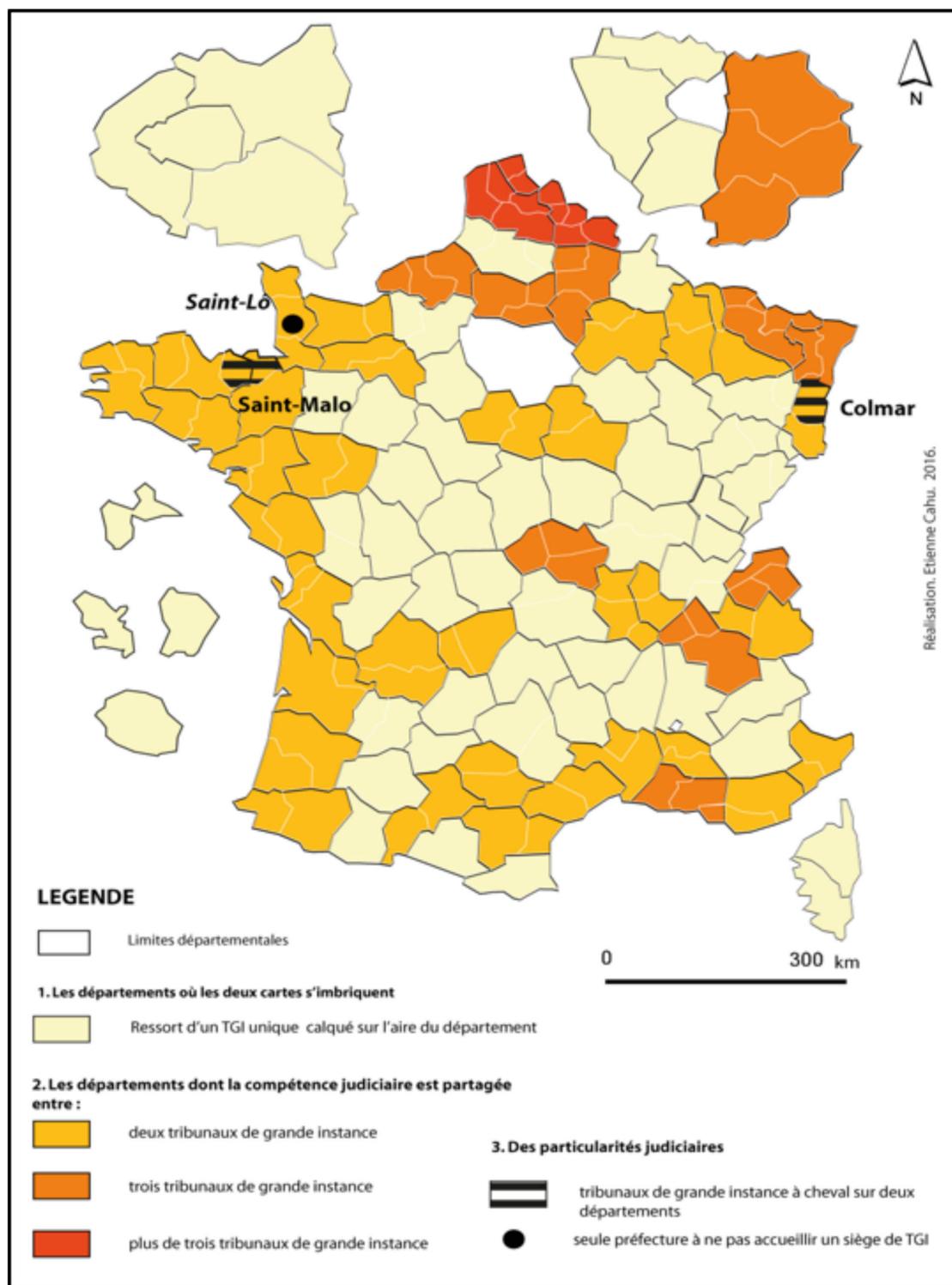


FIGURE 1 – Une adéquation limitée entre cartes judiciaire et carte administrative

Conclusion

- Une a-topie de l'espace dans les institutions judiciaires à relativiser.
- Si la focalisation des acteurs judiciaires sur la carte judiciaire re-

lègue voire enfouit le substrat social et humain dans les profondeurs, il s'avère que, c'est surtout à l'échelle locale, que les magistrats mais surtout les procureurs de la République colorent cet espace, le capitonnent

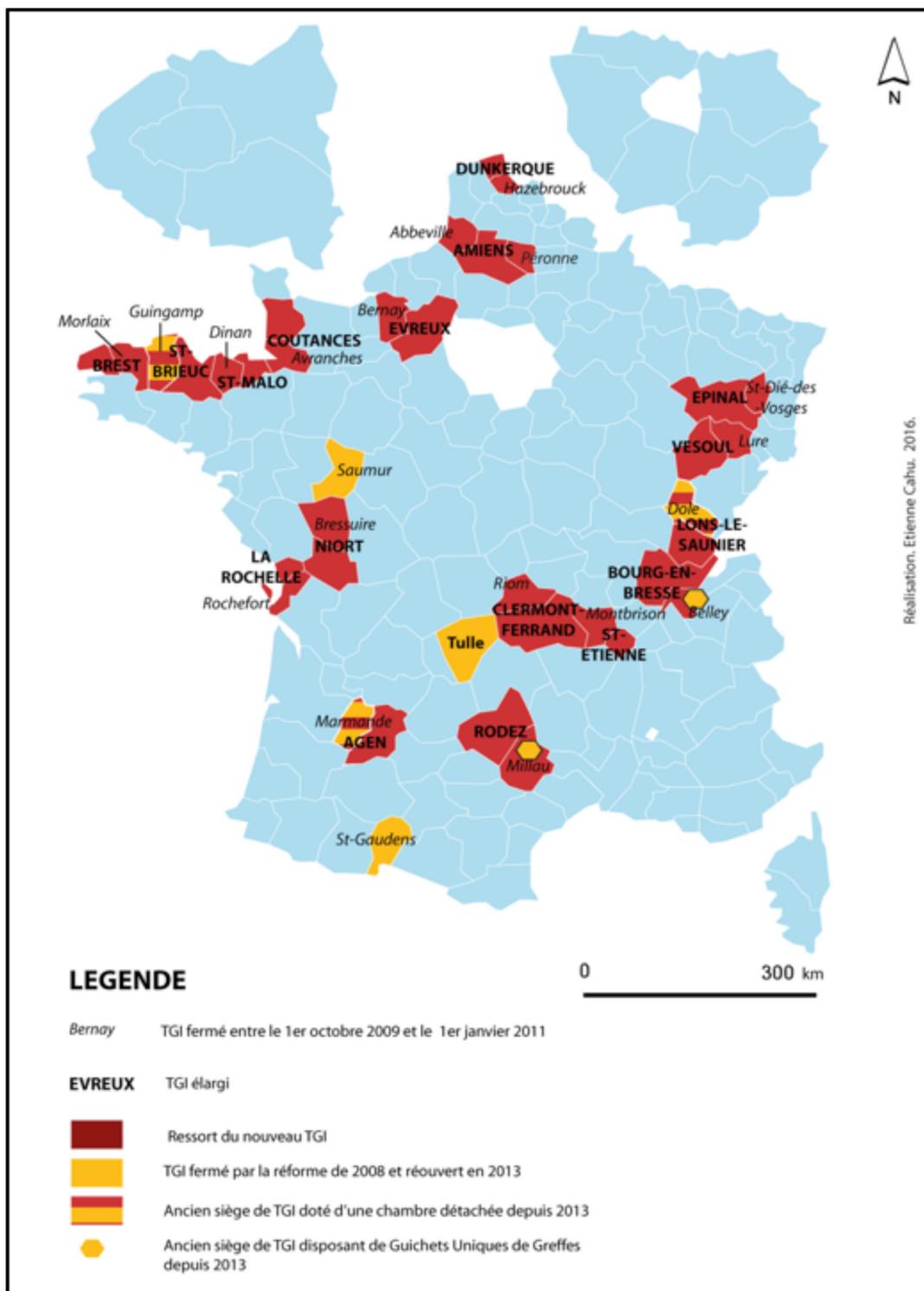


FIGURE 2 – La réforme de la carte judiciaire de 2008 et ses ajustements de 2013

et même lui redonnent chair en remettant l'humain en son cœur. Toutefois, cette incarnation de l'espace i.e. sa territorialisation connaît des stades très différents selon les juridictions.

Références

Commaille J., 2000. *Territoires de justice : une sociologie politique de la carte judiciaire*, Paris, PUF, 292 p.

Creusat J., Ferré T., 2013. *Accessibilité des*

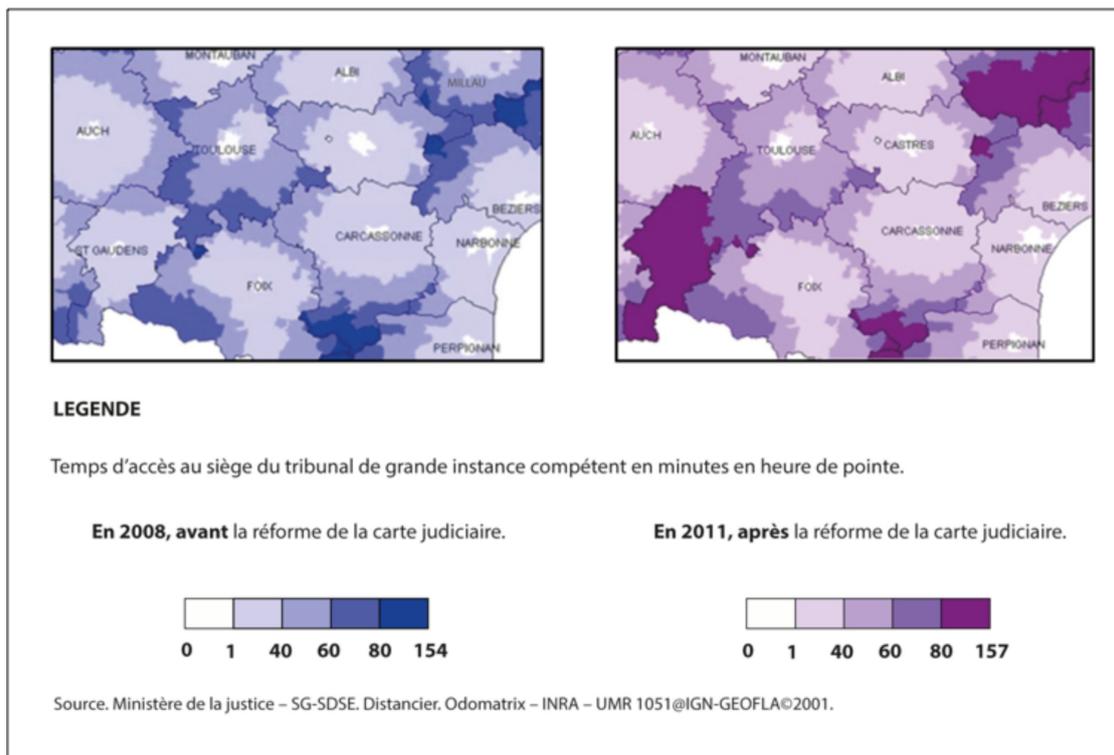


FIGURE 3 – La suppression de Saint-Gaudens, un processus de désertification

Variable explicative	Spécification	F ou Chi2 Wald	Probabilité associée	Hypothèse	R2 ajusté	Nombre d'observations	Nombre de groupes
Distance	1	4,15	0,246	Rejetée	0,01	1044	174
Distance	2	1,42	0,239	Rejetée	0,01	1044	174
Distance	3	1,96	0,118	Rejetée	0,00	1044	174
Temps	a	4,98	0,173	Rejetée	0,01	1044	174
Temps	b	1,67	0,175	Rejetée	0,01	1044	174
Temps	c	1,96	0,118	Rejetée	0,00	1044	174

FIGURE 4 – Résultats du test mesurant l'impact de la distance sur l'absence des justiciables au tribunal (CAS)

populations au TGI de leur ressort avant et après la réforme de la carte judiciaire, MJ/SG/SDSE, 19 p.

Lévy J., 1999. *Le tournant géographique. Penser l'espace pour lire le monde*, Paris, Belin, Collection Mappemonde, 400 p.

LA PROJECTION DE DONNEES DE CONSOMMATION D'EAU POTABLE SUR BORDEAUX METROPOLE

Pablo Salinas-Kraljevich ¹, Cyril Enault

Université Bordeaux Montaigne¹

psalinaskraljevich@gmail.com

Mots-clefs - Données de consommations d'eau, projection de données, échelle territoriale, donnée géographique et corrélation linéaire

La durabilité des ressources en eau et des services d'eau eux-mêmes apparaissent depuis quelques années comme un enjeu prioritaire pour les collectivités et les services d'eau. Ces problématiques s'intensifient, notamment depuis que la consommation d'eau potable a amorcé ce que l'on définit aujourd'hui comme une baisse structurelle dans les grandes métropoles. L'équation mise en évidence par ce phénomène apparaît délicate à résoudre pour les collectivités et les services d'eau : une augmentation structurelle des coûts de gestion qui ne s'avère pas compensée par le nombre croissant de clients raccordés, mais plus aggravée par la diminution des consommations unitaires, donc des volumes d'eau facturés.

Bordeaux Métropole, territoire en processus de métropolisation, n'échappe pas à la tendance observée à l'échelle européenne, avec des baisses de consommation d'eau assez importantes ces dernières années. La nouvelle métropole enregistre une baisse de 11% pour la période 2000-2014 malgré une augmentation constante du nombre d'abonnés au service d'eau (+32% de clients sur 2000-2014). Cette tendance à la baisse est plus claire encore si nous considérons que les M³ par abonné ont diminué de 33% pendant la même période, ce qui fait surgir une question complexe pour le service d'eau de ce nouveau territoire métropolitain : **Quelle consommation d'eau et combien d'abonnés à l'horizon 2030 alors que les prévisions démographiques varient selon l'échelle territoriale considérée ?**

Ce papier propose ainsi l'utilisation de la géostatistique afin de projeter, à différentes échelles spatiales et temporelles, les données de consommation issues du service d'eau de Bordeaux Métropole entre 2000 et 2015. L'objectif est de proposer une méthodologie de projection multiscalaire de la consommation par pas de temps de 3 ans, de 2015 à 2030.

Pour commencer, nous mobilisons les données de consommation facturée, regroupées par commune (chaque abonné est lié à une commune par son adresse) pour l'ensemble des abonnés au service d'eau potable. Ces données sont publiées chaque année dans le Rapport Annuel du Délégué-taire (RAD). Avec ces données, nous pouvons établir l'évolution de la consommation et du nombre d'abonnés pour chaque commune.

La méthode de projection de données utilisée est la corrélation temporelle, c'est-à-dire la relation entre une date et une donnée (utilisation de l'outil statistique « corrélation bivariée »). En faisant usage de cette méthode, nous avons obtenu un coefficient de régression de 0.9913 venant illustrer une relation incontestable entre le nombre d'abonnés et la consommation d'eau à l'échelle de communes.

Consommation \Leftrightarrow Nombre d'abonnés

Afin de projeter la consommation, il faut donc établir l'évolution du nombre d'abonnés dans le temps. La dynamique en question ne suit pas de logique spécifique,

elle dépend d'un certain nombre de variables qu'il faut intégrer. Nous utiliserons ici les dynamiques territoriales (données géographiques), par nature plus stables, comme variables maîtresses pour simuler les consommations d'eau dans le temps et dans l'espace. Dans la communication proposée, c'est l'analyse de la relation entre le nombre d'habitants (population) et le nombre d'abonnés qui permettra de produire une projection des consommations. La méthode de définition de la signifiante des variables est celle de la corrélation linéaire ; la chaîne logique entre les variables est donc :

Population \Rightarrow Abonnés \Rightarrow Consommation

Entre chaque variable, on retrouve des coefficients de détermination proche de 1 avec une équation directement proportionnelle.

Y (variables à expliquer) = $A * X$ (variables explicatives)

Ex : Abonnés = $A * Population$

Nous noterons également que

Consommation = $B * Abonnés$

Pour effectuer le chemin inverse : Abonnés = $(1/B) * Consommation$

Et Population = $(1/A) * Abonnés$

L'analyse de la consommation d'eau à l'échelle des communes nous a permis de projeter de manière relativement fiable le couple population/abonné car la relation entre ces deux variables, à cette échelle, est linéaire. Si cela est convaincant, alors il devient possible de projeter, à l'échelle des communes, la consommation d'eau par rapport aux nombres d'abonnés par le biais du calcul de la constante de proportionnalité à la population.

Une fois le modèle calé à l'échelle des communes, nous pourrions procéder à une analyse à une nouvelle échelle spatiale, mais dont la morphologie de données est similaire : les IRIS. Le passage aux IRIS permet de mieux connaître la répartition spatiale des modes de consommation d'eau des quartiers. Cependant, les données étant agrégées par commune, il s'agit de comprendre comment analyser la consommation d'eau à cette nouvelle échelle. Pour ce

faire, nous avons géocodé, grâce à l'adresse du branchement, l'ensemble des compteurs d'eau des abonnés du service. Ceci nous a permis de reproduire notre méthodologie de projection à cette échelle.

Références

COMMUNAUTÉ URBAINE DE BORDEAUX (CUB). « 2030 vers le grand Bordeaux, une métropole durable ». Bordeaux : Communauté urbaine de Bordeaux (CUB). 2011

DURANCE. « Genèse de la prospective territoriale ». 2007

GAUDIN. « La prospective ». 2005

Groupe CHADULE. « Initiation aux pratiques statistiques en géographie ». 3^e Edition. 1994

HELLIER. « La gestion de l'eau dans les espaces périurbains : entre recomposition et fragmentation territoriales ». CyberGéo. 2004

ISNARD, BARRAQUE. « SCÉNARIOS DE PROSPECTIVE ; Vers une gestion durable des services d'eau ». 2008

L'eau et l'assainissement sur la Communauté urbaine de Bordeaux — Les bases d'un « Porter à connaissances » 2010.

PUMAIN, SAINT JULIEN. « L'analyse Spatiale : Tome 1 Localisations dans l'espace ». 2010

ROSEMBERG. « Contribution à une réflexion géographique sur les représentations et l'espace ». 2003

SANDERS. « Modèles en analyse spatiale : introduction ». 2007

VAUCELLE. « La gestion de l'eau facturée à Bordeaux et en Gironde : Production, consommation et épuration d'un bien disputé ». Thèse : Université Michel de Montaigne Bordeaux 3 : 2005

BARRAQUE. « Le compteur d'eau : enjeux passés et actuels ». SET. 2010

BARRAQUÉ, NERCESSIAN. « Mieux Comprendre Comment Évolue la Consommation d'Eau à Paris ». Rapport Final, EN-GREF. 2008

Atelier 8

Géographie et démographie

Les déséquilibres de sexe dans les territoires de l'ex-Yougoslavie : conflit et vieillissement (1981-2011)

Inès Buisson, Sébastien Oliveau, Yoann Doignon

Aix-Marseille Université, CNRS, UMR 7300 ESPACE

Observatoire Démographique de la Méditerranée - DEMOMED

Mots-clefs - Rapport de masculinité, conflit, vieillissement

Introduction

Le rapport de masculinité représente le ratio du nombre d'hommes en fonction du nombre de femmes. Il s'exprime généralement en nombre d'hommes pour cent femmes. Il peut être calculé sur l'ensemble d'une population, sur un groupe d'âge, à une date donnée. Lorsque la valeur est su-

périeure à 100, cela signifie que les hommes sont plus nombreux. Au contraire lorsque celle-ci est inférieure à 100, les femmes sont plus nombreuses (INED).

Le rapport de masculinité permet de mettre en évidence le « manque » ou « l'excédent » d'hommes. Ces déséquilibres de sexes sont le fruit de divers facteurs.

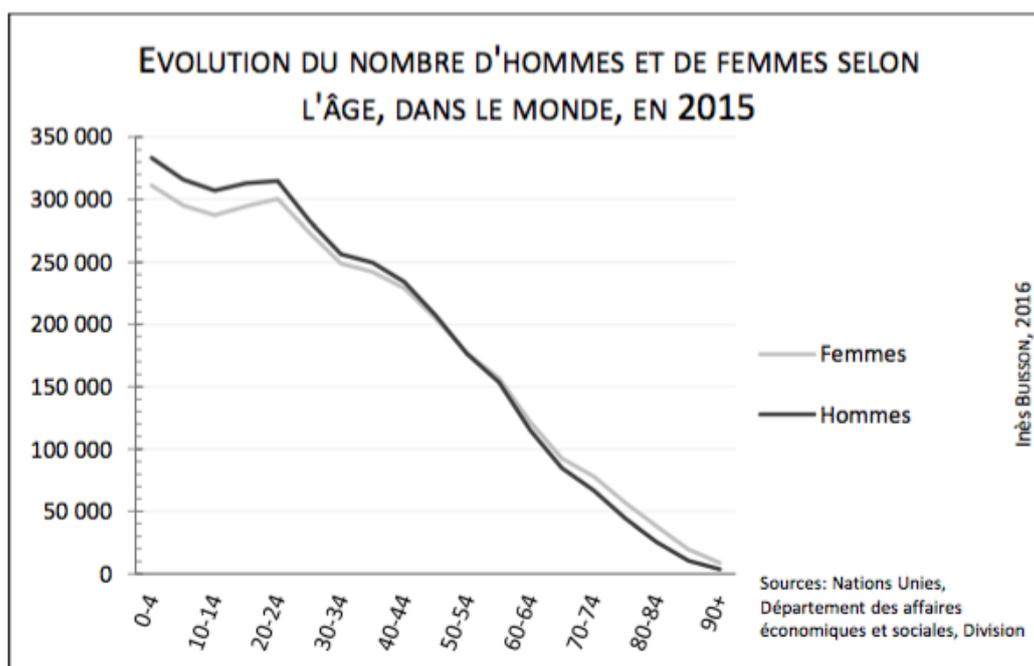


FIGURE 1 – Évolution du nombre d'hommes et de femmes selon l'âge, dans le monde, en 2015

Les variations du rapport de masculinité

Les facteurs qui peuvent expliquer le déséquilibre de sexes sont entre-autres : la pré-

férence de genre à la naissance et les différentiels sexués de mortalité. Les déséquilibres de sexes s'observent en majorité chez les populations les plus jeunes et les personnes les plus âgées.

Dans le premier cas les déséquilibres résultent principalement de la préférence de genre à la naissance. Celui-ci est favorisé par la baisse de la fécondité. Dans le cas des populations âgées, ils découlent principalement du différentiel sexué de mortalité, l'espérance de vie à la naissance féminine est supérieure à celle des hommes (Figure 1).

La situation peut s'inverser localement à la suite d'un conflit, par exemple. Dans le cas de conflit armé, le déséquilibre de sexes est en faveur femmes.

La collecte de données

L'évolution du rapport de masculinité dans les pays d'ex-Yougoslavie est étudiée principalement à partir des données du recensement. Pour l'année 1981 les données sont relativement homogènes elles sont issues du recensement yougoslave. En revanche pour l'année 2011, les données proviennent majoritairement des recensements des États devenus indépendants à la suite du conflit. Pour l'année 2011, les données restent relativement hétérogènes dans le sens où les données ne sont pas produites à la même date, chaque recensement suit les modalités imposées par les Nations Unies et leur propre loi sur le recensement, celles-ci varient en fonction des États. Au sortir du conflit, certaines tensions persistent ainsi certains conflits n'ont pas pu être abouti, comme c'est le cas au Monténégro, dans d'autres cas certaines populations ont refusé de participer au recensement, c'est le cas des serbes du Kosovo par exemple [MRDJEN S., 2013].

En plus des sources qui se modifient entre les deux dates, certaines définitions évoluent

Les déséquilibres de sexe chez les plus de 65 ans sont plus importants en Slovénie et en Croatie. Certaines régions ont un rapport

Pour conclure, dans le cas du territoire d'ex-Yougoslavie, le conflit n'a pas engendré de forts déséquilibres. Ceux-ci corres-

pondent plus à des différentiels sexués de mortalité ou à des différentiel de genre, ces deux facteurs ont toutefois tendance à s'atténuer entre les deux années.

Résultats obtenus : du déséquilibre du sex-ratio...

a) ... à la naissance

Sur l'ensemble du territoire les déséquilibres de sexes sont plus importants au Kosovo et au Monténégro. Entre 1981 et 2011, le nombre de naissances diminuent, résultat de la transition démographique, le rapport de masculinité à la naissance stagne. Pour les deux dates, le rapport de masculinité au Monténégro est de 108 garçons pour 100 filles.

b) ... lié au conflit

Le rapport de masculinité peut diminuer lors de conflits. La Première Guerre mondiale en est l'exemple. Celle-ci a engendré des déséquilibres de sexe en faveur des femmes dans plusieurs pays européens, notamment en France [HENRY L., 1948].

c) ... lié au vieillissement

Les différentiels sexués de mortalité résultent principalement de la différence d'espérance de vie entre les hommes et les femmes. Dans le cas de l'ex-Yougoslavie, les déséquilibres de sexes sont plus importants lorsqu'ils sont en faveur des femmes qu'en faveur des hommes (Figure 2).

de masculinité inférieur à 60 hommes pour 100 femmes. Toutefois ces déséquilibres ont tendance à s'atténuer entre les deux années.

pondent plus à des différentiels sexués de mortalité ou à des différentiel de genre, ces deux facteurs ont toutefois tendance à

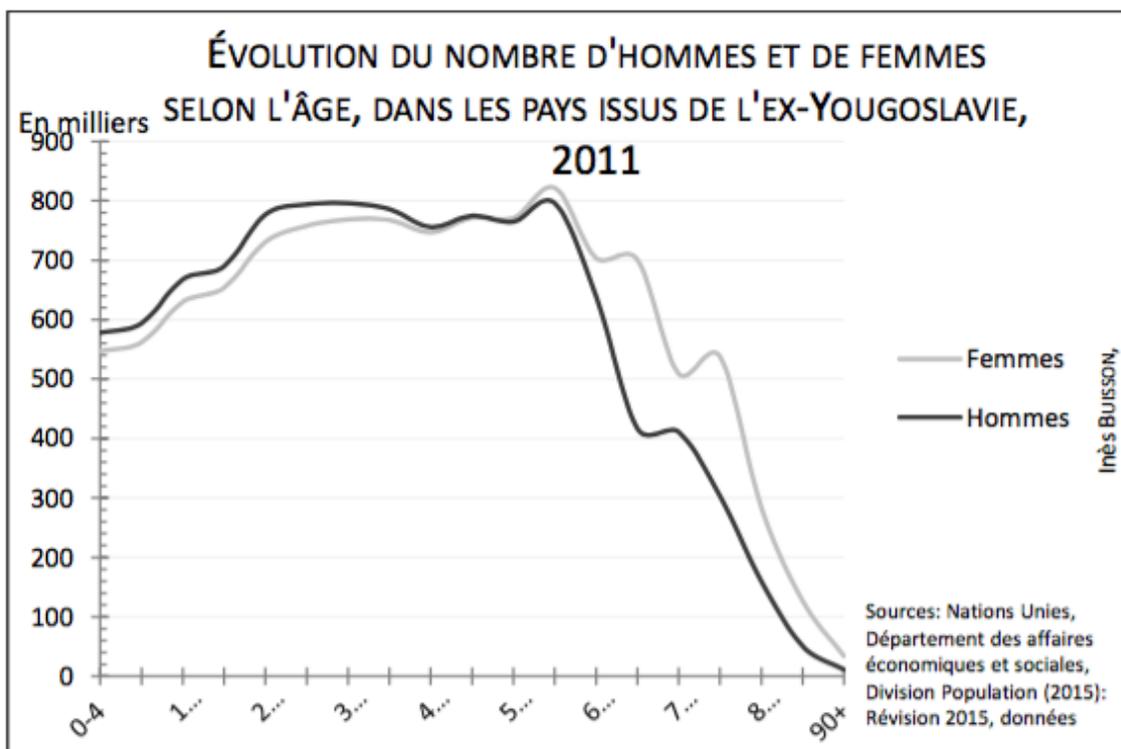


FIGURE 2 – Évolution du nombre d’hommes et de femmes selon l’âge, dans les pays issus de l’ex-Yougoslavie, 2011

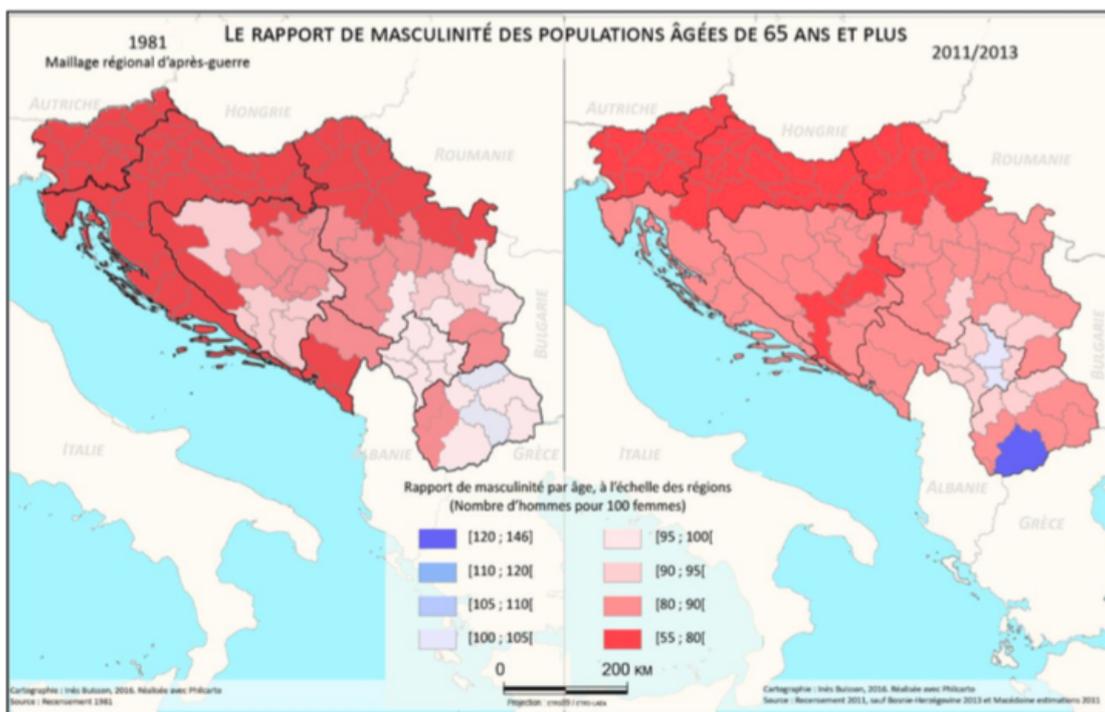


FIGURE 3 –

s’amoinrir entre les deux périodes.

Références

GUILMOTO C.Z., 2015, «La masculinisation des naissances. États des lieux et des

connaissances ». *Population*, Vol. 70, pp. 201-264.

HENRY L., 1948, « La masculinité par âge dans les recensements ». *Population*, Volume 3 n°1, pp. 93-114

MRDJEN S., 1991, « La nationalité dans les recensements de l'ex-Yougoslavie et des pays qui en sont issus. Une rubrique floue et instable ». DEMOBALK, 24 p.

POLASEK O., 2006 « Did the 1991-1995 wars in the former Yugoslavia affect sex ratio at birth ? » *European Journal of Epidemiology*, 4 p.

VALENTI P., 2010, « Comment la population est-elle recensée dans les pays européens en 2010 ? ». *Population et Sociétés*, n°467, 4p.

Une analyse spatio-temporelle du sex-ratio en France de 1968 à 2012

Pierre Bigand, Sébastien Oliveau, Yoann Doignon

Aix-Marseille Université, CNRS, UMR 7300 ESPACE, UMR 7305 LAMES

Observatoire Démographique de la Méditerranée – DEMOMED

Mots-clefs - Rapport de masculinité, conflit, vieillissement

Problématique

L'étude des déséquilibres de sexe dans la population est généralement réservée aux territoires qui connaissent d'importants déséquilibres, liés par exemple aux discriminations de genre (particulièrement quand ils ont lieu autour de la naissance ; Guilmoto, 2015), aux migrations ou aux conflits (Henry, 1948). Un autre facteur engendre des déséquilibres de sexe, moins marqués mais néanmoins significatif : le vieillissement (Lévy, 1988). D'autre part, des territoires où les déséquilibres sont peu importants peuvent aussi montrer des différences spatiales notables. La France constitue de ce point de vue un terrain d'étude

intéressant : les déséquilibres dus au conflit ont disparu avec les derniers témoins de la 1^{ère} guerre mondiale (la seconde guerre a eu un effet quasi nul sur les déséquilibres de sexe en France) ; les migrations internationales ont un impact négligeable sur le déséquilibre de sexe ; les discriminations de genre y sont faibles et sans impact visible sur l'équilibre homme-femme. Par contre, les migrations internes et surtout le vieillissement accentue le déséquilibre en faveur des femmes depuis 40 ans (voir figure 1). En outre, ce déséquilibre touche très inégalement les territoires français, invitant le géographe à observer plus finement ce phénomène.

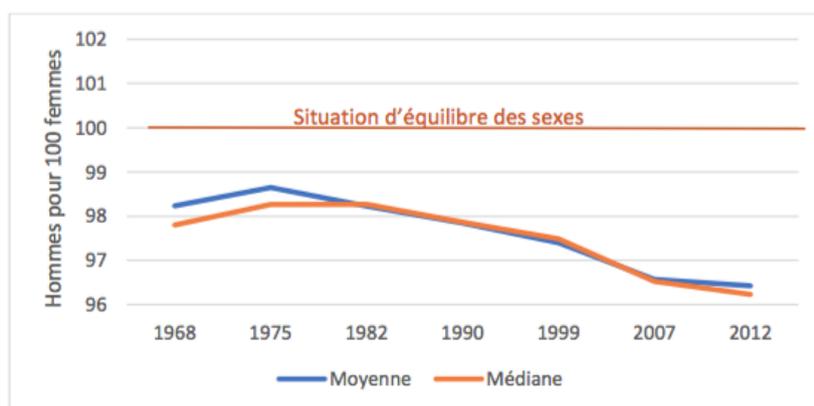


FIGURE 1 – Dynamiques du sex ratio en France de 1968 à 2012

Données

Pour aborder les déséquilibres de sexe, nous utilisons le rapport de masculinité² (Henry, 1948). Pour ce faire, nous nous appuyons

sur les données censitaires produites par l'INSEE. On bénéficie ainsi de 7 dates de mesure (1968, 1975, 1982, 1990, 1999, 2007, 2012). Les dénombrements d'hommes et de femmes sont collectés selon 20 classes

d'âges quinquennales, (0 - 4 ans, 5 - 9 ans, 10 - 14 ans, 15 - 19 ans [...] 85 - 89 ans, 90 - 94 ans, 95 ans et plus.). Même s'il est discuté, le niveau communal est utilisé dans un premier temps (voir la partie « perspectives » plus bas).

Harmonisation

La première opération pour mener à bien ce travail est celui d'une harmonisation de la trame communale dans le temps. En effet, les changements administratifs (voir tableau 1) sont nombreux en 50 ans, et la base compte ainsi 37 742 communes, à comparer aux 36 292 communes dénombrées en 2012.

	Nombre de communes
Changement de département	5
Commune se séparant	247
Création	19
Fusion (commune absorbante)	1414
Fusion (commune absorbée)	1414
Rétablissement	247
Nombre de communes sur la période 1968-2012	37742
Nombre de communes sur l'année 2012	36292
Différence	1450
Nombre de communes concernées par une (des) modification(s) territoriales entre 1968 et 2012	2368

Tableau 1 : Tableau résumant les modifications territoriales des communes entre 1968 et 2012

Analyse - résultats

Le travail d'analyse des données s'est fait globalement (ensemble de la population) et par groupe d'âges. On sait par exemple que le sex-ratio des mineurs est généralement légèrement favorable aux garçons, que les actifs ont un rapport général équilibré, mais qu'ils peuvent localement montrer de fort déséquilibre. Enfin, on sait que la vieillesse est marquée par une forte féminisation, dont les effets touchent le sex-ratio général de la société.

Perspectives

Si le niveau communal offre une vision très fine des inégalités territoriales, on sait qu'elle peut cacher des structures spatiales qui seraient plus visibles à des niveaux plus agrégés (Oliveau et al., 2013). L'étape sui-

Nous avons d'abord cartographié notre variable d'intérêt (voir figure 2) puis proposé des analyses par groupe d'âge (figure 4). Des classifications ascendantes hiérarchiques sont utilisées pour intégrer la dynamique temporelle du phénomène dans la cartographie, qui sont reprises (figures 2 et 4). Des diagrammes polaires (figures 3 et 5) aident à la lecture des dynamiques en œuvre, mettant l'accent sur les variations les plus importantes. Les résultats obtenus seront détaillés lors de la présentation orale et complétés d'analyses plus contextuelles concernant les régions mises en évidence.

vante sera donc de tester les structures spatiales en utilisant des mesures de type LISA (Anselin, 1995) en utilisant des niveaux territoriaux plus agrégés.

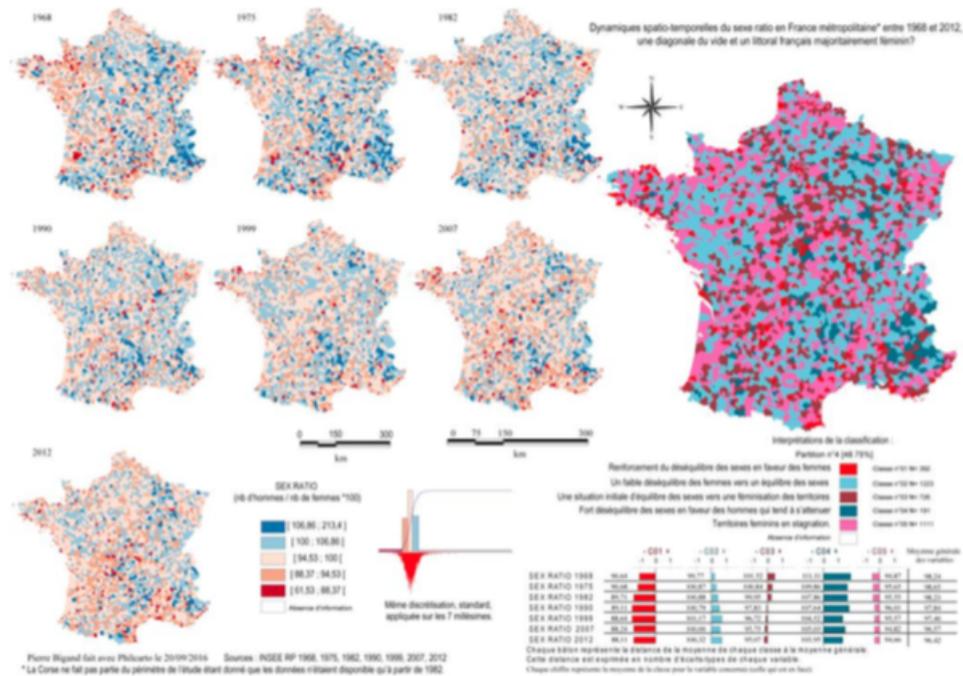


FIGURE 2 – La dynamique globale du sex-ratio en France de 1968 à 2012 : approche détaillée et approche synthétique

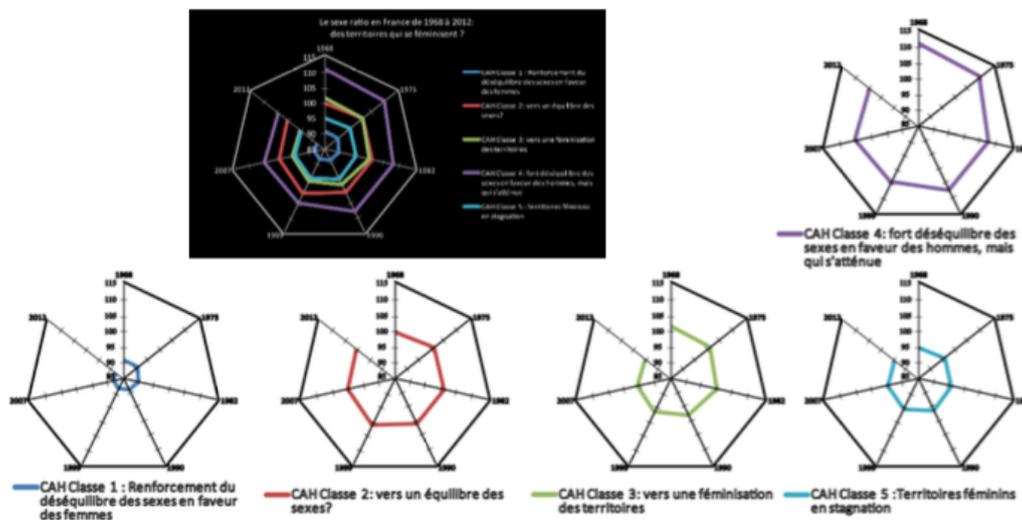


FIGURE 3 – diagrammes polaires résumant la dynamique du sex-ratio en France de 1968 à 2012 pour les actifs et les personnes âgées

Références

ANSELIN L., (1995), « Local Indicators of Spatial Association-LISA », *Geographical Analysis*, Vol 27, N°2 ; p. 93-115.

GUILMOTO C.Z., (2015), « La masculinisation des naissances. États des lieux et des connaissances ». *Population*, Vol. 70, pp. 201-264.

HENRY L., (1948), « La masculinité par âge dans les recensements ». *Population*, Volume 3 n°1, pp. 93-114

LEVY, M.L., (1988) « Le déséquilibre des sexes », *Population et Sociétés*, n°221, 4 p.

OLIVEAU,S., DOIGNON, Y., GUILMOTO, C.Z., (2013), « Une exploration de

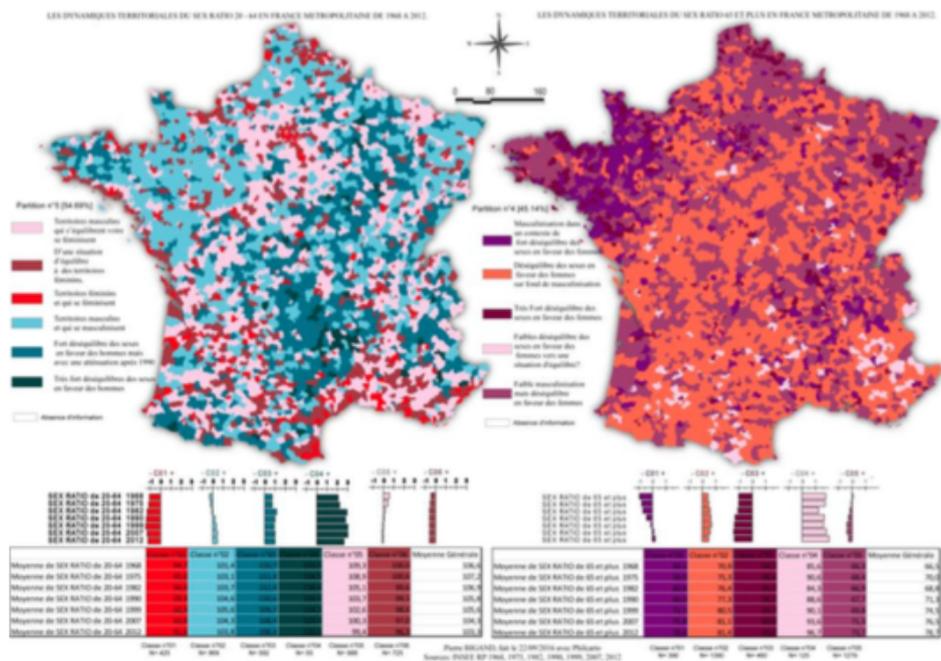


FIGURE 4 – La dynamique du sex-ratio en France de 1968 à 2012 pour les actifs et les personnes âgées : approche synthétique

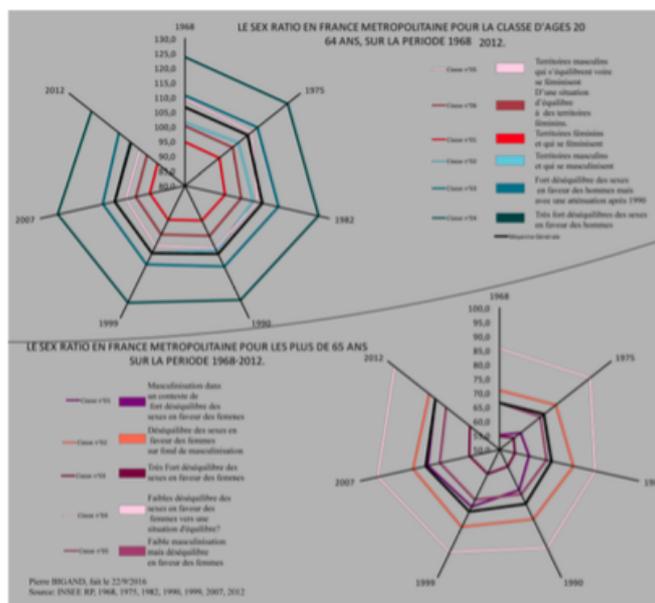


FIGURE 5 – diagramme polaire résumant la dynamique du sex-ratio en France de 1968 à 2012 pour les actifs et les personnes âgées

l'effet de voisinage sur des variables démographiques », 11^{ème} colloque Théoquant,

20-22 février 2013, Besançon.

La structure spatiale du vieillissement démographique en Méditerranée : entre convergence et divergence, quelles évolutions ?

Yoann Doignon

UMR 7300 ESPACE

UMR 7305 LAMES

Mots-clefs - Analyse spatiale, démographie spatiale, convergence spatiale, Méditerranée

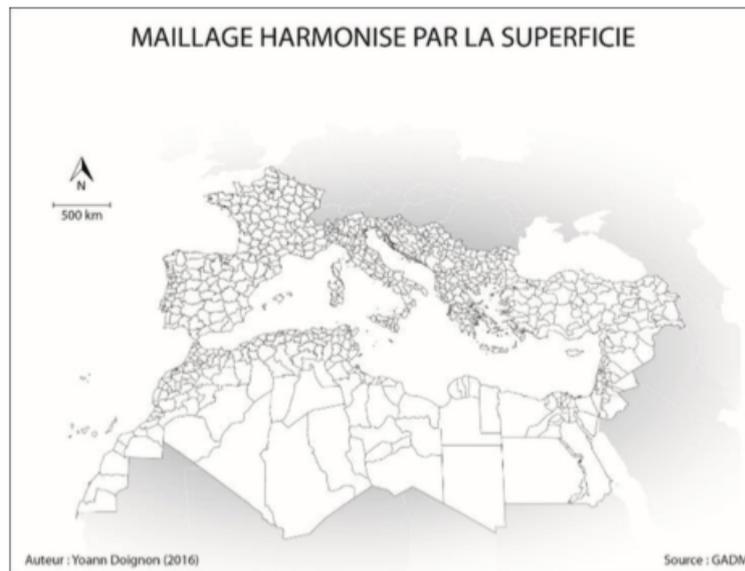
Une convergence du vieillissement démographique en Méditerranée ?

D'un point de vue démographique, la Méditerranée est souvent caractérisée par son hétérogénéité, avec une opposition entre une rive nord vieillie et une rive sud et est jeune. Pourtant, cette dichotomie n'est pas vouée à persister éternellement puisque les pays des deux rives sont engagés dans le processus de transition démographique. Avec la convergence de la fécondité et de la mortalité vers des niveaux bas, le degré de vieillissement démographique des pays méditerranéens est mécaniquement destiné à augmenter, avec néanmoins un temps de latence. Si les pays de la rive nord sont majoritairement plus vieux que les pays de la rive sud et est, l'écart de vieillissement entre les deux se réduira certainement à l'avenir. En effet, les pays de la rive sud et est vieilliront plus rapidement que ceux de la rive nord (Pison, 2009). Les dernières projections de l'ONU prévoient en 2050 que le Liban ou la Turquie deviennent plus vieillis que certains pays de la rive nord. Nous savons bien qu'au sein d'un même pays existent de très fortes disparités régionales. Il est possible qu'un pays soit jeune globalement, mais que localement des espaces soient plus vieillis que la moyenne. Or, la structure spatiale du vieillissement démographique en Méditerranée n'a jamais été mesurée à une échelle infranationale fine.

Dans ce travail, nous mesurons la structure spatiale locale du vieillissement démographique en Méditerranée. De plus, au vu de la convergence du vieillissement démographique en cours et à venir en Méditerranée, les structures spatiales locales actuelles seront certainement modifiées à l'avenir. Nous proposons également dans cette étude d'explorer l'évolution des structures spatiales actuelles au regard de 4 scénarios prospectifs. Pour cela, plusieurs grands défis méthodologiques ont dû être surmontés.

Méthodologie et données

Pour cette étude, nous abordons un certain nombre de défis méthodologiques concernant respectivement le maillage territorial, les données démographiques et les projections. Dans un premier temps, nous élaborons un maillage infranational sur l'ensemble de la Méditerranée. Dans chaque pays il existe de nombreux échelons administratifs. Toutefois, dans le cadre d'une étude infranationale, il convient d'en choisir un seul par pays. Au regard de l'impact des maillages territoriaux sur les résultats d'une analyse cartographique ou statistique, cette étape ne doit pas être sous-estimée (Openshaw, 1981 ; Doignon, Oliveau, 2015). Pour limiter les effets d'échelle, nous construisons un maillage infranational en choisissant des échelons administratifs harmonisés par la surface (cf. carte 1).

**Carte 1**

Ensuite, nous collectons les données démographiques aux échelons administratifs du maillage créé. Pour faire une prospective du vieillissement démographique dans les 50 prochaines années, nous avons besoin de données de structure par âge et sexe, mais également de fécondité par âge et de mortalité par âge et sexe. Ainsi, dans

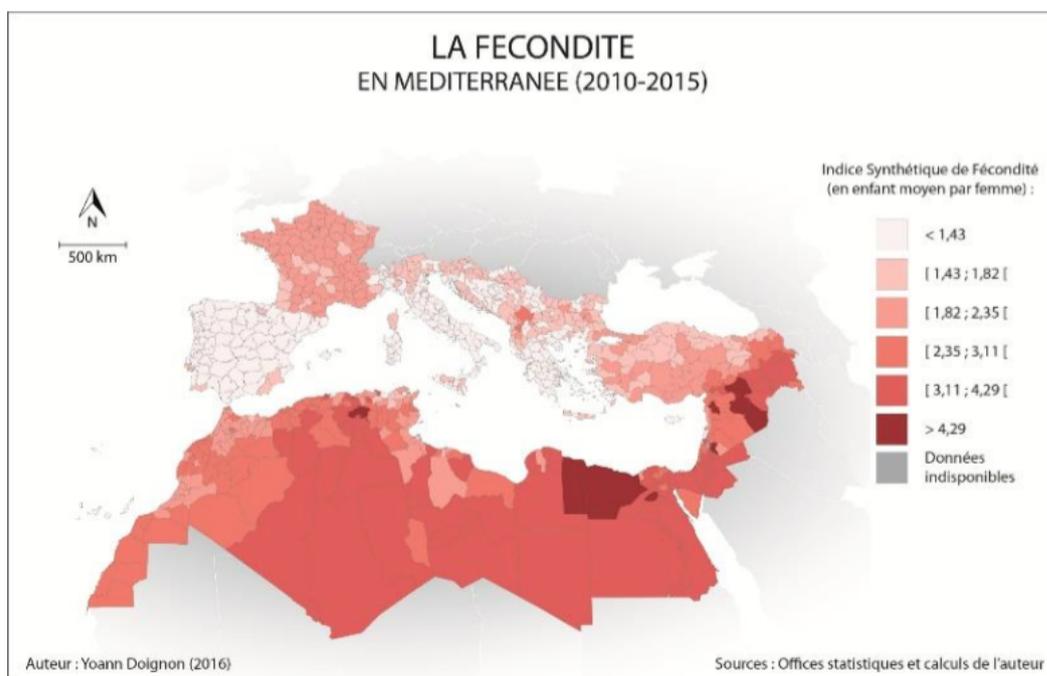
chaque pays nous collectons ces données dans l'office national de statistique (état-civil, estimations de population, recensement) mais également dans des enquêtes spécifiques (DHS, enquête nationale de fécondité etc.) et des organismes internationaux (cf. tableau 1 pour les fournisseurs de données).

	Abréviation	Signification	Adresse internet
Organisation internationale	DHS	Demographic and Health Surveys	http://dhsprogram.com/
	ONU	Organisation des Nations Unies	http://www.un.org/
	WPP 2015	World Population Prospects 2015	https://esa.un.org/unpd/wpp/
	EUROSTAT		http://ec.europa.eu/eurostat/fr/home
Albanie	INSTAT	Instituti I Statistikave	http://www.instat.gov.al/
Algérie	ONS	Office National des Statistiques	http://www.ons.dz/
Bosnie-Herzégovine	RZSR	Republika Srpska Institute of Statistics	http://www.rzs.rs.ba/
	FZS	Federal Office of Statistics	http://www.fzs.ba
	BHAS	Bosna i Hercegovina Agencija za Statistiku	http://www.bhas.ba/
Bulgarie	NSI	National Statistical Institute	http://www.nsi.bg/
Chypre	SSC	Statistical Service of Cyprus	http://www.mof.gov.cy
Croatie	CBS1	Croatian Bureau of Statistics (Croatie)	http://www.dzs.hr/
Égypte	CAPMAS	Central Agency for Public Mobilization and Statistics	http://www.capmas.gov.eg/
Espagne	INE	Instituto Nacional de Estadística	http://www.ine.es/
France	INSEE	Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques	http://www.insee.fr/
Grèce	HSS	Hellenic Statistical Authority	http://www.statistics.gr/
Israël	CBS2	Central Bureau of Statistics (Israël)	http://www.cbs.gov.il/
Italie	ISTAT	Istituto Nazionale di Statistica	http://www.istat.it/
Jordanie	DOS	Department of Statistics	http://web.dos.gov.jo/
	JFFHS	Jordan Fertility and Family Health Survey	
Kosovo	ASK	Agjencia e Statistikave Të Kosovës	http://ask.rks-gov.net/
Liban	MOPH	Ministry Of Public Health	http://www.moph.gov.lb/
	CAS	Central Administration of Statistics	http://www.cas.gov.lb/
Libye	BSC	Bureau of Statistics and Census Libya	http://www.bsc.ly/
Macédoine	SSO	State Statistical Office	http://www.stat.gov.mk/
Malte	NSO	National Statistics Office	https://nso.gov.mt/
Maroc	HCP	Haut-Commissariat au Plan	http://www.hcp.ma/
Montenegro	MONSTAT	Statistical Office of Montenegro	http://www.monstat.org/
Palestine	PCBS	Palestinian Central Bureau of Statistics	http://www.pcbs.gov.ps/
Portugal	INE	Instituto Nacional de Estatística	https://www.ine.pt/
Serbie	SORS1	Statistical Office of the Republic of Serbia	http://webzrs.stat.gov.rs/
Slovénie	SORS2	Statistical Office of the Republic of Slovenia	http://www.stat.si/
Syrie	CBS3	Central Bureau of Statistics (Syrie)	http://www.cbssyr.sy/
Tunisie	INS	Institut National de la Statistique	http://www.ins.tn/
		Ministère de la santé	http://www.santetunisie.rns.tn/
Turquie	TURKSTAT	Turkish Statistical Institute	http://www.turkstat.gov.tr/

Tableau 1

En prenant ce parti pris, nous nous retrouvons confrontés à un ensemble de données très hétérogène puisque certains pays mettent à disposition des données très détaillées, et d'autres pays des données très imparfaites ou sommaires. Nous utilisons alors des méthodes démographiques d'estimation indirecte pour pallier ces problèmes : standardisation indirecte, estimation de l'espérance de vie à la naissance avec les tables types de mortalité des Nations Unies, à l'aide du logiciel Population

Analysis Software développé par l'US Bureau of Census (Arriaga, Johnson et Jamison, 1994a, 1994b). En définitive, nous obtenons un ensemble homogène de données sur tous les territoires infranationaux de Méditerranée pour la structure par âge et sexe, la fécondité par âge et la mortalité par âge et sexe, permettant de calculer une espérance de vie à la naissance par sexe et un indice synthétique de fécondité par territoire infranational (cf. carte 2 pour la fécondité).



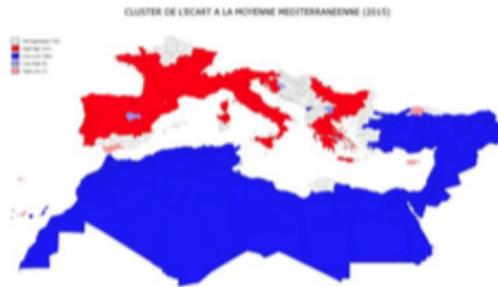
Carte 2

Ensuite, avec ces données, nous faisons des projections par la méthode des composantes en optant pour une population fermée (voir Doignon, 2016 pour le détail). Pour l'évolution future de la fécondité et de la mortalité, nous utilisons les projections de l'ONU du World Population Prospects 2015. Nous adaptons les différentes variantes évolutions de l'ONU à nos données (les territoires infranationaux suivent la même tendance que leur pays d'appartenance) pour construire 4 scénarios prospectifs sur un horizon de 50 ans (2015-2065). Le premier reprend l'évolution médiane pour tous les pays (scénario médian). Le deuxième simule une transition démographique modèle, avec l'évolution de la fécondité qui se rapproche le plus de 2 enfants par femme. Le troisième scénario simule une transition démographique ralentie où la fécondité se rapproche le plus lentement de 2 enfants par femme. Et pour terminer, un quatrième scénario de remontée de la fécondité, où l'évolution de la fécondité est la trajectoire médiane de l'ONU sauf pour les pays où on a observé une remontée de la fécondité récemment (Egypte, Algérie, Tunisie, Jordanie). Pour l'évolution de la mortalité, nous choisissons l'évolution médiane

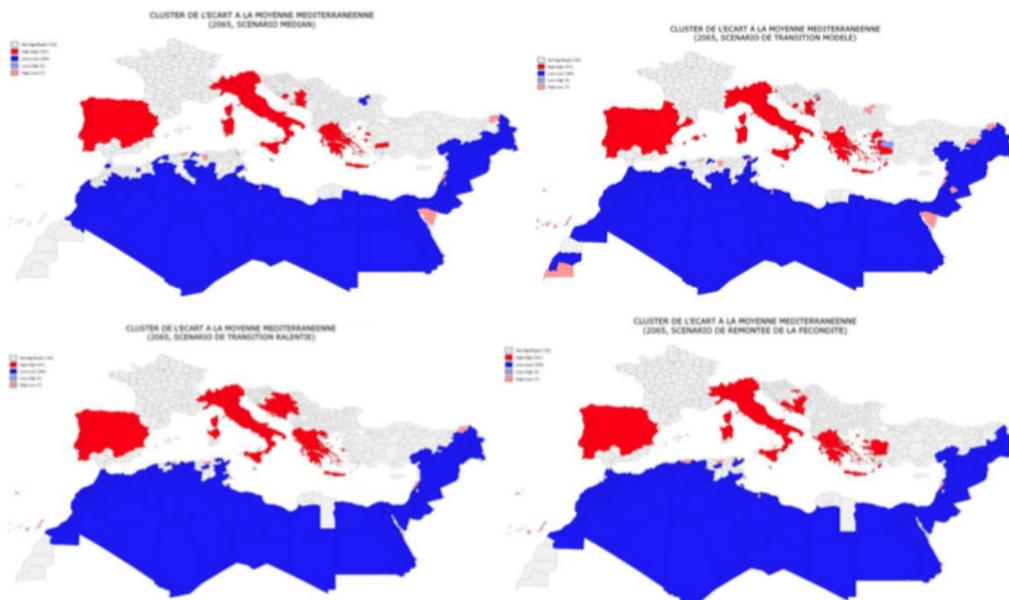
de l'ONU. Avec ces 4 scénarios prospectifs, nous obtenons la structure par âge de chaque territoire infranational entre 2015 et 2065.

Résultats

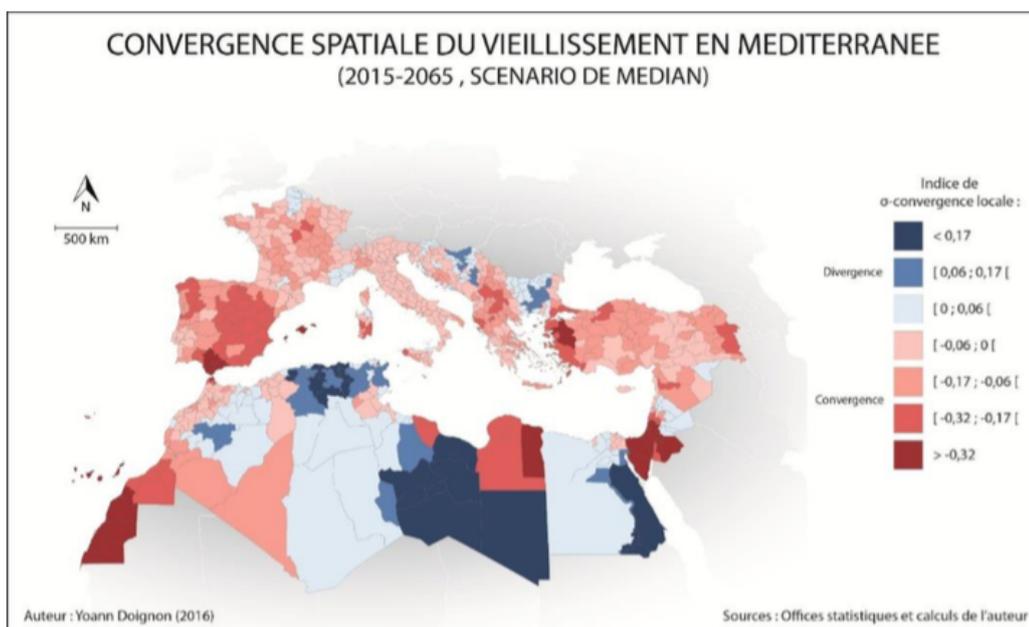
A l'aide d'indicateurs locaux d'autocorrélation spatiale (LISA), nous cartographions la structure spatiale locale du vieillissement démographique en 2015 (cf. carte 3) et en 2065 pour les 4 scénarios (cf. carte 4). En comparant ces structures, nous observons des changements de la structure spatiale, notamment en Turquie, en Afrique du Nord, dans les Balkans, en France. Pour objectiver ce changement de structure spatiale, nous utilisons un indicateur spécifique de convergence spatiale, la β -convergence spatiale (Bourdin, 2013). Il mesure l'évolution locale du coefficient de variation, et donc d'identifier les espaces où les disparités se sont accrues dans le temps (divergence spatiale), ou au contraire les espaces où elles ont diminué (convergence spatiale). La carte résultante met en évidence à la fois des espaces de convergence spatiale et des espaces de divergence spatiale (carte 5).



Carte 3



Carte 4



Carte 5

Références

- ARRIAGA Eduardo E., JOHNSON Peter D., JAMISON Ellen, 1994a, *Population analysis with microcomputers. Volume I : presentation of techniques*, Bureau of the Census, 398 p.
- ARRIAGA Eduardo E., JOHNSON Peter D., JAMISON Ellen, 1994b, *Population analysis with microcomputers. Volume II : Software and documentation*, Bureau of the Census, 416 p.
- BOURDIN Sébastien, 2013, « Pour une approche géographique de la convergence », *L'Espace géographique*, 42(3), p. 270-285.
- DOIGNON Yoann, OLIVEAU Sébastien, (2015), « Territorial grids in the Mediterranean : space versus population », *Bollettino dell'Associazione Italiana di Cartografia* (Bulletin of the Italian Association of Cartography), Vol. 154., pp. 43-60. doi : 10.13137/2282-472X/11827
- DOIGNON Yoann (2016) *Les convergences spatiales du vieillissement démographique en Méditerranée : tendances actuelles et exercice prospectif*, thèse de doctorat en géographie, soutenue le 12 décembre 2016 à Aix-en-Provence, 617 p.
- OPENSHAW Stan, 1981, « Le problème de l'agrégation spatiale en géographie », *L'Espace géographique*, 10(1), p. 15-24.
- PISON Gilles, 2009, « Le vieillissement démographique sera plus rapide au sud qu'au nord », *Population et Sociétés*, 457, p. 4.

Les niveaux de fécondité convergent-ils vraiment autour de la Méditerranée ? Une exploration du lien entre éducation et fécondité à l'échelle infranationale.

Elise Lévêque, Sébastien Oliveau, Isabelle Blöss, Yoann Doignon

Aix-Marseille Université, CNRS, UMR 7300 ESPACE, UMR 7305 LAMES

Observatoire Démographique de la Méditerranée - DEMOMED

Mots-clefs - fécondité, éducation, convergence spatiale, mondialisation

L'éducation constitue un des seuls discriminants quantifiables que partage l'ensemble des individus, au même titre que l'âge ou le sexe considérés comme des constructions sociales (Lutz, Skirbeck, 2013). Bien que diverses, les théories de la fécondité s'accordent sur le rôle crucial joué par l'éducation dans les comportements féconds et sur la corrélation négative entre ces deux variables (Cleland, 2002). Pour renouveler ces approches, la Méditerranée constitue un terrain d'étude privilégié puisque cet es-

pace est le théâtre de comportements féconds et de niveaux d'éducation variés : les études sur la transition de la fécondité opposent traditionnellement les comportements des pays de la rive Nord à ceux de la rive Sud et Est. Parallèlement, la massification de l'éducation au sein de chaque pays a provoqué une nette convergence des comportements féconds entre les différents niveaux d'instruction (la fécondité différentielle) (Courbage, 1999).



carte 1 : Fécondité : résultats de la première exploration à l'échelle nationale

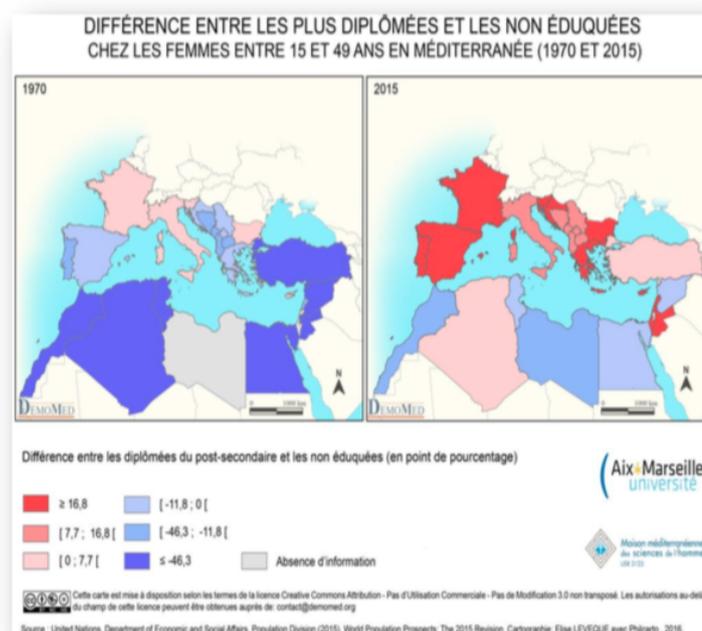
Néanmoins, il apparaît essentiel d'ajouter à ces tendances le cadre de la mondialisation. Entendue comme la création d'une échelle géographique mondiale (Grataloup, 2008). Si la mondialisation produit une homogénéisation globale des espaces et une standardisation de la fécondité au niveau individuel, on peut s'interroger sur les effets de

cette homogénéisation sur la fécondité différentielle entre les pays Méditerranéens. De même, on questionnera l'homogénéité des états en s'intéressant à des niveaux infranationaux qui rappelleront que les moyennes cachent souvent la complexité des phénomènes.

Cette étude s'inscrit donc principalement dans le cadre de la théorie de la diffusion de la fécondité, qui apporte un angle d'observation optimal des changements démographiques (Cleland et Wilson, 1987). Nous considérons ainsi que l'adoption de l'innovation du contrôle de la fécondité est fonction du niveau d'instruction. De plus, des effets de barrières pourraient freiner cette diffusion de manière locale, pouvant ralentir un processus de convergence.

Nous adoptons une analyse transversale en collectant les Indices Synthétiques de Fé-

condité, dont l'utilisation largement répandue permet de limiter les biais dans les comparaisons. En ce qui concerne l'instruction, la variable du plus haut niveau de diplôme atteint reste la plus à même de refléter le niveau d'éducation. Elle a donné lieu à une harmonisation internationale : la classification ISCED (International Standard Classification of Education). Néanmoins, cette dernière reste peu utilisée par les enquêtes et le détail très précis des niveaux d'instruction ne justifie pas son utilisation pour notre étude.



carte 2 et 3 : Fécondité et éducation : résultats provisoires de la première exploration à l'échelle nationale

La méthodologie mise en place repose sur la construction de catégories comparables afin de mesurer au mieux les écarts. Elle débute par la collecte des indicateurs précédemment décrits ou des bases de micro-données permettant de les calculer. Les données proviennent de plusieurs sources : des recensements (collectées sur les instituts nationaux de statistiques et la base IPUMS), des enquêtes nationales ou internationales (DHS, MICS ...). Collectées entre 1950 et 2015, les données présentent parfois d'importants écarts temporels, ce qui nous a conduit à réaliser des estimations. Les indi-

cateurs calculés sont finalement rassemblés par période de cinq ans. De même, nous avons eu recours à une méthode d'harmonisation des niveaux d'éducation. Il en résulte la constitution de trois niveaux d'éducation qui apparaissent comme suffisamment discriminant : sans éducation, éducation primaire, éducation secondaire et plus.

Les données mises à disposition par le Wittgenstein Centre for Demography and Global Human Capital¹ constitue une première approche, bien qu'il s'agisse d'estimations sur la période 2010-2015 (cf. figure 1).

1. Wittgenstein Centre for Demography and Global Human Capital, (2015). Wittgenstein Centre Data Explorer Version 1.2. Available at : <http://www.wittgensteincentre.org/dataexplorer>

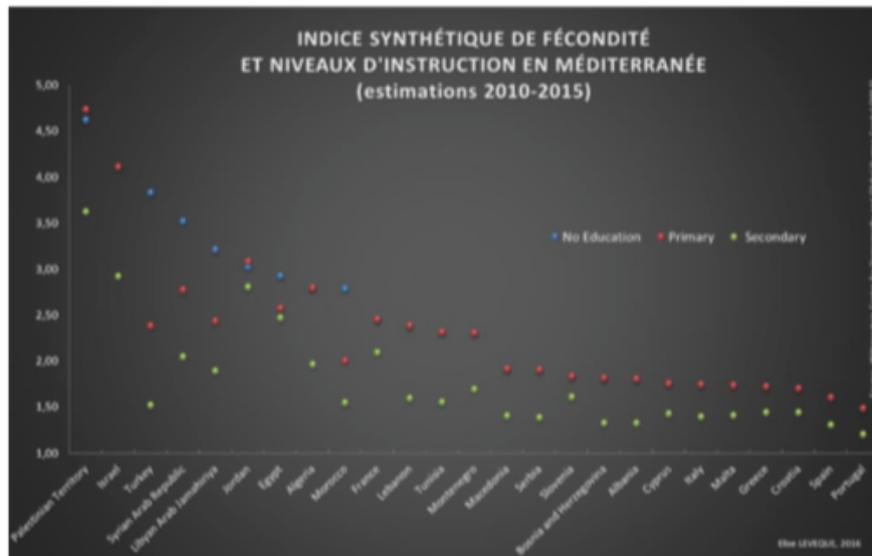


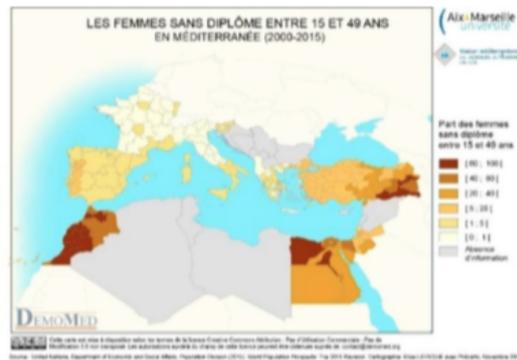
FIGURE 1 – Indice Synthétique de Fécondité et niveaux d’instruction en Méditerranée (2010-2015)

La typologie des territoires mérite notre attention. Un premier groupe de pays se distingue par des écarts de fécondité différentiels très réduits comme la Jordanie (haut niveau d’ISF) ou le Portugal (bas niveau d’ISF). Un autre groupe de pays possède à l’inverse d’importants écarts de fécondité : il s’agit principalement des pays à haut niveau d’ISF (à gauche du graphique), se situant à des stades moins avancés de la transition. Pour ces pays, il est intéressant de noter qu’un niveau d’éducation supplémentaire entraîne une rupture brutale dans le comportement de fécondité (passage de l’absence d’éducation à l’éducation primaire ; et surtout différence entre éducation primaire et éducation secondaire).

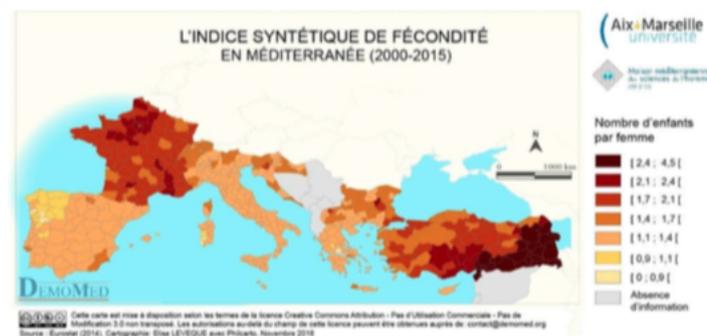
Plus largement, les traitements effectués (statistiques et cartographiques) pour les autres périodes donnent à voir deux phénomènes. D’une part une uniformisation globale des niveaux de fécondités parmi les femmes les plus éduquées. Cette uniformisation précède un processus de convergence

qui remet en question le sens des frontières nationales et des regroupements régionaux traditionnels. D’autre part nous observons une persistance de l’hétérogénéité de la fécondité des femmes les moins éduquées. L’unité de ce groupe de population repose néanmoins sur l’adoption tardive d’un niveau de fécondité plus bas et sur la rapidité de la baisse dans la transition.

Le recours à l’espace, et notamment une exploration des niveaux de fécondité et d’éducation à des échelles infranationales (utilisation de micro-données ré-agrégées, enquêtes DHS, etc.) offre de nouvelles perspectives de mise en lumière des convergences en matière de fécondité différentielle (voir ci-dessous les premières explorations). Ces résultats rappellent la nécessaire prise en compte des futures tendances des niveaux d’instruction féminins, permettant ainsi de formuler différents scénarios de projections démographiques en matière de fécondité.



Carte 4 : les femmes sans diplômes en Méditerranée aujourd'hui : approche infranationale



Carte 4 : la fécondité sur la rive nord de la Méditerranée aujourd'hui : approche infranationale

Références

Caselli, G., Vallin, J., Wunsch, G.J., 2002. *Démographie : analyse et synthèse*. Les déterminants de la fécondité. INED.

Cleland, J., Wilson, C., 1987. Demand Theories of the Fertility Transition : an Iconoclastic View. *Population Studies* 41, 5–30.

Cleland, J., 2002. Education and future fertility trends, with special reference to mid-transitional countries. *Completing the fertility transition 187–202*.

Courbage, Y., 1999. *Nouveaux horizons démographiques en Méditerranée*. INED.

Courbage, Y. and Todd, E. (2007). *Le rendez-vous des civilisations*. 1st ed. Paris :

Seuil.

Grataloup, C., *Géohistoire de la mondialisation. Le temps long du Monde*, Armand Colin, collection U, 2007

Lutz, W., Skirbekk, V., 2013. How education drives demography and knowledge informs projections. *IIASA Interim Report*. Laxenburg, Austria. 24.

Mencarini, L., Salvini, S., Vignoli, D., 2005. *La fecondità nella Riva Sud del Mediterraneo : realtà urbana e rurale a confronto*. Quaderni del Dipartimento di Statistica, Università degli Studi di Firenze.

Skirbekk, V., 2008. Fertility trends by social status. *Demographic Research* 18, 145–180.

La défense nationale dans les régions françaises

Sylvain Moura

Ministère de la Défense
SGA/DAF/QEFI/OED
60 bd du général Martial Valin
CS 21623 75509 PARIS Cedex 15
sylvain.moura@intradef.gouv.fr

Mots-clefs - Défense nationale, région, base économique

Contexte

En France, le niveau régional (au sens de la région comme circonscription administrative) est important pour la défense nationale. D'une part, l'autorité locale du préfet en matière de défense et de sécurité s'exerce sur une zone de défense et de sécurité qui est définie en fonction du découpage régional. D'autre part, les conseils régionaux ayant compétences en matière de politique économique, certains sont influents dans le domaine des entreprises en lien avec la défense : plans de soutien à l'innovation technologique militaire, contractualisation avec des pôles de compétitivité orientés défense, etc. Enfin, les relais locaux du ministère de la Défense dans le domaine économique (en vue de la reconversion territoriale, de la revitalisation ou de l'accompagnement des entreprises), appelés pôles régionaux d'économie de défense, sont organisés par régions et travaillent avec les Directe. Pourtant, il existe peu d'information sur la place de la défense en région. On dispose d'études d'impact réalisées dans le cadre de l'évaluation des conséquences des restructurations militaires. Mais elles ne concernent pas tous les territoires et se bornent à l'analyse des questions d'emploi. Il existe aussi une étude pour la Commission européenne de 1992 qui compare les régions par rapport à la défense, mais là encore pour certaines dimensions et, depuis, elle n'a pas été mise à jour.

Objectif

L'objectif est de comparer les régions françaises par rapport à la place qu'y occupe la défense nationale. Pour cela, toutes les dimensions liées à la défense nationale seront prises (importance du ministère de la Défense en région, de l'industrie de défense, mais aussi tourisme lié à la défense...). Cette comparaison permettra de dégager les moteurs de la présence de la défense en région. Ainsi, le décideur public pourra évaluer ex ante les conséquences de ses choix en matière de commandes publiques de défense ou de restructurations de la carte militaire.

Méthode

La méthode découle de la théorie de la base économique. Dans la conception canonique de Sombart, cette théorie avance que le développement d'un territoire dépend des revenus externes qui viennent l'irriguer (Davezies, 2008). Dziejowski (1966) note que, dans son objectif de définir la ville, Sombart en vient à la conclusion qu'il s'agit d'un phénomène économique, situé dans le temps et l'histoire. Il envisage la ville comme un territoire qui importe nourriture et matières premières et, en échange, vend des produits finis et des services. Krumme (1968) souligne que Sombart est ainsi conduit à distinguer trois catégories d'habitants, identifiés conjointement avec les flux financiers qui leur sont associés. Il y a les habitants exportateurs qui font entrer

des revenus dans la ville, et ceux dont l'activité découle des habitants exportateurs de façon directe (leurs employés qui perçoivent des salaires) ou de façon indirecte (leurs fournisseurs qui perçoivent un chiffre d'affaires). C'est avec cette conception originelle de la théorie de la base que Davezies (2009) caractérise les régions françaises. Il classe les revenus qui entrent dans les territoires en « bases économiques », en fonction des agents qui font entrer les revenus et des bases économiques concernées (résidentielle, productive, sociale, publique). Cela lui permet de quantifier les canaux principaux qui font le développement des régions, soit l'opposition entre bases économiques (économie résidentielle vs économie productive), soit une imbrication entre bases économiques qui aboutit à des systèmes productivo-résidentiels (Davezies et Talandier, 2014). C'est cette grille de lecture qui est utilisée pour travailler sur la défense dans les régions françaises. Mais, comme elle est macroéconomique (au sens où elle concerne l'économie toutes activités confondues), son application à une activité particulière (ici, la défense) implique trois aménagements.

Le premier aménagement est le recours à la méthode ascendante de substitution (Eurostat, 2013, p. 364). Comme les flux financiers liés à la défense adressés aux entreprises peuvent faire l'objet d'un biais dû au siège social, ils sont réaffectés par cette méthode. Le second aménagement consiste en un réagencement des bases économiques. D'une part la base productive est décomposée en deux (pour distinguer les revenus liés à l'armement des revenus liés au hors armement comme un achat de rations alimentaires). Ce découpage répond à un besoin spécifique à la défense de localiser les entreprises militaires (Serfati, 2014). D'autre part, la base sociale étant très faible (peu de transferts sociaux transitent par le ministère de la défense) (comparativement, elle est intégrée dans la base résidentielle. Enfin, le dernier aménagement

est l'utilisation du chiffre d'affaires déterminer les revenus de la base productive, là où Davezies et Talandier retiennent les bénéfices et les revenus (probablement pour éviter les doubles comptes). Comme les données disponibles ne concernent pas la soustraction, ce risque est extrêmement limité est l'utilisation du chiffre d'affaires demeure possible.

Données

Les données concernent l'année 2013. Il s'agit de flux financiers. La base productive comprend le chiffre d'affaires réalisé par les unités légales (marchandes et non marchandes) avec la défense. Ce chiffre d'affaires se compose des commandes passées par le ministère de la Défense (source : ministère de la Défense), l'OCCAR¹ (source : OCCAR), l'OTAN (source : ministère de la Défense) et le reste du monde (source : Direction générale des douanes et des droits indirects). La base résidentielle se compose des pensions mises en paiement sur budget du ministère de la Défense (source : service des pensions de l'Etat), de divers paiements indirects aux ménages transitant par des organismes tel l'ONAC-VG (source : ministère de la Défense et ONAC-VG²), des transferts sociaux hors pensions versés par le ministère de la Défense (source : ministère de la défense), du chiffre d'affaires lié au tourisme dès lors que la défense joue un rôle dans le domaine (source : ministère de la Défense, IGESA³ et musées tel le musée de l'Armée aux Invalides).

La base publique regroupe les salaires nets des personnels civils et militaires du ministère de la défense, les dépenses liées au fonctionnement de l'administration de la défense sur le territoire (par exemple : versement aux bases de défense) et les indemnités de personnels en lien avec leur activité professionnelle (source : ministère de la Défense).

1. Organisation conjointe de coopération en matière d'armement.

2. Office national des anciens combattants et des victimes de guerre.

3. Institution de gestion sociale des armées

Résultats

Le premier résultat met en évidence la géographie des états-majors. La distribution de la base publique (constituée majoritairement des salaires des personnels du ministère de la défense) montre une concentration des revenus en Lorraine (proche de la frontière allemande), dans les grands ports militaires de Bretagne et de PACA (ouverture maritime et héritage des arsenaux navals), dans la région Centre (héritage des arsenaux terrestres placés proches de Paris mais loin de l'Allemagne) ainsi que dans des régions propices au développement récent de l'aéronautique militaire (Sud-Ouest, PACA). Le deuxième résultat témoigne de l'existence de systèmes régionaux de la défense, avec une imbrication de la base publique et productive (constituée majoritairement des revenus des entreprises d'armement). La proximité avec les grands ports et les centres d'essais aéronautiques et terrestres a motivé l'Etat pour y implanter des usines nationales de production militaire. Ainsi, PACA, Aquitaine, Bretagne et Centre ont une base productive importante. Des systèmes régionaux de la défense ont pu y émerger et s'y consolider, comme le montre Frigant (2008) pour l'Aquitaine. Le cas de l'Île-de-France est aussi à signaler : en tant que centre du commandement économique et militaire, cette région bénéficie d'un système régional de défense très important. Le dernier résultat est que ces régions font aussi partie celles qui bénéficient de l'arrivée de touristes et de retraités de défense (base résidentielle) : elles sont donc puissantes dans la défense (hauts revenus) et équilibrées (représentées dans les trois bases économiques). A l'inverse, les

régions qui ne possèdent pas de système régional de défense sont peu représentées dans la défense ou bien sont déséquilibrées du côté de la base résidentielle (exemple : Languedoc-Roussillon, Corse).

Références

- Davezies L. (2008) *La République des territoires*. Seuil.
- Davezies L. (2012) *La crise qui vient : la nouvelle fracture territoriale*. Seuil.
- Davezies L. et Talandier M. (2014) L'émergence de systèmes productivo-résidentiels. Collection travaux 19, CGET. La Documentation Française, Paris.
- Dziewonski K. (1966) The concept of the urban economic base : *overlooked aspects, communication au XVIII congrès de la Regional Science Association à Vienne*.
- Eurostat (2013), Système européen des comptes SEC 2010, Commission européenne.
- Frigant V. (2008) « Vers une politique sectorielle régionale ? Leçons à partir de l'histoire de l'industrie aérospatiale en Aquitaine », dans C. Bouneau et Y. Lung (éd.) *Les dynamiques des systèmes d'innovation : logiques sectorielles et espaces de l'innovation*, Maison des sciences de l'Homme d'Aquitaine, pp.173-206.
- Krumme G. (1968) Werner Sombart and the Economic Base Concept, *Land Economics* 44(1), 112-116.
- Serfati C. (2014) *L'industrie française de défense*. La documentation française, Paris

Atelier 9

Observation territoriale

UN OUTIL POUR LES POLITIQUES SCOLAIRES : iSTUDY - PROSPECTIVE SCOLAIRE

Frédéric Grosjean¹, Souleymane Thiam², Sylvain Mourot²

Laboratoire Théma

UMR 6049 CNRS - Université Bourgogne Franche-Comté¹

IAD Territoire Digital²

Mots-clefs - Aide à la décision - Outil – Prospective - Scolaire – Simulation.

Contexte et objectif de l'étude présentée

S'inscrivant dans le prolongement de l'école élémentaire, il dispense un enseignement de 4 ans aux élèves âgés de 10-11 (classe de Sixième) à 14-15 ans (classe de Troisième). L'organisation et la gestion de l'enseignement au collège relèvent de la compétence de l'Etat qui confie cette responsabilité au Ministère de l'Education Nationale (définition des programmes). Dans chaque région et département, l'administration de l'éducation nationale est présente à travers ses services déconcentrés (Rectorat et Inspection Académique). Quant aux Conseils Départementaux, ils ont la responsabilité de la construction, de la rénovation, des dépenses d'entretien et de fonctionnement des collèges publics. Ils ont également en charge l'organisation et le financement du transport scolaire des collégiens.

Depuis le 1^{er} janvier 2005, une nouvelle compétence a été transférée à cette collectivité : la sectorisation des collèges publics. Les Conseils Départementaux définissent ainsi l'affectation des élèves à un établissement en fonction du lieu de résidence des familles. La sectorisation scolaire a pour objectifs d'équilibrer les effectifs des collèges au regard de leur capacité d'accueil, de favoriser la mixité sociale au sein des établissements et pour les territoires ruraux, de rationaliser les circuits de transport scolaire. Ce transfert de compétence amène donc la collectivité à s'interroger sur la géographie de ses collèges : des

espaces en forte croissance démographique peuvent poser la question de l'ouverture de nouveaux collèges tandis que la fermeture d'établissements est une hypothèse évoquée pour des espaces moins dynamiques.

Dans ce difficile exercice de la gestion des processus scolaires, les collectivités sont en demande d'outils d'aide à la décision, permettant à la fois d'éclairer sur les situations actuelles et de dessiner les futurs possibles. Ainsi, l'outil *iStudy - Prospective Scolaire* a été développé en vue d'accompagner les Conseils Départementaux dans leur compétence nouvelle. Outil consultable en intranet, il permet de construire à la demande des utilisateurs des diagnostics territoriaux, d'élaborer des tendances d'évolution d'un espace ou encore de réaliser des scénarii d'évolution de l'offre scolaire (quelles seraient les incidences de l'ouverture d'un nouvel établissement par exemple).

Les données et méthode

L'outil *iStudy - Prospective Scolaire* est en quelque sorte l'aboutissement de plusieurs études menées sur le terrain, de rencontres nombreuses avec les techniciens des collectivités territoriales et des décideurs politiques locaux. En effet, depuis la loi de décentralisation de 2005 qui a confié aux Conseils Départementaux la responsabilité de la sectorisation des collèges publics, nous avons été sollicités, en tant que géographes, pour répondre à des problématiques variées (Caro et al., 2006) : fermeture d'établissements dans les territoires en baisse dé-

mographique ou alors construction de nouveaux établissements dans le cas d'une forte poussée démographique. La conduite de ce type d'études dans une quinzaine de départements nous a amené, avec une équipe d'informaticiens spécialisés, à bâtir un outil qui assiste les collectivités dans cette compétence. Volontairement, l'outil ne repose pas sur un modèle d'optimisation de localisation des collèges (minimisation de la distance élèves / collègue par exemple) et ne cherche pas à soumettre une géographie idéale des équipements scolaires. C'est aux utilisateurs, les techniciens des collectivités, de construire dans l'outil leurs propres simulations sur la base des diagnostics établis par ce dernier et leurs connaissances de terrain.

La gestion de la sectorisation des collèges publics impose la prise en compte de plusieurs informations, provenant de divers organismes : le Conseil Départemental qui dispose de données relatives aux périmètres de recrutement des collèges (adresses et affectation à l'établissement, rattachement des écoles aux collèges), aux transports scolaires (les points d'arrêt avec les horaires de ramassage) et aux bâtiments scolaires (nombre et type de salles, capacité d'accueil), l'Inspection Académique qui possède des informations à la fois sur les établissements (options dispensées, évolution des effectifs par niveau) et les publics scolaires (lieu de résidence, composition sociale), les municipalités (documents d'urbanisme, caractéristiques des projets de construction de nouveaux logements) et l'INSEE (données relatives à la population et aux logements). De plus, *iStudy - Prospective Scolaire* permet l'intégration des données géographiques issues notamment de l'IGN (couches communales, base adresse départementale, routes) et de l'INSEE (quartiers et îlots).

Ainsi, l'outil structure et met en relation les informations portant sur des thématiques différentes qui sont rarement investies conjointement : l'élève et ses caractéristiques (lieu de résidence, appartenance sociale, âge, sexe), le collègue (localisation, propriété des bâtiments, options d'ensei-

gnement) et le territoire (âge de la population, typologie de l'habitat ou encore projets d'urbanisation). *iStudy - Prospective Scolaire* autorise ainsi une vision globale et transversale de la problématique scolaire. En croisant ces multiples données, l'outil est en mesure de construire des états des lieux à différentes échelles géographiques : la commune, le canton, le bassin de formation ou le département. L'utilisateur peut ainsi prendre connaissance de la dynamique des processus scolaires sur un territoire qu'il aura préalablement sélectionné.

Quelles évolutions futures des territoires scolaires ?

Lorsque les effectifs scolaires d'un collège connaissent une forte baisse et que son taux d'occupation tend à diminuer, la collectivité peut le conforter en élargissant son périmètre de recrutement. La démarche consiste à transférer des rues, des quartiers ou des communes d'un collège public vers cet établissement en perte d'effectifs. Dans ce cas, le Conseil Départemental doit veiller à ce que les temps de transport scolaire restent acceptables pour les enfants et que les changements de périmètre scolaire ne « vident » pas le collège subissant la réduction de son secteur scolaire. Solution ultime, la fermeture du collège peut être évoquée lorsque les effectifs sont jugés insuffisants par la collectivité. Cette dernière devra alors engager un important travail de concertation auprès des familles et de la communauté éducative.

A contrario, une forte hausse des effectifs sur un territoire peut amener le Conseil Départemental à acter d'autres décisions : modification des périmètres de recrutement, extension des capacités d'accueil des collèges existants en construisant de nouvelles salles de classe ou en utilisant des bâtiments modulaires (préfabriqués). Lorsque la progression des effectifs ne peut pas être solutionnée par ces pistes, la construction d'un nouveau collège peut alors se révéler nécessaire. Plusieurs questions se posent alors à la collectivité : quelle doit être la

taille de l'établissement (type 400, 600, 800 places. . .) ? Quelle localisation ? Quel périmètre de recrutement du collège ? Quelle date de livraison du nouveau collège ? Répondre simultanément à ces interrogations impose la prise en compte de tous les paramètres inhérents à la problématique scolaire : démographie actuelle et future des collèges, capacité d'accueil des établissements, dynamique des territoires, distance-temps de commune à commune, etc. L'exercice est complexe et le Conseil Départemental devra être en mesure de répondre efficacement aux attentes voire aux contestations émanant des usagers des collèges (les parents d'élèves), des maires ou encore des syndicats du personnel éducatif.

Pour illustration, la figure 1 revient sur la démographie des collèges varois, en particulier ceux de la Provence Verte (ouest du département). Ici, plusieurs établissements ne sont plus en mesure d'accueillir tous les élèves prévus. Le Conseil Départemental doit alors gérer cette poussée des effectifs en modifiant l'offre scolaire sur ce territoire. A l'aide d'un menu « Simulation », l'outil *iStudy - Prospective Scolaire* permet de réaliser, pour un même espace, une série de scénarii visant à adapter l'offre scolaire aux besoins futurs. Dans ce menu, l'utilisateur sélectionne dans un premier temps le

collège qui fera l'objet d'une ou plusieurs simulations, et dans un second temps, il choisit le type de scénario envisagé (transferts de communes, fermeture de l'établissement, etc.). Pour la rentrée 2017, il a été décidé de l'ouverture d'un nouveau collège à Carcès, d'une capacité de 600 élèves. D'ici 2017, la collectivité ajustera les périmètres de recrutement des collèges en vue de satisfaire au mieux cet essor des effectifs.

Carcès, petite ville de 3 000 habitants, a été choisie comme commune d'implantation du nouveau collège car elle se situe à l'épicentre des futurs besoins scolaires et permet de ce fait d'« alléger » plusieurs établissements. Malgré l'ouverture de ce nouvel établissement, certains collèges continueront d'afficher des situations de sureffectifs : le Conseil Départemental a donc décidé de porter les capacités d'accueil des collèges de Barjols et de Saint-Zacharie de 600 à 700 élèves. Tous ces investissements permettront de résorber les situations de sureffectifs des collèges de la Provence Verte. De plus, le tableau des incidences de ces mesures (tableau de la figure 1) montre que les nouvelles capacités d'accueil ne désemplissent pas les collèges existants car en 2017, aucun établissement ne comptera moins de 500 élèves. Les collèges actuels ne sont donc pas fragilisés.

Ainsi, notre exposé présentera les différents points mentionnés dans les précédents paragraphes (genèse de l'outil, collecte et croisement des données, production d'indicateurs, construction de simulations). Actuellement utilisé dans une dizaine de Conseils départementaux, *iStudy - Prospective scolaire* se révèle être, dans le complexe exercice de la gestion de la sectorisation des collèges publics, un outil précieux d'aide à la décision car il accompagne la collectivité de la phase amont du travail (collecte des données, organisation) jusqu'à l'étape finale (validation par les instances politiques d'une simulation). Fort de ce succès auprès des départements, il se décline à présent au niveau communal, dans le champ de la sectorisation des écoles publiques.

Références

- ANTUNES A., PEETERS D. (2000), « A dynamic optimization model for school network planning », *Socio Economic Planning Sciences*, vol. 34, pp. 101-120.
- ANTUNES A., PEETERS D., TEIXERA J. (2007), « An optimization-based study on the redeployment of a secondary school network », *Environment and Planning B : Planning and Design*, vol. 34, pp.296-315.
- CARO P., FAIVRE E., GROSJEAN F., (2006), « La territorialisation des politiques scolaires : l'exemple des collèges du bassin de Gap », *Les Annales de Géographie*, n° 650, juillet-août 2006.
- CARO P., FAIVRE E., GROSJEAN F.,

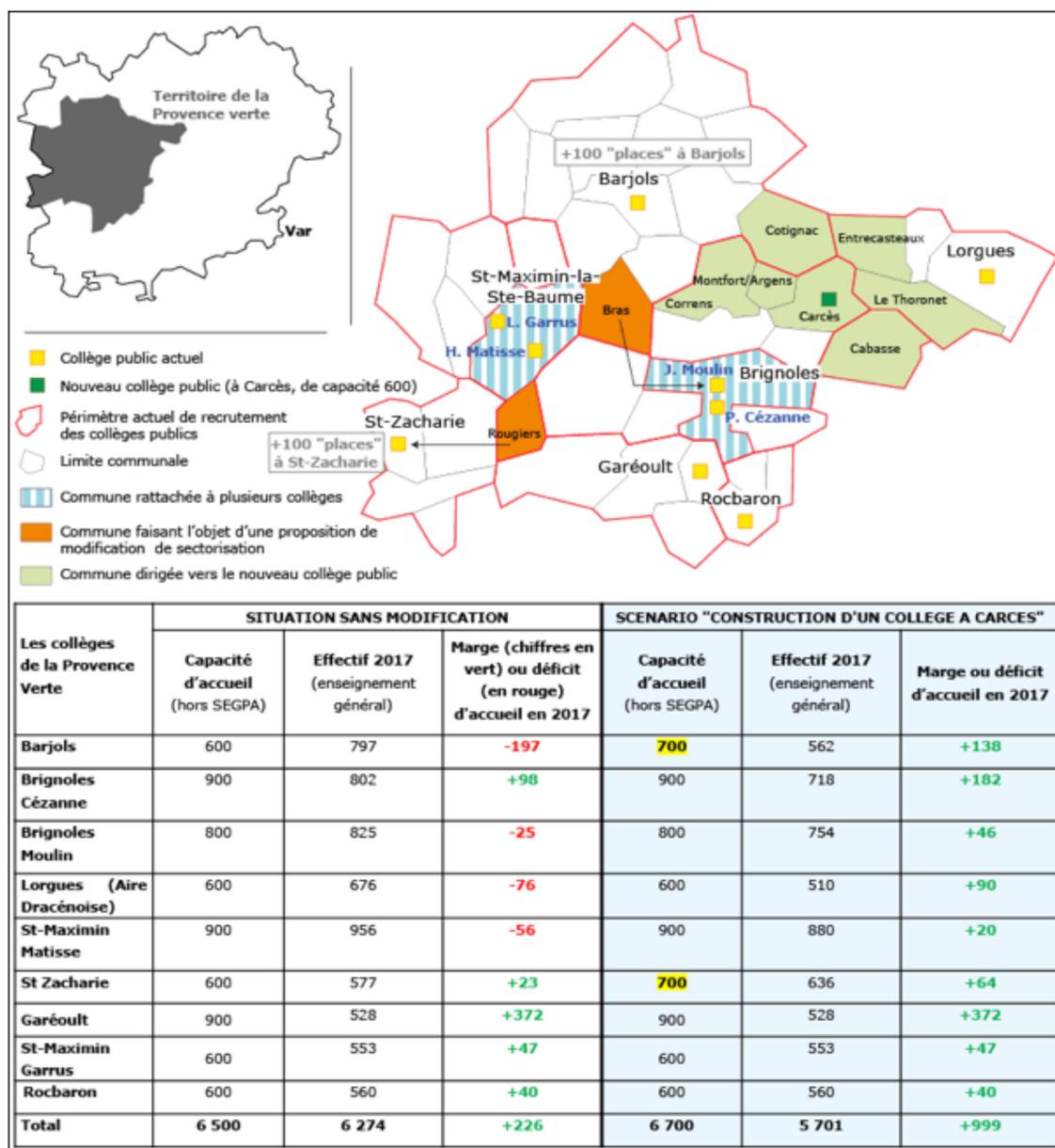


FIGURE 1 – Un nouveau collège pour répondre à la croissance des effectifs scolaires sur le Territoire de la Provence Verte (département du Var)

(2006), « La carte, un élément de diagnostic et de prospective pour les politiques scolaires », *Mappemonde*, n° 82 (2-2006).

CHURCH R.L., MURRAY T., (1993), « Modeling school utilization and consolidation », *Journal of Urban, Planning and Development*, vol. 119, pp. 23-38.

DELMELLE E., PEETERS D., THOMAS I., THILL J.C. (2011), « A multi-period capacitated school location problem with modular equipments and age restrictions », *Journal of Geographical Systems*,

31/12/2001.

FRANÇOIS J.-C. (1998), « Discontinuités territoriales et mise en évidence de systèmes spatiaux dans l'espace des collèges de l'agglomération parisienne », *L'espace géographique*, n° 1.

GIBAND D., HOLZ J.-M. (2001), « Constructions scolaires et reconstruction du territoire dans un département en mutation démographique, l'exemple de la plaine du Roussillon », *Revue de l'Économie méridionale*, vol 49, n° 196, p. 305-328.

GROSJEAN F., (2006), « Le point sur la carte scolaire : le géographe apporte des outils de diagnostic et de prospective », *La*

Lettre de l'Education, Le Monde, parution de l'interview le 18 décembre 2006.

Observer l'expérience quotidienne des usagers des transports frontaliers avec Twitter. Application à un dysfonctionnement majeur des transports au Luxembourg

Pierre-Olivier Chasset^{1,2}, Arnaud Banos² et Olivier Klein¹

Luxembourg Institute of Socio-Economic Research (LISER), Luxembourg¹

UMR 8504 Géographie-cités, Paris²

pierre-olivier.chasset@liser.lu

Mots-clefs - frontière, Luxembourg, mobilité quotidienne, traces numériques

Contexte

Réduire les émissions de gaz à effet de serre constitue un enjeu environnemental qui dépend largement de la capacité des collectivités locales à favoriser une mobilité quotidienne alternative à la voiture. Au Luxembourg, les frontaliers effectuent chaque jour 88 kilomètres en moyenne, dans 86% des cas en voiture [1]. Ce constat local s'inscrit dans une dynamique plus générale de la mobilité quotidienne : les individus sont toujours plus nombreux à prendre leur voiture quotidiennement pour franchir des distances toujours plus importantes, notamment en France [2]. Contrer cette tendance nécessite de mesurer la mobilité quotidienne et de comprendre la manière dont les individus expérimentent au quotidien les infrastructures et les services de transports définis par les collectivités [3].

Apports et limites des enquêtes classiques

Au Luxembourg, en 2010, une enquête a été réalisée par le LISER sur la mobilité quotidienne des frontaliers. Elle relève les déplacements d'un jour de semaine selon les motifs et les moyens de transports. Dans cette enquête, les frontaliers déclarent qu'ils sont fatigués, stressés et ont la sensation de perdre leur temps. En effet, les deux heures quotidiennes de transports les contraignent à une seule activité en semaine : le tra-

vail [1]. Cette expérience éclairée au regard de leur mobilité quotidienne apporte une connaissance importante pour l'action territoriale. Cependant, les enquêtes sur la mobilité quotidienne faisant référence au Luxembourg et dans les pays limitrophes sont peu informatives sur l'expérience des usagers de transports. Au niveau local, en France, l'enquête ménages déplacements relève, dans sa section sur l'opinion, l'expérience que les individus font des moyens de transports ou des problèmes de circulation, tout en restant à un niveau de généralité très important. Au niveau national, l'enquête BELDAM en Belgique, l'enquête ENTD en France et l'enquête MiD en Allemagne [4] ne consacrent que peu de questions à ce sujet. Ainsi, bien que ces enquêtes soient précises quant à la mobilité, elles ne permettent pas de relever pleinement l'expérience des usagers de transports. De plus, leur faible récurrence – une fois tous les 10 ans – limite l'étude de l'évolution du phénomène [5].

Apports et limites des services de mise en réseau

Dans ce contexte, un moyen d'expression comme le service de mise en réseau Twitter est susceptible d'apporter un éclairage complémentaire utile sur la vie quotidienne d'une large population.

«#Nancy, tram en retard de 10mn arrive à Point Central +que BONDÉ! Impossible

pour bcp, d'entrer! @ReseauStan »

« Perturbations importantes sur la 1. Retard supérieur à 15mn. Encore une journée d'abonnement pour rien... Merci @ReseauStan <3. »

Twitter compte aujourd'hui 313 millions d'utilisateurs actifs. Ces femmes et ces hommes, âgés entre 10 et 70 ans [6], émettent chaque jour, essentiellement depuis leur téléphone, plus de 500 millions de messages, dont 100 millions rien qu'en Europe [7]. Ces messages, ou tweets, parfois localisés avec le GPS de leur téléphone, sont des textes comportant au plus 140 caractères.

Aujourd'hui, bien que traitant de sujets très variés, ces tweets sont utilisés dans le domaine de la protection de la population contre des risques de tremblements de terre [8] ou de pandémie [9]. Dans le domaine de la mobilité, leur analyse a porté sur les caractéristiques de la mobilité et les flux domicile-travail. Tout d'abord, l'analyse des discours permet d'inférer les prochaines activités des utilisateurs [11]; l'analyse de la localisation des tweets, leur localisation future [12] ou leur moyen de transport [13]. Ensuite, la régularité des navetteurs permet de reconstituer 97% de la variance des flux en accumulant la localisation de leurs tweets sur une longue période [10]. Autrement dit, alors qu'elles ne sont pas prévues au départ pour ce type d'analyse, ces nouvelles données permettent de créer une partie de l'information visée par les enquêtes classiques sur les déplacements et sur l'expérience des usagers, mais ceci d'une manière radicalement différente.

En effet, contrairement aux enquêtes classiques, ces traces numériques ne nous renseignent pas directement sur l'individu. Les caractéristiques des utilisateurs comme l'âge [6], le genre [14] et leur lieu d'habitat [15] sont inférées d'après leur discours. Par ailleurs, alors que, dans les enquêtes classiques, les personnes interrogées sont sélectionnées pour leur représentativité, dans la littérature sur les traces numériques, les utilisateurs ne le sont pas. Cet aspect est d'autant plus important que les

femmes de moins de 20 ans sont surreprésentées dans le réseau social [6]. Ou encore, de nombreuses études portent sur les corrélations obtenues entre indicateurs agrégés à un moment donné, mais qui s'avèrent erronées à d'autres moments [16] ou à d'autres niveaux d'agrégation. Les résultats des modèles doivent donc faire l'objet d'une constante attention [17]. Ces biais sont aujourd'hui encore trop peu étudiés. Pour parler à cela, le retour à l'analyse des données individuelles s'impose. La recherche dans ce domaine peut alors se heurter à une autre difficulté : celle de l'anonymat des utilisateurs [18].

Objectif et hypothèses de recherche

En résumé, alors que les enquêtes classiques présentent des faiblesses, des résultats récents montrent que Twitter présente un grand potentiel pour la collecte de données sur les expériences quotidiennes des usagers de transports, mais des recherches complémentaires sont nécessaires pour identifier tout son potentiel et optimiser son utilisation.

Une première veille a montré que des messages émis sur Twitter avaient pour sujet des problèmes potentiels du système de transport. Dans le cadre de cette étude, nous voulons démontrer qu'un dysfonctionnement réel et majeur du système de transport luxembourgeois est l'objet de messages sur Twitter. L'objectif de cette étude est de tester cette hypothèse sur le dysfonctionnement du système de transport ferroviaire de voyageurs au Luxembourg du vendredi 16 décembre 2016.

Données

Nous appuyons notre démonstration sur la comparaison de deux types de données :

(1) Des informations sur les conditions objectives de déplacements issus de sources officielles et authentifiées telles que l'offre réelle de déplacements, les retards et les

dysfonctionnements constatés. Elles sont issues des opérateurs de transports, de la centrale de mobilité du Luxembourg et des journaux quotidiens locaux.

(2) Des tweets émis durant le dysfonctionnement.

Ces données sont stockées sur un serveur à accès restreint, sécurisé par mot de passe.

Démarche

Notre démarche s'effectue en trois phases : une première phase de collecte de tweets, une deuxième phase de description du dysfonctionnement à l'aide d'informations issues des sources officielles et authentifiées, et une troisième phase de validation de l'hypothèse.

Collecte des tweets

Une première phase consiste à collecter les tweets nécessaires à notre étude. Ils sont extraits d'une collecte continue sur le flux en temps réel de tweets. Cette collecte a été mise en place depuis avril 2015 et s'effectue selon deux canaux :

- (1) Un échantillon aléatoire de tous les tweets en temps réel, démontré comme représentatif de l'ensemble des tweets ;
- (2) Des tweets en temps réel associés à une localisation sur le bassin d'emploi du Luxembourg, démontré comme quasiment exhaustif en cas de non dépassement des quotas imposés par Twitter.

Nous complétons cette collecte par une fouille de l'archive de tweets récents avec les mots-clefs comportant le nom de la gare comme mot-clef « bettembourg » en français, « beetebuerg » en luxembourgeois et « bettemburg » en anglais et allemand.

Les tweets intéressant notre étude sont extraits de cette collecte en appliquant un filtre sur les dates de créations des tweets incluses dans la période de dysfonctionnement, constituant ainsi notre corpus.

Description du dysfonctionnement à l'aide d'informations officielles

Une deuxième phase consiste à assembler des informations issues de sources officielles et authentifiées décrivant le dysfonctionnement. Plusieurs thèmes apparaissent : les moyens de transport touchés, les gares sujettes à ce dysfonctionnement, le nombre de personnes concernées, les retards subis, les destinations des usagers, etc. Ces thèmes constituent autant de modalités que nous cherchons à retrouver dans notre corpus.

Interprétation des tweets et validation de l'hypothèse

La validation de l'hypothèse se déroule en deux temps. Dans un premier temps, nous analysons de manière qualitative une sélection aléatoire de tweets issus du corpus. Cette analyse permet d'étiqueter chaque tweet avec un ou plusieurs thèmes du dysfonctionnement décrit par les sources officielles. Ce travail permet de statuer une première fois sur la validité de l'hypothèse et sur la qualité de cette validation selon le nombre de thèmes retrouvés.

Dans un deuxième temps, nous allons utiliser le jeu de données d'apprentissage construit précédemment pour étiqueter l'ensemble de notre corpus de tweets. Nous estimons pour chaque thème les paramètres d'un modèle d'apprentissage statistique. Nous testons différents types de modèles pour chaque thème : des réseaux bayésiens, des réseaux de neurones, des forêts aléatoires et des machines à vecteurs de support. Chacun type de modèle est estimé sur chaque thème dix fois avec 90% des tweets labellisés et testés avec les 10% restant sur leur exactitude et leur précision. Le meilleur type de modèle de chaque thème est ensuite choisi pour étiqueter l'ensemble des tweets. Nous pouvons alors statuer une deuxième fois sur la validité et la qualité de notre hypothèse.

Principaux résultats attendus

Les opérateurs ferroviaires luxembourgeois (CFL) et français (SNCF), ainsi que différents quotidiens locaux, comme le *Luxemburger Wort* ou le *Républicain lorrain*, décrivent la situation exceptionnelle du vendredi 16 décembre 2016. Entre 17h et 23h, les trains ont subi des retards de plus d'une heure, bloquant près de 3000 passagers en gare. Les relations concernaient les trains passant en gare de Bettembourg, située à la frontière franco-luxembourgeoise, coupant ainsi toute relation entre les deux pays.

L'analyse de tweets nous permet de confirmer que des traces numériques sont laissées sur Twitter à propos de cet événement réel et majeur. Une importante partie des thèmes décrivant le dysfonctionnement selon des sources officielles est abordée sur Twitter. Cependant, d'autres thèmes sont absents soit des sources officielles, soit sur Twitter.

Discussion

Dans de futures recherches, nous travaillerons à accumuler les preuves sur différents dysfonctionnements. De ces comparaisons répétées entre dysfonctionnements, un modèle d'identification automatique pourra alors émerger. Il facilitera le traitement en temps réel de ces données massives.

Cette démonstration s'effectue sans avoir recours à une représentativité statistique classique sur la démographie de la population concernée. Ni les utilisateurs, ni leurs messages n'ont en effet pas été tirés au hasard d'une population bien définie. Nous veillerons à présenter nos résultats en respectant la vie privée des personnes.

Remerciements

Cette recherche s'inscrit dans le cadre du projet MOBITWEET financé par le Fonds national de la recherche du Luxembourg.

Références

- [1] F. Schmitz, G. Drevon, et P. Gerber, « La mobilité des frontaliers du Luxembourg. Dynamiques et perspective », LISER (anciennement CEPS/INSTEAD), Esch-sur-Alzette, Luxembourg, oct. 2012.
- [2] J. Armoogum, Élisabeth Bouffard-Savary, Yann Caenen, et Christine Couderc, « La mobilité des Français. Panorama issu de l'enquête nationale transports et déplacements 2008 », *Rev. CGDD*, déc. 2010.
- [3] V. Kaufmann, *Mobilité quotidienne et dynamiques urbaines : la question du report modal*, 1re éd. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, 2000.
- [4] Eurostat, « Support for passenger mobility statistics. Up-to-date inventory of national surveys on passenger mobility », 2011.
- [5] J. D. D. Ortúzar, J. Armoogum, J. Madre, et F. Potier, « Continuous Mobility Surveys : The State of Practice », *Transp. Rev.*, vol. 31, no 3, p. 293-312, mai 2011.
- [6] D. Nguyen, R. Gravel, D. Trieschnigg, et T. Meder, « "How Old Do You Think I Am?" : A Study of Language and Age in Twitter », in *Proceedings of the Seventh International AAAI Conference on Weblogs and Social Media*, 2013.
- [7] Y. Liu, C. Kliman-Silver, et A. Mislove, « The Tweets They are a-Changin' : Evolution of Twitter Users and Behavior », 2014.
- [8] T. Sakaki, M. Okazaki, et Y. Matsuo, « Earthquake shakes Twitter users : real-time event detection by social sensors », in *Proceedings of the 19th international conference on World wide web*, 2010, p. 851-860.
- [9] D. A. Broniatowski, M. J. Paul, et M. Dredze, « National and Local Influenza Surveillance through Twitter : An Analysis of the 2012-2013 Influenza Epidemic », *PLoS ONE*, vol. 8, no 12, p. e83672, déc. 2013.
- [10] M. Lenormand, M. Picornell, O. G. Cantu-Ros, A. Tugores, T. Louail, R. Herranz, M. Barthelemy, E. Frias-Martinez, et

- J. J. Ramasco, « Cross-checking different sources of mobility information », ArXiv Prepr. ArXiv14040333, 2014.
- [11] W. Weerkamp et M. de Rijke, « Activity prediction : A Twitter-based exploration », in SIGIR Workshop on Time-aware Information Access, 2012.
- [12] A. Noulas, S. Scellato, N. Lathia, et C. Mascolo, « Mining User Mobility Features for Next Place Prediction in Location-Based Services. », in ICDM, 2012, p. 1038–1043.
- [13] M. Azmandian, K. Singh, B. Gelsey, Y.-H. Chang, et R. Maheswaran, « Following Human Mobility Using Tweets », in Agents and Data Mining Interaction, L. Cao, Y. Zeng, A. L. Symeonidis, V. I. Gordetsky, P. S. Yu, et M. P. Singh, Éd. Springer Berlin Heidelberg, 2013, p. 139–149.
- [14] J. D. Burger, J. Henderson, G. Kim, et G. Zarrella, « Discriminating gender on Twitter », in Proceedings of the Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing, 2011, p. 1301–1309.
- [15] Z. Cheng, J. Caverlee, et K. Lee, « You are where you tweet : a content-based approach to geo-locating twitter users », in Proceedings of the 19th ACM international conference on Information and knowledge management, 2010, p. 759–768.
- [16] T. Bodnar et M. Salathé, « Validating models for disease detection using twitter », in Proceedings of the 22nd international conference on World Wide Web companion, 2013, p. 699–702.
- [17] D. M. Lazer, R. Kennedy, G. King, et A. Vespignani, « The parable of Google Flu : Traps in big data analysis », 2014.
- [18] A. Decuyper, « Une vie privée est-elle encore possible ? », La Recherche, no 482, p. 38–42, déc-2013.

DemoMed : un observatoire démo-géographique pour la Méditerranée¹

Sébastien Oliveau, Isabelle Blöss, Yoann Doignon

Aix-Marseille Université, CNRS, UMR 7300 ESPACE, UMR 7305 LAMES

Observatoire Démographique de la Méditerranée - DEMOMED

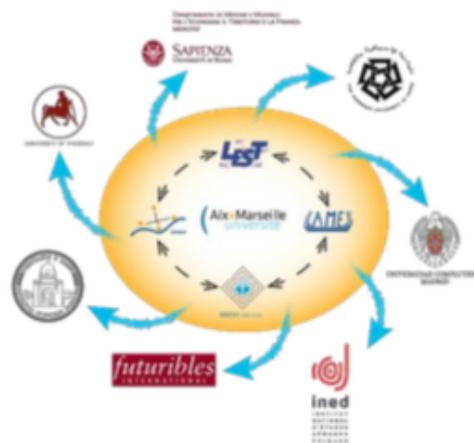
Mots-clefs - Observatoire, interdisciplinarité, humanités numériques

Cette communication propose de présenter l'observatoire démographique de la Méditerranée – DemoMed (<http://demomed.org2>), en insistant sur le travail spécifique fait en lien avec des géographes « Théoquant » et ses résultats (prise en compte de la spatialité des données, exigence quant aux rendus cartographiques, exploration spatiale des thématiques démographiques). Après avoir brièvement présenté l'Observatoire et ses objectifs, nous présenterons la base de données mise en place, puis l'interface originale développée pour l'exploiter. Nous élargirons ensuite notre propos à la manière dont l'Observatoire s'est emparée des possibilités offertes par les outils numériques (notamment ceux du TGIR HumaNum).

Un observatoire démographique pour la Méditerranée

A ce jour, aucun observatoire ou laboratoire n'est dédié à l'étude des questions de populations en Méditerranée au sens large, aucun outil ne permet de produire des données socio-démographiques à visée comparative dans le temps et dans l'espace géographique méditerranéen. Les seuls travaux menés sur les dynamiques de population en Méditerranée émanent soit de programmes individuels de chercheurs soit d'organisations comme le Plan bleu, l'Ipemed, le Ciheam... Pour comprendre les interactions démographiques, sociales et familiales en Méditerranée, dans une perspective comparative et à des niveaux infranationaux, les données empiriques sur lesquelles s'appuient les analyses sociologiques doivent être non seulement fines et de qualité, mais souvent spatialisées et datées afin de suivre et comprendre les évolutions temporelles et les dynamiques en cours dans cet espace géographique. La plupart des bases de données démographiques actuellement exis-

tantes de par le monde ne présentent pas ces caractéristiques.



DemoMed : Synergie locale et dynamique internationale

C'est pour cela que l'Observatoire Démographique de la Méditerranée a vu le jour en 2010 en s'appuyant sur un réseau international de chercheurs. Le défi principal de ce projet est de dépasser le cloisonnement disciplinaire des études sur les populations, notamment en Méditerranée, par la

1. Ce travail participe au projet DemoFeMed, financé par le Labexmed (laboratoire d'excellence relevant de la fondation universitaire A*MIDEX). Il a été financé en partie par le projet SoDeMoMed financé par l'ANR Transmed (ANR-12-TMED-0005).

mise en œuvre d'une collaboration internationale permettant d'étudier de façon intégrée les enjeux sociaux et démographiques des pays méditerranéens.

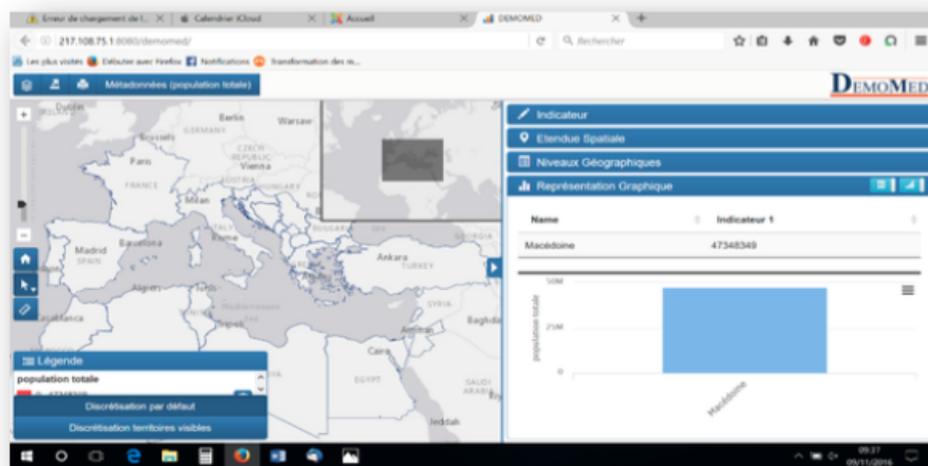
Une base de données interdisciplinaire

Un des objectifs de l'Observatoire démographique était donc la mise en place d'une base de données spatialisées orientées sur l'étude des populations des pays méditerranéens. Cette base de données vise à rendre accessible à un large public des données généralement éparpillées (distribuées par les instituts nationaux de statistiques ou d'autres organisations), souvent disparates (pas d'harmonisation internationale des variables) et pas toujours facilement accessibles (les instituts nationaux publient dans leur(s) langue(s) nationale(s), sur des sites dont les structures ne sont pas toujours évidentes). L'enjeu est en outre de restituer ces données pour un public allant de la société civile (citoyens, journalistes, « décideurs ») aux experts démographiques ou

géographes. Sa structure doit donc permettre une grande souplesse pour intégrer la grande variété de données et de sources et une suffisante rigidité pour satisfaire aux exigences disciplinaires des démographes et géographes. En outre, la question de la pérennité et de l'évolutivité des données, mais aussi de l'interface, a été au cœur de notre réflexion, nous y reviendrons dans la présentation. Nous avons donc développé un prototype original construit en partenariat avec la société informatique Memoris, située à Nantes.

Une interface originale

C'est donc un objet unique qui a été construit, permettant d'interroger la base de données pour obtenir des tableaux, mais en allant plus loin en présentant les données via une interface web cartographique qui permet de visualiser la base de données, mais aussi de l'interroger et de produire des représentations graphiques non spatiales (diagrammes, pyramide des âges, etc.).



L'interface cartographique en cours de développement

Cette interface repose sur un moteur cartographique ESRI qui a été adapté pour nos besoins. Il permet notamment de redéfinir à la volée la discrétisation cartographique pour ne prendre en compte que les objets présentés à l'écran³. Cela permet au lecteur

d'avoir une lecture nouvelle des paysages démographiques, en alternant cartographie générale et zoom locaux, prises en compte des territoires dans leur contexte global et étude de leurs différenciations spatiales locales. La présentation reviendra sur cet as-

pet et sur les différentes possibilités offertes par notre outil.

Des productions variées

Enfin, l'Observatoire ne produit pas que cette base de données. Il a produit un nombre déjà important de publications, travaux universitaires, illustrations (cartes, graphiques, etc). Il semblait donc nécessaire de rendre accessible ces productions ; une réflexion spécifique nous amené à développer une base de données documentaires en parallèle de la base de données démo-géographique présentée précédemment. Pour cela, nous nous sommes appuyés sur les outils mis à disposition par le TGIR HumaNum, et particulièrement les silos de stockage NAKALA (<http://nakala.fr/>) et l'interface de recherche ISIDORE (<http://rechercheisidore.fr/>). Ces deux outils viennent considérablement enrichir nos productions, en les rendant disponibles, visibles et en les documentant (métadonnées enrichies).



Page d'accueil du site de DemoMed : explorer le champ des possibles

Perspectives

Parmi les éléments présentés, certains ont été laissés de côté pour cette présentation, comme celle pourtant cruciale des financements. De même, la question de l'harmonisation des fonds de cartes et des variables n'a pas été évoquée ici, mais pourra l'être. Enfin, la dynamique de recherche engendrée n'est pas à négliger non plus, car comme l'a si bien dit Joël Charre : « la quête méthodologique est bien l'énergie de la recherche, quand elle est collective ».

Références

La présentation ne s'appuie pas à proprement parler sur une bibliographie. Néanmoins, le lecteur pourra se référer à ces différentes publications pour se donner approfondir les éléments présentés :

A propos de la diversité des maillages territoriaux en Méditerranée et des enjeux de leur harmonisation : Doignon Y., Oliveau S., (2015), « Territorial grids in the Mediterranean : space versus population », *Bollettino dell'Associazione Italiana di Cartografia* (Bulletin of the Italian Association of Cartography), Vol. 154., pp. 43-60. doi : 10.13137/2282-472X/11827

MARRAKAIR : UNE SIMULATION PARTICIPATIVE POUR OBSERVER LES ÉMISSIONS ATMOSPHÉRIQUES DU TRAFIC ROUTIER EN MILIEU URBAIN

Justin Emery¹, Nicolas Marilleau², Nadège Martiny³, Thomas Thévenin¹, Tri Nguyen-Huu², Mohamed Ait Badram⁴, Arnaud Grignard⁴, Hassan Hbaid⁴, Ahmed Laatabi⁴, Saad Toubhi²

Laboratoire ThéMA

UMR 6049 CNRS - Université Bourgogne Franche-Comté¹

UMI UMMISCO-IRD/Université de Cadi-Ayyad²

UMR 6282 Biogéosciences-Équipe CRC
Université de Bourgogne-Franche-Comté³

MIT Media Lab⁴

Mots-clefs - Pollution atmosphérique automobile, Trafic routier, Capteurs urbains, Simulation multi-agents, Simulation participative

CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

D'après l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), la pollution de l'air est le principal risque environnemental pour la santé dans le monde¹ (OMS, 2013). À l'échelle locale, la pollution atmosphérique agit sur quelques kilomètres et se manifeste à proximité des sources de pollution comme la proximité aux sites industriels. En milieu urbain, le premier contributeur aux émissions de NO_x, CO, ou PM₁₀ dans l'atmosphère est le trafic routier (CITEPA, 2014). La pollution atmosphérique automobile (PAA) se caractérise en effet par l'émission de composés toxiques et cancérigènes directement émis par les moteurs. L'intensité des émissions est à relier au nombre de véhicules présents sur la route, à leurs vitesses et aux caractéristiques de leur motorisation. En effet, les mesures de qualité de l'air montrent que les concentrations de polluants sont de deux à trois fois plus intenses à proximité des axes routiers qu'en fond urbain (Fenger, 1999; OMS, 2006).

Les derniers événements de pollution atmosphérique de Novembre 2016 à l'échelle de l'agglomération Parisienne² montrent que la gestion des flux de trafic routier, comme la circulation alternée, constitue un des leviers majeurs en vue d'améliorer la qualité de l'air en milieu urbain.

DONNEES ET MÉTHODES

MarrakAir est un projet axé sur la problématique du développement durable et porté par le laboratoire ThéMA, l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD) et l'Université Cadi Ayyad (UCA). Il synthétise plusieurs travaux de recherche sur la pollution de l'air, le trafic routier et la modélisation informatique afin de proposer à un large public un outil de compréhension et de sensibilisation aux effets de la PAA en milieu urbain. Développée sous la plate-forme de modélisation GAMA³ (Taillandier et al., 2014; Grignard et al., 2013), l'application intègre non seulement une simulation du trafic routier (démarche

1. Communiqué de presse du 17 Octobre 2013 de l'OMS et de l'agence internationale de recherche sur le cancer : « Pollution de l'air extérieur : une cause environnementale des décès associés au cancer » :

2. <http://www.airparif.asso.fr/actualite/detail/id/183>

3. <http://gama-platform.org/>

SCAUP) mais aussi une méthodologie de calcul des émissions de PAA (COPERT). La démarche SCAUP a été exploitée pour la simulation du trafic routier sur la ville de Marrakech dans une perspective d'associer la méthodologie COPERT au sein même du modèle.

Simulation multi-agents du trafic routier : SCAUP

La démarche SCAUP (Simulation multi-Agents à partir de Capteurs Urbains pour la Pollution atmosphérique automobile) simule le trafic routier urbain à partir d'un réseau de capteurs mesurant le trafic routier (Emery, 2016). La relation entre les capteurs et les véhicules s'opère à partir des données de comptages, permettant d'initialiser la simulation de SCAUP. Le capteur est employé comme un générateur des vé-

hicules. Les véhicules, une fois créés, se déplacent sur les routes, en tenant compte des interactions locales avec la voirie (type de route, sens de circulation) et les autres véhicules. En se basant sur le référentiel spatial OpenStreetMap, ce sont les routes qui supportent l'ensemble des attributs décrivant l'infrastructure et permettant de régir les déplacements des véhicules (vitesse de circulation, type de route, ...)

Développée et expérimentée sur la ville de Dijon, cette approche exploratoire se veut généralisable à d'autres espaces urbains disposant d'un réseau de mesure du trafic routier (Emery, 2016). En effet, pour le fonctionnement du modèle, il est nécessaire d'y inclure trois types de données comme illustré en figure 1 : *i.* Un réseau routier urbain (arc et nœuds); *ii.* La localisation des capteurs; *iii.* Les comptages associés aux capteurs.

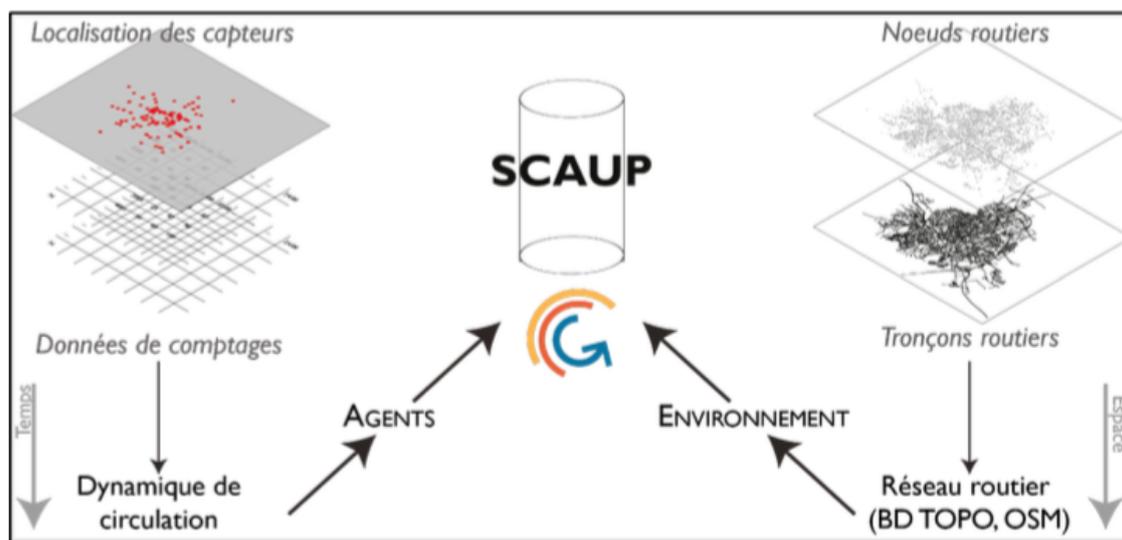


FIGURE 1 – Schéma d'intégration des agents et de l'environnement de simulation du trafic routier avec la démarche SCAUP

La simulation du trafic routier avec SCAUP est établie toutes les minutes, afin de reproduire les mouvements de circulation routière sur l'ensemble du réseau pendant 24h. L'observation du trafic routier s'opère sur chacun des axes du site d'étude en mesurant le nombre de véhicules passant toutes les 15 minutes. Ces données peuvent être

visualisées à chaque pas de temps, directement sur le réseau routier ou extraites au sein d'un tableur de données.

Estimation de la pollution atmosphérique automobile : méthodologie COPERT

Le couplage avec la méthodologie COPERT s'appuie sur le référentiel communiqué par SETRA (2009), qui permet de disposer de facteurs d'émissions unitaires tenant compte de la vitesse moyenne de circulation pour plusieurs catégories de véhicules. Il est important de relever que les facteurs unitaires sont définis pour un véhicule moyen du parc automobile en circulation, et de plus, les facteurs d'émissions pour une vitesse donnée sont des valeurs moyennes, c'est-à-dire que « les plus basses vitesses doivent être considérées comme représentatives d'une circulation urbaine caractérisée par de nombreux arrêts, alors que

les cycles à haute vitesse traduisent une circulation plus fluide » (SETRA, 2009, p. 5). Ces courbes d'émissions, dont un exemple pour les NO_x est donné en figure 2, apparaissent adaptées pour tester une première approche de couplage à partir de SCAUP pour le calcul intégré des émissions de PAA.

Notons que nous avons fait le choix de nous inscrire dans une approche parcimonieuse (KISS) en choisissant de simuler un parc automobile moyen, et en distinguant seulement deux types de véhicules particuliers (VP) en fonction de leur carburant : les VP essence et les VP diesel. À partir de cette distinction, comme illustré en figure 2, deux types de parc automobile ont été définis : un parc automobile moyen de 2007 et un parc automobile moyen de 2020.

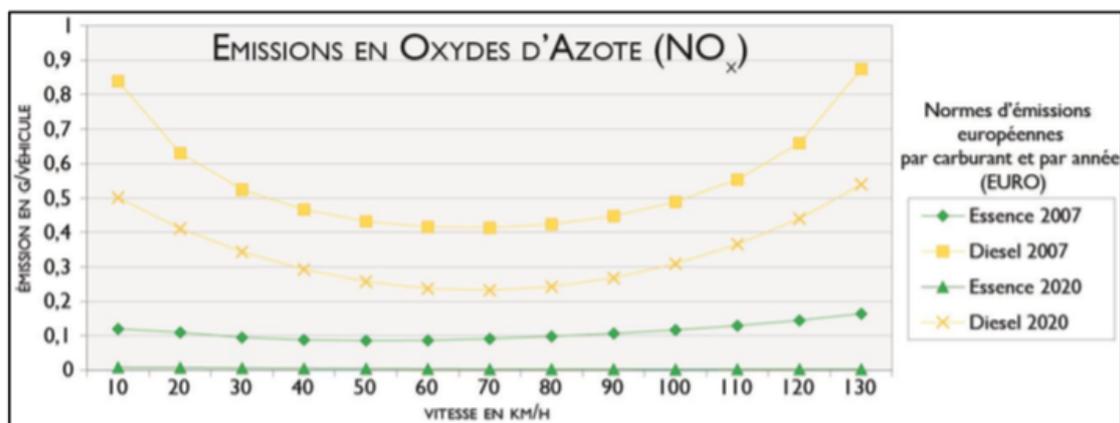


FIGURE 2 – Courbes d'émissions en oxydes d'azotes issues de la méthodologie COPERT (source : SETRA, 2009)

MARRAKAIR : UNE SIMULATION PARTICIPATIVE POUR OBSERVER LES ÉMISSIONS ATMOSPHÉRIQUES DU TRAFIC ROUTIER EN MILIEU URBAIN

Présentée lors de la COP22 qui s'est tenue à Marrakech du 7 au 18 Novembre, l'application MarrakAir vise à montrer les impacts du trafic routier sur l'air urbain. Développée sous la forme d'une simulation participative (Marilleau, 2016), l'application vise à laisser la main aux utilisateurs en vue

d'observer l'impact de différents scénarios types sur les émissions de polluants. Notre choix s'est alors porté sur une approche didactique du trafic routier où l'utilisateur définit par lui-même les caractéristiques du parc automobile entre, d'une part, différents types de véhicules (deux-roues, véhicules légers et poids lourds), et d'autre part, le type de carburant (essence ou diesel).

S'inscrire dans cette optique est intéressant pour sensibiliser les utilisateurs aux impacts du trafic routier sur les émissions des polluants à l'échelle locale. En effet, les véhicules diesel présentent un facteur d'émis-

sions près de 5 fois supérieur aux émissions unitaires des véhicules essence comme illustré en figure 2. Par conséquent, il est intéressant de tester et de visualiser, sur l'espace de Marrakech, différents cas d'école en jouant sur les parts de VP diesel et essence. Cette application permettant, par exemple, d'observer l'impact d'une trop forte diésélisation du parc automobile comparative-ment à un parc automobile sans véhicules diesel sur le quartier de Marrakech. L'application du parc automobile de 2020 permet aussi de montrer les impacts de l'insertion

des nouvelles technologies et des nouvelles normes environnementales, les facteurs d'émissions pour les véhicules diesel étant, à cette date, près de deux fois inférieurs aux normes du parc automobile de 2007.

L'ensemble de l'application s'appuie sur une maquette 3D du quartier de Marrakech, un rétroprojecteur et une tablette numérique permettant d'observer et de visualiser en direct les différents scénarios testés par un utilisateur directement sur la maquette de la ville :

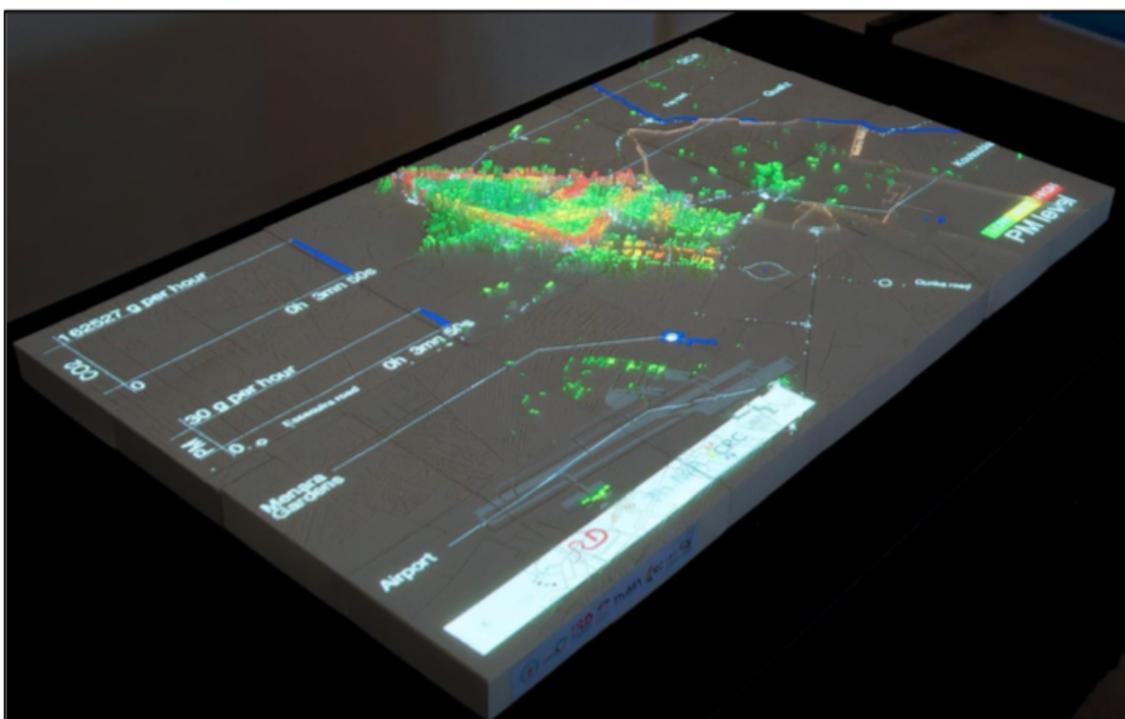


FIGURE 3 – Photographie de la maquette 3D de l'application MarrakAir présentée lors de la COP22 à Marrakech

Cette approche participative, qui a permis la mise en place d'une première phase de développement du couplage entre SCAUP/COPERT, s'est avérée très attractive pour le public, indiquant le succès de la démarche de vulgarisation adoptée. D'un point de vue scientifique, l'intégration complète de la méthodologie COPERT dans SCAUP implique encore un temps de développement et de tests important, et requiert une étape de validation via des données de comptages collectées sur le terrain (inexis-

tantes à Marrakech pour le moment).

Références

CITEPA, 2014. Centre Interprofessionnel Technique d'Études de la Pollution Atmosphérique, (avril 2014). « *Rapport d'inventaire national SECTEN* », Paris

Emery J., 2016. « *La ville sous électrodes : de la mesure à l'évaluation de la pollution atmosphérique automobile* », Thèse

de doctorat en Géographie, Université de Bourgogne-Franche-Comté

Fenger, J., 1999. « *Urban air quality* ». *Atmos. Environ.* 33, 4877–4900. doi :10.1016/S1352-2310(99)00290-3

Grignard, A., Taillandier, P., Gaudou, B., Vo, D.A., Huynh, N.Q., Drogoul, A., 2013.

GAMA 1.6 : Advancing the Art of Complex Agent-Based Modeling and Simulation, in : Boella, G., Elkind, E., Savarimuthu, B.T.R., Dignum, F., Purvis, M.K. (Eds.), *PRIMA 2013 : Principles and Practice of Multi-Agent Systems*, Lecture Notes in Computer Science. Presented at the International Conference on Principles and Practice of Multi-Agent Systems, Springer Berlin Heidelberg, pp. 117–131.

Marilleau N, 2016. « *Approches distribuées à base d'agents pour modéliser et simuler les systèmes complexes spatialisés* », HDR en Informatique, UPMC

OMS, 2006. « *Air Quality Guidelines Global Update 2005 : particulate matter, ozone, nitrogen dioxide, and sulfur dioxide* ». Regional Office for Europe, World Health Organization.

OMS, 2013. International Agency for Research on Cancer OMS (2013). « *IARC : Outdoor air pollution a leading environmental cause of cancer deaths* », Article de presse n°221, Octobre 2013 : http://www.iarc.fr/en/mediacentre/iarcnews/pdf/pr221_E.

SETRA, 2009. « *Émissions routières de polluants atmosphériques : Courbes et facteurs d'influence* » (Note d'information No. 92), Série Économie Environnement Conception. SETRA, Bagnex.

Taillandier, P., Grignard, A., Gaudou, B., Drogoul, A., 2014. « *Des données géographiques à la simulation à base d'agents : application de la plate-forme GAMA* ». *Cybergeo Eur. J. Geogr.* doi :10.4000/cybergeo.26263

Atelier 10

Mobilité et transport

Les traces de la vitesse entre réseau et territoire

Modélisation dynamique de la croissance du réseau ferroviaire français

Christophe Mimeur

Laboratoire ThéMA

UMR 6049 CNRS - Université Bourgogne Franche-Comté

Laboratoire Ville Mobilité Transport

UMR-T 9403, Ecole des Ponts, IFSTTAR, UPEM, UPE

Christophe.Mimeur@u-bourgogne.fr

Mots-clefs - réseau ferroviaire ; graphe ; interaction spatiale ; modélisation dynamique ; Spatial Humanities

Contexte et objectifs

Les interactions entre transport et territoire sont l'objet d'une littérature scientifique permanente, questionnant les impacts économiques et démographiques d'une nouvelle infrastructure, souvent évoqués à l'échelle d'un projet. Si les études de long terme entre infrastructures de transport et croissance de la population sont nombreuses (Kasraian et al., 2016), les relations sont souvent envisagées à partir de données historiques fragmentées, venant réduire les fenêtres de temps et d'espaces des analyses (Bretagnolle, 2014). A partir de deux larges bases de données existantes, la construction de l'instrument de recherche FRANcE (French RAilway NEtwork) permet de revisiter la boucle d'interactions qui caractérise les relations entre transport et territoire. Cette base rend compte des traces de la vitesse, information inédite sur les vitesses pratiquées sur l'ensemble du réseau ferroviaire française depuis le début du XIX^{ème} siècle.

Alors que la plupart des études sur le long terme s'attache à étudier l'effet propre du réseau sur les dynamiques territoriales, cette communication vise à explorer les opportunités de la modélisation en géographie pour envisager le second sens de l'interaction, c'est-à-dire en étudiant le rôle de la relativité des localisations dans la construc-

tion cumulative des réseaux de transport (Dupuy, 1993), dans la phase de croissance du réseau, entre 1860 et 1930. Il n'est que très peu étudié d'un point de vue empirique (Levinson et Yerra, 2006), et encore moins dans un contexte géohistorique (Kasraian et al., 2016 ; Pumain, 2014). Cette démarche s'inscrit dans le cadre des Spatial Humanities, qui utilisent le recours à l'archive, au SIG ainsi qu'aux nouvelles potentialités des logiciels statistiques et modélisateurs. Le parti-pris de cette démarche est la valorisation et la capitalisation de l'information existante, plutôt que de recourir à de nouvelles sources d'informations.

Données et méthodes

La démarche consiste en une modélisation des interactions qui permet de croiser l'information démographique et le développement d'un réseau de transport, en postulant que le chemin de fer se dessinerait « en fonction d'une hiérarchie de tailles et de dynamismes urbains qui préexistait à son installation » (Pumain, 1982). Pour cela, le seul cadre du SIG historique n'est plus adapté et nécessite la construction d'un instrument de recherche ad-hoc, au centre duquel l'interaction spatiale est placée. La clé d'entrée de cette approche est l'accessibilité géohistorique, en s'appuyant sur l'information inédite des vitesses pratiquées depuis

le XIX^{ème} siècle. Elle nécessite la transformation des informations contenues dans le SIG-H par le formalisme des graphes, en respectant les quatre piliers de l'accessibilité (Morris, Dumble et Wigan, 1979) établis dans les années 1970 que nous adaptions au cadre géohistorique :

- « *les mesures d'accessibilité doivent incorporer un élément de séparation spatiale qui traduit les changements en termes de performance du système de transport* » : c'est la relativité de la notion de grande vitesse qui est à explorer ici ;
- « *les mesures d'accessibilité doivent être cohérentes avec les modèles de comportements* » : le recours aux travaux d'historiens est indispensable ;
- « *les mesures d'accessibilité doivent être techniquement réalisables et leur mise en œuvre aisée* » : le recours à la science informatique prendra alors tout son sens ;
- « *les mesures d'accessibilité doivent être facile à interpréter et à être traduites en termes de politiques urbaine ou de transport* » : l'interprétation géo-(historique) doit être systématiquement assortie aux formalisations mathématiques.

De cette sorte, on obtient un nouvel objet, un multigraphe générique et dynamique, qui rend compte des potentialités de déplacements. A partir de ce nouvel objet, l'étude de la dynamique du réseau ne passe pas par un classique modèle analytique souvent mobilisé dans les études de long terme mais par un modèle d'évolution basé sur

A partir de règles simplifiées, mais qui s'inspirent de mécanismes fondamentaux décrits par la théorie des réseaux développée à partir des années 1980, le modèle vise à reproduire deux archétypes d'aménagement, volontairement opposés, entre une conception éminemment rentable du réseau au détriment de sa diffusion que l'on pourrait qualifier de libérale, et une conception maxi-

un formalisme mathématique et algorithmique. Cette communication vise alors à construire un modèle d'évolution d'un réseau de transport. L'objectif est alors la comparaison des résultats issus de la démarche de modélisation avec la réalité de la construction du réseau ferroviaire français, et ainsi de qualifier les convergences et divergences dans les deux situations.

L'architecture globale du modèle comprend trois schémas classiques de la modélisation dynamique (Figure 1) : une phase d'initialisation et une phase d'exécution, qui seront suivies d'une phase d'évaluation. Le modèle lui-même participe à la succession de trois modules :

- La phase initiale du modèle répond à une structure préexistante de la hiérarchie urbaine dans le domaine empirique ;
- Le module statique participe à l'initialisation du modèle en formalisant les règles de croissance du réseau, dont l'objectif est une analyse coût-bénéfice de tous les liens entre les communes françaises ;
- Le module dynamique formalise le mécanisme de construction de la nouvelle infrastructure, à travers la diminution de sa force de friction, c'est-à-dire la diminution de son coût généralisé par la diminution des vitesses ;
- L'articulation de ces deux modules permet l'évolution endogène de la configuration réseau et la distribution des flux à l'échelle globale, rendant cumulatif le mécanisme de construction du réseau.

maliste du réseau que l'on pourrait qualifier d'interventionniste. Au final, la variations des paramètres du modèle (Figure 2) vise à évaluer dans quelles mesures le réseau obéit à ces schémas extrêmes et comment l'aménageur et le politique intervienne dans les processus de construction des infrastructures.

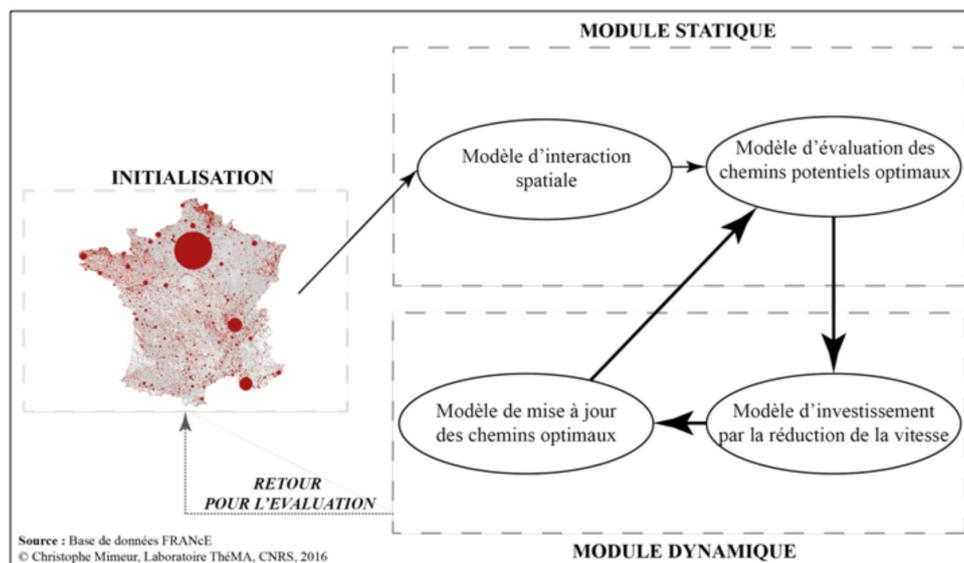


FIGURE 1 – Les trois modules du modèle de croissance endogène d'un réseau de transport

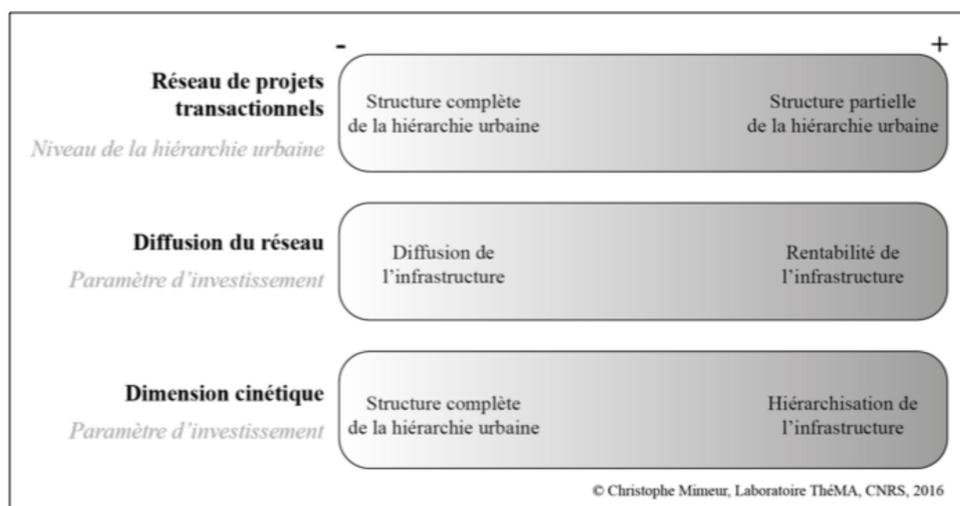


FIGURE 2 – Les paramètres du modèle de croissance endogène d'un réseau de transport

Résultats attendus

Le double phénomène de concentration et de hiérarchisation traduit la dimension cinétique du modèle, qui privilégie la branche commune. Il apparaît alors que la hiérarchisation du réseau a été une condition nécessaire à la diffusion de la fièvre ferroviaire, ce qui apparaît tout aussi contradictoire avec le mythe de l'association universelle. Au-delà de la dimension cinétique pris en compte dans les modules statiques et dy-

namiques du modèle, l'interprétation des écarts entre le réseau et le réseau réel participe à l'explication de la dimension adaptative (Claval, 1981 ; Raffestin, 1980), elle aussi évoquée par les théoriciens du réseau. Le modèle montre que la structure stellaire est le fait d'une prise en compte partielle et par le haut de la structure démographique tandis que le choix de transversales est une décision forte d'aménagement, dont les impacts ne sont perceptibles qu'à des structures initiales plus larges.

Si le modèle parvient à reproduire la structure radiale du réseau ferroviaire français, il peine à reproduire ses propriétés circulatoires par les grandes transversales dessinées pendant la phase de croissance du réseau. Cette communication vise ici l'identification de facteurs exogènes dans la construction de ces transversales, ainsi qu'à l'injection progressive de ces nouveaux facteurs dans le processus endogène de croissance.

Références

- BRETAGNOLLE Anne, 2014, « Les effets structurants des transports, une question d'échelles ?? », *L'Espace géographique*, 43(1), p. 51 ?67.
- CLAVAL Paul, 1981, *La logique des villes : essai d'urbanologie*, Claval Françoise (dir.), Paris, France, LITEC, 633.
- DUPUY Gabriel, 1993, « Géographie et économie des réseaux », *Espace géographique*, 22(3), p. 193 ?209.
- KASRAIAN Dena, MAAT Kees, STEAD Dominic, VAN WEE Bert, 2016, « Long-term impacts of transport infrastructure networks on land-use change : an international review of empirical studies », *Transport Reviews*, p. 1–21.
- LEVINSON David, YERRA Bhanu, 2006, « Self-organization of surface transportation networks », *Transportation Science*, 40(2), p. 179–188.
- MORRIS J. M., DUMBLE P. L., WIGAN M. R., 1979, « Accessibility indicators for transport planning », *Transportation Research Part A : General*, 13(2), p. 91 ?109.
- PUMAIN Denise, 1982, « Chemin de fer et croissance urbaine en France au XIX^e siècle », *Annales de Géographie*, 91(507), p. 529 ?550.
- PUMAIN Denise, 2014, « Les effets structurants ou les raccourcis de l'explication géographique », *L'Espace géographique*, 43(1), p. 51 ?67.
- RAFFESTIN Claude, 1980, *Pour une géographie du pouvoir*, LITEC, Paris, 250 p.

L'immobilité est-elle un marqueur de la variabilité quotidienne des déplacements ?

Analyse à partir d'un modèle d'équations structurelles sur des données de mobilité sur sept jours

Benjamin Motte-Baumvol¹, Olivier Bonin²

Laboratoire ThéMA

UMR 6049 CNRS - Université Bourgogne Franche-Comté¹

LVMT, UMR-T 9403, École des Ponts, IFSTTAR, UPEM, UPE²

Mots-clefs - Enquête déplacements, Immobilité, Mobilité quotidienne, Grande-Bretagne, Variabilité, Modèle d'équations structurelles

La mobilité automobile et les déplacements de longue portée ont un coût plus élevé qui génère de fortes disparités entre les individus, notamment en fonction du revenu. Ces disparités constituent de véritables inégalités dans la mesure où elles génèrent des différences d'accès à des ressources décisives pour les individus comme l'approvisionnement alimentaire ou l'emploi. Au cours de ces dernières décennies, ces inégalités ont fait l'objet de nombreux travaux de recherche qui ont montré l'accroissement de ces inégalités à de nombreux égards. Toutefois, les travaux empiriques français menés à partir d'analyses quantitatives peinent à se renouveler et aller au-delà des premiers constats sur les inégalités de mobilité. Dans ces approches, la mobilité repose généralement sur un concept de « jour moyen » (sur le modèle de l'individu représentatif), qu'il suffirait ensuite d'extrapoler temporellement pour reconstruire la mobilité complète, et est réduite à une agrégation de déplacements locaux permettant le calcul de moyennes de distances, de durées, de parts modales et de nombre de déplacements. Mais, ces approches s'intéressent peu à la nature et aux caractéristiques différentes des déplacements qui composent ces agrégats, aussi bien qu'à l'articulation entre ces déplacements et les programmes d'activité qu'ils permettent. Ainsi ces approches traitent étroitement les inégalités de mobilité s'attachant surtout à leurs aspects tech-

niques, du point de vue du trafic généré, plutôt que d'un point de vue plus social que nécessite toute approche d'inégalités.

Une des limites aux analyses provient des Enquêtes Déplacements (ED) qui constituent les principales sources de données quantitatives sur la mobilité locale. Or, ces enquêtes limitent fortement les possibilités d'analyses, notamment parce que leur période d'observation ne porte que sur une seule journée de déplacement. Alors que la plupart des motifs de déplacement ne sont pas quotidiens et se comprennent au sein d'un programme d'activité hebdomadaire, voir sur deux semaines (Schlich Axhausen, 2003). Les étudier sur une seule journée n'est donc pas adéquat. Ainsi, si les ED permettent des analyses désagrégées au niveau individuel, elles obligent à des analyses agrégées de déplacements de différentes natures sur une période d'observation non pertinente. En effet, à l'exception des déplacements domicile-travail généralement quotidiens, les autres motifs de déplacements n'ont pas une occurrence suffisante pour pouvoir les étudier de manière désagrégée à partir des ED françaises.

Partant de ce constat, ce travail propose de mobiliser l'ED de Grande-Bretagne, qui est la seule enquête nationale d'ampleur à avoir une période d'observation de la mobilité de sept jours. Cette enquête permet donc une analyse désagrégée des déplacements

sur un large échantillon de la population, offrant ainsi de renouveler et d'approfondir l'analyse des inégalités de mobilité. Des études portant sur une approche désagrégée des déplacements et mobilisant des enquêtes dont la période d'observation est de plusieurs jours existent déjà mais la plupart mobilisent des enquêtes dont les échantillons ou les territoires d'études sont très restreints, comme par exemple l'enquête Mobidrive portant sur quelques centaines d'individus (Axhausen et al., 2002). La mobilisation de l'ED de Grande-Bretagne pour ce type d'approche reste très limitée. La plupart des travaux de recherche à partir de l'ED de Grande-Bretagne restent sur une approche agrégée des déplacements. Une autre originalité de ce travail relève de son entrée par l'immobilité pour aborder les inégalités de mobilité. En effet, l'immobilité, soit une journée entière sans déplacement, est souvent considérée comme une manifestation extrême des inégalités de mobilité. Aussi, il nous a semblé que pour développer une approche désagrégée de la mobilité par les motifs de déplacement, qui s'apparente à l'activity based approach (Bhat Koppelman, 1999), il était nécessaire de commencer par éclaircir la question des individus ne déclarant aucun déplacement. Cette entrée s'est révélée d'autant plus pertinente qu'elle a permis d'éclairer sous un nouveau jour un certain nombre de déterminant des inégalités de mobilité et révéler l'importance de la variabilité quotidienne des déplacements dans les inégalités de mobilité. En effet, les déplacements réalisés varient d'un jour à l'autre quelque-soit le type d'individus avec parfois des journées immobiles au milieu de jours mobiles. La prise en compte de cette variabilité dans l'analyse permet par exemple de relativiser l'enjeu du nombre moyen de déplacements quotidiens décroissant avec le revenu.

Dans l'ensemble des analyses présentées dans ce travail, la dimension spatiale de l'immobilité et des inégalités de mobilité a été tout particulièrement scrutée. En effet, si les inégalités de mobilité sont particulièrement prononcées entre espaces de résidence, nous cherchons à identifier si ces

inégalités sont avant tout dépendantes d'effets de structure de la population plutôt que liées aux caractéristiques des espaces de résidence. Du point de vue méthodologique, la prise en compte de la dimension spatiale des inégalités de mobilité pose aussi plusieurs types de problèmes dans le cadre des approches quantitatives. Tout d'abord, la prise en compte de la spatialité pose à la fois un problème d'hétéroscédasticité, d'endogénéité et un problème de multicollinéarité. L'hétéroscédasticité est la variation de la variance des résidus, qu'on observe lorsqu'il existe des déterminants spatiaux mal pris en compte : toutes les observations d'un même territoire présenteront une erreur de même grandeur. L'endogénéité correspond au fait que l'hypothèse de non corrélation entre les variables explicatives et le résidu est violée. Par exemple s'il existe un lien entre la motorisation et l'immobilité, on ne peut trancher entre l'hypothèse qui consiste à dire que la motorisation contribue à l'immobilité, ou à l'inverse que c'est l'immobilité qui contribue à la motorisation, puisque ce sont des facteurs inobservés qui déterminent à la fois la motorisation et l'immobilité. Le dernier problème, la multicollinéarité, survient lorsque des variables explicatives sont corrélées les unes avec les autres. Une multicollinéarité prononcée augmente la variance des coefficients de régression et les rend instables et difficiles à interpréter, voir conduire à des conclusions erronées. Par exemple, la multicollinéarité entre variables spatiales et variables sociodémographiques est souvent forte en raison d'effets de structure de la population dans des espaces qui ne sont pas socialement neutres. Si endogénéité et multicollinéarité, peuvent être résolus et dépassés, cela nécessite un plus haut niveau de maîtrise des statistiques et un travail conséquent sur les variables insérées dans le modèle. Cela passe par le traitement en amont des variables posant problème et conduit bien souvent à écarter ces variables du modèle statistique final en raison de la difficulté à les intégrer.

Pour toutes ces raisons, nous avons fait le choix de nous investir dans un type de mo-

dèles statistiques développés à partir des années 70 et qui connaît récemment un fort développement, les Modèles d'Equations Structurelles (MES), et plus généralement les modèles à variables latentes. Les MES permettent par le traitement des erreurs de mesure de prendre en compte nombre des limites que nous venons d'exposer et qui se posent aux modèles statistiques plus classiques. Il est ainsi possible de spécifier dans le modèle les éventuelles multicollinéarité entre les variables et donc d'en contrôler les effets. Aussi, les MES, en utilisant des variables latentes, constituant une approche raisonnable pour s'affranchir du problème d'endogénéité entre les variables, du fait de variables omises. A ce titre, ce sont des extensions des modèles à variables instrumentales. Enfin, les MES permettent également de tester de manière simultanée l'existence de relations causales entre plusieurs variables explicatives et expliquées (Lacroux, 2009). Cela permet d'étudier des réseaux d'interactions complexes qui correspondent mieux aux besoins des analyses en sciences humaines, plutôt que de s'appuyer sur des modèles déterministes plus adaptées à des approches en économétrie. Enfin, une forme de modèles très proche les MES, les CFA (Confirmatory Factor Analysis) permettent de tester formellement des hypothèses de liens et dépendances multiples entre variables.

Nos résultats vont s'attacher à montrer qu'analysée sur une semaine entière l'immobilité n'est ni un phénomène marginal, ni un phénomène lié aux seules inégalités sociales. Ainsi, près de 40% des individus connaissent au moins un épisode d'immobilité un jour ouvré au cours de la semaine enquêtée. Au-delà des individus en incapacité permanente ou temporaire de se déplacer, l'occurrence d'un épisode au cours d'une semaine reste forte, hormis pour les actifs occupés. Ces derniers résultats attestent que l'immobilité n'est pas le résultat de pratiques déviantes. L'immobilité ap-

paraît alors plus comme un marqueur de variabilité des mobilités quotidiennes que comme un marqueur de faible mobilité. On observe ainsi qu'un ou plusieurs journées d'immobilité au cours d'une semaine s'articulent avec des jours de mobilité parfois intenses, mais dont les programmes d'activités sont spécifiques par rapport aux individus ne connaissant aucune journée d'immobilité. Enfin, la dimension spatiale de l'immobilité a été plus précisément étudiée. Les résultats montrent que la propension des individus à être immobile est différente selon les territoires en fonction de leur appartenance à un ensemble urbain de plus ou moins grande taille, de leurs densités et de leur accessibilité aux commerces ou aux services de transports. Mais ces différences spatiales ne sont pas les mêmes pour toutes les catégories d'individus. Les inégalités spatiales sont plus fortes pour les retraités, les inactifs et les chômeurs qu'elles ne le sont pour les actifs occupés.

Références

- AXHAUSEN, K. W., ZIMMERMANN, A., SCHÖNFELDER, S., RINDSFÜSER, G. & HAUPT, T., (2002), Observing the rhythms of daily life : A six-week travel diary, *Transportation*, vol. 29, n°2, p. 95-124.
- BHAT, C. R. & KOPPELMAN, F. S., (1999), A retrospective and prospective survey of time-use research, *Transportation*, vol. 26, n°2, p. 119-139.
- LACROUX, A., (2009), L'analyse des modèles de relations structurelles par la méthode PLS : une approche émergente dans la recherche quantitative en GRH Présenté à XXème congrès de l'AGRH, , Toulouse.
- SCHLICH, R. & AXHAUSEN, K. W., (2003), Habitual travel behaviour : Evidence from a six-week travel diary, *Transportation*, vol. 30, n°1, p. 13-36.

L'accessibilité ferroviaire à Paris des grandes aires urbaines françaises : approche par la time geography

Laurent CHAPELON, Adrien LAMMOGLIA

Université Paul-Valéry Montpellier 3, UMR GRED UPVM3/IRD

Mots-clefs - Transport, accessibilité ferroviaire, time geography, Paris, aires urbaines

Dans le cadre d'une démarche de conception de services de transport, il est fondamental de s'interroger sur leur capacité à répondre aux besoins des populations susceptibles d'en bénéficier. Un service de qualité est un service qui répond au mieux aux besoins de déplacement des usagers, dans des conditions acceptables pour la collectivité. Ainsi, les travaux scientifiques présentés ici consistent à replacer les stratégies de déplacement au centre de la réflexion en étudiant l'adéquation entre l'offre de transport et les besoins des usagers. Plus précisément, il s'agit d'une part d'analyser les possibilités relationnelles ferroviaires avec Paris, et d'autre part d'étudier les opportunités temporelles offertes à Paris pour accomplir telle ou telle activité. Le choix de la capitale comme destination des déplacements tient au fait que son accessibilité ferroviaire constitue un enjeu majeur pour les grandes aires urbaines qui trouvent là un moyen d'accéder au niveau supérieur de la hiérarchie urbaine et aux fonctions qui s'y rattachent.

Notre approche trouve son origine dans les travaux de l'école suédoise de Lund relatifs à la time geography, et plus particulièrement dans ceux de Törnqvist (1970, 1973) et Pred (1973), sur les temps de séjour et les possibilités de contacts face à face, et dans ceux de Lenntorp (1976, 1978), sur l'accomplissement des programmes d'activités quotidiens. Ce ne sont plus les temps d'accès permis par le réseau qui priment, mais plutôt les possibilités offertes aux individus de disposer d'un temps suffisant pour accomplir leurs activités à l'heure souhaitée. A la performance du réseau ferroviaire s'ajoute l'organisation horaire des

services (fréquence, positionnement, amplitude) qui détermine les possibilités effectives de déplacement au cours de la journée. Les travaux de Törnqvist, Pred et Lenntorp ont donné lieu à plusieurs applications et développements à l'étranger (Cedurlund, Erlandsson, Törnqvist, 1991 ; Erlandsson, Törnqvist, 1993), mais également en France (Cauvin, Reymond, Schaub, 1989 ; Chardonnel, 1999, 2001 ; L'Hostis, Baptiste, 2006 ; Thévenin, 2002, 2010 ; Chapelon, Jouvaud, Ramora, 2006). Ces applications ont permis de faire évoluer le paradigme Espace-Temps-Activité auquel nos travaux se réfèrent par de nombreux aspects.

Les résultats présentés ici portent sur les 30 premières aires urbaines françaises dont l'accessibilité ferroviaire à Paris est analysée au moyen d'indicateurs spécifiques combinant offre et demande de transport. L'offre est évaluée par l'exploration systématique des horaires SNCF d'un jour ouvrable de base (le 3 avril 2017) et par la recherche d'itinéraires optimaux sur le réseau (<http://www.voyages-sncf.com> consulté le 9 décembre 2016). La demande se matérialise par l'obligation de réaliser un aller-retour dans la journée avec un départ par le premier train du matin à destination de Paris et un retour par le dernier train du soir au départ de Paris (dans de rares cas l'arrivée à destination se fait après minuit, c'est-à-dire à J+1). En effet, la plupart des déplacements d'affaires s'organisent sur la journée. Il en est de même pour de nombreux déplacements de loisirs. Quel que soit le mode de transport utilisé, la qualité de l'offre se mesure par la possibilité d'être présent, ou non, à destination, en début

de matinée et de revenir en fin de journée. Il s'agit d'un critère majeur du choix modal.

L'approche que nous développons ici ne s'intéresse pas aux comportements individuels de déplacement, elle n'est pas centrée sur l'individu, mais sur des comportements types d'usagers souhaitant optimiser leur journée à Paris. Elle reste en quelque sorte « macroscopique ». Son intérêt réside donc dans le caractère synthétique des résultats obtenus. En effet, notre démarche consiste non pas à étudier si l'offre de transport permet de réaliser un programme d'activités type entre couples de villes, mais à calculer les opportunités temporelles offertes par le réseau à destination (Cauvin et al., 1989 ; Chapelon, 2016). Elle fournit des résultats synthétiques car elle repose sur un nombre réduit de contraintes de demande de transport. En outre, les résultats renvoient des valeurs nodales qui reflètent les inégalités de qualité de service entre les aires urbaines. Inégalités que l'on peut cartographier et éventuellement corriger ultérieurement dans le cadre des politiques de transport.

Les opportunités temporelles offertes à destination renseignent sur la performance intrinsèque du réseau (vitesse de circulation) et sur la qualité de l'organisation horaire des services, notamment sur la possibilité d'emprunter un train en début de matinée

En effet, pour un même temps disponible à Paris, la durée de voyage au départ de deux villes distinctes peut être très différente. De même, pour une durée de voyage identique deux villes ne bénéficieront pas nécessairement du même temps disponible en raison de différences dans l'amplitude des services. Le rapport entre le temps maximal de séjour et le temps de voyage aller-retour (Cauvin et al., 1989) fournit la pénibilité d'obtention de la minute disponible à Paris. Il s'agit d'un indice de performance de l'offre ferroviaire. Plus ce rapport est grand, plus il est facile à l'utilisateur d'acquérir du temps disponible et plus le système de

et en fin de journée. Elles reflètent ainsi les contraintes (temps de trajet, positionnement des horaires) qui pèsent sur les usagers dans le cadre de leurs déplacements de travail, d'affaire ou de loisir, et se mesurent par des indices simples issus directement de l'exploration des bases de données horaires :

- heure minimale d'arrivée à Paris par le premier train du matin,
- heure maximale de retour de Paris par le dernier train du soir,
- temps maximal disponible à Paris sous contrainte d'un aller-retour dans la journée.

Par exemple, au départ de Nice, il n'est pas possible d'arriver à Paris avant 12h41. Le dernier retour de Paris étant à 17h19, le temps disponible n'est que de 4h38 auquel il convient d'enlever les trajets terminaux dans la capitale depuis et vers la gare. Cela influence fondamentalement le choix modal dans la mesure où un usager souhaitant prendre le train se voit « imposer » une nuit dans la capitale afin de disposer d'une durée suffisante pour accomplir ses activités.

Dans un deuxième temps, des indices plus élaborés peuvent être calculés en combinant opportunités à Paris et pénibilité du trajet ferroviaire proprement dit. C'est le cas de l'indice de performance, rapport entre le temps maximal disponible à Paris et la durée de trajet aller-retour en train (cf. carte ci-dessous).

transport est performant.

Ainsi, la carte ci-dessus montre de profondes inégalités spatiales quant à la performance des services ferroviaires pour l'accessibilité à Paris. Un résultat inférieur à 1 signifie que l'utilisateur passe plus de temps à se déplacer qu'il ne dispose de temps à Paris ! C'est le cas pour Perpignan, Brest, Nice et Toulouse. Pour ces deux dernières aires urbaines, on observe même que l'utilisateur passe au moins deux fois plus de temps dans le train qu'il ne dispose de minutes disponibles à Paris (rapport inférieur à 0,5). Force est ainsi de constater qu'en 2017, les usagers de nombreuses villes « payent » en-

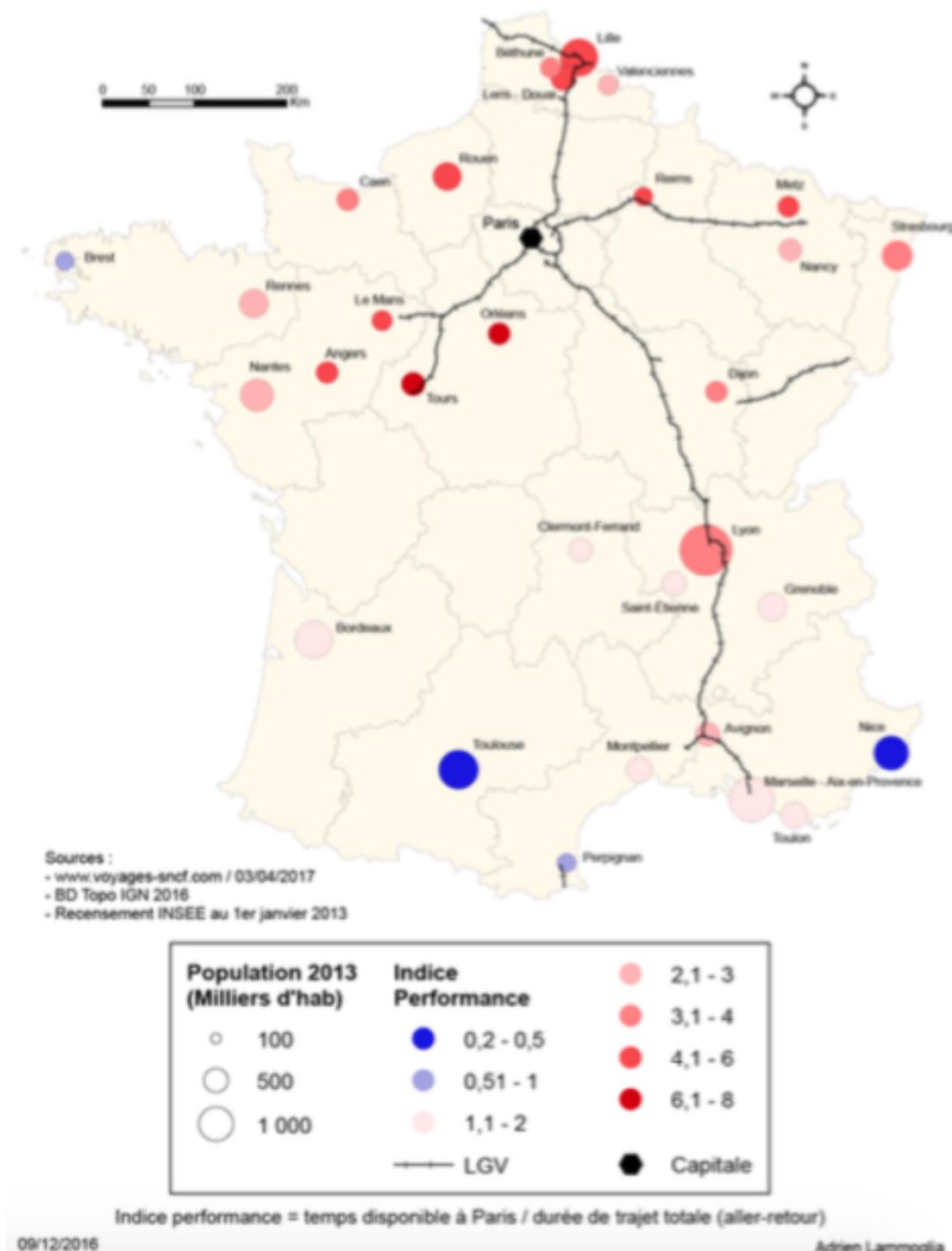


FIGURE 1 – Indice de performance des 30 premières aires urbaines françaises

core fortement, en durée de voyage, la minute disponible à Paris. Si l'effet du positionnement géographique est évident, on observe également l'influence de la grande vitesse ferroviaire sur les résultats obtenus. Des aires urbaines éloignées de Paris comme Avignon, Marseille ou Montpellier obtiennent de meilleurs résultats que

Clermont- Ferrand portant géographiquement plus proche de la capitale, mais non desservie par le TGV. Ce dernier contribue indiscutablement aux bons résultats d'aires urbaines comme Lille, Strasbourg ou Lyon. Mais on observe aussi que la qualité du positionnement horaire des services permet de compenser l'absence de LGV comme pour

Rouen, Caen et Orléans. Plus globalement, on constate la très forte efficacité du train pour les aires urbaines du bassin parisien. Le temps disponible est jusqu'à 7,8 fois plus élevé (Orléans) que le temps de voyage.

La communication permettra également de présenter d'autres indices, complémentaires des précédents, qui intègrent des contraintes supplémentaires de demande de transport en lien avec le déroulement des activités à Paris. Ces indices mesurent le nombre de nuitées imposées à Paris à un usager souhaitant être disponible avant une certaine heure le matin dans la capitale (par exemple pour une réunion débutant à 9h00) et/ou ne pouvant repartir qu'après une certaine heure le soir (par exemple 19h00 pour une réunion se terminant à 18h30). L'idée est de montrer que, dans de nombreux cas, l'offre ferroviaire actuelle ne permet pas de faire l'économie de nuitées dans la capitale, contrairement à ce que l'on pourrait supposer, créant de fortes inégalités entre les grandes aires urbaines françaises.

Plus globalement, l'approche présentée dans cette communication vise à confronter la capacité de réponse de l'offre ferroviaire à des besoins de transport de plus en plus spécifiques. En d'autres termes, il s'agit d'évaluer la sensibilité de l'offre à la demande et de quantifier les limites du système ferroviaire actuel. L'originalité tient à la finesse de l'analyse spatio-temporelle à partir d'un matériau paradoxalement peu usité en géographie des transports, les horaires ferroviaires.

Références

Cattan N., Grasland Cl., 1997/98, *Les différentiels d'accessibilité des villes moyennes en France : l'accessibilité routière*, Paris, PREDIT.

Cauvin C., Martin J-P., Reymond H., 1993, « Une accessibilité renouvelée », in *Circuler demain*, sous la dir. d'A. Bonnafous, F. Plassard, B. Vulin, Paris, l'Aube, p. 93-127.

Cauvin C., Reymond H., Schaub G., 1989, « Accessibilité, temps de séjour et hiérarchie urbaine : l'exemple du réseau aérien

pour 53 villes d'Europe de l'Ouest », *Sistemi Urbani*, n°3, p. 297-324.

Cedurlund K., Erlandsson U., Törnqvist G., 1991, *Swedish contact routes in the european urban landscape*, University of Lund, Department of social and economic geography.

Chapelon L., Jouvaud B., Ramora S., 2006, « Pour un système intégré de pré- et post-acheminement des trafics ferroviaires grandes lignes », *Mappemonde*, n°81.

Chapelon L., 2016, « Evaluation de la performance des chaînes intermodales de transport par les mesures d'accessibilité » in *Transports et intermodalité* sous la dir. de L. Chapelon, Londres, ISTE, p. 105-135.

Chardonnel S., 2001, « La time-geography : les individus dans le temps et dans l'espace » in *Modèles en analyse spatiale* sous la dir. de L. Sanders, Paris, Hermes, p. 129-156.

Chardonnel S., 1999, *Emplois du temps et de l'espace*, Thèse de doctorat, Grenoble.

Erlandsson U., Törnqvist G., 1993, « Europe in transition » in *Sweden in the world*, sous la dir. de G. Törnqvist, Stockholm, Almqvist Wiksell international, p. 148-155.

Lammoglia A., 2013, *Analyse et modélisation multi-agents de transports flexibles : comparaison de services français et sénégalais*, Thèse de doctorat, Avignon.

Lenntorp B., 1978, « A time-geographic simulation model of individual activity programmes », in *Timing space and spacing time*, sous la dir. de T. Carlstein, D. Parkes, N. Thrift, Londres, Arnold.

Lenntorp B., 1976, *A time-space structured study of the travel possibilities of the public transport passenger*, Lund, Rapport och Notiser 24, Lunds Universitets Kulturgeografiska Institution.

L'Hostis A., Decoupigny C., 2001, Scheduled accessibility in the multimodal transport network of the Nord-Pas-de-Calais region : measures of the transport service for the assessment of the spatial planning policy, *European NECTAR conference*, Helsinki.

- L'Hostis A., Baptiste H., 2006, « A transport network for a city network in the Nord-Pas-de-Calais region : linking the performance of the public transport service with the perspectives of a monocentric or a polycentric urban system », *European Journal of Spatial Development*.
- Mathis Ph. (dir.), 2007, *Graphs and Networks, Multilevel Modeling*, London, ISTE.
- Pred A., 1973, « The growth and development of systems of cities in advanced economies », *Lund studies in Geography*, Serie B, n°38, p. 7-82.
- Shaw S.L., Yu H., 2009, « A GIS-based time-geographic approach of studying individual activities and interactions in a hybrid physical-virtual space », *Journal of Transport Geography*, n°17, 141-149.
- Thévenin T., 2010, *Transport, espace, temps : regard croisé entre time geography et géo-histoire*, Habilitation à diriger des recherches, Dijon, Université de Bourgogne.
- Thévenin T., 2002, *Quand l'information géographique se met au service des transports publics urbains. Une approche spatio-temporelle appliquée à l'agglomération bisonline*, Thèse de doctorat, Besançon, Université de Franche-Comté.
- Törnqvist G., 1973, « Contact requirements and travel facilities », *Lund studies in Geography*, Serie B, n°38, p. 82-121.
- Törnqvist G., 1970, « Contact systems and regional development », *Lund studies in Geography*, Serie B, n°35, p. 82-121.

Approche multi-niveaux des déterminants des mobilités actives – analyse dans 5 régions européennes

H. Charreire^{1,2}, T. Feuillet^{3,2}, A. Piombini⁴, C. Roda², JM. Oppert^{2,6}; Consortium SPOTLIGHT²

¹Université Paris Est, Lab'Urba, Ecole d'Urbanisme de Paris, UPEC, Créteil;

²Université Paris 13, Equipe de Recherche en Epidémiologie Nutritionnelle (EREN), UMR U1153 Inserm/U1125, Centre de Recherche en Epidémiologie et Biostatistiques Sorbonne Paris Cité, Bobigny;

³Université Paris 8, Ladyss, UMR 7533, Saint Denis;

⁴Université de Strasbourg, LIVE, UMR 7362, Strasbourg;

⁶Université Paris 6, France et Service de Nutrition GH Pitié-Salpêtrière (AP-HP), Université Pierre et Marie Curie, Institut Cardiométabolisme et Nutrition (ICAN), Paris;

helene.charreire@u-pec.fr

Mots-clefs - mobilités actives, déterminants, santé publique

Contexte et objectifs

Les rapides transformations des environnements urbains dans lesquels les individus se déplacent (ou au contraire sont immobiles) impactent les mobilités quotidiennes, créant des situations paradoxales où l'homme n'a jamais été aussi mobile et – en même temps – sédentaire. Ces comportements sédentaires étant significativement associés à un risque accru de maladies chroniques et de mortalité prématurée (Wilmot et al. 2012), l'OMS a récemment fait de la lutte contre la sédentarité un des principaux enjeux de santé publique. Des recherches récentes ont, par exemple, identifié des relations significatives entre la pratique de mobilités actives au quotidien et le statut pondéral (surpoids/obésité) (Mytton et al. 2016; Flint Cummins 2016). Une étude longitudinale réalisée auprès de 156 666 adultes montre qu'une modification des comportements – passer de la voiture à des modes actifs (marche, vélo) – est un facteur prédictif de la diminution de la corpulence évaluée par l'indice de masse corporelle (IMC) (-0,30 kg/m², -0,47 à -0,13 IC95%); la situation inverse – c'est à dire passer d'une pratique d'un mode actif à

l'usage de la voiture – étant aussi significative (+ 0,32 kg/m², 0,13 à 0,50 IC 95%) (Flint Cummins 2016).

La promotion des mobilités actives est perçue comme un des facteurs clés qui contribue à la fois à l'augmentation de l'activité physique quotidienne et à l'amélioration de l'état de santé. Il est essentiel de mieux comprendre les déterminants de ces mobilités pour les promouvoir et pour élaborer des recommandations en direction des décideurs des politiques publiques portant sur l'environnement, l'urbanisme, les transports et la santé.

Un nombre important de travaux de recherche a été réalisé sur les choix modaux et les déterminants des comportements de mobilités (Cervero 2002; Driscoll et al. 2013; Rachele et al. 2015). Une revue de la littérature (De Witte et al. 2013), montrent que si la composition du ménage (en particulier la présence d'enfant(s)) est un déterminant significatif, les associations avec des caractéristiques sociodémographiques telles que l'âge, le sexe ou le niveau d'éducation, restent peu claires. Des indicateurs spatiaux tels que la densité de population, la mixité d'occupation des sols et la proximité de sta-

tions de transport en commun ont aussi été évalués comme des facteurs explicatifs des choix modaux de déplacement (De Witte et al. 2013).

Cependant, les effets combinés de multiples déterminants individuels et contextuels sur le choix modal, dans la perspective des modèles dits « socio-écologique » des comportements de santé, ont rarement été analysés (Rachele et al. 2015). En outre, peu d'études ont inclus des déterminants relatifs aux choix des lieux de résidence (Cao Ettema 2014) et au statut pondéral. Ainsi, l'objectif de notre présentation est d'examiner les relations entre des caractéristiques individuelles et contextuelles et les modes de déplacement (travail ; loisirs ou utilitaires) à partir des données d'une large enquête réalisée dans 5 régions européennes.

Données et méthodes

Cadre et type d'étude

Dans le cadre du projet européen SPOTLIGHT, 60 quartiers ont été tirés au sort dans 5 villes/régions européennes : Paris et sa petite couronne (France), le Grand Londres (Grande-Bretagne), Ghent (Belgique), la Randstad (conurbation incluant les villes d'Amsterdam, de Rotterdam, la Hague et Utrecht aux Pays-Bas) et Budapest (Hongrie), soit 12 quartiers par pays. Cet échantillon de régions urbaines tient compte du niveau socioéconomique (recensements de chaque pays) et de la densité résidentielle (Urban Atlas, Agence Européenne de l'Environnement) (Lakerveld et al. 2012 ; 2015). Les données sociodémographiques et les modes de déplacement en fonction du motif ont été collectées via un questionnaire en ligne complété par 6 037 adultes résidant dans ces quartiers.

Mesures

Mode de déplacement. Les participants ont été interrogés sur leur pratique de la marche et du vélo, ainsi que sur leur mode de transport lors des déplacements domicile-travail et/ou lors des déplacements dans le cadre

des autres activités (non associées au travail) regroupées sous le vocable « loisirs ou utilitaires ». Le mode de déplacement principal a été identifié pour chaque motif à partir du temps déclaré par chaque participant durant la semaine précédant l'enquête. La variable dépendante comprend 4 modalités : déplacements motorisés (voiture ou deux-roues), transport en commun, marche et vélo pour chacun des deux motifs (travail ; loisirs ou utilitaires).

Caractéristiques individuelles. Pour chaque individu, les informations relatives à l'âge, au niveau d'éducation, au nombre d'enfants et au statut pondéral (IMC) ont été considérées. De même, les facteurs qui ont influencé le choix de quartier de résidence, l'attachement à ce quartier et la durée de résidence au sein de ce quartier ont aussi été pris en compte.

Caractéristiques des quartiers de résidence. Pour évaluer l'environnement bâti des 60 quartiers des 5 régions d'étude européennes, nous avons développé une application d'audit virtuel (basé sur Google Street View) (Bethlehem et al. 2014 ; Charreire et al. 2014). Les caractéristiques de l'environnement bâti de l'ensemble des rues des quartiers d'étude ont été recueillies via cette application puis agrégées à l'échelle du quartier dans un SIG (Feuillet et al. 2016). Dans notre étude, 2 variables relatives à la marche et au vélo (qualité des trottoirs, présence de pistes cyclables) et 1 variable relative aux transports en commun (présence de stations) ont été utilisées. L'ensemble de ces variables a été analysé en tertile. L'environnement social a été caractérisé (en deux classes) par le niveau de revenu médian issu des recensements de chaque pays d'étude à l'échelle des quartiers.

Analyse statistique. La variable dépendante comprend 4 modalités : déplacements motorisés (voiture ou deux-roues), transport en commun, marche et vélo pour chacun des deux motifs (domicile-travail ; loisirs/utilitaires). Face à la structure hiérarchique des données (chaque participant réside dans un quartier localisé dans une ré-

gion urbaine) et pour explorer les déterminants des modes de déplacement à l'échelle individuelle et contextuelle, un modèle multinomial multiniveaux à deux niveaux a été proposé (niveau 1 : caractéristiques individuelles, niveau 2 : environnement physique et social du quartier de résidence). Un modèle multinomial incluant un 3^{ème} niveau (région urbaine) a aussi été testé mais la variance de ce dernier n'étant pas significative (les déterminants ne varient pas en fonction des régions), le modèle à deux niveaux a été retenu. Les caractéristiques individuelles (âge, sexe, niveau d'étude, nombre d'enfants, IMC, durée de résidence, choix et attachement au quartier) et les caractéristiques des quartiers ont été introduits dans les modèles.

Dans l'ensemble des analyses, la variable dépendante est non ordonnée et catégorielle avec le transport motorisé comme catégorie de référence. Les résultats sont rapportés sous forme d'odds ratio (OR) ajustés, exprimant la probabilité d'utiliser un autre mode de déplacement (marche, vélo, transports publics) par rapport à l'utilisation d'un mode motorisé (voiture ou deux-roues).

Principaux résultats

Pour les deux motifs de déplacement (travail ; loisirs ou utilitaires) et en comparaison avec l'usage des transports motorisés, les individus les plus âgés et ceux ayant des enfants ont une probabilité moindre d'utiliser les transports en commun. Le fait d'avoir des enfants diminue aussi la probabilité de pratiquer la marche dans le cadre des déplacements pour aller au travail (OR=0.59). Les individus avec un IMC élevé ont une probabilité plus faible de pratiquer le vélo. Cette relation est aussi retrouvée pour la pratique de la marche, dans le cas des déplacements loisirs/utilitaires (OR=0.96).

A contrario, pour les deux motifs de déplacement, les femmes sont plus fréquemment retrouvées dans le groupe pratiquant la marche (travail : OR=2.18 ; lo-

sirs/utilitaires : OR=1.25) tout comme les individus ayant pris en compte l'accessibilité aux stations de transport en commun pour le choix de leur quartier de résidence (travail : OR=2.13 ; loisirs/utilitaires : OR=1.31). La prise en compte de la distance au lieu de travail lors du choix du lieu de résidence est positivement associée à la pratique de la marche (OR=2.81) et du vélo (OR=2.22) dans le cadre des déplacements pour le travail. L'attachement au quartier de résidence est prédictif de l'usage du vélo (travail : OR=1.86 ; loisirs/utilitaires : OR=1.31).

Concernant les variables contextuelles, la présence de pistes cyclables est positivement associée à la pratique du vélo (travail : OR=2.75 ; loisirs/utilitaires : OR=1.92). Par ailleurs, la présence de stations de transport en commun est positivement associée à l'usage des transports en commun (travail : OR=3.89 ; loisirs/utilitaires : OR=4.42) et de la marche (travail : OR=13.21 ; loisirs/utilitaires : OR=2.60). Le niveau socio-économique du quartier est, au contraire, négativement associé au vélo (pour les deux motifs) et à la marche (dans le cadre des déplacements loisirs/utilitaires).

Discussion

Notre étude confirme la diversité des déterminants individuels et contextuels des modes de déplacement à l'échelle de certains espaces urbains européens, incluant l'influence de déterminants relatifs aux choix des quartiers de résidence et à des variables de santé telles que le statut pondéral. Si des différences de relations sont observées dans les motifs de déplacement étudiés, de nombreux déterminants communs sont aussi identifiés (âge, sexe, présence d'enfants, IMC, choix du quartier de résidence, présence d'équipements tels que les pistes cyclables ou les stations de transport en commun). Ces résultats suggèrent qu'il existe des leviers communs sur lesquels peuvent s'appuyer les politiques de promotion des mobilités actives dans différents contextes urbains européens.

Ce travail fait partie du projet SPOTLIGHT financé par la Commission européenne, HEALTH (FP7-HEALTH-2011-two-stage). En plus des auteurs indiqués dans cet article, le consortium SPOTLIGHT est composé de :

- Johannes Brug, Jeroen Lakerveld, Jorintje D Mackenbach (Department of Epidemiology Biostatistics and the EMGO Institute for Health and Care Research, VU University Medical Center, Amsterdam, the Netherlands)
- Ilse De Bourdeaudhuij, Sofie Compernelle (Department of Movement and Sports Sciences, Faculty of Medicine and Health Sciences, Ghent University, Ghent, Belgium)
- Martin Mc Kee, Ketevan Glonti, Harry Rutter (ECOHOST – The Centre for Health and Social Change, London School of Hygiene and Tropical Medicine, London, UK)
- Helga Bardos (Department of Preventive Medicine, Faculty of Public Health, University of Debrecen, Hungary)

Références

- Bethlehem, J.R. et al., 2014. The SPOTLIGHT virtual audit tool : a valid and reliable tool to assess obesogenic characteristics of the built environment. *International Journal of Health Geographics*, 13, p.52.
- Cao, J. Ettema, D., 2014. Satisfaction with travel and residential self-selection : How do preferences moderate the impact of the Hiawatha Light Rail Transit line? *Journal of Transport and Land Use*, 7(3), p.93 108.
- Cervero, R., 2002. Built environments and mode choice : toward a normative framework. *Transportation Research Part D : Transport and Environment*, 7(4), p.265 284.
- Charreire, H. et al., 2014. Using remote sensing to define environmental characteristics related to physical activity and dietary behaviours : a systematic review (the SPOTLIGHT project). *Health & Place*, 25, p.1 9.
- De Witte, A. et al., 2013. Linking modal choice to motility : A comprehensive review. *Transportation Research Part A : Policy and Practice*, 49, p.329 341.
- Driscoll, A. et al., 2013. *Comparing the Determinants of Mode Choice across Travel Purposes*, Dublin : Economic and Social Research Institute. Available at : <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/46034/> (consulté le : XXXX).
- Feuillet, T. et al., 2016. Neighbourhood typology based on virtual audit of environmental obesogenic characteristics. *Obesity Reviews*, 17 Suppl 1, p.19 30.
- Flint, E. Cummins, S., 2016. Active commuting and obesity in mid-life : cross-sectional, observational evidence from UK Biobank. *The Lancet. Diabetes & Endocrinology*, 4(5), p.420 435.
- Lakerveld, J. et al., 2012. Sustainable prevention of obesity through integrated strategies : The SPOTLIGHT project's conceptual framework and design. *BMC public health*, 12, p.793.
- Lakerveld J, et al., 2015. Obesity-related behaviours and BMI in five urban regions across Europe : sampling design and results from the SPOTLIGHT cross-sectional survey. *BMJ Open*. Oct 27 ;5(10)
- Mytton, O.T., Panter, J. & Ogilvie, D., 2016. Longitudinal associations of active commuting with body mass index. *Preventive Medicine*, 90, p.1 7.
- Rachele, J.N. et al., 2015. Associations between individual socioeconomic position, neighbourhood disadvantage and transport mode : baseline results from the HABI-TAT multilevel study. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 69(12), p.1217 1223.
- Wilmot, E.G. et al., 2012. Sedentary time in adults and the association with diabetes, cardiovascular disease and death : systematic review and meta-analysis. *Diabetologia*, 55(11), p.2895 2905.

Atelier 11

Dynamiques de localisation des activités et
dynamiques urbaines

La seconde loi (cachée) de la géographie ?

Didier Josselin

UMR ESPACE, équipe d'Avignon

Introduction

En 1970, il est dit que Waldo Tobler énonça la première loi de la géographie. Entre évidence, force et perspicuité, cette loi a été largement discutée, mais elle est aujourd'hui largement acceptée dans la communauté scientifique des sciences de l'information géographique. Elle stipule que (dans l'espace) tous les objets sont en relation mais que ceux qui sont plus proches le sont davantage. Cette relation peut revêtir plusieurs formes, mais elle a une caractéristique générale : elle met en évidence l'importance de l'espace géographique dans sa valeur. Par exemple, la réduction de la distance favoriserait les échanges entre les villes. La notion de proximité, est, quant à elle, mesurée par la distance. Or, celle-ci fait appel à des métriques dont l'usage par l'observateur de la relation en question n'est pas neutre. En effet, le choix de telle ou telle méthode de mesure de l'écart entre les objets dans l'espace a une influence déterminante sur l'évaluation de leur relation.

Ainsi se cache peut-être subrepticement derrière la première loi de Tobler une seconde loi, moins géographique, mais plus spatiale, qui dicte en partie la façon dont on peut évaluer des relations en géographie. L'objet de cet article est d'en présenter les facettes et les implications en analyse spatiale. D'autre part, nous discuterons l'influence du choix de la façon de mesurer la distance sur la pertinence de la loi de Tobler. In fine, quelle est la part de ce choix dans l'explication intrinsèque des relations dans l'espace géographique ?

Il s'agit ainsi de proposer la seconde loi de la géographie qui, en quelque sorte, s'appuie sur la distance (métrique) et la géo-

graphie (agencement des lieux et objets dans l'espace). Cette réflexion sera illustrée par des résultats sur la généralisation de la norme L_p au problème de localisation optimale de centre, résultats qui dévoilent une loi mathématique généralisante. Nous proposons une analyse de sensibilité via l'usage généralisé de la norme L_p (ou distance généralisée de Minkowski) au problème de localisation optimale de centre (Drezner & Hamacher, 2004). Les résultats dévoilent une loi sous-jacente entre l'influence et la distance, et de nouvelles normes ayant des propriétés intéressantes, bien qu'inutilisées dans la localisation optimale de centre. En effet, apparaissent des relations (log-)linéaires entre les exposants p des distances utilisées et l'influence (poids estimé) des lieux dans la détermination de la localisation optimale du centre. La loi proposée éclaire également d'une façon originale l'impact du choix des métriques sur la fonction d'influence spatiale, ayant des vocations particulières en analyse spatiale (équité pour la norme L_∞ , égalité pour la norme L_2 , efficacité pour la norme L_1 , notamment, Béguin, 1989). Nous verrons notamment comment cette seconde loi implique une relation globale entre une ressource ou une facilité pour un semis d'objets localisés dans l'espace (demande). Nous expliquerons également comment la structure topologique entre ces objets (et donc leurs relations spatiales à travers la distance) joue sur l'optimalité et la sensibilité des centres. La loi proposée se généralise à travers les échelles. Elle relativise la loi de Tobler ou tout autre loi impliquant l'usage de la distance et éclaire d'une façon nouvelle l'information géographique et son traitement géomatique.

Nous ne présentons dans ce résumé que les contours de la loi avec des résultats publiés dans la conférence Transport Research Arena (2014), résultats illustrant la récurrence d'un modèle linéaire transcalaire dépendant de la formulation de mesure de la distance généralisée de Minkowski.

Distance de Minkowski, norme L_p

Une généralisation du problème bien connu de localisation optimale (Nickel & Puerto, 2005, Scott, 1970) d'une facilité (cas particulier de k -facilités, Hakimi, 1964, Labbé et al., 1995, Griffith et al., 1998) pour n points de demande est illustrée par la formule (1) présentant la distance de Minkowski ou norme L_p (Peeters & Thomas, 1997, 2000). Étant donnée une norme et sa valeur p , considérons la distance $d_i c$ d'un point de demande i à la facilité (centre c). Le but est de minimiser la somme des distances $(d_i c)^p$ cette somme ayant elle-même affectée de l'exposant $1/p$. Notons qu'avec $p=2$,

on obtient la distance euclidienne, avec $p=1$ la distance de Manhattan. Quand p tend vers l'infini, on se rapproche asymptotiquement du *minimax*.

c^* est généralement une estimation du centre inconnu exact c par l'usage d'algorithmes d'optimisation, sauf pour le cas du centre de gravité localisé aux moyennes des coordonnées des points de demande.

Méthode d'estimation de l'influence des points de demande sur la localisation d'un centre

La seconde loi de la géographie se base sur une analyse de sensibilité des centres en fonction de micro-modifications de la localisation des points de demande, selon la norme L^p utilisée. L'idée est de déplacer ces points infinitésimalement et d'observer le changement de localisation du centre (figure 1) (Ciligot-Travain & Josselin, 2009, Josselin & Ciligot-Travain, 2013).

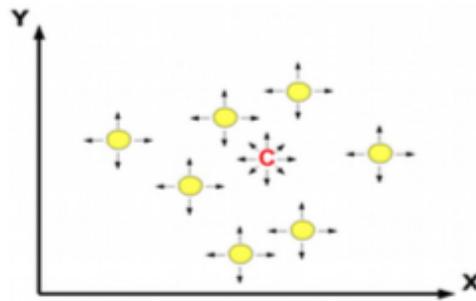


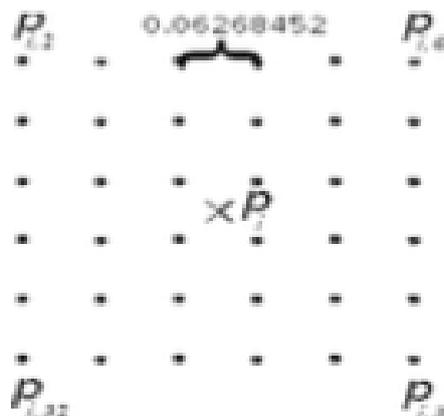
FIGURE 1 – Déplacer les points de demande et observer le changement induit de localisation du centre

Pour cela, nous utilisons un filtre local (figure 2) qui itérativement déplace un point p_i dans $M_1 \rightarrow k$ directions locales et calcule

une moyenne normalisée de changement de localisation du centre devenu c' (i.e. c_i, k) avec le point p_k (formule 2).

Avec cette méthode, l'influence w_i d'un point de demande i sur la localisation d'un centre c est estimée. Elle correspond, en d'autres termes, à un poids intrinsèque de point de demande i — dans la localisation optimale du centre c , poids dépendant uniquement de la position relative topologique

de i dans le semis de points de demande et de la norme L_p choisie, identifiée par la valeur de p de la distance de Minkowski.

FIGURE 2 – Exemple de filtre de voisinage ($M=6 \times 6=36$)

$$w_i = \frac{\frac{1}{M} \sum_k \frac{d_{c'}}{d_{p_i}}}{\sum_i \left(\frac{1}{M} \sum_k \frac{d_{c'}}{d_{p_i}} \right)} \quad (2)$$

Relation entre l'influence des points de demande et la distance au centre optimal

Trois éléments sont considérés pour l'analyse de sensibilité du centre à la série de points de demande : l'influence w_i , la distance au centre d_{ic} et la norme L_p à travers la valeur de p .

Relation entre w_i et p en une dimension

Oublions un moment l'espace géographique et travaillons dans une seule dimension (sans coordonnées). La figure 3 présente

Relation récurrente entre l'influence et la distance de la demande au centre

Passons maintenant à l'espace géographique avec ses coordonnées, en deux dimensions (nous ne passerons pas à la 3D dans cet article) (cf. figure 3). Quelle que soit la norme L_p considérée avec son centre optimal c , la relation entre le log de la dis-

une série de graphiques croisant l'influence w pour une série de points, en fonction de différentes valeurs de p , de 1 à 20 (chaque valeur de p est indiquée dans le titre du graphique). Cette figure dévoile un comportement intéressant de la fonction d'influence. De part et d'autre de la valeur de $p=2$ (la moyenne en une dimension), les courbes présentent des évolutions progressives inverses. Avec $p=1$, les points proches de la médiane (valeur central minimisant cette norme) ont une forte influence, alors que lorsque p tend vers l'infini ($p=20$ ici), la courbe montre le poids déterminant des valeurs extrêmes de la série (min et max). Entre les deux, le processus d'incurvation est continu. Entre ces trois normes bien connues, notons les courbes d'influence pour $p=1,5$ (lissée avec un pic modéré) et surtout $p=3$ (parfaitement linéaire). Malgré cette propriété, cette norme L_3 est inexistante en mathématique, statistique et analyse spatiale.

tance et le log de l'influence est claire et quelque peu étonnante. Nous ne présentons pas les valeurs des r^2 qui sont toutes très proches de 1, montrant une loi généralisable à toute norme L_p . Un autre résultat intéressant apparaît dans la valeur de la pente

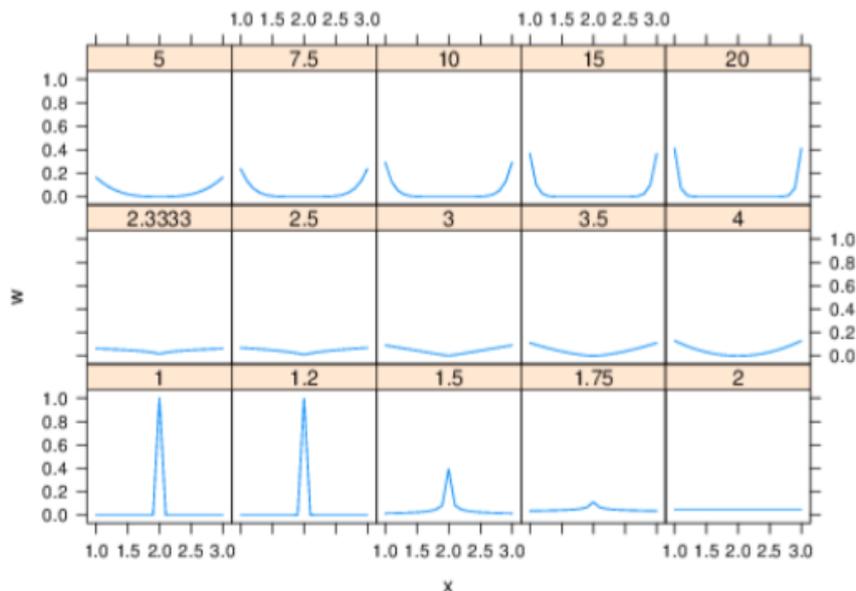


FIGURE 3 – Relation entre l’influence w_i en fonction des valeurs de p de la norme L_p pour une série de valeurs x

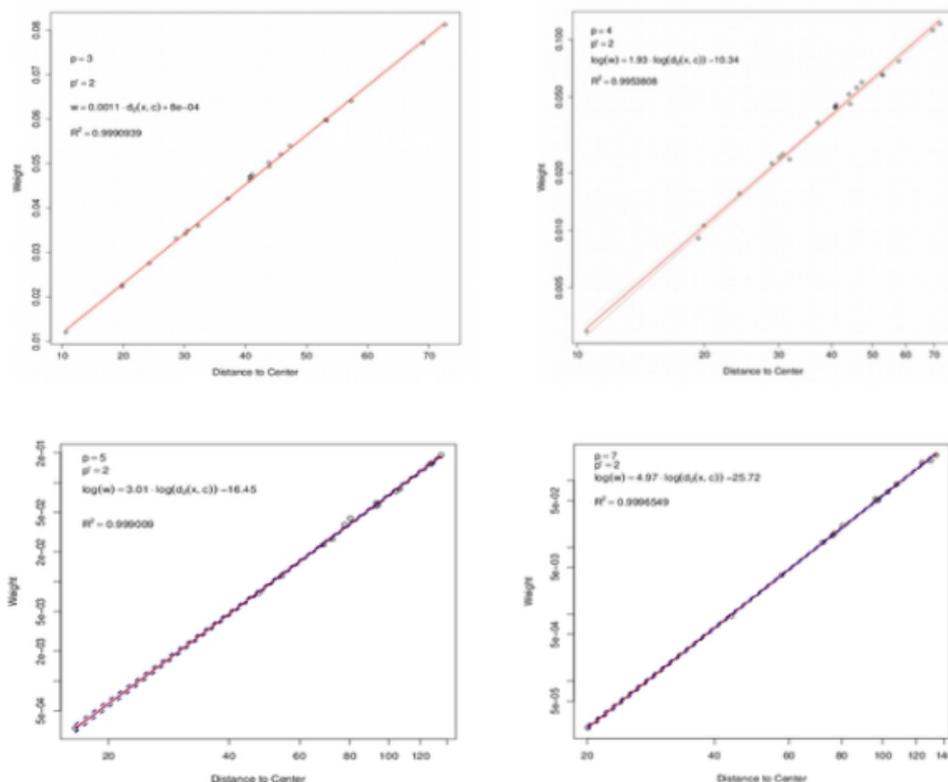


FIGURE 4 – Influence des points de demande en fonction de la distance euclidienne au centre : une parfaite relation, linéaire avec $p=3$ et log-log linéaire au-delà ($p=4 ; 5 ; 7$)

de la droite. Après moult simulations sur une grande variété de semis aléatoires de points de demande, on observe que cette va-

leur est systématiquement un entier quand p est également un entier. Plus précisément, la valeur de la pente est systématiquement

égale à $p - 2$.

Nous ne parlerons pas de fractal (de dimension $p-2$) en dépit du fait de l'apparition d'une relation log-log, car cette relation est écrite tautologiquement dans la formulation de la distance de Minkowski elle-même (exposant de p) et ne peut en aucun cas exprimer une structure fractale observée.

Nous présenterons oralement à Théoquant2017 et dans une version étendue de ce papier la preuve mathématique de cette relation (mais pas dans ce résumé).

Définition de la seconde loi de la géographie

Généralisation de la loi

La relation générale entre l'influence et la distance au centre c s'exprime en fonction de la valeur p de la norme L_p et d'un reste constant de formulation variable selon la valeur de p .

$$\log(w_i) = (p - 2)\log(d_{ic}) + r$$

équivalent à :

$$w_i = \frac{d_{ic}^{(p-2)}}{e^{-r}}$$

Application avec les normes L_p -norms standard ($p=1$ ou $p=2$)

Avec $p=1$, l'influence du point de demande sur le centre est inversement proportionnelle à la distance (il s'agit de la p -médiane, considéré en aménagement comme l'efficacité, correspondant à la distance cumulée minimale au centre; dans ce cas, le centre est localisé dans la plus forte concentration de points de demande) :

$$w_i = \frac{1}{d_{ic}e^{-r}}$$

Avec $p=2$, nous vérifions que l'influence est constante, c'est à dire que chaque point de

demande a le même impact sur la localisation du centre optimal, quelle que soit sa localisation (il s'agit du centre moyen, de gravité ou barycentre, cas de l'égalité) :

$$w_i = \frac{1}{e^{-r}}$$

Application avec des normes L_p originales ($p=1.5$, $p=3$ ou $p=4$)

Avec $p=3$, on observe une très jolie relation linéaire entre w_i et d_{ic} déjà observée dans les graphiques précédents (plus on s'éloigne du centre et moins l'influence est proportionnellement grande) :

$$w_i = \frac{d_{ic}}{e^{-r}}$$

Avec $p=4$, on obtient une relation quadratique entre l'influence et la distance (on s'approche déjà ici de la norme Linfini, qui illustre l'équité, c'est à dire que les individus les plus éloignés du centre le sont le moins possible, opérateur minimax) :

$$w_i = \frac{d_{ic}^2}{e^{-r}}$$

Avec $p=1.5$, la racine carrée de la distance joue un rôle inverse dans la fonction d'influence :

$$w_i = \frac{d_{ic}^{-0.5}}{e^{-r}} = \frac{1}{e^{-r}\sqrt{d_{ic}}}$$

Conclusion au sujet de la seconde loi de la géographie

Avec la méthode d'analyse de sensibilité proposée, on peut estimer très précisément l'influence d'un point de demande sur une facilité localisée optimalement en fonction d'une norme mathématique donnée. En aménagement, la signification de cette loi est relativement aisée à comprendre. On peut fixer une norme de distance dont on

connaît le sens, l'appliquer et savoir (cartographe) l'influence conséquente des points demande sur la localisation du centre en question. Mais elle interroge, tant le choix de la norme de la distance est pesant sur l'influence des points de demande sur la localisation du centre, entre efficacité ($p=1$) et équité ($p \rightarrow \infty$), via l'égalité ($p=2$). Par ailleurs, l'analyse de l'influence met en évidence la norme L3, qui identifie une relation linéaire entre l'influence et la distance, qui pourrait représenter une sorte de progressivité, ainsi que d'autres normes ($p=4$ ou $p=1,5$) dont les propriétés en termes d'influence semblent intéressantes, car elles constituent des compromis spatiaux entre équité, égalité et efficacité selon le cas considéré.

Cette seconde loi n'est pas une loi observée. C'est plutôt une loi imposée par la distance de Minkowski, qui couvre toutefois un grand nombre d'espaces, mathématiques ou géographiques. Son étude montre des similarités avec l'échelle de Tukey utilisée en analyse exploratoire des données pour transformer des fonctions. Est-ce d'ailleurs finalement une loi ? En définitive, elle pose la question de la dépendance (relativité) de la première loi de Tobler (ou de toute loi intégrant la distance) à la façon dont on mesure la relation entre deux objets dans l'espace à travers le choix de la norme, sujette à cette seconde loi.

Références

- Beguïn H (1989). Efficacité et équité en aménagement du territoire, *L'Espace Géographique*, 4, 335 – 336
- Ciligot-Travain M, Josselin D (2009). Impact of the Norm on Optimal Locations, *Lecture Notes in Computer Science* 5592, 426 – 441
- Drezner Z, Hamacher HW (2004). *Facility locations. Application and theories* (Springer)
- Grasland C. (2010). Spatial analysis of social facts, *Handbook of Quantitative Geography*, University of Lausanne (Eds : Bavaud Mager).
- Griffith DA, Amrhein CG, Huriot JM (1998). Econometric advances in spatial modelling and methodology. Essays in honour of Jean Paelinck, *Advanced studies in theoretical and applied econometrics*, 35
- Hakimi SL (1964). Optimum Locations of Switching Center and the absolute Center and Medians of a Graph, *Operations Research*, 12, 450-459
- Josselin D., Rojas-Mora J., Blanke D., Gourion D., Ciligot-Travain M. (2014), Influence of the metrics on discrete facility location. Toward a pertinent Lp norm targeting a transport objective, TRA2014, 10 pages.
- Josselin D, Ciligot-Travain M. (2013). Revisiting the optimal center location. A spatial thinking based on robustness, sensitivity, and influence analysis, *Environment and Planning B, Planning & Design*, 40(5) 923– 941
- Labbé M, Peeters D, Thisse JF (1995). Location on networks (Ball, Magnanti, Monma and Nemhauser, eds.) *Handbook of Operations Research and Management Science : Networks* (North Holland Amsterdam)
- Montello D. R., Fabrikant S. I., Ruocco M., Middleton R. S. (2003), Testing the First Law of Cognitive Geography on Point-Display Spatializations (Kuhn, Worboys and Timpf, Eds.), COSIT 2003, LNCS 2825, 316–331
- Nickel S, Puerto J (2005). *Location theory. A unified approach* (Springer)
- Peeters D, Thomas I (1997). Distance-Lp et localisations optimales. Simulations sur un semis aléatoire de points, *Les cahiers scientifiques du transport*, 31, 55 – 70
- Peeters D, Thomas I (2000). Distance predicting function and applied location-allocation models, *Geographical Systems*, 2, 167 – 184
- Rawls J (1971). A Theory of Justice, Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts
- Scott AJ (1970). Location-Allocation Systems : A Review, *Geographical Analysis*, 2, 95 – 119

Tobler W. R. (1970). A Computer Movie Simulating Urban Growth in the Detroit Region, *Economic Geography*, Vol. 46, Supplement : Proceedings. International Geographical Union. Commission on Quantita-

tive Methods (Jun., 1970), Clark University, pp. 234-240

Weber A (1909). *Theory of the Location of Industries*, The University of Chicago Press

Dynamique spatiale des sites de production maraîchère et impact sur les revenus des exploitants à Kinshasa

Mabu MASIALA BODE¹, Philippe LEBAILLY² et Charles KINKELA SAVY SUNDA³

Doctorant à l'Université de Liège –
Campus de Gembloux Agro-Bio Tech. Unité d'Economie et Développement rural¹

Professeur et Responsable de l'Unité d'Economie et Développement Rural
Université de Liège – Campus de Gembloux Agro-Bio Tech.²

Professeur et Coordonnateur principal du Bureau d'études socioéconomiques MULTINA-DMK
Université de Kinshasa.³

Mots-clefs - Kinshasa, pauvreté ?, maraîchage, revenu, dynamique spatiale.

Problématique

Tout observateur qui s'intéresse à la République Démocratique du Congo (RDC) est directement confronté à un paradoxe qui est celui d'un pays potentiellement riche avec une population pauvre. Cette situation déplorable tire ses origines des crises socio-économiques et politiques qui ont secoué la RDC depuis plusieurs décennies et se traduisent par une paupérisation généralisée de la population. Le taux de pauvreté est estimé à 71,3% (PNUD, 2009) dont l'incidence est plus ressentie dans les zones rurales que dans les zones urbaines provoquant ainsi un déplacement massif des ruraux vers les centres urbains. Le lieu de prédilection des personnes qui optent pour l'exode rural reste la ville de Kinshasa suite à la concentration des infrastructures économiques, scolaires, universitaires, sanitaires, ainsi que des institutions administratives et publiques. Il s'en suit alors un exode sans précédent vers Kinshasa qui fait que la ville serait placée parmi les villes les plus peuplées d'Afrique d'ici 2020 (ONU-HABITAT, 2006). Selon d'autres sources, près de 68,6% de la population urbaine de la RDC seraient installées dans la ville de Kinshasa, soit 13% de la population nationale (KASONGO, 2008). Cette croissance démographique n'est pas encadrée par des

politiques publiques adéquates.

Dans la recherche des stratégies de survie, une bonne partie de la population s'est tournée vers la production agricole, essentiellement le maraîchage. Les revenus tirés de l'activité financent les besoins primaires des ménages exploitants et les dépenses de fonctionnement de leurs exploitations. Ainsi, plus de 10 000 emplois sont créés à Kinshasa par le maraîchage (MUSIBONDO et al., 2011), procurant un revenu moyen d'environ 105\$ pour une superficie emblavée de 4,5 ares en culture des légumes feuilles (KINKELA, 2001). Mais malgré l'importance socio-économique du maraîchage, les sites de production sont confrontés à la pression démographique qui débouche sur l'étalement des superficies urbanisées vers les zones de production agricole. D'autant plus qu'au centre de la ville, les spéculations sur le coût de la location et de la garantie locative poussent la population à s'installer en périphérie. En effet, les extensions du bâti à Kinshasa se concentrent vers le Sud-ouest et le Nord-est. Les extensions spatiales du Sud-ouest se focalisent le long de la route nationale n°1 (Kinshasa – Matadi) alors qu'à l'Est, il est observé un remplissage des espaces interstitiels et une extension (KAYEMBE, 2009). L'élargissement de la ville est beaucoup plus spectaculaire dans la partie Est

alors que c'est dans ce même pôle géographique que sont localisées l'essentiel des coopératives maraîchères de Kinshasa (MUZINGU, 2010).

La précarité foncière des sites de production agricole est en outre expliquée par l'absence du certificat d'emphytéose pour sécuriser les maraîchers contre les lotissements et la concurrence qui existe entre les pouvoirs public et coutumier sur la gestion foncière en périphérie de Kinshasa. A ce jour, plusieurs cas de lotissement des sites maraîchers sont dénombrés, et presque dans toutes les coopératives agricoles de Kinshasa, les procès contre les autorités coutumières pour les menaces de lotissement abondent. Il apparaît clairement que l'activité maraîchère est fragilisée par la périurbanisation à l'indifférence des autorités publiques et coutumières mais les exploitants persistent.

Dans ce contexte, la question qui se pose est la suivante : quelle est l'impact de la dynamique spatiale des sites maraîchers sur la formation des revenus des exploitants ? Monter l'effet de la dynamique spatiale des sites de production maraîchère sur les revenus des exploitants et l'apport de ces derniers dans la subsistance des ménages permettrait de saisir la nécessité qu'il y a de sécuriser les mécanismes de lutte contre la pauvreté par des politiques foncières adéquates.

Hypothèse

Les revenus tirés du maraîchage contribuent considérablement à la subsistance des ménages exploitants et à financer les dépenses de fonctionnement de leurs exploitations. Mais, la dynamique des sites de production agricole à Kinshasa affecte négativement les revenus tirés du maraîchage et la disponibilité sur les marchés des légumes et fruits récoltés.

Objectif

L'objectif principal de ce papier est de montrer que le maraîchage à Kinshasa est une stratégie de survie importante qui permet aux exploitants de lutter contre la pauvreté et d'améliorer la disponibilité alimentaire dans la ville de Kinshasa, mais que l'activité est actuellement fragilisée par l'urbanisation croissante et sans contrôle de la ville de Kinshasa. De façon plus spécifique, la communication montre que : l'évolution de l'expansion urbaine de Kinshasa se fait vers les sites agricoles avec l'illustration de la dynamique spatiale de la coopérative agricole de Nzeza Nlandu, le maraîchage est une activité rentable, les revenus maraîchers contribuent efficacement dans les dépenses exploitants, et le niveau de ces revenus est fortement corrélé avec l'étendue de superficie emblavée.

Méthodologie

Pour atteindre les objectifs susmentionnés, nous sommes appuyés sur une analyse documentaire et des enquêtes socio-économiques réalisées en 2012 à l'Est de la ville de Kinshasa auprès des exploitants agricoles de la coopérative de Nzeza Nlandu. La taille de l'échantillon a été de 76 exploitants, soit 31% de l'ensemble des producteurs. Le ratio de la répartition homme/femme dans l'échantillon a respecté celui de la population mère. Sur les 76 enquêtés, il y a eu donc 47 femmes et 29 hommes lors l'administration des questionnaires. Ces enquêtes ont été réalisées dans le cadre de mon travail de Master complémentaire considéré comme phase exploratoire de ma thèse de doctorat actuelle.

Les informations collectées ont été saisies, traitées et analysées par des logiciels informatiques suivants : EpiData 3.0 a pour l'encodage et la saisie des données. Microsoft Excel 2010 et SPSS 20 pour le tri à plat, le tri croisé et l'analyse inférentielle. ArcGIS 9.3 pour la conception des cartes et

1. IKONOS est un satellite américain d'observation de la terre à vocation commerciale. Ce satellite offre une résolution d'un mètre en panchromatique et de quatre en multi spectrale.

l'analyse de la dynamique spatiale de la coopérative agricole de Nzeza Nlandu via les images satellites Ikonos¹ de 2004 et 2006.

Synthèse des résultats

Evolution de l'expansion urbaine à Kinshasa : La croissance démographique de Kinshasa s'accompagne d'une importante augmentation de l'espace urbanisé. Née en 1889 avec une superficie de 115 ha pour 5 000 habitants, la progression de la superficie urbanisée de la ville de Kinshasa est ahurissante. Vers 1919, la population de Kinshasa est passée à 14 000 habitants et la superficie urbanisée s'est étendue jusqu'à 650 ha. Après l'indépendance, la superficie est passée de 2 331 ha en 1950 à 12 864 ha en 1968, puis 17 922 ha en 1975 pour une population de près de 380 000 habitants, soit une augmentation de plus de 700 ha par an (CANEL et al., 1990). En 2004, la superficie urbanisée de Kinshasa était estimée autour de 60 000 ha des zones bâties pour près de 10 millions d'habitants (LELO et TSHIMANGA, 2004, cités par LELO, 2011).

Dynamique de l'occupation spatiale : En termes de taux de variation, sur 381, 49 ares constituant la superficie de la coopérative Nzeza Nlandu, la superficie consacrée aux habitations ont augmenté de 90,56%, les sols nus pour les constructions futures de 57,71%, alors que les espaces boisés, les superficies maraîchères et les zones herbeuses ont baissé respectivement de 48,61%, 34,62% et 16,01%. Dans la version complète de la communication, cette partie est appuyée par l'analyse des images satellites de la coopérative Nzeza Nlandu prises en 2004 et 2006.

Revenus maraîchers : Les revenus moyens sont estimés à 53,59\$ pour une superficie moyenne de 2,75 ares par saison culturale. Dans l'ensemble des producteurs, seulement 9,21% ont une production qui est au-dessous du seuil de rentabilité et 90,79% de ces producteurs réalisent un niveau de récolte bien au-delà du le seuil de rentabilité. Comparés aux résultats de KINKELA

(Op.Cit), les superficies moyennes cultivées ont baissé de 38,88% et les revenus moyens de 48,96%. Malgré cette baisse du niveau des revenus, le maraîchage demeure suffisamment rentable pour la majorité des exploitants. Dans la version complète de la communication, un lien sera fait entre les revenus maraîchers moyens et le seuil de pauvreté dans la ville de Kinshasa pour voir notamment si l'activité maraîcher permet aux exploitants de se situer au-dessus ou au-dessous du seuil de pauvreté. Aussi, il sera indiqué le seuil de rentabilité, en termes de nombre d'ares emblavés, qui permet de placer l'exploitant maraîcher au-dessus du seuil de pauvreté.

Contribution des revenus maraîchers : Le taux de diversification des sources de revenu est de 28,16%, soit près de 3 producteurs sur 10 recourent à d'autres sources de revenus en plus du maraîchage. Pour 76,3% des producteurs enquêtés, le maraîchage est leur principale source de revenu. Les dépenses des exploitants sont réparties en deux groupes : les dépenses d'exploitation (location terre, semences, paiement main d'œuvre, engrais, produits phytosanitaires et outils aratoires) et les dépenses au niveau du ménage (loyer, remboursement des dettes, alimentation, scolarisation des enfants, soins médicaux, habillement). La part de couverture de ces dépenses par les revenus maraîchers sera indiquée dans la version finale du document.

Lien entre le revenu et la superficie emblavée : le nuage des points entre les deux variables a montré que la pente est positive entre les deux variables. Cela a conduit à une modélisation sous forme d'une régression linéaire simple. Dans ce modèle, le revenu maraîcher est expliqué par la superficie emblavée. Le test de Fisher Snedecor sur la signification du modèle de régression a montré que le modèle utilisé est adapté à l'explication du phénomène étudié. Le lien entre le revenu maraîcher et la superficie emblavée est de 80,7% (r). La variation du revenu est expliquée à 65,2% par la superficie utile (R²). S'il arrive de procéder à un changement d'échantillon dans la même population, la variabilité du revenu maraî-

cher serait expliquée à 64,7% par la superficie emblavée (R2 ajusté). Le test des paramètres de la régression a montré que la contribution de la superficie utile dans la variation du revenu maraîcher est aussi observée sur l'ensemble de la population maraîchère de la coopérative de Nzeza Nlandu.

Références

CANEL, P., DELIS, P., GIRARD, C. (1990). Construire la ville africaine. Chronique du citoyen promoteur. KARHALA et ACCT.

KASONGO NUMBI, K. (2008). *L'Afrique se recolonise. Une relecture du demi-siècle de l'indépendance du Congo- Kinshasa ?* « Compte rendus », Paris-France, Le Harmattan.

KAYEMBE wa KAYEMBE, M., De MAEYER, M., WOLFF, E. Cartographie de la croissance urbaine de Kinshasa (R.D. Congo) entre 1995 et 2005 par télédétection satellitaire à haute résolution, Belgeo [En ligne], 3-4 | 2009, mis en ligne le 10 septembre 2012, consulté le 15 novembre 2014. URL : <http://belgeo.revues.org/7349>

KINKELA SUNDA, S. (2001). L'apport du maraîchage dans la lutte contre l'insécurité alimentaire à Kinshasa, in : KANKONDE, M. et TOLLENS, E. (eds), Sécurité alimentaire au Congo – Kinshasa. Production,

consommation et survie, Paris – France, Le Harmattan : 223-284.

LELO NZUZI, F. (2011). Kinshasa. Planification Aménagement, Kinshasa – RDC, Le Harmattan.

MUSIBONO, D.-E., BIEY, E. - M., KISANGALA, M., NSIMANDA, C.-I., MUNZUNDU, B.-A., KEKOLEMBA, V., PALUS, J.J. (2011). Agriculture urbaine comme réponse au chômage à Kinshasa, République Démocratique du Congo », Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement, Volume 11, Numéro 1, Tiré de : <http://vertigo.revues.org/10818>, Consulté le 21 novembre 2012.

MUZINGU NZOLAMESO, B. (2010). Les sites maraîchers coopérativisés de Kinshasa en RD Congo. Contraintes environnementales et stratégies des acteurs, Thèse de doctorat, Institut d'Études du Développement, Université Catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve.

ONU-HABITAT (2006). Rapport sur l'Etat des villes dans le monde.

PNUD, RDC, Province de Kinshasa (2009). Pauvreté et conditions de vie des ménages à Kinshasa. Tiré de http://www.cd.undp.org/mediafile/Profil_kinshasa_Final.pdf, Consulté le 21 novembre 2012.

Vers une métropolisation de l'espace et les changements fonctionnelles. Le cas du sud du Chili

Francisco MATORANA¹, Andrés RORJAS², Roberto SALAS¹

Département de géographie, Université Alberto Hurtado du Chili¹

Doctorant, Universidad Autónoma de Madrid²

Mots-clefs - Métropolisation, urbanisation, Chili.

Le processus d'urbanisation a augmenté dans toutes les régions de la planète. Selon l'ONU (2015), plus de 50% de la population vit dans les villes et il est prévu que la situation augmente. Un tel étalement urbain est différencié pour chaque pays et territoire. Il est le produit de processus historiques, sociaux, économiques et culturels qui influent leur développement (Henderson, 2003).

Cela a déterminé la forme et l'étendue de la ville (Champion, 2001) et les processus fonctionnels qui se déroulent dans leur espace et zone d'influence. En plus, l'essor des nouvelles technologies et de l'amélioration des transports ont remis en question ce que nous entendons par ville (Castells, 1998).

En effet, nous sommes face à un processus de contraction de l'espace-temps. Les individus font, en moyenne, les mêmes activités et dépensent le même temps de déplacement, cependant, les distances parcourues ont considérablement augmenté (Pumain et Saint-Julien, 2001). Cela a eu un impact sur l'extension de la ville et sur sa dynamique en termes de mobilité, grâce à un réseau de plus en plus puissant de transport et à des configurations d'espaces urbains polycentriques (Hall et Pain, 2006) et de différentes morphologies (Le Néchet, 2015).

L'Amérique Latine et les Caraïbes aussi expérimentent actuellement un processus accéléré d'urbanisation. Ceci est lié à des processus de restructuration socio-économique, de diffusion et d'adoption de nouvelles technologies de l'information et de la communication dans un contexte de mondialisation (De Mattos, 2010), Les conséquences de ces processus donnent lieu

à divers problèmes, et nous pouvons les retrouver dans plusieurs espaces de la planète. Parmi ces troubles citadins, nous observons de la ségrégation socio-spatiale, de la pollution, de la fragmentation, des problèmes dans les transports, des problèmes de logement, etc. Tous produit –en grande mesure– de l'urbanisation incontrôlée qui affecte de façon différenciée à plusieurs villes de la planète (Harvey, 1996).

Au Chili spécifiquement, ce processus d'urbanisation avance rapidement. Environ 85% de la population habite dans les villes. Cette évolution s'est développé avec une forte concentration de la population dans la capitale Santiago, qui a construit un système urbain monocentrique de primauté (Rojas, Maturana et Morales, 2015). En effet, Santiago concentre environ 35% de la population et compte tenu de son système régional ce chiffre atteint près de 40% (INE, 2005).

Si cette concentration semble spectaculaire, la situation est répliquée dans certains systèmes régionaux. En effet, les villes possédant le rang de capitale régionale dans la division politique et administrative du pays, expriment une remarquable concentration de la population. Dans les régions du nord, où les caractéristiques climatiques (désert) pressent une concentration élevée, il est possible de voir que plus de 90% de la population totale de la région se localise à l'intérieur des capitales régionales. Par exemple, dans la région Arica et Parinacota Arica, la ville capitale Arica concentre le 98% du total. Dans la région de Tarapaca, Iquique concentre le 90% de population. La

région d'Antofagasta, dans sa capitale homonyme contient un 64% d'habitants (INE, 2012). Pour le centre-sud, la situation est moins forte mais également importante, par exemple dans la région de La Araucanía, Temuco concentre 33% de la population et Valdivia dans la région de Los Ríos 40%. Les villes en question présentent d'importantes dynamiques à l'intérieur de leurs espaces urbains, où les caractéristiques des métropoles émergent. Ces villes démontrent ainsi un état de « transition » vers des espaces métropolitains. Certains auteurs (Hidalgo, De Mattos et Arenas 2009) ont indiqué que le Chili vit une « métropolisation » de l'espace, principalement là où habitent plus de 100.000 habitants, c'est-à-dire, les centres urbains qui tiennent le rang de capitale régionale ou provinciale dans la structure du système des villes.

Ces espaces se trouveraient dans une phase de transition dans laquelle nous pouvons entrevoir les problèmes urbains liés à la croissance rapide de la population et de l'espace urbain. Cela aurait également une incidence sur leur hinterland avec une polarisation de l'espace régional. Aussi, nous pourrions voir une recomposition fonctionnelle et économique de l'espace, où il y aurait une différenciation fonctionnelle entre la capitale de la région et les autres villes qui développent une co-évolution chaque fois plus éloignée du secteur agricole, mais avec une structure économique simplifiée et dépendante des capitales régionales.

Dans ce cadre, nous avons analysé 3 cas d'études. Les villes de Temuco, Valdivia et Puerto Montt. Toutes trois situées dans le sud du Chili, dans les régions de La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos respectivement.

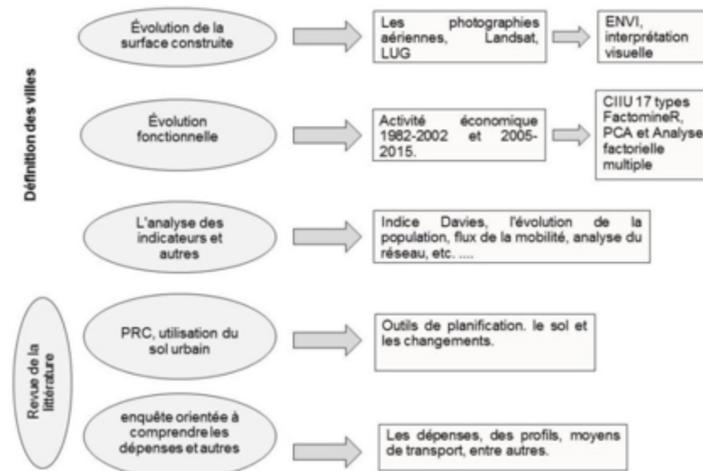
Ces villes exerceraient une forte influence sur leurs espaces adjacents respectifs à partir d'une structure urbaine hiérarchique, avec des espaces de plus en plus dépendants. En ce sens, la croissance des capitales régionales du sud du Chili se développeraient plutôt que par des processus d'in-

novation ou de modernisation de sa structure de production, par une concentration des différentes activités en dépit d'autres territoires. C'est ce que nous pourrions appeler villes qui « gèrent la pauvreté ».

Les 3 cas d'études sont tout à fait intéressants et représentatifs, dans la mesure qu'il s'agit de territoires possédant des matrices économiques différenciées. Ainsi, Temuco présente une structure économique liée à l'activité agricole. Valdivia centre son activité économique sur le bétail et les produits laitiers, et Puerto Montt exploite l'industrie du saumon.

Il est intéressant de se demander comment les villes "transitent" d'un état à un autre, ceci dit vers une métropolisation de l'espace. Comment les autres villes satellites sont incorporées dans ceci? Peut-être cela se configure de manière pas toujours articulée, ou en une intégration fonctionnelle liée à une justice territoriale, ou encore avec une domination qui polarise l'espace. Le point culminant de cette étude est non seulement de comprendre le processus d'urbanisation et la croissance urbaine, mais aussi l'expression d'un processus et de sa structuration qui pourraient être spécifiques à chaque ville ou territoire. Cela à partir d'une matrice économique particulière, à vitesse différenciée, mettant en péril la durabilité d'un tel développement.

De cette façon, nous nous sommes posés les questions suivantes : Comment la composition spatiale des capitales régionales est observée lors de la présentation d'une matrice économique différenciée? Y a-t-il une intégration fonctionnelle liée à une justice territoriale, ou plutôt une logique de prédation de l'espace? L'État chilien est-il le premier promoteur de la dispersion urbaine, de la ségrégation sociale et de la précarité urbaine? Pour avancer l'analyse de ces questions, nous avons développé une méthodologie qu'il est possible de voir dans la figure 1.

FIGURE 1 – Résumé de la méthodologie mise en place¹

Les résultats préliminaires suggèrent que la croissance enregistrée par les capitales régionales a été assez différenciée. La ville de Temuco a connu son plus grand étalement urbain entre 1980 et 1990 (voir figure 2) mais celui-ci poursuit une croissance soutenue. Aujourd'hui, il faut savoir que la croissance urbaine s'est étendue sur une vaste gamme de villes satellites où ces dix dernières années des logements sociaux se sont créés (politique générée par l'état) et qui se localisent à proximité de Temuco.

D'un autre côté, la croissance de Valdivia a été plutôt lente par rapport aux deux autres capitales. Sa localisation (sur la côte) et la distance majeure (relative) qu'elle affiche vers d'autres centres urbains qui peuvent être incorporés dans ses dynamiques urbaines, sont quelques-unes des raisons. En conséquence, cette ville présente plutôt une expansion urbaine assez compacte et non pas explosive. Par contre, la ville de Puerto Montt a connu une forte croissance entre 1990 et l'an 2000 grâce à l'industrie du sau-

mon, puis elle a repris un nouveau dynamisme à partir de l'année 2010. Ceci est principalement dû aux cycles économiques de l'industrie du saumon qui ont laissé une trace en termes urbains.

En ce qui concerne les aspects fonctionnels, nous avons observé qu'ils existent des modèles d'évolution différenciée. Par exemple, la ville de Temuco présente une évolution totalement dirigée vers les services, par rapport aux centres urbains à proximité. Ses centres développent une co-évolution où plusieurs emplois agricoles sont délaissés en faveur de ceux des services généraux (voir figure 3). Par contre, la ville de Puerto Montt avec d'autres villes plus petites y développent toutes ensemble une co-évolution similaires entre elles. Les secteurs agricoles ont perdu des emplois, laissant les services, la pêche et le tourisme comme les secteurs d'activité plus importants, présentant une différence dans la magnitude des travailleurs.

Bien que les résultats restent préliminaires en ce qui concerne ce travail, nous sommes en plein développement de la méthodologie d'étude et d'analyse. En ce sens, cette proposition est seulement une avance de ce qu'il nous reste encore à faire, et ce ne sera qu'en mai que nous pourrons présenter des résultats plus complets et concrets.

De toute façon, et à mode de conclusion, nous pouvons observer des changements et des dynamiques tout à fait intéressants, étant donné un contexte où l'étude des espaces situés hors de Santiago ne sont pas nombreuses.

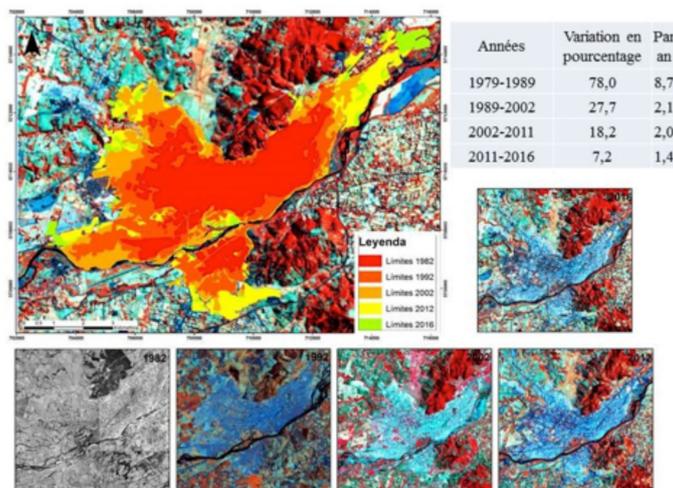


FIGURE 2 – Exemple de l'évolution urbaine de la ville de Temuco

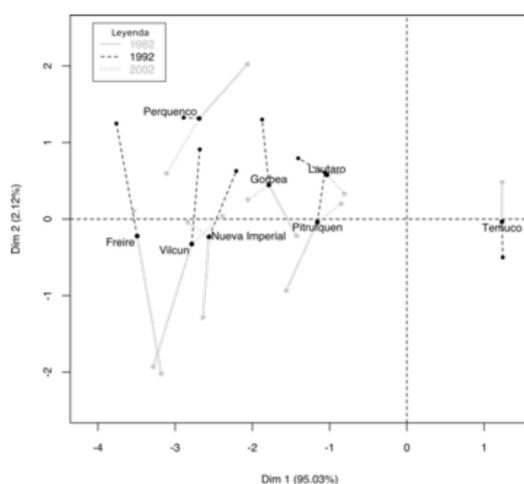


FIGURE 3 – Exemple résumé de l'évolution fonctionnelle de Temuco et d'autres villes de la région

Références

Castells, M. (1998) *La société en réseaux. L'ère de l'information*, Fayard, France.

Champion, A. (2001) "A Changing Demographic Regime and Evolving Polycentric Urban Regions : Consequences for the Size, Composition and Distribution of City Populations", *Urban Studies*, vol. 38, núm. 4, pp. 657-677.

De Mattos, C. (2010) *Globalización y metamorfosis urbana en américa latina*, Ed. Olacchi, Quito.

Hall, P. et Pain, K. (2006) *The Polycentric Metropolis. Learning from mega-city*

regions in Europe, Routledge, London.

Harvey, D (1996) *El enigma del capital y crisis del capitalismo*, Akal, Madrid, España.

Henderson, V. (2003) "The Urbanization Process and Economic Growth : The So-What Question", *Journal of Economic Growth*, vol. 8, núm. 1, pp. 47-71.

Hidalgo, R., De Mattos, C. et Arenas, F (Eds.) (2009) *Chile : Del país urbano al país metropolitano*. Pontificia Universidad Católica de Chile. Serie Geolibros, Santiago.

Instituto Nacional de Estadística INE (2012) Base censal REDATAM, Gobierno de Chile, Santiago.

- Instituto Nacional de Estadística (2005) *Chile : Ciudades, Pueblos, Aldeas y Caseríos*, Gobierno de Chile, Santiago.
- Instituto Nacional de Estadística INE (2002) Base censal REDATAM, Gobierno de Chile, Santiago.
- Instituto Nacional de Estadística INE (1992) Base censal REDATAM, Gobierno de Chile, Santiago.
- Instituto Nacional de Estadística INE (1982) Base censal REDATAM, Gobierno de Chile, Santiago.
- Le Néchet, F. "De la forme urbaine à la structure métropolitaine : une typologie de la configuration interne des densités pour les principales métropoles européennes de l'Audit Urbain", *European Journal of Geography* [En línea], Ordenación del Territorio, Urbanismo, documento 709, Publiée le 18 février 2015, consulté le 29 novembre 2016. URL : <http://cybergeo.revues.org/26753>; DOI : 10.4000/cybergeo.26753.
- ONU (2016) World Cities Report 2016 : Urbanization and development emerging futures. United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat), Nairobi, Kenya.
- Pumain, D. et Saint-Julien, T. (2001) *Analyse spatiale : les interactions*, Armand Colin, Paris.
- Rojas, A., Maturana, F. et Morales, M. (2015) "Evolución histórica de las ciudades intermedias en el siglo XX : crecimiento, jerarquía y funcionalidad", en Maturana-Miranda, F. y Rojas-Bottner, A. (coords.), *Ciudades intermedias en Chile : territorios olvidados*, RIL Editores, Santiago, pp. 43–74.

Atelier 12

Paysage, écologie du paysage

Une approche multi-espèces pour évaluer et spatialiser les impacts locaux des formes de croissance urbaine sur les réseaux écologiques

Marc Bourgeois

Université Lyon 3 Jean Moulin –
UMR Environnement Ville Société (EVS) – 5600 CNRS

marc.bourgeois@univ-lyon3.fr

Mots-clefs - croissance urbaine – graphes paysagers – réseaux écologiques – approche multi-espèces – impacts écologiques – connectivité locale – biologie de la conservation

Contexte et problématique

Depuis les années 1970, le phénomène d'étalement urbain se caractérise par des formes d'urbanisation peu denses, provoquant un important mitage des espaces périurbains. L'artificialisation des sols et l'augmentation du trafic routier ont contribué à l'altération toujours plus importante des écosystèmes naturels. Sur le plan paysager, la croissance urbaine se produit aux dépens des espaces naturels et agricoles ce qui contribue à la disparition ou à la fragmentation des habitats de la faune sauvage. Puisqu'il est impossible d'endiguer le processus de croissance urbaine, une des préoccupations majeures dans le champ de l'urbanisme et de l'aménagement du territoire consiste à rechercher le meilleur compromis entre le développement résidentiel et la préservation des réseaux écologiques. Pour cela, une des approches possibles consiste à identifier les relations entre les formes d'urbanisation et la connectivité des réseaux écologiques des espèces animales. Toutefois, il apparaît dans la littérature scientifique que les relations entre la forme urbaine et les processus écologiques sont complexes (Bierwagen, 2007; Tratalos et al., 2007, Czamanski et al., 2008, Tannier et al., 2012a) ce qui a été confirmé par des recherches plus récentes (Bourgeois, 2015). Ces derniers travaux de recherche ont permis d'évaluer les impacts de plusieurs scénarios prospectifs de développement résidentiel et de leurs évolutions de trafic asso-

ciées sur la connectivité des réseaux écologiques de plusieurs espèces animales. Bien qu'il existe des exceptions liées aux traits fonctionnels des espèces étudiées, le scénario « Etalement urbain » apparaît comme étant globalement le scénario responsable des impacts les plus importants sur la connectivité écologique des espèces animales. Au regard de ce critère, le scénario « Ville compacte » paraît être le meilleur. Les résultats de ces travaux montrent également que quelles que soient les espèces prises en compte, l'augmentation du trafic routier lié à chaque scénario est souvent responsable de pertes de connectivité plus importantes que le seul développement résidentiel. Cependant, l'impact écologique des formes de croissance urbaine est le plus fréquemment mesuré d'un point de vue global, pour l'ensemble de la zone d'étude (Mörtberg et al. 2007; Tannier et al 2012; Tannier et al 2016). Ces résultats, bien que potentiellement intéressants pour planifier des politiques d'aménagement à l'échelle supra-communale, ne permettent pas de mettre en évidence les habitats écologiques les plus menacés par l'urbanisation. Il s'agit ici de chercher à localiser finement l'impact de différentes formes de croissance urbaine sur la connectivité des réseaux écologiques de plusieurs espèces animales dans le but de proposer des outils utiles à la mise en place de politiques de conservation de la biodiversité. Puisqu'il paraît trop réducteur de ne se focaliser que sur une espèce

cible (Lindenmayer et al., 2000), il est possible de se baser sur une approche multi-espèces. Cette approche permet d'identifier plusieurs groupes d'espèces représentatifs d'une zone d'étude présentant des exigences écologiques différentes (Bourgeois, 2015). Pour mettre en place des politiques de conservation, il s'agit alors de mesurer, puis de spatialiser la connectivité écologique de ces différents groupes d'espèces.

Nous partons du postulat que la spatialisation de la connectivité écologique permet (i) d'identifier des réservoirs potentiels de biodiversité, (ii) d'identifier localement les impacts écologiques de chaque scénario et (iii) de délimiter des zones à protéger parmi les espaces les plus vulnérables.

Méthodologie

Simulation de scénarios de croissance urbaine

A partir d'une carte d'occupation du sol en mode raster, la simulation prospective de la croissance urbaine consiste à transformer l'état de certaines cellules non bâties (espaces agricoles ou forestiers notamment) en cellules bâties. Ces transformations s'effectuent en fonction de règles permettant de simuler l'application de différents modèles de villes (ville compacte, diffuse, ou fractale), ainsi que de règles d'accessibilité (proximité aux routes, accessibilité aux espaces ouverts, accessibilité aux commerces et services de fréquentation quotidienne et hebdomadaire). Cinq scénarios d'urbanisation ainsi que leurs évolutions de trafic associées ont été simulés afin de proposer des formes urbaines différenciées à l'échelle de l'Aire Urbaine de Besançon entre 2010 et 2030 (Tannier et al., 2016) :

- Scénario 1 : développement résidentiel dense et compact (ville compacte)
- Scénario 2 : développement résidentiel modérément dense et compact (ville modérément compacte)
- Scénario 3 : développement résidentiel localement dense et globalement diffus (périurbain régulé)

- Scénario 4 : développement résidentiel localement peu dense et globalement diffus (étalement urbain)
- Scénario 5 : développement résidentiel localement dense et favorisant l'accessibilité aux réseaux de transports en commun (tram et train) (Transit Oriented Development)

Modélisation des réseaux écologiques

La deuxième partie de ce travail consiste à modéliser les réseaux écologiques des espèces animales présentes dans la zone d'étude, composée d'un carré de 60 km de côté autour de la ville de Besançon comprenant l'intégralité de son Aire Urbaine. Pour ce faire, les graphes paysagers représentent un bon compromis entre la précision et la quantité de données écologiques requises, et leur significativité (Urban et Keitt, 2001 ; Calabrese et Fagan, 2004). Dans ces graphes, un nœud représente une tache d'habitat pour une espèce donnée. Les liens entre les taches d'habitat représentent les déplacements potentiels de l'espèce entre les taches. Un lien est créé lorsque l'espèce peut traverser la matrice qui sépare les deux taches d'habitat. Les graphes paysagers constituent le support pour calculer des métriques de connectivité des habitats écologiques à plusieurs niveaux : pour le graphe entier (connectivité globale), pour les composantes ou pour chaque élément du graphe (connectivité locale). Puisqu'il n'est pas possible de modéliser les réseaux écologiques de toutes les espèces de la zone d'étude, une approche multi-espèces a été retenue pour ce travail. Cette approche consiste à travailler sur un nombre réduit d'espèces, susceptibles de représenter correctement l'ensemble des espèces concernées appartenant à un même type d'habitat. Elle tient compte de certaines caractéristiques fonctionnelles des espèces : la nature et la surface de leurs taches d'habitat (zones humides, espaces boisés par exemple), leur distance maximale de dispersion inter-générationnelle ainsi que leurs capacités à se déplacer dans la matrice paysagère (attribution de coûts différenciés à

chaque classe d'occupation du sol).

La sélection de ces espèces a été réalisée en plusieurs étapes à l'aide de différents filtres. Dans un premier temps, ont été sélectionnées les espèces déterminantes Trame Verte et Bleue au niveau national. Ces espèces, identifiées par des chercheurs du Museum National d'Histoire Naturelle (Sordello et al., 2011) peuvent être des espèces protégées et/ou présentant un intérêt écologique pour leur conservation. A partir de ces espèces, nous avons choisi celles présentes dans la zone d'étude pour lesquelles nous disposions de suffisamment d'informations pour cartographier leur habitat et leurs déplacements potentiels dans un Système d'Information Géographique. Dans un deuxième temps ces espèces ont été regroupées par milieux (milieux humides, milieux arborés...). Nous avons enfin regroupé les espèces possédant des traits de vie similaires pour obtenir au final seize groupes d'espèces représentatives de la zone d'étude. Cette sélection finale comporte par exemple un groupe d'espèces forestières à grande distance de dispersion, un groupe d'espèces de milieux ouverts à faible distance de dispersion etc.

Pour évaluer l'impact de la croissance urbaine sur chaque groupe d'espèces, une métrique paysagère globale a été calculée pour l'ensemble de la zone d'étude. L'évaluation de l'impact écologique global consiste à mesurer, pour chaque groupe d'espèces, la variation de la métrique entre l'état initial et l'état résultant de la simulation de chaque scénario de développement résidentiel (Bourgeois 2015). Pour chaque tache d'habitat, une métrique paysagère locale a été également calculée. A l'état initial de l'urbanisation, la somme des métriques locales de chaque tache d'habitat d'un groupe d'espèce donné correspond à la valeur globale de la métrique paysagère. Après avoir calculé de nouveau cette métrique locale pour un scénario d'urbanisation donné, il est ainsi possible de mesurer la perte de connectivité imputable à ce scénario d'urbanisation, et ce, pour chaque tache d'habitat. Dans ce travail, des graphes paysagers sont construits pour les

seize groupes d'espèces ayant des taches d'habitat et des capacités de déplacements très diverses. Il n'est donc pas possible de comparer directement la connectivité locale entre leurs réseaux. Plusieurs travaux ont montré que l'on pouvait établir un lien entre le degré de connectivité local issu de la modélisation et la présence des espèces relevées sur le terrain (Awade et al., 2012; Foltête et al., 2012b; Lookingbill et al., 2010). Partant de cette relation, il apparaît pertinent de généraliser les valeurs des métriques locales calculées dans les taches (espace discret), à l'ensemble de la mosaïque paysagère (champ de valeur continu) (Foltête et al., 2012b; Galpern et Manseau, 2013). Dans le cas présent, ce type d'interpolation doit faciliter la comparaison entre les espèces ayant des réseaux écologiques différents. Il est alors possible d'obtenir une valeur de connectivité potentielle pour chaque cellule de la matrice paysagère, pour chaque groupe d'espèces. Plus les cellules sont éloignées du réseau écologique, moins leurs valeurs de connectivité potentielle sont élevées. Cette métrique de connectivité locale généralisée à l'ensemble de la mosaïque paysagère pour chaque groupe d'espèces est calculée à l'état initial, et pour chaque scénario d'urbanisation.

Les scénarios d'urbanisation ont été réalisés à l'aide de l'outil logiciel MUP-City (Tannier et al., 2012b) et du module de simulation du développement résidentiel de la plateforme multi-agent MobiSim (Antoni et al., 2011). Les simulations de trafic sont également issues de MobiSim. La construction des graphes paysagers et le calcul des métriques de connectivité ont été réalisés avec le logiciel Graphab (Foltête et al., 2012a).

Résultats

Spatialisation de la connectivité écologique à l'état initial de l'urbanisation

En raison de la diversité des espèces sélectionnées, les graphes paysagers créés à

l'état initial de l'urbanisation sont différents pour chacun des groupes d'espèces. La généralisation d'une métrique de connectivité locale à l'ensemble de la mosaïque paysagère permet de s'affranchir de ces exigences écologiques en attribuant une valeur de connectivité à chaque pixel de la zone d'étude, et ce, pour chaque groupe d'espèces. Afin d'éviter de négliger les espèces pour qui la connectivité paysagère est limitée par la configuration paysagère (certains groupes d'amphibiens par exemple), les valeurs de connectivité locale ont toutes été normalisées entre 0 et 1. Partant du principe que toutes les espèces nécessitent le même niveau de conservation, nous pouvons cartographier finement les zones présentant une bonne ou une mauvaise connectivité pour l'ensemble des groupes d'espèces étudiés. Cette carte peut également être construite différemment, en attribuant des pondérations plus ou moins importantes à chaque groupe d'espèces, au regard des priorités de conservation mises en œuvre dans l'espace étudié. Suivant le même protocole méthodologique, une nouvelle carte est créée pour l'ensemble des groupes d'espèces pour chaque scénario d'urbanisation. En calculant le taux de variation des valeurs de connectivité pour chaque pixel de la zone d'étude, entre l'état initial et chaque scénario d'urbanisation, nous disposons de cinq cartes, permettant de spatialiser les impacts écologiques imputables à chaque forme de croissance urbaine. Les résultats montrent que les impacts les plus importants sont généralement localisés à proximité des zones urbanisées. Toutefois, pour certains scénarios (ville modérément compacte par exemple), d'importantes pertes de connectivité sont mesurées dans des espaces distants de l'urbanisation simulée. Il est donc difficile d'identifier a priori les zones qui seront particulièrement menacées par telle ou telle forme de croissance urbaine.

Identification de zonages de protection

A partir des différentes cartes produites pour chaque scénario d'urbanisation, il est possible d'identifier, à l'horizon 2030, quelles sont les zones qui risquent de subir les plus importantes pertes de connectivité. Nous nous focalisons ici uniquement sur le scénario S3 (périurbain régulé) qui nous semble le plus correspondre aux politiques actuellement mise en œuvre dans l'Aire Urbaine de Besançon. Dans le cas présent, nous considérons donc qu'en dehors des zones d'urbanisation simulées, les zones subissant les plus importantes pertes de connectivité sont celles pour lesquelles les mesures de conservation semblent les plus pertinentes. Nous choisissons de retenir les zones où la perte de connectivité locale est d'au moins 10% entre l'état initial en 2010 et l'état en 2030 pour le scénario S3. En suivant l'approche multi-espèces décrite précédemment, nous partons du principe que plus la zone à conserver est grande, plus les espèces susceptibles d'habiter ou de se déplacer dans cette zone seront nombreuses. Au regard de ce critère, nous retons alors les dix plus grands zonages. Ces dix zones nous semblent donc les plus intéressantes pour mettre en place des mesures de conservation de la biodiversité en général, sans se focaliser sur une espèce particulière. Il est ensuite possible de hiérarchiser ces zones, en les classant selon leur degré de connectivité locale à l'état initial.

Conformément à notre première hypothèse, les résultats montrent que la spatialisation de la connectivité écologique permet d'identifier des réservoirs potentiels de biodiversité, en identifiant les hotspots de connectivité écologique. Ces résultats sont toutefois à nuancer puisque sans données de présence/absence des espèces, il est difficile de savoir si les zones de forte connectivité correspondent bel et bien aux zones où les espèces sont les plus abondantes. Ces cartes permettent en revanche de spatialiser finement l'impact écologique de chaque scénario d'urbanisation simulé. La généralisation de métriques locales de connecti-

tivité à l'ensemble de la mosaïque paysagère peut également permettre d'identifier des zonages de protection pertinents pour l'ensemble des espèces étudiées.

Références

- Antoni JP, Tannier C, Vuidel G, Hirtzel J (2011) Mobisim. Rapport final PRE-DIT, Groupe Opérationnel n°6, Recherche 09MTCV34. Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie, Besançon.
- Awade M, Boscolo D, Metzger JP (2012) Using binary and probabilistic habitat availability indices derived from graph theory to model bird occurrence in fragmented forests. *Landscape Ecology* 27(2) : 185-198.
- Bierwagen BG (2007) Connectivity in urbanizing landscapes : The importance of habitat configuration, urban area size, and dispersal. *Urban Ecosystems* 10(1) : 29-42.
- Bourgeois M (2015). Impacts écologiques des formes d'urbanisation. Modélisations urbaines et paysagères. Thèse de doctorat, Université de Franche-Comté, 369 p.
- Calabrese JM, Fagan WF (2004) A comparison-shopper's guide to connectivity metrics. *Frontiers in Ecology and the Environment* 2(10) : 529-536.
- Czamanski D, Benenson I, Malkinson D, Marinov M, Roth R, Wittenberg L (2008) Urban Sprawl and Ecosystems — Can Nature Survive? *International Review of Environmental and Resource Economics* 2(4) : 321-366.
- Foltête JC, Clauzel C, Vuidel G (2012a) A software tool dedicated to the modelling of landscape networks. *Environmental Modelling & Software* 38 : 316-327.
- Foltête JC, Clauzel C, Vuidel G, Tournant P (2012b) Integrating graph-based connectivity metrics into species distribution models. *Landscape Ecology* 27(4) : 557-569.
- Galpern P, Manseau M (2013) Modelling the influence of landscape connectivity on animal distribution : a functional grain approach. *Ecography* 36(9) : 1004-1016.
- Lindenmayer DB, Margules CR, Botkin DB (2000) Indicators of Biodiversity for Ecologically Sustainable Forest Management. *Conservation Biology* 14(4) : 941-950.
- Lookingbill TR, Gardner RH, Ferrari JR, Keller CE (2010) Combining a dispersal model with network theory to assess habitat connectivity. *Ecological Applications* 20(2) : 427-441.
- Mörtberg UM, Balfors B, Knol WC (2007) Landscape ecological assessment : a tool for integrating biodiversity issues in strategic environmental assessment and planning. *Journal of environmental management* 82(4) : 457-470.
- Sordello R, Comolet-Tirman J, De Massary J, Dupont P, Haffner P, Rogeon G, Sibley JP, Touroult J, Trouvilliez J (2011) Trame verte et bleue - Critères nationaux de cohérence - Contribution à la définition du critère sur les espèces. MNHN-SPN, Paris 57 p.
- Tannier C, Bourgeois M, Houot H, Foltête JC (2016). Impact of urban developments on the functional connectivity of forested habitats : a joint contribution of advanced urban models and landscape graphs. *Land Use Policy*. Vol 52. pp 76-91.
- Tannier C, Foltête JC, Girardet X (2012a) Assessing the capacity of different urban forms to preserve the connectivity of ecological habitats. *Landscape and Urban Planning* 105(1-2) : 128-139.
- Tannier C, Vuidel G, Houot H, Frankhauser P (2012b) Spatial accessibility to amenities in fractal and nonfractal urban patterns. *Environment and Planning B : Planning and Design* 39(5) : 801-819.
- Tratalos J, Fuller RA, Warren PH, Davies RG, Gaston KJ (2007) Urban form, biodiversity potential and ecosystem services. *Landscape and Urban Planning* 83 : 308-317.
- Urban DL, Keitt T (2001) Landscape Connectivity : A Graph-Theoretic Perspective. *Ecology* 82(5) : 1205-1218.

Dynamique du couvert végétal et implications socio-environnementales à la périphérie du parc W/Burkina Faso

Raogo Noël GANSAONRE et Tanga Pierre ZOUNGRANA

Université Ouaga I Pr Joseph KI-ZERBO,
Laboratoire d'Etudes et de Recherches sur les Milieux et Territoires (LERMIT)

Mots-clefs - Dynamique d'occupation, perception, implication socio-environnemental, parc W, Diapaga

La dégradation des ressources environnementales est un phénomène qui affecte les pays sahéliens particulièrement. L'activité humaine porte constamment préjudice à l'environnement. En réalité, les processus qui s'opèrent dans le paysage sont le résultat des interactions entre systèmes sociaux et environnementaux (Béné et Fournier, 2012 ; Ozer et al., 2010).

Les travaux du Programme Régional Parc W/ECOPAS ont montré que l'environnement connaît de forte variation aussi bien à l'intérieur du parc que dans sa périphérie. L'expression de cette dynamique se traduit par la dégradation des ressources végétales (Kaboré, 2015 ; Anthelme et al., 2006) et voire même la disparition de certaines espèces végétale (Koadima, 2008).

La périphérie parc W du Burkina Faso constitue une zone d'attraction à cause de la disponibilité des ressources (Amadou, 2012 ; Michelot et Ouedraogo, 2009). Pourtant, les dynamiques humaine et climatique, ont pour cause la dégradation du couvert végétal et des sols et menace la faune sauvage et la diversité biologique. Le parc W est érigé en réserve de la biosphère depuis 2002. Cependant, il fait l'objet de nombreuses agressions provenant des populations riveraines. Une étude de la dynamique de l'occupation des terres permettra de mieux appréhender la pression sur le parc. Cette étude vise à appréhender les dynamiques d'occupation des terres à la périphérie du parc W et ses implications socio environnementales.

Matériel et méthode

La zone d'étude est la commune de Diapaga, chef-lieu de la province de la Tapoa où se localise le parc W. Le choix de cette localité tient au constat de la dégradation du couvert végétal et des infractions dans le parc. Le site d'étude appartient à la zone climatique soudano-sahélienne, caractérisée par une longue saison sèche et une courte saison pluvieuse. Elle est délimitée par les isohyètes 700 mm au nord et 1000 mm au sud. Elle est dominée par l'agriculture et l'élevage.

Matériel

Deux principales sources de données ont été mises à profit dans le cadre de cette étude. Il s'agit des données satellitaires Landsat collectées via GLOVIS (<http://glovis.usgs.gov/>), le site web de United States Geological Survey et les fiches de collecte de données de terrain. Pour les besoins de l'étude, des images de 1984 et 2015 ont été utilisées dans la perspective de mieux appréhender les changements environnementaux intervenus dans le temps. Quant aux fiches de collecte des données, elles ont servies au questionnement des agriculteurs et des éleveurs. En effet, l'agriculture et l'élevage sont de type extensif. Les fiches d'enquête ont été administrées dans trois villages périphériques dont Tapoa-Djerma, Mangou et Barpoa, respectivement distants de 5, 10 et 15 kilomètres du parc.

Méthode

La méthode mise en œuvre dans le cadre de cette étude a consisté à l'utilisation des systèmes d'information géographique pour la télédétection, la cartographie et à l'analyse des données statistiques issues de l'administration des fiches d'enquête aux agriculteurs et éleveurs.

L'évaluation de la tendance de la végétation

L'évaluation de la tendance de la végétation s'est basée sur la cartographie de la dynamique spatiale du couvert végétal.

Cette cartographie est issue du traitement d'images satellitaires fait sous le logiciel ENVI 4.7. La méthode de maximum de vraisemblance a été utilisée. Des sorties de reconnaissance de terrain des unités ont été effectuées pour améliorer la classification.

L'analyse de l'évolution de la végétation a été faite à travers la détection des changements. Le passage d'une unité d'occupation à une autre peut entrevoir une amélioration ou une dégradation. Les unités d'occupation ont été pondérées en fonction de l'importance et la densité du couvert végétal (tableau n°1).

Tableau n°1 : pondération et évolution du couvert végétal

Unité d'occupation	pondération	↑ gradient d'amélioration	↓ gradient de dégradation
Forêt galerie et savane boisée	5		
Savane arborée	4		
Savane arbustive	3		
Champ	2		
Sol nu et plan d'eau	1		

Source : adapté de [Hountondji, 2008](#)

La détection des changements a été faite par le calcul de la variation des valeurs pondérées de chaque pixel à travers le logiciel Arc GIS 10.1 selon la formule suivante (Hountondji, 2008) :

$$\Delta(p) = [V(p)_{2015} - V(p)_{1984}]$$

Avec $\Delta(p)$: variation du compte numérique du pixel p entre 1984 et 2015. $V(p)_{1984}$: valeur pondérée du pixel p en 1984. $V(p)_{2015}$: valeur pondérée du pixel p en 2015.

Les résultats obtenus à l'issue des calculs faites permettent de dégager le sens d'évolution du couvert végétal du pixel concerné. Les modalités d'évolution se définissent ainsi que suit :

- Si $\Delta(p) \geq 3$, alors il y a une forte amélioration du couvert végétal ;
- Si $\Delta(p) = 2$, alors il y a une amélioration modérée du couvert végétal ;
- Si $\Delta(p) = 1$, alors il y a faible amélioration du couvert végétal ;

- Si $\Delta(p) = 0$, alors l'évolution de couvert végétal est stable ;
- Si $\Delta(p) = -1$, alors il y a faible dégradation du couvert végétal ;
- Si $\Delta(p) = -2$ alors il y a une dégradation modérée du couvert végétal ;
- Si $\Delta(p) \leq -3$, alors il y a une forte dégradation du couvert végétal.

Les résultats obtenus de cette opération sont présentés sous forme de carte.

L'analyse de la perception et des implications de la dynamique d'occupation des terres

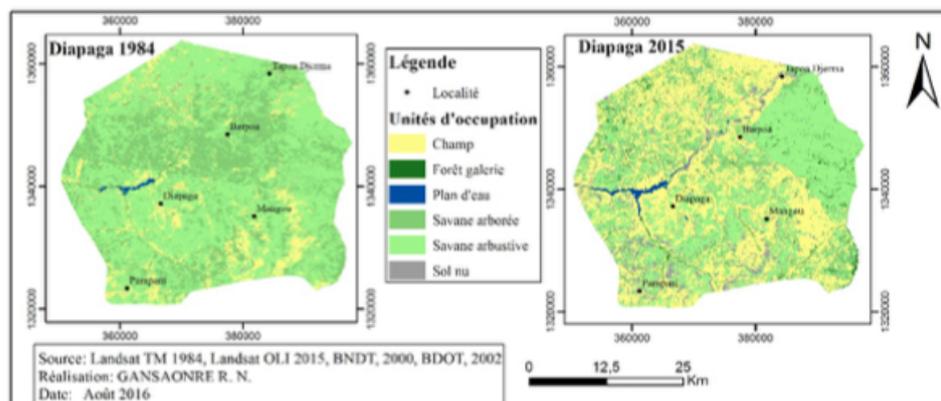
Les données collectées à travers les fiches d'enquête ont permis d'analyser la perception et les implications socio-environnementales. Au total, 126 chefs de ménage ont été interrogés. L'analyse s'est basée sur le calcul des moyennes. Le nombre de citations est rapporté au nombre total de répondants. L'étude de la perception de l'implication des dynamiques d'occupation a été faite à travers la corrélation de Mann-Kendall. Le logiciel XLSAT a été utilisé à cet effet.

Résultats

du couvert végétal avec une augmentation des superficies des champs (carte n°1).

Tendance de la dynamique du couvert végétale de la commune de Diapaga

La cartographie des unités d'occupation des terres montre une réduction des superficies



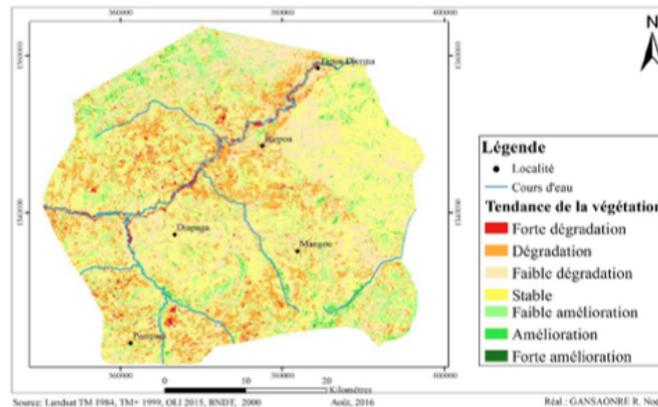
Carte n°1 : dynamique de l'occupation des terres entre 1984 et 2015

La dynamique du couvert végétal dans la commune de Diapaga montre une tendance générale à la dégradation (tableau n°). Les superficies présentant une tendance à la dégradation sont plus importantes (48,26%). Elles ont essentiellement connu une faible variation (31,4%). Ce-

pendant, 11,36% de la zone d'étude présentent une tendance à l'amélioration et 40,38% demeure stable. Les superficies stables sont composées 61,1% de savane arbustive, 19,3% de savane arborée, 18,5% de champ et 1,1% de sol nu, de forêt galerie et savane arborée.

Tableau n° : tendance évolutive du couvert végétal de la commune de Diapaga

Typologie du changement	Nombre de pixels	Superficie (ha)	Proportion (%)	sous-total (%)
Forte dégradation	30289	2726,01	1,79	48,26
Dégradation modéré	254710	22923,9	15,06	
Faible dégradation	531175	47805,75	31,41	
Stable	682924	61463,16	40,38	40,38
Faible amélioration	160607	14454,63	9,50	11,36
Amélioration modérée	29919	2692,71	1,77	
Forte amélioration	1595	143,55	0,09	
Total	1691219	152209,7	100	100



Carte n°2 : répartition spatiale des tendances du couvert végétal de la commune de Diapaga

La faiblesse des superficies ayant connu une amélioration du couvert végétal témoigne de la permanence des agressions. Elles sont réparties dans le nord, le sud-est et l'est de la commune.

Les faibles dégradations sont présentes dans l'ensemble de la commune ainsi qu'au sein des espaces protégés. Cette évolution serait due aux variations environnementales étant donné la faible accessibilité des espaces protégés. Les fortes dégradations sont principalement observables le long des cours d'eau. En réalité, les forêts galeries et/ou savanes boisées ont été progressivement détruites au profit des champs. La recherche de terres fertiles et l'exploitation du tapis herbacé et du fourrage aérien sont des facteurs très présents dans la commune et qui contribuent beaucoup à la dégradation du couvert végétal.

Perceptions et implications socio-environnementales

Les perceptions de la dynamique des unités d'occupation

Dans l'ensemble des villages d'enquête, les entretiens ont révélé que la perception de la population corrobore les résultats de la cartographie. En réalité, 84% des personnes interrogées affirment avoir constaté une évolution du couvert végétal contre 16%. Parmi les personnes ayant signifié une évolution, 99% notent une dégradation du couvert végétal contre 1% qui affirme une

stabilité ou une augmentation de la superficie du couvert végétal. Le coefficient de corrélation de Mann-Kendall indique que la perception de l'évolution des superficies du couvert végétal n'est pas dépendante de la distance avec le parc ($p=0,671 > 0,05$). Par contre, la perception de la densité de la végétation est corrélée avec la proximité ($p=0,02 < 0,05$).

Les implications socio-environnementales

Au plan social, la dégradation du couvert végétal au profit de l'augmentation des champs indique une forte pression sur les ressources foncières. Cela s'explique aussi bien par l'augmentation de la population que par le fort engouement pour la production du coton (Vermeulen, 2004), mais aussi par l'infertilité des sols. Cette pression est à l'origine de nombreuses mutations qui se traduisent par des migrations et des conflits. On note ainsi des migrations inter-villages et de l'exode rural vers la ville de Diapaga. Les conflits s'exacerbent et sont de type Agriculteur-éleveur, Agriculteur-Agriculteur, Forestier-Éleveur. Les conflits Éleveur-Éleveur et Forestier-Agriculteur y sont présentes, mais de faibles proportions.

Au plan environnemental, la dégradation du couvert végétal a induit des pertes importantes de la biodiversité végétale. Des espèces telles que *Vitellaria paradoxa*, *Adansonia digitata*, *Parkia biglobosa*, *Tamarindus indica* sont de plus en plus rares, voire même en disparition. C'est le cas de *Pseudocedrela kotschy* qui n'est désormais

disponible que dans le parc. Les produits forestiers non ligneux deviennent de moins en moins disponibles. Il en résulte ainsi une forte pression sur les ressources disponibles et des récurrentes agressions sur le parc.

Conclusion

La méthodologie mise en œuvre permet d'appréhender les dynamiques du couvert végétal qui se traduit par une dégradation du couvert végétal de la commune de Diapaga. Cette évolution du couvert végétal, bien perçue par les populations, a des répercussions sur la situation sociale à la périphérie du parc. Il en découle une forte pression sur le parc. Les incursions de troupeau de bétail dans le parc s'accroissent malgré les répressions de l'administration forestière. Face à cette situation, il convient d'investiguer afin de mieux comprendre les tenants de cette dégradation du couvert végétal.

Références

- Béné A. et Fournier A., (2012). *Végétation naturelle et occupation des terres au Burkina Faso (Afrique de l'ouest). Cinq décennies de changement dans un terroir du pays sm*. Regards scientifiques croisés sur le changement global et le développement - Langue, environnement, culture : Actes du Colloque international de Ouagadougou, Sciencesconf.org, pp.143-164.
- Chaïbou I. et Banoin M. (2008). *Analyse diachronique et structurale du paysage agraire de la zone de transition de la réserve transfrontalière de biosphère du W au Niger*. Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin, Numéro 62, pp 34-47.
- Anthelme F., Mato M. W., Boissieu D. (de) et Giazzi F., (2006). *Dégradation des ressources végétales au contact des activités humaines et perspectives de conservation dans le massif de l'Air (Sahara, Niger)*. VertigO – La revue en sciences de l'environnement, Vol7no2, 12 pages.
- Amadou B. et Boutrais J., (2012). *Logiques pastorales et de conservation de la nature : les transhumances et le Parc du W (Niger, Burkina Faso, Bénin)*, Autrepart 2012/1 (N° 60), p. 55-75. <http://www.cairn.info/revue-autrepart-2012-1-page-55.htm>
- Hountondji Y. C. H. (2008). *Dynamique environnementale en zones sahélienne et soudanienne de l'Afrique de l'Ouest : Analyse des modifications et évaluation de la dégradation du couvert végétal*. Thèse de Géographie, Faculté des Sciences, Université de Liège, 153p.
- Koadima M., (2008). *Inventaire des espèces ligneuses utilitaires du parc w et terroirs riverains du Burkina Faso et état des populations de trois espèces a grande valeur socio-économique*. Mémoire de DEA, Université de Ouagadougou, Burkina Faso, 56 pages.
- Kaboré O., (2015). *Dynamique de l'utilisation des terres dans les écosystèmes de savane et systèmes agraires du bassin versant de la Kompienga (Burkina Faso)*. Thèse de Géographie, Université de Ouagadougou, 281 pages.
- Ozer P., Hountondji Y.-C., Niang A. J., Karimoune S., Laminou Manzo O. et Salmon M., (2010). *Désertification au sahel : historique et perspectives*. BSGLg, 54, pp 69-84.
- Michelot A. et Ouedraogo B., (2009). *Aires Protégées transfrontalières : le cadre juridique de la réserve de biosphère transfrontalière du W (Bénin, Burkina Faso, Niger)*. IUCN-EPLP N° 81, 35 pages.

Génération de cartes interprétables - application à l'agriculture de précision

Patrice Loisel^{1,2}, Brigitte Charnomordic^{1,2}, Hazaël Jones³, Bruno Tisseyre³

INRA, UMR MISTEA, 34060 Montpellier, France¹

SupAgro, UMR MISTEA, 34060 Montpellier, France²

SupAgro, UMR ITAP, 34060 Montpellier, France³

Mots-clefs - agriculture numérique, optimisation, labels, données spatiales.

Contexte et objectifs

L'explosion des données en Agriculture (volume, multi-échelles, complexité, caractère spatio-temporel, hétérogénéité) [2] requiert le développement d'approches innovantes capables de les analyser en tenant compte de toutes ces caractéristiques. L'agriculture numérique se développe afin d'améliorer la gestion des exploitations agricoles, des territoires et des filières.

Dans ce contexte, la génération automatique de cartes synthétiques à partir de données est devenue un enjeu important [3, 4, 5, 6]. A l'état de l'art, les méthodes de génération de zones sont le plus souvent basées sur des découpages en classes de valeurs fixées a priori [1], suivis d'une projection, puis d'une agrégation manuelle pour simplifier l'interprétation. La qualité du zonage obtenu n'est pas évaluée par des critères objectifs.

Les objectifs de ce travail sont de proposer une approche par optimisation pour générer automatiquement des zones en fonction de critères numériques basés sur des indicateurs d'homogénéité intra-zone et d'hétérogénéité inter-zones voisines. Des premiers algorithmes ont été développés et validés sur données simulées. L'intérêt de ces algorithmes est double :

1. s'abstraire de définitions de classes de valeurs fixées a priori, tout en associant des labels interprétables aux zones générées,
2. permettre la comparaison rapide et objective de zonages entre eux, indispensable

dans le cas de masses de données à analyser.

Méthodes

A partir des données géoréférencées $(\xi, F(\xi))$ où $\xi = (x, y)$, la procédure proposée permet de générer automatiquement un zonage optimal. Le zonage dit optimal (relativement à un critère) doit maximiser l'hétérogénéité entre zones voisines (au sens des polygones de Voronoï) tout en minimisant l'hétérogénéité intra-zones. Elle doit aussi satisfaire des contraintes de forme.

Critère d'évaluation du zonage

Le critère correspondant au zonage Z est basé sur des indicateurs calculés sur des données krigées :

- indicateur d'hétérogénéité entre deux zones voisines z_I et z_J :

$$M_{IJ} = \frac{\sum_{\eta \in z_I} \sum_{\xi \in z_J} (F(\eta) - F(\xi))^2 \cdot S(\eta) \cdot S(\xi)}{S_I S_J}$$

où $S(\xi)$ est la surface du polygone de Voronoï associé au point ξ . S_I est la surface de la zone Z_I .

- indicateur d'hétérogénéité intra-zone : M_{II} , en utilisant la même formule. Le critère proposé se déduit des indicateurs définis précédemment :

$$Crit(\mathcal{Z}) = \min_{z_I \in \mathcal{Z}} \min_{z_J \in \mathcal{V}(z_I)} \frac{2M_{IJ}}{M_{II} + M_{JJ}}$$

où $\mathcal{V}(z_I)$ est l'ensemble des zones voisines de la zone z_I . Du fait de l'utilisation du minimum, le critère pénalisera tout zonage comprenant 2 zones voisines trop proches au sens de F , et/ou comportant 1 zone trop hétérogène. On souhaite effectivement que toutes les zones respectent ces deux aspects.

Paramétrisation du problème

Etant donné qu'à tout vecteur de quantiles q de taille n , on peut associer des lignes de niveau et ainsi générer un unique zonage Z_q^n , nous avons choisi une procédure d'optimisation basée sur les quantiles. Intuitivement la taille n du vecteur des quantiles est liée à la finesse du zonage que l'utilisateur recherche. Pour une taille n , on définit $n+1$ labels ayant pour limite inférieure et supérieure les différents quantiles. Chaque zone d'un zonage se voit ainsi attribuer un label.

Prise en compte des contraintes

Si pour chaque vecteur de quantiles, on peut effectivement générer un zonage et évaluer sa qualité par le critère, le zonage ainsi généré ne respecte pas nécessairement (et même très rarement) les contraintes de forme souhaitées par l'utilisateur. Pour y remédier une procédure de correction de zonage doit être implémentée. Les corrections consistent soit à supprimer les petites zones, soit à les agrandir.

Suite aux multiples modifications apportées, le nombre de zones peut diminuer drastiquement ainsi que le nombre de labels. Plus que le nombre de quantiles, ce qui est important et représentatif de la finesse du zonage obtenu, c'est le nombre final de labels car il correspond au nombre de classes de gestion final.

1. Le Mas Numérique est situé au domaine du Chapitre de Montpellier SupAgro (Villeneuve lès Maguelone). Des masses de données viticoles seront recueillies automatiquement à partir de 2017. Un premier recueil a commencé en 2016.

Procédure d'optimisation

Pour une taille de vecteur donnée n , la procédure d'optimisation est basée sur un algorithme de recherche dichotomique. La procédure nécessite des évaluations du critère pour différents zonages Z_q^n . L'algorithme pour évaluer $Crit(Z_q^n)$ est le suivant :

Pour tout vecteur de quantiles q_n de longueur n , on génère le zonage Z_q^n . Si les contraintes sont vérifiées, on calcule le critère du zonage Z_q^n . Sinon, on explore les corrections possibles sur les petites zones (arbre complet des combinaisons). On obtient ainsi un certain nombre de zonages $Z_i(q_n)$ respectant toutes les contraintes, mais comportant du fait des modifications un nombre de labels éventuellement inférieur au nombre de labels initial $\leq n + 1$. Pour $m \leq n + 1$ le zonage optimal Z^m

$$q^n$$

est alors défini comme celui qui a le critère maximum parmi les zonages qui ont m labels :

$$Z_{q_n}^m = \operatorname{argmax}_{i, nb(Z_i(q_n))=m} Crit(Z_i(q_n))$$

où $nb(Z)$ est le nombre de labels distincts du zonage Z . Pour obtenir le zonage optimal pour m labels il faut effectuer la procédure d'optimisation $\forall q_n$ tel que $n \geq m + 1$.

$$Z_{q^*}^m = \operatorname{argmax}_{n \geq m-1} \max_{q_n} Crit(Z_{q_n}^m)$$

Résultats et conclusion

La méthode a été testée sur des données simulées et des données de terrain. Nous présentons ici les résultats obtenus sur des données de terrain, issues du Mas Numérique¹, et correspondant à des mesures spatialisées de vigueur (circonférence de ceps) sur 279 échantillons d'une parcelle viticole. Après

krigeage, le jeu de données est une grille 44x44. La Figure 1 présente, de gauche à droite, le meilleur zonage (critère maximum) obtenu par optimisation pour les vecteurs de 2 quantiles, conduisant à 3 labels,

un zonage avec une faible valeur de critère toujours pour 2 quantiles et 3 labels, et le meilleur zonage de l'optimisation des vecteurs de 3 quantiles, conduisant à 4 labels.

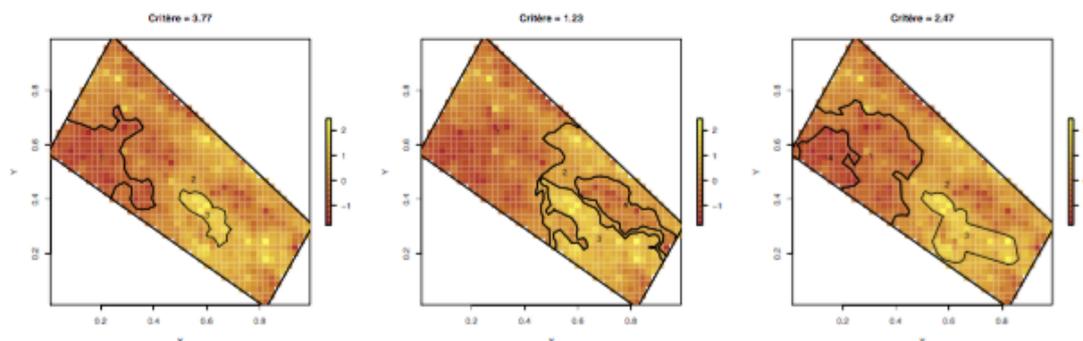


Figure 1: De gauche à droite, $\mathcal{Z}_q^3(q^* = [0.2, 0.9])$, $\mathcal{Z}_q^3(q = [0.6, 0.8])$, $\mathcal{Z}_q^4(q^* = [0.1, 0.4, 0.9])$

L'optimisation a l'intérêt de générer, pour un nombre de labels donné, non pas uniquement la meilleure solution, mais également toute une famille de cartes qu'on peut exploiter par la suite. La méthode proposée permet aussi de comparer différents zonages pour un même nombre de labels. Les perspectives de ce travail sont de deux ordres : 1) introduire des indicateurs tenant compte de la structure spatiale interne aux zones, 2) concevoir des procédures de visualisation adaptées à la nature des zones (homogène, gradient, chaotique).

Références

- [1] R. M. Lark and J. V. Stord. Classification as a first step in the interpretation of temporal and spatial variation of crop yield. *Annals of Applied Biology*, 130(1) :111-121, 1997.
- [2] A. McBratney, B. Whelan, T. Ancev, and J. Bouma. Future directions of precision agriculture. *Precision agriculture*, 6(1) :7-23, 2005.
- [3] N. R. Pal and S. K. Pal. A review on image segmentation techniques. *Pattern recognition*, 26(9) :1277-1294, 1993.
- [4] M. Pedroso, J. Taylor, B. Tisseyre, B. Charnomordic, and S. Guillaume. A segmentation algorithm for the delineation of agricultural management zones. *Computers and Electronics in Agriculture*, 70(1) :199-208, 2010.
- [5] N. R. Peralta, J. L. Costa, M. Balzarini, M. C. Franco, M. Córdoba, and D. Bullock. Delineation of management zones to improve nitrogen management of wheat. *Computers and Electronics in Agriculture*, 110 :103-113, 2015.
- [6] L. Zane, B. Tisseyre, S. Guillaume, and B. Charnomordic. Within-eld zoning using a region growing algorithm guided by geostatistical analysis. In *Precision agriculture'13*, pages 313-319. Springer, 2013.

Atelier 13

Dynamiques spatiales et interactions sociales

Approche territoriale de l'expatriation des Français Vers une citoyenneté extraterritoriale ?

Diane LE LUYER

DEES - CNRS UMR 6266

Université de Rouen

diane@leluyer.org

Mots-clefs - Citoyenneté, Expatriation, Représentation, Données complexes et hétérogènes, Mondialisation

En 2016, 1,7 million d'individus figurent au registre des Français résidant hors de France. Ce chiffre, répertorié tous les ans depuis 1961 par le Ministère des Affaires Étrangères est en constante augmentation. Les années 1990 marquent une accentuation de ce phénomène (DFAE, 2013) ; l'expatriation des Français s'accroît. Par leur citoyenneté, par le lien qu'ils maintiennent, les Français de l'Étranger offrent à la France une représentation en dehors du territoire national (DUFOIX et al., 2010). Le double questionnement sur la citoyenneté et l'expatriation, croisé aux problématiques électorales qu'il sous-tend s'intègre ici dans une approche spatiale. La dimension individuelle de la territorialité inhérente à l'expatriation sera complétée ici par une réflexion sur les politiques de territorialisation de l'espace mondial menées par la France à l'étranger, notamment par le biais de la mise en place des circonscriptions et des représentants qui y sont élus.

L'intérêt de cette approche repose sur la multiplicité des méthodes et des profils d'expatriés qu'elle concerne (entrepreneurs, retraités, expatriés d'entreprise, etc.). L'approche de terrain par les entretiens ne pouvant être pleinement représentative, son objectif est de rendre compte de la diversité des acteurs (institutionnels, particuliers, entrepreneurs) et des profils, ainsi que des relations qui animent et caractérisent les communautés françaises de l'étranger. En soutien à cette approche, la diffusion d'un questionnaire a permis la récolte de

données sociologiques non communiquées par les pouvoirs publics.

Enjeux de l'expatriation des Français

Les différents enjeux du rayonnement, de l'influence et de la présence française dans le monde – ou de la fuite des cerveaux – que l'expatriation évoque, amènent à interroger la nature et la vision des politiques publiques mises en œuvre pour valoriser l'atout ou contrer le risque que les Français de l'Étranger représentent. Les dissensions politiques autour de l'expatriation mettent en lumière les clivages suscités par les questions liées à la mondialisation, aux migrations et à la citoyenneté dans le débat public.

D'après ces éléments de contexte, quels enjeux nationaux représente l'expatriation des Français, compte tenu à la fois de leur poids démographique et de leur citoyenneté ? Par quelle stratégie politique l'État Français entend-il valoriser ces enjeux ?

Valoriser l'expatriation, une stratégie française dans la mondialisation

La stratégie française au regard de la population française de l'étranger repose sur trois axes :

- le territoire,
- les institutions,
- les représentants élus.

De la territorialisation de l'espace mondial à l'élection des représentants de circonscriptions, en passant par l'emprise du réseau d'institutions et d'acteurs publics français à l'échelle mondiale, cette réflexion prendra appui sur la dimension territoriale, administrative et électorale de la politique française.

Il s'agira d'observer les structures du projet politique national hors de France et la façon dont l'État affirme son ancrage territorial en prenant appui sur sa population établie à l'étranger (BERTHOMIÈRE, 2013).

Stratégie territoriale Le territoire, qu'il soit d'accueil ou d'origine, français ou étranger, est au centre de ce questionnement et en inspire une approche géopolitique (ROSIÈRE, 2003). Les circonscriptions françaises de l'étranger suivent deux systèmes distincts de découpage territorial. Si l'Assemblée des Français de l'Étranger (AFE) et l'Assemblée Nationale conçoivent toutes deux l'espace mondial selon un pavage différent, ces deux systèmes fondent leur organisation sur une base territoriale gravitant autour du territoire français.

Stratégie institutionnelle Par l'institutionnalisation des territoires français virtuels que sont les circonscriptions, la France formalise, organise sa présence au monde. Le Ministère des Affaires Étran-

Soft power et citoyenneté extra-territoriale

L'enquête de terrain réalisée auprès d'individus français résidant à l'étranger a révélé une grande méconnaissance des institutions et des élus chargés de la représentation des Français de l'Étranger.

La citoyenneté que confère aux expatriés leur nationalité française est-elle transposable à l'étranger comme on la conçoit sur le territoire national ? La distance – parfois le temps – qui sépare les individus de la France, et à plus forte raison des bureaux de vote de leur circonscription, représentent un obstacle à la participation électorale et qui ne sauraient être écartés d'une étude

gères place sur ces circonscriptions plusieurs niveaux d'acteurs institutionnels reconnus d'intérêt public par l'État. Diplomates, postes consulaires, partenaires et opérateurs de l'État sont mandatés pour organiser, penser, formaliser l'action publique en ce qu'elle suppose de rayonnement, d'influence ou d'accompagnement des Français de l'Étranger.

Stratégie électorale Le dernier axe de la stratégie française à l'international repose sur le droit de vote et de représentation que confèrent aux Français de l'Étranger leur nationalité et leur citoyenneté.

Leur qualité d'électeurs se conçoit sur plusieurs échelles et réfère ainsi à différents niveaux d'appartenance territoriale, de leur circonscription de résidence à leur citoyenneté européenne en passant par l'identité française qu'ils revendiquent par leur participation aux scrutins.

La diversité des élus auxquels ils réfèrent s'accroît au fil des mesures prises par l'État. La création des députés, l'adjonction au système consulaire d'un échelon intermédiaire supplémentaire intervenant dans la nomination des Sénateurs (voir figure 1) sont venues successivement enrichir et étoffer la représentation parlementaire des Français de l'Étranger (BRENNETOT et COLANGE, 2009 ; PELLEN, 2013).

de l'expatriation envisagée à l'aune de la citoyenneté et de ses modes d'expression.

Dans le traitement de cet axe problématique, on fera l'hypothèse d'un décalage entre la représentation des pouvoirs publics à l'égard de l'expatriation – qui s'exprime par les mesures institutionnelles mises en œuvre – et celles de expatriés eux-mêmes – s'exprimant cette fois par la somme des comportements liés à leur citoyenneté. On postulera également que ce décalage entre politique et citoyenneté s'exprime dans la sphère électorale, finalement peu investie par les Français de l'Étranger. On s'interrogera enfin sur la propension du dispositif électoral consulaire à incarner et exprimer

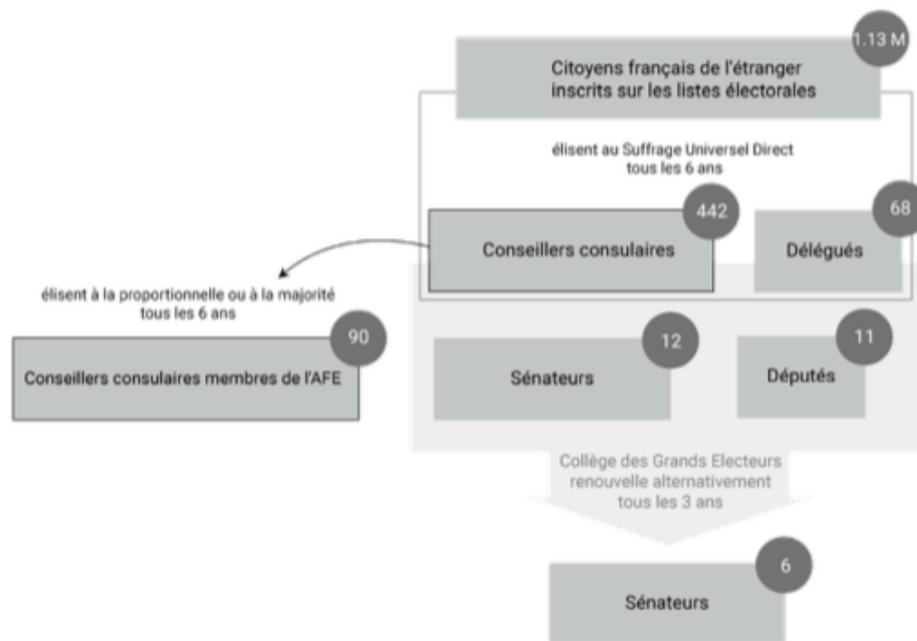


FIGURE 1 – Système de représentation parlementaire des Français de l'Étranger (LE LUYER, 2016)

une citoyenneté propre aux expatriés (LE LUYER, 2016).

Cette approche s'appuie sur un volet empirique consistant en une série d'entretiens qualitatifs et semi-directifs auprès d'individus expatriés. L'échantillon enquêté comprend douze individus de profils divers, rencontrés sur leur lieu de résidence, à Londres et ayant vécu dans un ou plusieurs pays. La diversité des profils concernés et des motifs d'expatriation offre un échantillon varié permettant d'envisager la population française de l'étranger dans une certaine hétérogénéité.

Cette phase de terrain fut renforcée d'une série d'entretiens complémentaires réalisés auprès de Sénateurs en charge de la population résidant hors de France et de conseillers consulaires et de membres de l'AFE à l'occasion des sessions plénières de l'Assemblée, en octobre 2016.

Cette méthodologie de terrain en deux axes a pour but de confronter deux conceptions, deux points de vue – collectif et individuel, politique et citoyen – vis à vis de l'expatriation française. Il s'agit d'interroger réciproquement les perceptions de chacune des

parties dans le but d'analyser par les politiques publiques menées par l'État Français à destination de sa population de l'étranger, les objectifs de rayonnement et d'influence qu'il poursuit.

Une approche par les données consulaires et électorales Les données électorales disponibles confirment par un faible taux de participation globale la faiblesse de l'implication citoyenne quantifiable des Français de l'Étranger. La baisse de la participation électorale, les recompositions sociales qui accompagnent la hausse de la population française de l'étranger, ou encore l'émergence de nouveaux espaces d'attractivité pour cette population donnent lieu à diverses interprétations de ce phénomène migratoire.

Les différentes mesures mises en place par l'État – notamment le doublement par les députés de la représentation parlementaire des expatriés – semblent vouées à encadrer d'autant plus cette population, afin de compenser le désintérêt qu'elle est susceptible d'exprimer vis à vis du pays qu'elle a quitté.

La représentation politique des expatriés semble demeurer au cœur de la stratégie

française, par le biais d'un nombre d'élus toujours plus important au sein d'un système de plus en plus complexe.

Une approche par le terrain La confrontation des résultats obtenus lors des différents entretiens aux données électorales recueillies souligne l'important clivage qui sépare la sphère institutionnelle de la population qu'elle entend encadrer. Entre représentations politiques et citoyennes, les mesures globales prises par l'État Français rencontrent des obstacles inhérents aux réalités locales et dont la taille varie en fonction de la diversité des lieux envisageables.

Cette réflexion s'appuiera sur l'analyse des données proposées par les pouvoirs publics relatives aux dernières élections présidentielles, ainsi que sur un double éventail d'entretiens qualitatifs réalisés auprès de citoyens français résidant à l'étranger et d'un échantillon de leurs représentants élus siégeant au Sénat et à l'Assemblée des Français de l'Étranger.

L'échantillon abordé par entretiens semi-directifs sur le terrain a permis de délivrer une quantité de données riches et complexes contenues dans les propos des enquêtés et qui seront analysées par une méthodologie d'étude de discours et de contenu.

Parallèlement, la mise en place d'un questionnaire largement diffusé sur Internet et ouvert à tous types de citoyens Français résidant hors de France a permis d'étendre l'échantillon interviewé en touchant un public plus large, géographiquement dispersé et rencontrant des réalités locales extrêmement diverses.

Ces deux axes méthodologiques permettent de rendre compte par deux moyens différents et complémentaires de la multiplicité des situations d'expatriation.

Conclusion

Tenant compte de la multiplicité des matériaux statistiques à disposition, de l'importance des terrains concernés et de l'ampleur toujours croissante de la population

d'étude, cette analyse proposera une grille de lecture territoriale adaptée à un phénomène aux implications politiques et sociales.

La conception d'une citoyenneté propre aux expatriés, référant à des modes d'expression particuliers et adaptés aux réalités locales tiendra compte de la dimension transnationale et globale du phénomène d'expatriation, et des enjeux géopolitiques qu'il invoque.

Les problématiques se rapportant à la population française résidant hors de France soulèvent des questionnements d'ordre territorial, tant du point de vue institutionnel, par les mesures mises en place par l'État Français, que sur le plan individuel, par la territorialité complexe des citoyens français expatriés.

L'ancrage mondial de ce sujet d'étude est enrichi de la dimension nationale du phénomène. En envisageant la population expatriée dans sa globalité, dans son hétérogénéité, en abordant les différents types d'appartenance, de rapports identitaires et territoriaux qu'elle est susceptible d'entretenir à la France, l'enjeu de cette problématique réside dans l'approche d'un phénomène national se réalisant à l'échelle mondiale, et revient à interroger la place de la France dans le monde.

Références

BERTHOMIÈRE, W. 2013, «'a french what?'. à la recherche d'une diaspora française. premiers éléments d'enquête au sein de l'espace internet», *Projet e-Diaporas Atlas*, vol. 20. <http://e-diasporas.fr/wp/berthomiere-french.html>.

BRENNETOT, A. et C. COLANGE. 2009, «L'expatriation française, un enjeu géopolitique émergent», *Mappemonde*, no 95.

DFAE. 2013, *Rapport du Directeur des Français à l'étranger et de l'administration consulaire (DFAE)*, XIXe Session de l'Assemblée des Français de l'étranger.

- DUFOIX, S., C. GUERASSIMOFF et A. D. TINGUY. 2010, *Loin des yeux, près du cœur : les États et leurs expatriés*, Presses de Sciences Po.
- LE LUYER, D. 2016, «Citoyenneté et appartenance territoriale des expatriés français», dans *3e colloque international du CIST*.
- PELLEN, C. 2013, «À la conquête de l'amérique», *Revue française de science politique*, vol.63,no 6,p.1137–1162.
- ROSIÈRE, S. 2003, *Géographie politique et Géopolitique : une grammaire de l'espace politique*, Ellipses.

Mesurer l'intégration spatiale des communautés migrantes au sein des grandes villes

Maxime Lenormand¹, Fabio Lamanna², María Henar Salas-Olmedo³, Gustavo Romanillos³, Bruno Gonçalves⁴, et José J. Ramasco²

Irstea, UMR TETIS, 500 rue JF Breton, FR-34093 Montpellier, France¹

IFISC (CSIC-UIB), Campus Universitat de les Illes Balears, E-07122 Palma de Mallorca, Spain²

Departamento de Geografía Humana, Facultad de Geografía e Historia, Universidad Complutense de Madrid, 28040, Madrid, Spain³

Center for Data Science, New York University, New York, 10011 NY, USA⁴

Mots-clefs - Analyse socio-spatiale, Immigration, Language, Twitter

Contexte et objectif

L'intégration de communautés migrantes au sein d'un territoire est un processus complexe faisant intervenir de nombreux facteurs. Les migrants doivent en effet s'adapter à de nouvelles lois et manières de vivre tandis que les territoires d'installation doivent s'ajuster à de nouvelles cultures permettant ainsi l'émergence de nouvelles sociétés multiculturelles. L'intégration des migrants a été le sujet de nombreuses études menées principalement à un niveau national en Europe et aux Etats-Unis (Massey and Denton, 1987; Frank D. Bean, 2003; Musterd, 2005; Entzinger and Biezeveld, 2005; Gonul, 2012), traduisant un réel manque d'information au-delà des recensements nationaux (Phalet and Swynedouw, 2003). En parallèle, nous avons été les témoins ces dernières années d'un changement de paradigmes concernant les données socio-techniques, avec une numérisation des interactions humaines permettant d'analyser des comportements individuels à une très haute résolution spatio-temporelle. Ces nouvelles sources de données sont nombreuses, allant des relevés téléphoniques (Louail et al., 2014), aux relevés bancaires (Lenormand et al., 2015b) en passant par les données générées par l'utilisation de plateformes de microblogging dont la plus connue est Twitter (Lenormand et

al., 2014). Allant au-delà de l'échelle urbaine, les données Twitter ont été largement utilisées pour étudier la mobilité humaine à l'échelle mondiale (Hawelka et al., 2014; Lenormand et al., 2015a). L'identification de langages à partir de tweets géolocalisés a aussi permis d'analyser la distribution spatiale de langues et dialectes à travers le monde (Mocanu et al., 2013; Jurdak et al., 2015; Gonçalves and Sanchez, 2014; Doyle, 2014). En s'intéressant à la ségrégation spatiale à l'échelle intra-urbaine, l'objectif de cette communication est de présenter une étude portant sur l'intégration des communautés migrantes au sein de 53 grandes villes mondiales en proposant de nouvelles métriques permettant de mesurer la ségrégation socio-spatiale à partir de données Twitter. Nous quantifions de cette manière la "Capacité d'Intégration" des villes ainsi que les relations entre différentes cultures tant du point de vue de l'émigration que de l'immigration.

Données et méthodes

Pour cette étude nous disposons de plusieurs millions de tweets géolocalisés, collectés à travers l'API Twitter, et postés entre octobre 2010 et décembre 2015 dans 53 des villes les plus peuplées du monde (Figure 1a). Chaque ville est représentée par une

grille composée de cellules carrées de 500 ? 500 m². Après avoir nettoyé la base de données des tweets n'étant pas liés à une activité humaine (robots, comptes collaboratifs...), un lieu de résidence a été assigné à chaque individu comme la cellule depuis laquelle l'utilisateur a posté la plupart de ses

tweets le soir et le weekend. Un langage a finalement été attribué à chaque individu à partir de la langue dans laquelle il communique le plus. Pour plus de détails sur les méthodes utilisées se référer à l'article original (Lamanna et al., 2016).

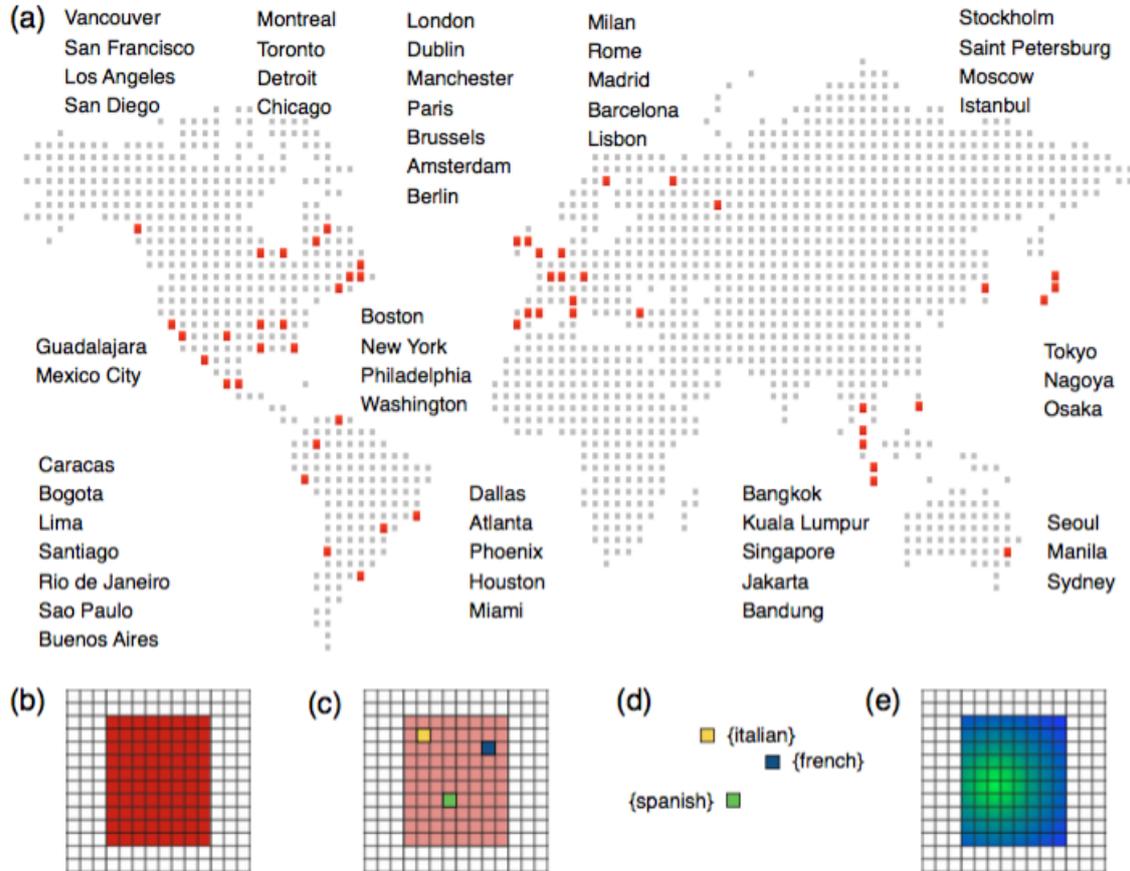


FIGURE 1 – Description des données et de la méthode. (a) Position géographique des 53 villes étudiées. (b) Chaque ville a été découpée à l'aide d'une grille. (c) Identification du lieu de résidence de chaque individu à partir de leur trajectoire spatio-temporelle. On lui assigne également la langue maternelle la plus probable. (d)-(e) On analyse finalement la distribution spatiale des lieux de résidence par langage.

Dans le but de mesurer la ségrégation spatiale des communautés migrantes au sein des villes, nous commençons par construire un réseau socio-spatial bipartite H dans lequel chaque langage l est connecté à chaque ville c si la communauté migrante correspondante y a été détectée. Le poids de chaque lien $h_{l,c}$ représente le degré d'intégration du langage l dans la ville c calculé à partir d'une mesure d'entropie,

$$h_{l,c} = - \frac{\sum_{i=1}^N p_{l,i} \log(p_{l,i})}{\bar{h}_{l,c}^{ran}},$$

où le numérateur représente l'entropie liée à la proportion d'utilisateurs parlant le langage l vivant dans la cellule i . Le dénominateur représente la situation moyenne de référence (le modèle nul) pour laquelle le nombre total d'individus parlant le langage

l est distribué aléatoirement sur le territoire en se basant sur la distribution totale d'individus. Cela nous permet de prendre en compte la manière dont la population est distribuée propre à chaque ville. Les résultats sont moyennés sur $R = 100$ tirages aléatoires.

$$\bar{h}_{l,c}^{ran} = -\frac{1}{R} \sum_{r=1}^R \sum_{i=1}^N p_{l,i}^r \log(p_{l,i}^r),$$

Finalement, $h_{l,c}$ est normalisé par l'entropie obtenue pour le langage "local" parlé dans la ville c . Pour chaque ville on obtient ainsi un vecteur $(h_{l,c})$ de taille différente selon le nombre de langages parlés dont les valeurs sont comprises entre 0, lorsque les individus parlant le langage l vivent dans la même cellule, et 1 lorsque les individus parlant le langage correspondant sont distribués de la même manière que les individus parlant la langue locale.

Résultats obtenus

Nous avons dans un premier temps regroupé les villes selon leur similarité en

termes d'intégration spatiale de communautés migrantes. En appliquant une classification ascendante hiérarchique, 3 classes de villes ont été identifiées, allant des villes ayant une forte capacité d'intégration comme Londres, aux villes ayant un fort indice de ségrégation spatiale des communautés parlant une langue étrangère comme Dallas ou Toronto. Les résultats sont présentés Figure 2. Nous avons aussi introduit une nouvelle métrique P_c permettant d'évaluer la capacité d'intégration d'un territoire,

$$P_c = \frac{L_c}{L_{max}} Q_2(1 - IQR),$$

où L_c est le nombre de langues parlées dans la ville c et L_{max} le nombre total de langues parlées dans les 53 villes. Q_2 est la valeur médiane d'entropie et IQR l'écart interquartile utilisé comme mesure de dispersion.

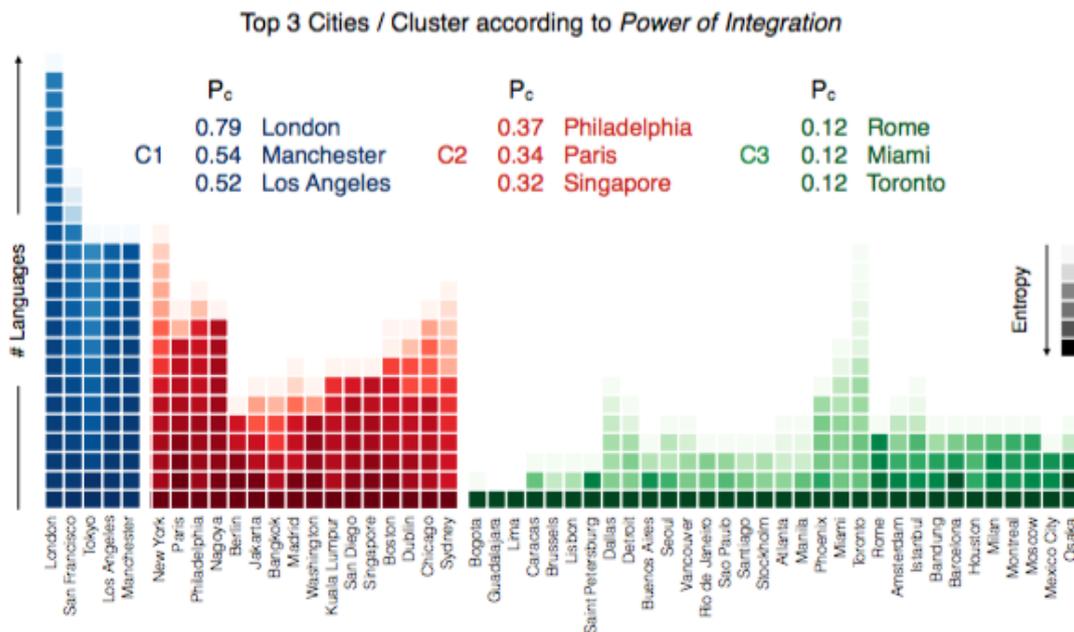


FIGURE 2 – Classification des villes selon leur capacité d'intégration.

Nous avons ensuite projeté le réseau H du côté des langages pour mesurer le niveau d'intégration d'une culture au sein d'un pays. Chaque langage est lié aux pays dans lequel il est parlé, et un niveau d'intégration spatial moyen est calculé lorsque le langage est parlé dans plusieurs villes du pays. Le réseau obtenu est présenté Figure 3. Seuls les tops 10 et 20 des pires et meilleures intégrations y sont représentés. Le Royaume-

Uni domine dans l'intégration spatiale de nombreuses communautés. Plusieurs schémas d'intégration spatiale 'uniforme' sont aussi observables dans le top 10, comme par exemple la communauté italienne au Venezuela ou encore la communauté hispanophone en Turquie, Allemagne et à Singapour. Par contraste, les communautés arabophones figurent parmi les plus mauvaises intégrations spatiales.

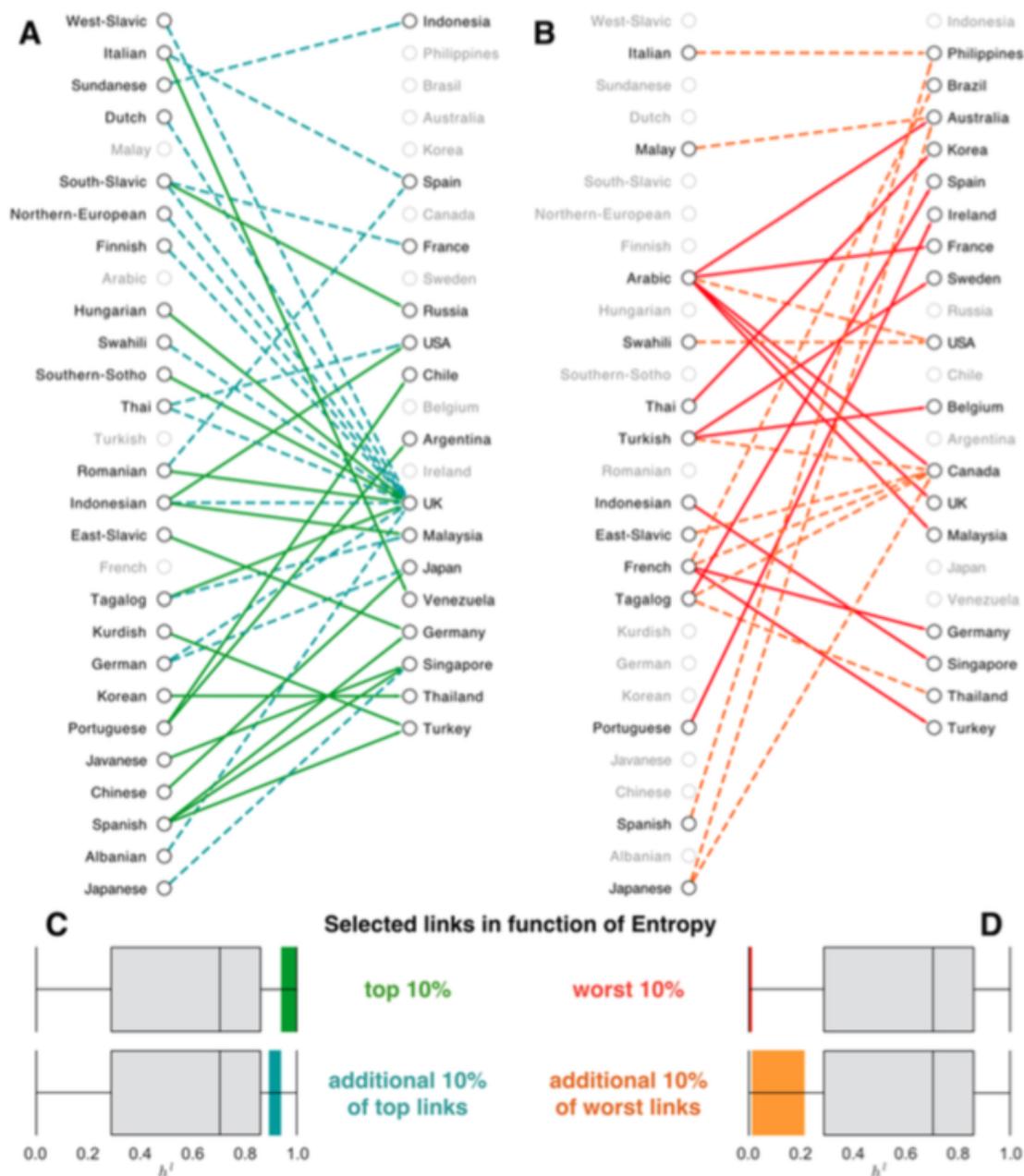


FIGURE 3 – Réseau d'intégration de cultures au sein des villes. Nous avons sélectionné deux sous- réseaux selon le niveau d'intégration spatiale, avec les tops 10 et 20 des meilleures et pires intégrations.

Références

- Doyle, G. (2014). Mapping dialectal variation by querying social media. In *Proceedings of the 14th Conference of the European Chapter of the Association for Computational Linguistics*.
- Entzinger, H. and Biezeveld, R. (2005). Benchmarking in Immigrant Integration. Managing Integration. *The European Union's Responsibilities Towards Immigrants*, (August) :123–136.
- Frank D. Bean, G. S. (2003). *America's Newcomers and the Dynamics of Diversity*. Russell Sage Foundation.
- Gonçalves, B. and Sanchez, D. (2014). Crowdsourcing dialect characterization through twitter. *PLoS ONE*, 9(11) :1–10.
- Gonul, T. (2012). A Comparative Study of the Integration of the Turks in Germany and the Netherlands. *Migration Letters*, 9 :25–32.
- Hawelka, B., Sitko, I., Beinat, E., Sobolevsky, S., Kazakopoulos, P., and Ratti, C. (2014). Geo-located Twitter as proxy for global mobility patterns. *Cartography and Geographic Information Science*, 00(Gesenhues) :1–12.
- Jurdak, R., Zhao, K., Liu, J., Abou-Jaoude, M., Cameron, M., and Newth, D. (2015). Understanding human mobility from Twitter. *PLoS ONE*, 10(7) :35.
- Lamanna, F., Lenormand, M., Salas-Olmedo, M. HSalas-Olmedo, M., Gonçalves, B., and Ramasco, J. J. (2016). Immigrant community integration in world cities. arXiv :1611.01056.
- Lenormand, M., Gonçalves, B., Tugores, A., and Ramasco, J. J. (2015a). Human diffusion and city influence. *Journal of The Royal Society Interface*, 12(109).
- Lenormand, M., Louail, T., Cantú-Ros, O. G., Picornell, M., Arias, J. M., Barthelemy, M., and San Miguel, M. (2015b). In *influence of sociodemographic characteristics on human mobility*. *Scientific Reports*, 5 :1–23.
- Lenormand, M., Picornell, M., Cantú-Ros, O. G., Tugores, A., Louail, T., Herranz, R., Barthelemy, M., Frías-Martínez, E., and Ramasco, J. J. (2014). Cross-checking different sources of mobility information. *PloS one*, 9(8).
- Louail, T., Lenormand, M., Cantú-Ros, O. G., Picornell, M., Herranz, R., Frías-Martínez, E., Ramasco, J. J., and Barthelemy, M. (2014). From mobile phone data to the spatial structure of cities. *Scientific reports*, 4 :5276.
- Massey, D. S. and Denton, N. A. (1987). Trends in the Residential Segregation of Blacks, Hispanics, and Asians : 1970-1980. *American Sociological Review*, 52(6) :802–825.
- Mocanu, D., Baronchelli, A., Perra, N., Gonçalves, B., Zhang, Q., and Vespignani, A. (2013). The Twitter of Babel : Mapping World Languages through Microblogging Platforms. *PLoS ONE*, 8(4) :e61981.
- Musterd, S. (2005). Social and Ethnic Segregation in Europe : Levels, Causes, and Effects. *Journal of Urban Affairs*, 27(3) :331–348.
- Phalet, K. and Swyngedouw, M. (2003). Measuring immigrant integration : The case of Belgium. *Studi Emigrazione*, (152) :773–804.

Parcours résidentiels des ménages en ville Etude de cas à Constantine (Algérie)

Aïda DJEGHAR

Maitre de Conférences – B-
Institut de Gestion et Techniques urbaines
Université de Constantine3

aida.djeghar@univ-constantine3.dz

Mots-clefs - Mobilité résidentielle, parcours, ménages, Constantine

Contexte

A l'instar de plusieurs villes du Maghreb, La métropole de Constantine, troisième ville d'Algérie, a vu des évolutions palpables et croissantes de son périmètre urbain, la ville est passée de 30 hectares en 1837 à 3285 hectares en 1987, pour atteindre les 5920,51 hectares en 2008. Son rayonnement économique et culturel, sa situation géographique stratégique (carrefour des routes nationales) ont été toujours les facteurs de son attractivité et de sa concentration urbaine. Depuis l'indépendance du pays en 1962 jusqu'à nos jours, la ville recense un accroissement considérable de sa population (croissance naturelle et migration) et de son parc immobilier urbain ; le nombre de la population urbaine de l'agglomération chef lieu de Constantine était estimé à 418 672 habitants selon les RGPH¹ de 2008. Plusieurs dynamiques urbaines ont marqué la ville et son territoire telles que :

- l'étalement urbain volontaire et réglementé soutenu par de nombreux programmes socio-économiques (logements, équipements et zones industrielles..).
- les extensions urbaines anarchiques marquées par la prolifération des constructions illicites et bidonville.
- les projets de modernisation de la ville (tramway, téléphérique, opérations de renouvellements urbains...etc).

Les répercussions de ces dynamiques sont non seulement visibles sur le paysage de la ville (qui a changé de forme et de taille) mais aussi elles sont tangibles sur les différentes formes de mobilité des ménages à l'intérieur du parc urbain de Constantine et vers les communes voisines et la ville nouvelle « Ali Mendjeli ».

Objectif et méthode

Le changement résidentiel en ville est tributaire de plusieurs facteurs et il est dû à deux mouvements majeurs de population à savoir la Migration et la Mobilité. Ces deux phénomènes sont semblables dans le sens et dans l'action, chacun renvoient à une image de déplacement d'une population donnée d'un lieu de résidence à un autre, mais le contexte géographique, social et temporel des actions est différent. La mobilité résidentielle s'inscrit dans un cadre de déplacement de « *longue durée* » et « *se déroule sur de courtes distances, sans la redéfinition de l'espace de vie quotidienne* ». Etant l'une des facettes des dynamiques urbaines, elle est liée également aux caractéristiques sociales et économiques des ménages. Quand à la migration, elle « *implique de plus longues distances (migration internationale, internes et interrégionale) provoquant une redéfinition des espaces de vie quotidienne* ».

Dans cette perspective (mobilité résidentielle et Migration), Notre contribution a

1. RGPH : Recensement général de la population et d'habitat

pour objectif d'exposer les itinéraires résidentiels de quelques ménages dans le parc de la ville pris comme exemples à Constantine, nous tentons de comprendre les comportements adoptés par ces familles afin d'améliorer leurs conditions de vie et d'habitabilité à travers plusieurs situations hétérogènes relevées dans le parc urbain dans la ville.

Ce travail expose une partie des résultats de notre recherche de Doctorat es sciences soutenue sur les dynamiques urbaines et mobilité résidentielle à Constantine Etude de cas.

Notre démarche s'appuie sur une approche socio-spatiale basée sur des données Quantitatives et qualitatives issues du R.G.P.H. (recensement général de la population et de l'habitat) du 2008 et des données recueillies du terrain en 2007. Ce travail a été complété par des entretiens semi-directifs entrepris avec quelques ménages en 2015.

Dans ce contexte nous avons utilisé comme moyen d'investigation le questionnaire : son intérêt dans notre recherche est de collecter le maximum de données quantitatives et qualitatives auprès des ménages qui résident les quartiers étudiés ; Et pour arriver à un échantillonnage représentatif nous avons utilisé 1/10 du nombre de logement occupés dans chaque site soit au total 800 questionnaires distribués sur les ménages des sept (7) quartiers choisie pour cette étude, dont cinq quartiers du logement collectif et deux quartiers des chalets préfabriqués.

Le questionnaire que nous avons utilisé est composé de questions variées, axées sur plusieurs points entre autres : les caractéristiques démographiques, sociales et économiques des ménages. L'origine du chef du ménage (son lieu de naissance), les différentes stations résidentielles parcourues par les ménages, les statuts d'occupations, l'année de chaque changement, les motifs et les objectifs de chaque changement.

Le Retraçage du parcours résidentiel des ménages dans le parc urbain est révélateur

de plusieurs faits : d'un coté il permet de ressortir les facteurs collectifs et communs de la mobilité (offres et mécanismes d'offre de logement, crise de logement, conjoncture économique...). Il aide à appréhender les facteurs appropriés aux ménages étudiés tels que les facteurs familiaux et événements sociaux (mariage, divorce, retraite...), la structure socio-économique, (taille des ménages, C.S.P. revue), ainsi que les paramètres du choix résidentiel, d'un autre coté.

Références

Bendjelid, A. (2004) : *la ville algérienne héritage colonial empreinte socialiste, in Aménageurs et aménagés en Algérie- héritages de années Boumediene et Chadli*, Collection Histoire et perspectives méditerranéennes. Edition l'Harmattan.

Blanc, M. (2004) (coord) : *Habiter sans logis*. Collection espaces et sociétés n° 116-117. Editions ERES.

Boumaza N. (2005) : *villes réelles, villes projetées : villes maghrébines en fabrication*, Edition Maisonneuve et Larousse, Paris.

Bouchanine, F.N Dansereau, F. (2002) : *Les stratégies résidentielles dans la ville fragmentée le cas de la ville marocaine, villes et entreprises : gestion du développement urbain et stratégie résidentielles des habitants*, Edition l'Harmattan.

Brun, J. (1992) : « *le concept de mobilité résidentielle : enjeux théoriques, enjeux idéologiques, la mobilité résidentielle* ». In les cahiers de l'habitat N°18, Ministère de l'équipement, du logement et des transports.

Claude Chaline et autres « *Pratiques sociales et pratiques spatiales en milieu rural – exposé de quelques recherches* » Table rond du 30 mai 1978.

Meskaldji, G. (1993) : « *L'habitat spontané en Algérie : résorption et reconnaissance. Le cas de Constantine* ». In Les travaux de l'institut de géographie de Reims, n°85-86, pp 83-91.

Navez Bouchanine F. (1988) : « *appropriation de l'espace* » article paru in revue les signes du présent, N°3, Rabat.

Semmoud, B. (1995) : « Croissance urbaine, mobilité et changement social dans l'agglomération oranaise (Algérie) ». In Les Cahiers du GREMAMO, n°12. Pp 01-70

Semmoud, B. (1999) : « *Formes et mécanismes de la mobilité urbaine en Algérie* ». In Espace, Populations, Société, n°2. Université des Sciences Technologies de Lille. Pp 307-316.

Révision du P.D.A.U. intercommunal de Constantine, El Khroub, Hamma Bouziane, Ain Smara, phase I, URBACO, 2008, P54

Plans d'occupation des sols, Boussouf et Daksi

CNES, 1995, groupe AD HOC, habitat, Contribution au projet de stratégie nationale de l'habitat, rapport n 2, octobre 1995.

Les stratégies résidentielles- individuelles et collectives, 1992 in cahiers de l'habitat n°18, ministère de l'équipement, du logement et des transports, France.

Amélioration de la précision d'un estimateur par prise en compte de l'hétérogénéité spatiale

Jean-Michel Floch

Administrateur de l'Insee, Insee Direction générale

Mots-clefs - Statistique spatiale, Régression, Geographically weighted regression, Estimation, Sondage

En 1998, Brunson, Charlton et Fotheringham proposent une nouvelle méthode appelée Geographically Weighted Regression (GWR). Depuis cette date, la méthode a été développée par de nombreux auteurs, et ses propriétés statistiques précisées. Elle reste avant tout utilisée pour mettre en évidence l'hétérogénéité spatiale. L'utilisation prédictive de cette méthode est moins usuelle.

Un bon nombre de données spatialisées ne sont disponibles qu'à l'aide de données issues d'enquête. Les résultats dépendent du plan de sondage utilisé et sont entachés d'une variance plus ou moins importante. c'est le cas notamment des données du recensement de la population dans les grandes communes, calculées à partir d'un échantillon de 40% des logements, collecté sur une période de cinq ans. Depuis quelques années, on dispose de données administratives localisées à l'adresse. ces données peuvent être utilisées comme information auxiliaire pour améliorer la précision des données d'enquête. Techniquement, les méthodes de sondage sont appelées méthodes d'estimation sur petits domaines.

Elles sont nombreuses. Nous n'aborderons ici que des approches modèles, laissant de côté les méthodes qui modifient les poids de sondage. Pour simplifier, l'estimateur de notre variable d'intérêt est calculé en conservant les valeurs issues de l'échantillon, et en leur ajoutant les valeurs issues d'un modèle pour les valeurs non échantillonnées. Notre univers U peut sécrire $U = S \cup R$, où S désigne l'échantillon, et R la partie non échantillonnée. L'estimateur de notre variable d'intérêt, un total pour simplifier sera :

$$t_U = t_S + t_R$$

La première composante est parfaitement connue et ne fait pas intervenir les poids de sondage. La deuxième est estimée à partir d'un modèle. On considère qu'on dispose d'une variable auxiliaire x , bien corrélée à la variable d'intérêt y , pour toutes les observations qu'elles soient ou non dans l'échantillon. Sur l'échantillon, on estime une relation linéaire de la forme $y_i = \beta x_i + \epsilon_i$. Les résultats de ce modèle servent à prédire les valeurs sur la partie non échantillonnée.

On a alors :

$$\hat{t}_U = t_S + \hat{t}_R = \sum_{i \in S} y_i + \sum_{i \in R} \hat{y}_i = \sum_{i \in S} y_i + \sum_{i \in R} \hat{\beta} x_i$$

(Le chapeau désigne une grandeur estimée.)

Dans ce cadre, on reste dans un modèle global, estimé sur l'ensemble de notre territoire d'intérêt à l'aide d'un modèle de type Moindres carrés ordinaires (MCO). Il ne prend pas en compte l'hétérogénéité spatiale éventuelle du lien entre la variable

d'intérêt et la variable auxiliaire. On peut faire l'hypothèse que la prise en compte de cette hétérogénéité spatiale pourrait encore améliorer la précision des estimateurs. Dans ce cas,

$$\hat{t}_U = t_S + \hat{t}_R = \sum_{i \in S} y_i + \sum_{i \in R} \hat{y}_i = \sum_{i \in S} y_i + \sum_{i \in R} \hat{\beta}_{(i)} x_i$$

où $\beta(i)$ est le coefficient de la régression GWR, calculé dans le voisinage du i ème point. Le lien entre y et x est donc variable pour mieux tenir compte de l'hétérogénéité spatiale.

On a donc cherché à tester si la prise en compte de cette hétérogénéité spatiale pouvait améliorer la précision. Pour cela on a constitué, sur la commune de Rennes, un dispositif expérimental en utilisant les données des revenus scaux localisés (RFL) et les données de la Couverture maladie universelle complémentaire (CMUC), deux sources exhaustives localisées à l'adresse. De la première, on a retenu une variable ménage en dessous du seuil de pauvreté, de la seconde une variable ménage titulaire de la CMUC. Les données ont été agrégées pour des raisons de confidentialité sur des carreaux de 50 m de côté. Le taux de pauvreté est la variable d'intérêt, la part des ménages bénéficiaires de la CMUC la variable auxiliaire. Chaque carreau peut être rattaché à un IRIS (découpage infracommunal de l'Insee).

Un échantillon de 40% des carreaux a été retenu, pour estimer le taux de pauvreté, à l'aide des méthodes utilisées dans l'échantillonnage du recensement de la population. Sur cet échantillon, on a estimé deux modèles, l'un à l'aide des MCO, l'autre à l'aide de la GWR. On dispose alors de trois estimateurs : l'estimateur appelé technique-

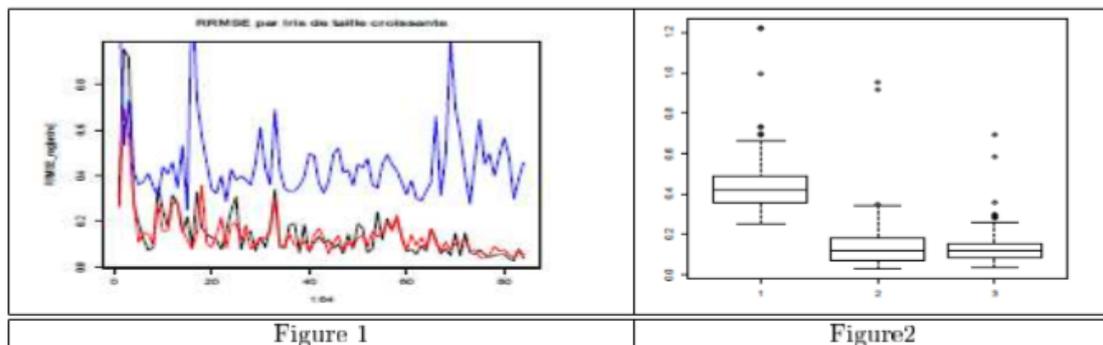
ment de Horwitz-Thompson, utilisant les poids de sondage issu de notre plan de sondage. Les deux autres, issus des modèles. Y désigne le taux de pauvreté, X la CMUC.

$$\begin{aligned}\hat{t}_{Y,HT} &= \frac{N}{n} \sum y_i \\ \hat{t}_{Y,MCO} &= \sum_{i \in S} y_i + \sum_{i \in R} \hat{\beta} x_i \\ Y_{GWR} &= \sum_{i \in S} y_i + \sum_{i \in R} \hat{\beta}_{(i)} x_i\end{aligned}$$

Le fait d'avoir tiré l'échantillon dans des données exhaustives permet de connaître la valeur vraie du paramètre que l'on estime. On effectue par des méthodes de Monté-Carlo, et on calcule un indicateur appelé racine carrée de l'erreur quadratique moyenne. (j désigne l'Iris, k la replication, sachant qu'il y a K replications.)

$$\begin{aligned}EQM(j) &= \frac{1}{K} \sum_k (\hat{t}_y(j)^{(k)} - t_Y(j))^2 \\ RCEQMR &= \frac{\sqrt{EQM(j)}}{t_Y(j)}\end{aligned}$$

La figure 1 ci-dessus montre que la précision des estimateurs issus de modèles est meilleure que celle de l'estimateur de Horwitz-Thompson (en bleu). Mais la précision de l'estimateur GWR (en rouge) si elle est légèrement meilleure que celle des MCO (en noir) n'apporte pas un gain spectaculaire. Ce légère amélioration est lisible dans le boxplot de la figure 2. Il faut donc dans les applications pratiques arbitrer entre un gain réel, mais limité et le coût computationnel important de la méthode.



Références

- Ardilly, P. (2006) Les techniques de sondage (Technip)
 Brunson, Charlton, Fotheringham (2004)

- Geographically weighted regression (Wiley)
 Chambers, R., Clarke, R. (2012) An introduction to model-based survey sampling (Oxford university press)

Atelier 14

Stratégie et mobilité

L'habitude automobile face à la menace de congestion

Thomas **BUHLER** et Gaële **LESTEVEN**

Laboratoire Théma

UMR 6049 CNRS - Université Bourgogne Franche-Comté

Mots-clefs - automobile, habitude, congestion, enquête de réponses déclarées

Contexte et objectif de l'étude

De nombreux travaux récents soulignent la place importante des habitudes dans les pratiques de mobilité quotidienne [Bissell, 2011 ; Brette al., 2014 ; Buhler, 2012, 2015 ; Middleton, 2011 ; Schwanen al., 2012]. Bien que l'habitude renvoie – dans sa définition courante – à une répétition automatique et fréquente de petits gestes sans importance, l'habitude - comme concept scientifique - est en réalité beaucoup plus riche et s'avère pertinent pour décrire la conduite automobile au quotidien en milieu urbain. Le concept d'habitude traduit les savoir-faire intériorisés et incorporés par l'automobiliste qu'il active dans des classes de situations particulières [Hodgson, 2004 ; Kaufmann, 2001].

L'habitude - comme mode d'action quotidien très automatisé - a ceci d'efficace qu'elle permet une libération des ressources cognitives mobilisables pour d'autres activités que la conduite. Par exemple, un automobiliste dont l'habitude automobile est forte et qui emprunte des itinéraires connus aura tendance à développer une série de dispositions dites « libératrices » de la conduite (ex : vérifier la fluidité de la circulation au loin à un endroit précis, connaître la durée approximative d'un feu de signalisation passé au « rouge », mettre le régulateur de vitesse à un endroit et un moment précis ...). Ces dispositions qui construisent l'habitude automobile permettent alors de libérer des ressources cognitives utilisables pour d'autres pratiques et ce, parallèlement à la conduite (ex : écouter la radio, envoyer des SMS, regarder les paysages...) [Laurier, 2004 ; Brette et al., 2014]. Le déploiement

de savoir-faire et la libération de ressources cognitives alimentent la capacité d'une personne à « habiter l'habitacle » par des pratiques associées à la conduite.

Tout ceci semble constituer une force conservatrice peu propice à des changements importants de comportements dans le quotidien, même en situation dégradée telle que la congestion. C'est l'hypothèse que nous souhaitons tester dans ce papier en analysant les stratégies d'adaptation d'automobilistes urbains (fortement et faiblement habitués à l'automobile), en les plaçant dans des situations (fictives) de congestion qui allongent ou augmentent la variabilité de leurs temps de parcours, détériorant l'efficacité du mode automobile par rapport aux autres modes. Nous tenterons alors de répondre en partie à la question suivante.

Alors que certains automobilistes changent de mode de déplacement dès que leurs temps de parcours deviennent plus longs et/ou plus variables, pourquoi d'autres, les plus nombreux, continuent à se déplacer en voiture y compris dans des cas de congestion très forte ?

Données et méthodes utilisées

Pour ce faire, nous nous sommes appuyés sur deux enquêtes. La première se concentre sur le lien entre forte mobilité automobile et constitution d'une forte habitude automobile (avec le cas d'automobilistes de Lyon-Villeurbanne) ; la seconde enquête teste la force de l'habitude automobile en situation de congestion croissante (cas de l'Île-de-France).

Les deux enquêtes présentées ici s'intéressent à des personnes utilisant l'automobile au moins une fois par semaine en zone urbaine dense. Les terrains d'enquête concernent les zones centrales des agglomérations étudiées, à savoir Lyon-Villeurbanne pour l'agglomération lyonnaise (enquête 1) et Paris et la Petite Couronne pour l'Île-de-France (enquête 2). Les 124 personnes qui ont participé à la première enquête habitent toutes Villeurbanne, dans des quartiers denses à moins de 500 mètres d'une station de transport en commun en site propre ; se déplacent principalement dans le centre de l'agglomération (Lyon et Villeurbanne) et prennent la voiture au moins plusieurs fois par semaine. Les 454 actifs motorisés qui ont répondu à la seconde enquête résident et travaillent à Paris ou en Petite couronne et déclarent avoir la possibilité de se rendre au travail en transports en commun.

La première enquête a consisté en un questionnaire long, d'environ 30 minutes, faisant suite à un premier travail qualitatif consistant en une série de parcours commentés, répétés pendant une semaine, avec l'aide d'une dizaine d'automobilistes volontaires [Buhler, 2012]. Ce questionnaire s'est focalisé, entre autres, sur les lieux fréquentés par l'automobiliste, sur les chemins qu'il emprunte habituellement et sur ses pratiques dans l'habitacle pendant la conduite. Le questionnaire a également été construit pour identifier les représentations liées aux différents modes de déplacement, mais aussi à la qualité perçue du temps durant certains trajets, ainsi qu'au sentiment d'avoir le choix de son mode de déplacement au quotidien.

La seconde enquête a également consisté en un questionnaire, cette fois plus court, d'une dizaine de minutes, centré autour d'un jeu de simulation. Ce jeu, appelé *Enquête Interactive de Réponses Déclarées*, permet d'évaluer à partir de quel niveau de contrainte les répondants modifient leurs comportements, pourquoi et comment ils le

modifient. Deux scénarios, l'un sur la variabilité des temps de parcours, l'autre sur l'allongement des temps de parcours, modifient progressivement les temps de parcours déclarés des déplacements domicile-travail des répondants. Ceux-ci doivent cocher une réponse parmi 16 adaptations possibles, issues d'une enquête qualitative préalable [Lesteven, 2012, 2015]. Lors de l'analyse, les réponses sont regroupées en cinq classes, selon leurs impacts croissants sur le programme d'activités et le schéma de déplacement des répondants [Lesteven et Alves, 2011] : d'abord les *ajustements marginaux* (ne rien changer, partir plus tôt ou changer d'itinéraire) ; puis les *altérations modales, spatiales ou temporelles* et enfin les *altérations radicales*.

Principaux résultats

De la pratique récurrente à l'habitude forte

Les résultats empiriques de ces deux enquêtes viennent valider l'hypothèse de la force de l'habitude comme principale puissance conservatrice en faveur du mode automobile en ville. Tout d'abord, les résultats de la première enquête montrent que l'utilisation plus intense de la voiture peut mener à la constitution d'une habitude automobile forte.

Une série de questions amenait les répondants à déclarer une fréquence avec laquelle ils réalisent certaines pratiques associées à la conduite (ex : lire, envoyer des SMS, regarder les paysages, ...). Il ressort de ces réponses l'existence d'une corrélation statistique entre la force de l'habitude automobile et l'apparition de certaines pratiques associées, notamment celles nécessitant une dextérité particulière lorsqu'elles sont associées à la conduite (téléphoner, écrire des SMS...) ¹.

Une deuxième série de questions proposait aux répondants d'associer un ou plusieurs adjectifs aux différents trajets en automobile qu'ils avaient déclarés. La méthode de

1. Notons qu'en parallèle à ces résultats, le nombre et la nature des pratiques associées à la conduite ne sont corrélées ni à l'âge, ni au genre, ni même aux catégories socio-professionnelles.

la régression logistique a permis d'identifier les variables expliquant le plus la présence de chacun des deux adjectifs les plus extrêmes : « agréable » et « stressant ». Le choix de ces deux adjectifs pour décrire l'expérience du trajet automobile s'explique surtout par la force de l'habitude automobile de la personne, plus que par la présence de passagers, par la fréquence à laquelle est effectuée le trajet ou par l'âge du conducteur. Autrement dit, plus l'automobiliste a une habitude forte, moins il trouve l'usage automobile « stressant ».

Enfin, nous avons interrogé les répondants sur leur sentiment d'avoir ou non le choix en ce qui concerne leur mode de déplacement au quotidien. Les résultats montrent un lien étroit entre force de l'habitude et sentiment de ne pas avoir le choix. Autrement dit, plus une personne est habituée à l'automobile, plus elle a tendance à voir dans ce mode la seule alternative crédible. Un cercle d'auto-renforcement semble se dessiner pour de nombreuses personnes qui ont une mobilité automobile importante.

L'habitude face à la congestion

Les résultats de la deuxième enquête (Paris-Petite couronne) montrent que, tous scénarios confondus, les ajustements marginaux et les altérations modales sont fortement mobilisées par les répondants. Peu d'entre eux se risquent à des altérations spatiales, temporelles ou radicales. Les ajustements marginaux apparaissent majoritaires dans le cas du scénario le moins contraignant. Ils restent très présents, même dans le cas de scénarios de plus forte congestion. Les altérations modales suivent une distribution inverse à celle des ajustements marginaux. La part cumulée de ces deux types de stratégies reste fortement majoritaire puisqu'elle se situe systématiquement entre 69% et 86% des réponses pour l'ensemble des scénarios.

Les réponses à cette enquête sont fortement corrélées à certaines variables explicatives qui permettent de mieux comprendre les stratégies des répondants. Ainsi, le fait de disposer d'une voiture de fonction, de disposer d'un parking à domicile ou sur le lieu

de travail, ou encore d'effectuer des trajets domicile-travail internes à la Petite couronne sont très fortement corrélés à la présence de réponses relevant de l'ajustement marginal. Notons que les réponses à cette enquête ne sont corrélées statistiquement ni au genre, ni à l'âge du répondant.

Ces différentes corrélations étant établies, nous avons tenté de mesurer le poids de chacune des variables explicatives (force de l'habitude, couples origine-destination, catégorie socioprofessionnelle, disponibilité du stationnement, mise à disposition d'une voiture de fonction) dans l'explication des réponses relevant de l'ajustement marginal pour chacun des scénarios. Pour ce faire, nous avons réalisé une régression logistique pour chacun des scénarios, afin d'identifier les variables les plus explicatives. Il ressort de cette analyse le poids

considérable de l'habitude automobile dans la plupart des scénarios. Plus un répondant a une habitude automobile forte, plus il a tendance à privilégier les réponses d'ajustement marginal qui le maintiennent dans une pratique modale automobile.

Les résultats des deux enquêtes nous amènent à dégager deux figures principales. Tout d'abord, un premier groupe est composé d'automobilistes qui sont dans un cercle d'auto-renforcement par la pratique régulière automobile. Cette pratique régulière leur permet de libérer des ressources cognitives pour intégrer des pratiques associées et de valoriser le temps passé en automobile. Ces individus n'imaginent pas changer de mode, même dans des cas de congestion forte. Pour ces personnes, c'est lors d'événements majeurs dans leur cycle de vie (naissance, changement de travail, déménagement) que des ruptures dans l'habitude peuvent intervenir [Clark et al, 2016].

Le second groupe d'automobilistes dont l'habitude automobile est plus faible est beaucoup plus sensible à l'augmentation de la congestion. Dès les premiers seuils des scénarios les moins contraignants, ils délaissent les ajustements marginaux pour

des altérations, notamment modales. La relative faiblesse de leur habitude automobile les conduit à moins valoriser les temps de déplacement automobile et à se sentir en situation de choix modal. L'automobile correspond plus pour eux à un moyen de déplacement comme un autre, et donc potentiellement plus interchangeable.

Conclusion

Les résultats de ces enquêtes montrent que même en situation dégradée, la force de l'habitude automobile maintient l'usage automobile. Ainsi, en cas de congestion croissante, les automobilistes ayant une habitude automobile forte ont tendance à privilégier des stratégies d'ajustement marginal : envoyer des mails professionnels, changer d'heure de départ ou d'itinéraire. Ces automobilistes à l'habitude automobile forte constituent un groupe au comportement conservateur, peu sensible aux politiques prônant une réduction de l'usage de l'automobile. Seuls les événements majeurs dans la vie d'un automobiliste (naissance, changement de travail ou déménagement) apparaissent comme des opportunités puisqu'il s'agit de moments où les classes de situations, propices au déclenchement des habitudes, sont totalement modifiées. Les actions à destination des nouveaux habitants ou des nouveaux employés sont donc à étudier avec soin, en complément d'une offre alternative à l'automobile.

Références

- Bissell D., 2011, "Agitating the powers of habit : towards a volatile politics of thought", *Theory and Event*, 15-1.
- Brette O., Buhler T., Lazaric N., Marechal K., 2014, "Reconsidering the nature and effects of habits in urban transportation behavior", *Journal of Institutional Economics*, 10-03, 399-426.
- Buhler T., 2015, *Déplacements urbains : sortir de l'orthodoxie : Plaidoyer pour une prise en compte des habitudes*, Presses Polytechniques, 123 p.
- Buhler T., 2012, *Eléments pour une prise en compte de l'habitude dans les pratiques de déplacements urbains. Le cas des résistances aux injonctions au changement de mode sur l'agglomération lyonnaise*, thèse de doctorat, INSA de Lyon, 345 p.
- Clark B., Chatterjee K., Melia S., 2016, "Changes to commute mode : The role of life events, spatial context and environmental attitude", *Transportation Research Part A : Policy and Practice*, 89, 89-105.
- Hodgson G.M., 2004, "Reclaiming Habit for Institutional Economics", *Journal Of Economic Psychology*, 25-5, 651-660.
- Kaufmann, J.-C., 2001, *Ego. Pour une sociologie de l'individu*, Nathan, 288 p.
- Laurier E., 2004, "Doing Office Work on the Motorway", *Theory, Culture and Society*, 21-4/5, 261-277.
- Lesteven G., 2015, « La congestion automobile perturbe-t-elle la routine des ménages motorisés ? Illustration à partir de l'Île-de-France », *Espace populations sociétés*, 1-2.
- Lesteven G., 2012, *Les stratégies d'adaptation à la congestion automobile dans les grandes métropoles : analyse à partir des cas de Paris, São Paulo et Mumbai*, Thèse de doctorat, Paris, Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne.
- Lesteven G., Alves B., 2011, "Behavioural Responses to Traffic Congestion. Findings from São Paulo and Paris", *Transportes*, 19-2, 42-48.
- Middleton J., 2011, " 'I'm on autopilot, I just follow the route' : exploring the habits, routines, and decision-making practices of everyday urban mobilities", *Environment and Planning A*, 43, 2857-2877.
- Schwanen T., Banister D., Anable J., 2012, "Rethinking habits and their role in behaviour change : the case of low-carbon mobility", *Journal of Transport Geography*, 24, 522-532.

ÉMERGENCE DE TAXI-MOTOS ET RECOMPOSITION SPATIO-ÉCONOMIQUE À BOUAKÉ (CÔTE D'IVOIRE) : essai d'analyse des stratégies de « reconquête » des taxi-voitures

DINDJI Médé Roger^{1,2}, ZOUHOULA BI Marie Richard¹, DAGNOGO Affoussata¹

Université Peleforo Gon Coulibaly de Korhogo (Côte d'Ivoire)¹

Laboratoire Villes Sociétés et Territoires (VST)²

Mots-clefs - Bouaké, émergence, taxi-moto, taxi-voiture, corporation syndicale, stratégie de reconquête.

La crise politico-militaire de 2002 a favorisé l'émergence et la consolidation en Côte d'Ivoire du phénomène moto taxi ; notamment à Bouaké ville capitale de la rébellion armée. Profitant de l'interdiction temporaire des taxi-voitures dès le déclenchement de la crise la moto a fini par s'y imposer comme mode de transport collectif, malgré tous les dysfonctionnements urbains qui en découlent (TUBLU, 2010). Localisée au centre de la Côte d'Ivoire, Bouaké avec 536 189 habitants (RGPH¹, 2014) représente sa deuxième plus grande ville après Abidjan. Depuis lors, les seules offres de transports collectifs pour les populations locales reposent sur deux modes de transports artisanaux : les taxi-motos et les taxi-voitures ou taxi-villes ou encore taxi-communiaux. Cependant, cette « cohabitation/concurrence » de fait entre ces deux modes impacte considérablement l'activité des taxi-voitures. En fait, sur plusieurs décennies, la mobilité des populations des villes secondaires ivoiriennes était assurée exclusivement par ce mode de transport artisanal. Aujourd'hui, dans la ville de Korhogo on dénombre 86 taxi-voitures contre 500 avant la crise (nos enquêtes, 2015). Par ailleurs, dans leur organisation fonctionnelle, les taxi-voitures ont du créer quatre gares ou points de stationnements avec les quartiers de la ville comme lignes de desserte. Il leur est difficile de parcourir la ville pour la recherche de clients, puisque les taxi-motos ont investi/envahi tous les

carrefours de la ville. La situation est telle qu'à première vue l'on peut croire à l'inexistence de taxi-voitures dans la ville de Korhogo. Ce qui n'est pas le cas à Bouaké. Dans cette ville en revanche, la « cohabitation/concurrence » entre taxi-motos et taxi-voitures est vécue différemment par les acteurs du second mode cité. Se sentant abandonnés par les autorités municipales locales, les taxi-voitures ont dû imaginer toutes sortes de stratégies pour résister devant ce nouveau phénomène qui fait dorénavant de la moto un moyen de mobilité collective. En fait, la politique municipale des transports accorde la primauté aux taxi-motos, puisqu'elle leur a aménagé des bureaux dans ses locaux au détriment des autres (nos enquêtes, 2016).

Ce présent projet d'article a pour but principal d'évaluer l'impact du phénomène moto taxi sur l'organisation fonctionnelle des taxi-voitures ou taxi-communiaux dans la ville de Bouaké.

Pour ce faire, nous nous appuyerons sur une analyse minutieuse des « stratégies de survie/reconquête » développées par tous les acteurs des taxi-voitures. Cette contribution s'inscrit dans un programme de recherche que nous menons sur les transports artisanaux en Côte d'Ivoire.

La méthode employée s'appuie sur une recherche documentaire, des observations et des données primaires recueillies depuis 2015 auprès de tous les acteurs impliqués

1. Recensement Général de la Population et de l'Habitat.

dans la gestion des transports urbains dans trois villes secondaires ivoiriennes : Korhogo, Bouaké et Ferkessédougou. Concrètement, nous avons eu plusieurs entretiens semi-directifs avec les pouvoirs publics (municipalité, cadres des ministères en charge des transports, organisations syndicales de taxi-voitures et moto-taxis), chauffeurs de taxi-voitures et moto-taxis, etc. Les leaders syndicaux nous ont renseignés principalement sur les points suivants : l'organisation et le fonctionnement de leur profession, les stratégies développées, origines de chaque stratégie, états de leurs rapports avec les pouvoirs publics, les problèmes auxquels ils sont confrontés, etc. Avec les chauffeurs, les entretiens ont été conduits dans le même esprit. Avec les autorités municipales, les échanges avaient pour finalité l'obtention d'informations et données sur la politique (régulation) locale en matière des transports collectifs. Le choix de ces trois localités repose sur quelques indicateurs. En effet, Bouaké, Korhogo et Ferkessédougou furent les principales villes occupées par la rébellion ivoirienne (de 2002 au 11 avril 2011). Les villes de Bouaké et Korhogo sont affectés par le phénomène moto taxi. Ce qui n'est pas le cas pour la troisième. Dans l'ensemble, nous avons eu recours à 120 enquêtés (pouvoirs publics, responsables syndicaux, chefs de gares, chauffeurs, etc.).

Il ressort de nos premières investigations que les taxi-voitures s'appuient surtout sur une association : l'Union des Propriétaires de Taxi Communal de Bouaké (UPTCB). Les leaders de cette organisation syndicale ont mené un plaidoyer auprès des anciens propriétaires (de taxi-voitures), afin qu'ils acceptent et continuent d'investir dans cette profession. Aussi, l'ordre formel est donné aux chauffeurs de parcourir la ville pour la quête de clients. L'application de cette mesure s'appuie sur une de leur innovation. C'est l'utilisation du gaz butane à des fins de carburant. En effet, dans cette ville, plus de 90% des taxis communaux (taxi-voitures) utilisent le gaz butane subventionné par l'Etat et destiné aux ménages en remplacement du carburant convention-

nel (KOUASSI, 2014). Au niveau institutionnel, l'UPTCB à exiger le bitumage de certaines voies dans la commune ; de sorte que les taxi-voitures assurent aisément la mobilité des populations ; une façon de refuser la concurrence déloyale qui leur serait livrée par les motos taxis. En fait, ces derniers avec leurs deux roues pratiquent toutes sortes de voies (LOUISE DIAZ et Al., 2007).

Aujourd'hui, près de 950 taxi-voitures sont enregistrés dans les registres de l'UPTCB (nos enquêtes, 2016). À la reprise de l'activité (2003-2004), la ville n'en comptait qu'une centaine. Pourtant, avant la guerre (septembre 2002) près de 1 200 véhicules desservaient la ville. Il y a eu une avancée notable. Sur un véhicule, il y a toujours deux chauffeurs ; le premier exerce avec le statut de « chauffeur principal » et le second comme « chauffeur contractuel ». Ce qui n'est pas le cas pour un taxi-voiture de Korhogo. À ce jour, on dénombre plus de 23 000 motos taxis dans la ville de Bouaké (nos enquêtes, 2016). Toutefois, la stratégie « d'opposition/concurrence » développée par la corporation syndicale des taxi-voitures leur permet de résister d'une part et ; de demeurer dans leur dynamique de « reconquête » d'autre part.

Références

- AKA KOUADIO A., 2006, « Les taxis communaux ou woro woro à Abidjan-Cocody : caractéristiques, organisation et fonctionnement », In : *Revue de Géographie Tropicale et d'Environnement*, N°6, pp 45-61.
- ALOKO-N'GUESSAN J., 1989, « Essai d'analyse des facteurs d'émergence des taxis-ville ou wôrôs-wôrôs à Abidjan », In : *Revue tunisienne de Géographie*, pp 41-64.
- ASSOGBA GUEZERE, 2012, « Les taxis brousses togolais : une réadaptation des taxis collectifs imposée par la concurrence des taxis-motos dans les villes secondaires », In : *Conférence CODATU XV : "Le rôle de la modalité urbaine pour (re)modéliser les villes"*, Addis Abeba (Ethiopie), 18p.

- BUGNICOURT J., 1981, « Transports “informels” ou “transitionnels” dans les villes du tiers-monde : les remplacer ou les promouvoir? », In : Bugnicourt J. et al.-transports en sursis? Quelles politiques des “petits transports” urbains dans le tiers-monde? Environnement africain, Dakar/Londres, pp 103-120.
- BRUCE T., 1998, « Des services de transport adaptés aux besoins d’un monde en mutations : la clé de la prospérité socio économique », In : Le Courrier, N°169, pp 30-34.
- BROU E.KOFFI, 2008, « Le transport de personne et la structuration de l’espace urbain de Daloa », In : Le Journal des Sciences Sociales, N°5, pp 127-142.
- DINDJI ROGER, 2014, Décentralisation et développement local : cas de la commune de Cocody, thèse unique de doctorat de Géographie, Abidjan-IGT, 382 p.
- GODARD X. et TEURNIER P., 1992, Les transports et la ville en Afrique au Sud du Sahara, Karthala-INRETS, Paris, 243 p.
- GODARD XAVIER, 1993, « Se déplacer dans les villes », In : Afrique contemporaine, Numéro Spécial 4ème trimestre, pp 198-206.
- KASSI-DJODJO I., 2007, Régulations des transports populaires et recompositions du territoire urbain d’Abidjan, Thèse de doctorat, Université Michel de Montaigne de Bordeaux 3, 309 p.
- KASSI-DJODJO I., 2010, « Rôles des transports populaires dans le processus d’urbanisations à Abidjan », In : Les Cahiers d’Outre-mer, N°251, pp 391-402.
- KOUASSI KOUAME S., 2014, « Les taxis à gaz, une autre forme de désordre urbain à Bouaké », In : European Scientific Journal, edition vol.10, 15 p.
- LOUISE DIAZ O. et Al., 2007, « La diffusion des taxis-motos dans l’Afrique urbaine au Sud du Sahara », In : XLIIIème colloque de l’ARSDLF, Grenoble-Chambéry 11, 12 et 13 juillet 2007, 17p.
- M.R. ZOUHOULA-BI, 2010, « Les fondements de la légitimité de l’emprise des corporations syndicales sur la frange informelle des transports urbains à Abidjan », In : conférence CODATU XIV Buenos Aires (Argentine) : transport durable et qualité de vie en ville, du 24 au 27 octobre 2010, pp 1-16.
- PIERRE KAMDEM et Al., 2007, « L’intégration des motos-taxis dans le transport public au Cameroun ou l’informel à la remorque de l’Etat : une solution d’avenir au problème de mobilité et de l’emploi en Afrique subsaharienne », In : Colloque international de Lisbonne, 20 et 21 septembre 2007, pp 1-17.
- TUBLU KOMI F., 2010, « Le taxi-moto : un nouveau mode de transport dans les mobilités urbaine au Togo pour quelle qualité de vie? », In : conférence CODATU XIV Buenos Aires (Argentine) : transport durable et qualité de vie en ville, du 24 au 27 octobre 2010, pp 1-12.

Mobilité quotidienne et stratégies d'adaptation spatio-temporelles des ménages.

Une approche comparée des espaces transfrontaliers et non frontaliers des métropoles luxembourgeoise et grenobloise.

Guillaume Drevon

Laboratoire de Sociologie Urbaine,
École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Suisse

Mots-clefs - mobilité, pressions temporelles, stratégies, frontière

Contexte et questionnement

Face à l'augmentation et à la diversification de l'offre d'activités, des pressions temporelles s'exercent sur les individus et leurs familles (Szollos, 2009). Ces pressions sont issues de la conjoncture entre les sphères de la vie quotidienne : la sphère professionnelle (exigences professionnelles), la sphère familiale (gestion des enfants et du foyer) et la sphère spatiale (localisation des lieux d'activité et déplacements). L'adossement des aspirations résidentielles aux dynamiques économiques du marché résidentiel tend à favoriser l'éloignement des ménages par rapport à leur lieu de travail. Les longs déplacements domicile-travail induits par l'éloignement résidentiel et leur association avec la conjoncture des sphères de la vie quotidienne sont susceptibles de générer des tensions au niveau individuel et au sein du ménage et plus particulièrement dans le cas des familles avec des enfants (David, 2007 ; Coeugnet et al, 2011). La recherche interroge les ménages composés d'un couple bi-actif avec des enfants. Ces couples doivent articuler la gestion de la vie quotidienne et les importantes distances à parcourir entre le domicile et le lieu de travail. Les frontaliers du Luxembourg s'inscrivent dans cette configuration de mobilité quotidienne de longue distance en parcourant en moyenne 49 km pour se rendre au travail (Gerber et Ramm, 2003, 2004 ; Schmitz et al, 2012). La recherche tend à examiner les modalités de gestion de la conjoncture du quotidien

associée aux longs déplacements domicile-travail. Elle fait l'hypothèse **que dans ces conditions, les ménages élaborent des stratégies différenciées pour faire face à la conduite de la vie quotidienne.** Ces stratégies correspondent à l'ensemble des actions coordonnées au sein du ménage pour réaliser les plannings d'activités de chacun de ses membres. **Les stratégies apparaissent à travers les comportements spatiaux et renvoient aux agencements spatio-temporels quotidiens qui façonnent des modes de vie spatialisés spécifiques** (Kaufmann, 2000). La frontière qui s'inscrit dans le cadre de vie des frontaliers influence le mode de vie spatialisé de ces actifs à deux niveaux. Tout d'abord, la frontière implique des effets de différentiel au niveau des prix du foncier et de l'immobilier. Les frontaliers bénéficient d'un accès au marché résidentiel plus attractif dans leur pays de résidence tout en bénéficiant de rémunérations plus importantes dans le pays de travail. Ainsi, la stratégie résidentielle des frontaliers pousse ces actifs à demeurer dans leur pays de résidence et à s'éloigner de leur lieu de travail. Au niveau individuel, la frontière marque les discontinuités et distingue les lieux situés de part et d'autre de celle-ci. Le concept d'unfamiliarity suggère que le rapport entretenu par les individus avec l'autre côté de la frontière oscille entre attraction et dissension (Spierings et Van der Velde, 2008, 2013). **La recherche formule l'hypothèse que ce rapport ambivalent avec l'autre côté de la frontière**

serait à même de façonner un mode vie spatialisé spécifique aux frontaliers.

Méthodologie et données

La méthodologie s'appuie sur une démarche mixte qui articule approche quantitative et qualitative. A un premier niveau, l'approche quantitative renvoie à l'analyse des comportements spatiaux de l'ensemble des frontaliers du Luxembourg. Ce premier niveau d'analyse s'appuie sur l'Enquête Mobilité des frontaliers (EMF-CABAC, FNR CNRS, 2011) réalisée entre 2010 et 2011 sur un échantillon représentatif des 140 000 frontaliers de 2010 (Gerber, Fleuret, 2008). L'analyse permet de comprendre les effets des longues distances domicile-travail sur les modalités de déploiement des activités à travers la mesure des patrons (Vilhelmson, 1999) et des espaces d'activités (Schönfelder et Axhausen, 2010) des frontaliers.

A un deuxième niveau, l'analyse porte sur une comparaison entre les comportements spatiaux d'actifs frontaliers et d'actifs non-frontaliers qui se déplacent dans des faisceaux de mobilité qui présentent une configuration spatiale équivalente (faisceau transfrontalier : Thionville-Luxembourg et faisceau non-frontalier : Voiron-Grenoble). Ce second niveau d'analyse s'appuie d'une part sur l'Enquête Déplacements Ville Moyenne Thionville Val-de-Fensh (EDVM) et sur l'Enquête Ménages Déplacements de la Région urbaine grenobloise (EMD) d'autre part. L'analyse porte sur la comparaison des patrons et des espaces d'activités d'actifs frontaliers (faisceau Thionville-Luxembourg) et d'actifs non-frontaliers (faisceau Voiron-Grenoble). À contraintes spatiale et temporelle équivalentes, la comparaison des comportements spatiaux de ces deux populations permet de dégager les effets liés à la frontière sur le mode de vie spatialisé des frontaliers.

L'approche qualitative s'appuie sur une enquête menée auprès d'une vingtaine de familles qui résident dans les agglomérations de Thionville et de Voiron. Il s'agit d'abord

de comprendre le rapport entretenu par ces familles avec les temporalités de la vie quotidienne pour identifier les éléments susceptibles de générer des tensions et de dégager les stratégies mises en place face à elles. Ensuite, l'enquête porte sur le rapport entretenu par les individus avec les lieux structurants (domicile et lieu de travail). L'analyse des représentations associées au lieu de travail permet notamment de comprendre le rapport entretenu par les frontaliers de Thionville avec l'autre côté de la frontière.

Principaux résultats

L'analyse des comportements spatiaux de l'ensemble des frontaliers du Luxembourg suggère que ces actifs réalisent relativement peu d'activités au cours d'une journée de travail type. Les activités réalisées en dehors du domicile et du travail renvoient principalement à la gestion de la mobilité des enfants (dépose /accompagnement). L'analyse des espaces d'activités permet de dégager trois comportements spatiaux structurants. Tout d'abord les navetteurs (54%), les domocentrés (22%) et les intégrés (16%). Les frontaliers navetteurs effectuent uniquement un aller-retour entre leur domicile et leur lieu de travail au cours de la journée. Les frontaliers domocentrés réalisent davantage leurs activités à proximité du domicile. Enfin, les frontaliers intégrés présentent des espaces d'activités relativement équilibrés entre leur pays de résidence et leur pays de travail. Les analyses suggèrent que le niveau d'intégration fonctionnelle est déterminé par la distance entre le domicile et le lieu de travail (Drevon et al, 2016). Les analyses indiquent que les caractéristiques socio-démographiques influencent également les comportements spatiaux. Les individus en couple avec des enfants auraient davantage tendance à adopter un comportement domocentré. Les frontaliers intégrés renverraient plutôt à de jeunes actifs s'inscrivant dans des catégories socioprofessionnelles supérieures (cadre et professions intellectuelles). Ces résultats montrent que l'articulation des sphères familiales et profes-

sionnelles couplée aux longs déplacements domicile-travail favoriserait l'adoption de stratégies spatiales qui s'appuient des programmes d'activités centrés sur la gestion de la mobilité des enfants et sur la proximité au domicile.

La comparaison des comportements spatiaux entre des actifs frontaliers et non frontaliers suggèrent que ces deux populations déploient leurs activités de la même manière. Par ailleurs, ces deux groupes présentent un profil spatial principalement domocentré. Les Voironnais et les Thionvillois réalisent principalement leurs activités dans leur agglomération de résidence. Toutefois des différences apparaissent aux niveaux des activités de visites, de loisirs et de services. En effet, les actifs non-frontaliers réaliseraient davantage de ces activités à proximité de leur lieu de travail. Ce résultat est confirmé par l'analyse temporelle. Les actifs non-frontaliers passeraient plus de temps dans leur agglomération de travail en comparaison aux actifs frontaliers. A un premier niveau, la comparaison confirme la prédominance du profil spatial domocentré associé à des individus actifs en couple avec des enfants. A un second niveau, elle indique la prégnance d'un effet frontière qui limiterait la réalisation d'activités au Luxembourg et confirmerait l'effet de l'un-familiarity sur le mode de vie spatialisé des frontaliers du Luxembourg (Drevon et al, 2015).

L'analyse de l'enquête qualitative révèle d'importantes pressions temporelles qui s'exercent sur les familles et témoigne d'un rythme de vie particulièrement soutenu. Les pressions temporelles prennent leurs sources dans les sphères de la vie quotidienne (exigences professionnelles, gestion du foyer et des enfants, confrontation des sphères familiale et professionnelle pour chacun des membres du couple). Les interactions entre les sphères renforcent les pressions temporelles. Il s'agit d'abord des longs déplacements domicile-travail qui pèsent sur les individus et leur famille en termes de poids temporel mais également de fatigue et de stress, puis l'obligation d'accompagnement des enfants et en

fin la coordination des cadres temporels au sein du couple. Les tensions apparaissent de manière particulièrement saillante dès lors que le respect des programmes d'activités pour chacun des membres du ménage est remis en question. Les aléas dans les déplacements domicile-travail ou encore les dissonances spatio-temporelles entre les membres du couple sont susceptibles de générer d'importantes tensions au niveau du ménage. Face aux pressions temporelles et aux tensions des stratégies différenciées apparaissent.

Les stratégies tendent à diminuer le niveau de pression temporelle et à contourner les situations de tension. La communication au sein du couple apparaît comme l'élément central de la coordination et permet de mettre en place des ajustements. Les stratégies s'appuient sur trois types de ressources. Tout d'abord, la ressource économique qui renvoie principalement à l'achat de services temporels (prise en charge des tâches liées à la gestion du foyer et des enfants par une personne extérieure). Ensuite, la ressource temporelle correspond à la flexibilité des cadres temporels associés à la sphère professionnelle pour chacun des membres du couple. Cette flexibilité conditionne notamment la répartition des activités contraintes au sein du couple. Enfin, la ressource sociale indique la prégnance de solidarités familiale et de voisinage dans la conduite de la vie quotidienne. Ainsi, les couples s'appuient sur ces solidarités pour prendre en charge une part des activités contraintes. Les solidarités apparaissent de manière routinière pour la gestion des enfants par exemple ou de manière ponctuelle pour faire face à l'aléa. Les stratégies se déploient ensuite dans l'espace et dans le temps à travers les programmes d'activités de chacun des membres du couple. Par conséquent, elles participent au façonnement d'un mode de vie spatialisé particulier.

L'analyse comparée des représentations du lieu de travail entre les actifs frontaliers et non-frontaliers montrent un rapport ambivalent avec l'autre côté de la frontière. Deux types de rapport apparaissent. Tout d'abord les ménages de frontaliers qui s'ins-

crivent dans un rapport de dissension. Cette dissension renvoie à l'évasion fiscale, au mode de vie luxembourgeois ou aux relations avec les habitants du Luxembourg. Ces frontaliers réalisent peu d'activités au Luxembourg en dehors du travail et de l'achat de produits spécifiques (essence, cigarettes). Le second type de rapport correspond à l'attraction. Le statut de capitale européenne, la diversité culturelle et l'attrait économique participe à la dimension attractive du Luxembourg. Les frontaliers qui s'inscrivent dans ce second rapport tendraient à réaliser davantage d'activités au Luxembourg.

Conclusions et perspectives

La recherche a permis de montrer quelles étaient les modalités de gestion de la conduite de la vie quotidienne dans des configurations de mobilité tendues. Ces modalités apparaissent à travers des stratégies qui permettent de faire face aux pressions temporelles et de contourner les tensions qui en découlent. Elles influencent les comportements spatiaux et participent au façonnement de modes de vie spatialisés spécifiques. Ces stratégies s'appuient sur des ressources différenciées à différentes échelles temporelles. Leur analyse contribue à la compréhension des compétences de mobilité (Kaufmann et al, 2004 ; Kaufmann, 2015) développées dans des configurations temporelles tendues. Les stratégies témoignent également de la fragilité des systèmes familiaux face à la gestion des temporalités quotidiennes. Elles suggèrent une injonction à l'adaptation et mettent en perspective des situations potentielles de vulnérabilité temporelle.

Bien que les pressions temporelles semblent davantage déterminer les modalités de déploiement des activités, la frontière demeure un élément organisateur des comportements spatiaux des frontaliers. D'un côté, elle limite la réalisation des activités (dissension) dans le pays de travail, de l'autre elle génère un rapport d'attraction. Cette dimension ambivalente tend à façonner un mode de vie spatialisé spécifique aux

frontaliers. Elle confirme également les effets de l'unfamiliarity sur le choix de localisation des activités de part et d'autre de la frontière. La méthodologie employée dans le cadre de la recherche ouvre de nouvelles perspectives pour la mesure de l'intégration fonctionnelle des espaces métropolitains transfrontaliers (Newman, 2006). Elle propose de compléter l'analyse de flux par celle des pratiques (espaces d'activités des frontaliers). Dans cette perspective cette méthodologie sera déployée à d'autres espaces transfrontaliers comme l'agglomération franco-valdo-genevoise.

Références

- Coeugnet, S., Charron, C., Van De Weerd, C., Anceaux, F. et Naveteur, J. (2011). La pression temporelle : un phénomène complexe qu'il est urgent d'étudier. *Le travail humain*, 74(2) :157– 181.
- David, O. (2007). Vie familiale, vie professionnelle : une articulation sous tension. *Espace, populations, sociétés*, (2) :191–202.
- Drevon, G., Gerber, P., Klein, O., et Christophe, E. (2016). Measuring functional integration by identifying the trip chains and the profiles of cross-border workers : empirical evidences from Luxembourg. *Journal of borderlands studies*, (2016) : 1-20.
- Drevon, G., Gerber, P., Klein, O., et Christophe, E. (2014). Intégration spatiale des frontaliers à travers les activités quotidiennes. Le cas de la région métropolitaine luxembourgeoise. *URBIA. Les Cahiers du développement urbain durable*, (16), 147-164.
- Drevon, G., Klein, O., Gwiazdzinski, L., et Gerber, P. (2015). Frontière et espace de vie : comparaison de deux faisceaux de mobilité quotidienne. *Espace populations sociétés*. *Space populations societies*, (2015/1-2).
- Gerber P., Fleuret S., 2008, D'une approximation statistique à une approximation géographique : l'exemple d'une enquête santé à Luxembourg. In Guilbert P.

- Haziza D. Ruiz- Gazez A., Tillé Y. (dir.) – Méthodes de sondage. Paris : Dunod, p. 269-274. Gerber, P. et Ramm, M. (2003). Les déplacements domicile- travail des frontaliers du bassin de main-d'œuvre luxembourgeois en 2002. CEPS / Instead, Population et Territoire, (1) :16.
- Gerber, P. et Ramm, M. (2004). Vers une catégorisation des déplacements domicile-travail des frontaliers luxembourgeois en 2003. CEPS / Instead, Population et Territoire, (3) :16.
- Kaufmann, V. (2000). Mobilité quotidienne et dynamiques urbaines : la question du report modal. Presses polytechniques et universitaires Romanes, Lausanne.
- Kaufmann, V., Bergman, M. M. et Joye, D. (2004). Motility : mobility as capital. International journal of urban and regional research, 28(4) :745–756.
- Kaufmann, V. (2015). Motilité et mobilité : mode d'emploi, chapitre Analyser les sociétés à partir de la motilité, pages 7–20. Alphil-Presses Unversitaires Suisses, Neuchâtel.
- Newman, D. (2006). Borders and bordering towards an interdisciplinary dialogue. European Journal of Social Theory, 9(2) :171–186.
- Schmitz F., Drevon G., Gerber P. (dir.), 2012, La mobilité des frontaliers du Luxembourg : dynamiques et perspectives. Les Cahiers du CEPS/INSTEAD, Hors-Série 1, 40 p.
- Schönfelder, S. et Axhausen, K. W. (2010). Urban rhythms and travel behaviour : spatial and temporal phenomena of daily travel. Ashgate Publishing, Ltd., Surrey.
- Spierings, B. et Van der Velde, M. (2008). Shopping, borders and unfamiliarity : Consumer mobility in europe. Tijdschrift voor economische en sociale geografie, 99(4) :497–505.
- Spierings, B. et Van der Velde, M. (2013). Cross- border differences and unfamiliarity : Shopping mobility in the dutch-german rhine-waal euroregion. European planning studies, 21(1) :5–23.
- Szollós, A. (2009). Toward a psychology of chronic time pressure conceptual and methodological review. Time amp; Society, 18(2-3) :332–350.
- Vilhelmson, B. (1999). Daily mobility and the use of time for different activities. the case of sweden. GeoJournal, 48(3) :177–185.

Vélo en ville : théorie(s) et pratique(s) Aptitudes et habitudes dans la pratique du vélo

Adrien Caillot, Thomas Buhler, Marie-Hélène de Sède-Marceau

Laboratoire ThéMA

UMR 6049 CNRS - Université Bourgogne Franche-Comté

Mots-clefs - vélo, usage, habitude, aptitude

Depuis les années 80, la majorité des politiques publiques liées aux déplacements ou à l'aménagement affiche une volonté de réduire l'usage de la voiture en milieu urbain. Pour mener à bien cette mission, plusieurs modes de déplacements alternatifs à l'automobile sont proposés et soutenus par les collectivités et les aménageurs : on trouve, en général, les transports en commun en premier lieu, tandis que le vélo est généralement cité en second lieu, souvent avec la marche et parfois avant le covoiturage et l'autopartage. Doté de l'image du moyen de déplacement écologique par excellence, le vélo est de plus en plus visible. Il illustre largement les documents de communication des collectivités ou leurs documents d'aménagement, et on le retrouve de plus en plus – chose inconcevable il y a encore quelques années - dans les magazines et la publicité, notamment pour le luxe.

Les atouts du vélos sont bien connus : il ne coûte pas cher, ne pollue pas, ne fait pas de bruit, permet de pratiquer l'activité physique régulière recommandée, et permet surtout de se déplacer relativement rapidement et librement avec un minimum de contraintes de circulation et de stationnement [Héran, 2014]. De telles caractéristiques devraient, théoriquement, conduire à un usage plus important que celui qu'on peut observer aujourd'hui dans la plupart des villes françaises. En effet, dans la plupart des villes françaises, nous pouvons

avancer que la part modale réelle du vélo est insuffisante ou décevante au regard des moyens mis en œuvre. Elle augmente bien de façon régulière dans les grandes villes et les centres des villes moyennes, mais cette augmentation est trop faible pour atteindre des parts modales conséquentes. Les résultats obtenus ne sont pas alors pas à la hauteur des objectifs affichés. Pire, la place du vélo comme mode quotidien est en stagnation, voire parfois en baisse, partout ailleurs¹.

Il existe une quantité très importante d'articles et d'ouvrages traitant de la question du vélo en milieu urbain. Ces écrits correspondent à des types bien précis : recommandations techniques pour des aménagements pour permettre le développement de la pratique du vélo, argumentaires sur les avantages du vélo comme mode quotidien à destination des élus et du grand public, articles scientifiques ou d'économie des transports visant à chiffrer la pratique du vélo et ses bienfaits, ou encore lectures historiques et institutionnelles expliquant la place marginale qu'occupe le vélo utilitaire en France aujourd'hui [Héran, 2014]. À notre connaissance, il n'existe en revanche que très peu de travaux de recherche proposant une lecture des usages du vélo du point de vue du cycliste en tant qu'individu. Il existe, par exemple, des données géographiques sur les cyclistes et les trajets qu'ils parcourent, ou encore des données sur leurs

1. On manque encore de données précises à ce sujet pour différentes raisons : amalgames entre tous les deux-roues (motorisés ou non) dans certaines enquêtes, manque de données récentes dans certains territoires où les enquêtes ménages-déplacements datent parfois de presque 10 ans, etc. On pourra toutefois consulter la base TEMS, The EPOMM Modal Split Tool, qui est une base de données des parts modales des villes européennes, incluant un certain nombre de villes français : <http://www.epomm.eu/tems/>.

profils sociologiques (âge, genre, catégorie socio-professionnelle...), mais il ne semble exister que très peu d'informations sur leur pratique effective du vélo. Il existe pourtant de nombreuses façons différentes de se déplacer à vélo. Certains cyclistes choisissent, par exemple, de s'intégrer au trafic et d'adopter un comportement proche de celui d'un véhicule (« *vehicular cycling* ») [Forester, 1993]. À l'inverse, d'autres ne peuvent ou ne souhaitent pas le faire, et sont plutôt à la recherche d'un sentiment de sécurité qu'ils obtiennent en circulant le plus possible sur des itinéraires aménagés, voire sur les trottoirs, en adoptant parfois un comportement proche de celui d'un piéton. Enfin, d'autres oscillent entre ces deux comportements, ou d'autres comportements propres aux cyclistes, en fonction de différents paramètres.

Circuler à vélo dans une ville place l'individu dans une situation d'interaction complexe avec son environnement. Il doit gérer tout à la fois sa position sur la chaussée, son itinéraire, son équilibre, sa vitesse, et le comportement des autres usagers (motorisés, piétons et autres cyclistes). Par ailleurs, le vélo en tant que tel n'offre pas de protection face aux intempéries, aux imperfections de la chaussée, et au danger potentiel représenté par les véhicules motorisés.

Dans ces conditions, il semble que gérer autant de paramètres simultanément demande d'avoir intériorisé mentalement au moins une partie de ce travail. Une personne ayant besoin de se concentrer sur son équilibre pourra difficilement gérer en même temps les contraintes de la circulation. Autrement dit, se déplacer à vélo en ville demande une certaine habitude, et/ou une certaine aptitude. La première de ces deux notions caractériserait plutôt les personnes qui pratiquent le vélo en ville et ont intériorisé les savoir-faire et les comportements nécessaires, par répétition, et qui peuvent les réactiver dans une succession de contextes plutôt familiers (le trajet du matin, par exemple). L'aptitude, quant à elle, désignerait plutôt des compétences acquises, notamment durant l'enfance (savoir se déplacer au milieu de la circulation, pou-

voir anticiper des trajectoires, savoir s'agencer entre des obstacles, ne pas craindre une météo capricieuse, prendre du plaisir à effectuer l'ensemble de ces petits gestes). Cette aptitude permettrait à un individu d'envisager la pratique du vélo en ville alors qu'il ne se déplace pas de cette façon.

Le travail de thèse que je mène s'attachera à explorer ces hypothèses « individuelles » (et d'usage) qui permettraient en partie d'expliquer le relatif faible succès du vélo comme mode de déplacement urbain quotidien.

En termes de méthodes, nous élaborons actuellement un questionnaire qui sera diffusé en mars-avril 2017 à un large échantillon de cyclistes urbains en France et dans certains pays francophones (Suisse, Belgique et Canada notamment). Il comportera notamment des questions sur leur pratique du vélo, sur l'ancienneté de celle-ci, sur le moment où elle est apparue, sur leur expérience des déplacements durant leur enfance, mais aussi sur la façon dont ils choisissent leurs itinéraires, combinent les destinations et les moyens de déplacement, etc.

Afin d'identifier des éventuelles évolutions de leurs pratiques (notamment en fonction des saisons), et afin d'évaluer la force du lien entre habitudes / aptitudes et maintien d'une pratique cycliste dans le temps, nous interrogerons certains enquêtés volontaires une seconde fois lorsque les conditions météorologiques auront évolué. La communication se focalisera sur une première analyse des réponses à cette première vague d'enquête par questionnaire en se focalisant sur une analyse descriptive des usages du vélo urbain.

Références

Frédéric Héran (2014), *Le retour de la bicyclette. Une histoire des déplacements urbains en Europe, de 1817 à 2050*, Paris, La Découverte, 160 p., ISBN : 978-2-7071-8202-9.

John Forester (1993), *Effective Cycling* (6th ed.). MIT Press. ISBN 0-262-06159-7.

Atelier 15

Simulation à base d'agents

Adrien LAMMOGLIA¹, Samuel LETURCQ², Etienne DELAY³

UMR GRED, Université Paul-Valéry Montpellier 3¹

UMR 7324 CITERES, équipe LAT, Université de Tours²

UMR 6042 GEOLAB, Université de Limoges, FLSH³

Mots-clefs - Dynamiques spatiales ; modèle multi-agents ; territoires viticoles ; temps long ; Touraine (Indre-et-Loire)

Introduction

VitiTerroir est un programme porté par la région Centre-Val de Loire (France) de 2014 à 2016. Considérant que les paysages viticoles actuels résultent d'une longue évolution historique pluri-séculaire, voire plurimillénaire, sous l'effet conjugué de facteurs culturels (évolution des goûts, sentiment d'attachement identitaire à la vigne), sociaux (exigences nouvelles des consommateurs en matière de santé publique et de bien-être), économiques (évolution de la demande, pression de la concurrence), juridiques (évolution de la législation sur les droits de plantation) et environnementaux (appauvrissement et/ou érosion des sols, préoccupations paysagères, pression urbaine, évolutions climatiques), VitiTerroir propose d'aborder les dynamiques des vignobles dans la longue durée selon une approche systémique à l'échelle de la Touraine (département d'Indre-et-Loire en France, où se trouvent les AOC ligériennes de Chinon, Vouvray, Montlouis, Bourgueil et Saint-Nicolas-de-Bourgueil). Sur la base de la réflexion fondatrice de Roger Dion (Dion 1959), à partir d'études historiques préalables à l'échelle communale (Lammoglia, Leturcq à paraître ; Leturcq et al. 2015), départementale (Lammoglia, Leturcq à paraître), régionale et nationale, il s'agit d'identifier le rôle de quelques facteurs fondamentaux dans l'évolution des superficies communales viticoles tourangelles de 1836 à 2014. L'exploration des facteurs se fait par l'intermédiaire d'un modèle multi-agents spatialisé développé dans la plateforme GAMA. Nous étudions plus particulièrement l'influence de la dé-

mographie et des modes de consommation, l'impact de l'artificialisation des terres, la crise du phylloxéra dans les années 1880-1890, le classement AOC à partir des années 1930 et la réputation de qualité. L'enjeu principal de ce programme est d'identifier les conditions de résilience des vignobles actuels aux chocs sociaux, culturels et économiques.

Contexte scientifique

La modélisation à base d'agents est une pratique issue des sciences de la complexité à la croisée de l'informatique (programmation orientée objet, système distribué) et de l'intelligence artificielle distribuée (vie artificielle, robotique, sciences cognitives). Elle émerge dans les années 1980 i) de la nécessité de s'intéresser à des systèmes capables de s'adapter à des modifications de structure ou d'environnement, ii) de la prise en compte de la complexité des problèmes imposés par une vision locale (Ferber, Perrot 1995). A notre connaissance, les sciences de la vigne et du vin ont commencé à s'emparer de ces outils au début du XXI^e siècle. Nous proposons ici un rapide état de l'art permettant de situer de manière relative, le travail de modélisation effectué dans le cadre de VitiTerroir.

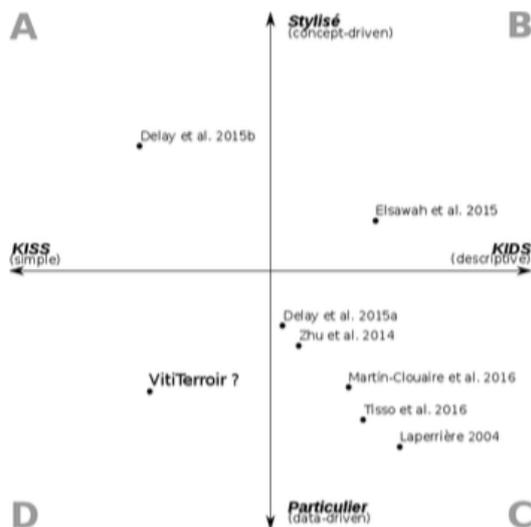


Figure 1 : Exemples de travaux de modélisation projetés sur le grille de lecture du fer à cheval (Banos et Sanders 2013)

Nous présentons dans l'ordre des quadrants (A- B-C-D) quelques travaux mobilisant les SMA pour réfléchir à des problématiques viticoles (Figure 1). Le quadrant A vise à identifier des modèles développés pour servir de béquille à l'esprit humain (Banos 2010). Il ne s'appuie pas à proprement parler sur des données quantitatives et vise plus à démontrer et explorer des dynamiques spatiales abstraites. C'est le cas du modèle CiViSMe (Delay et al. 2015) qui ouvre la réflexion sur l'influence de la coopération dans un système viticole de montagne stylisé. Le cadran B maintient un certain nombre de mécanismes stylisés, mais s'attache à décrire de manière plus descriptive les interactions sociales. Le travail décrit par (Elsawah et al. 2015) s'attache à formaliser les prises de décisions des viticulteurs. Le quadrant C regroupe la majorité des travaux recensés.

Ceux-ci arborent un très fort ancrage local. Les travaux de (Martin-Clouaire et al. 2016) ainsi que de (Tissot et al. 2014) s'intéressent à la formalisation des prises de décision de viticulteurs de manière fine. (Zhu et al. 2014) travaillent aussi à l'échelle fine sur l'influence du changement climatique tout comme le modèle AcidityGIS (Delay 2015). Le travail de (Laperrière 2004) s'inscrivant au niveau individuel, s'intéresse à l'influence des interactions sociales (res-

pectivement inter-individus et avec la coopérative). Notre travail s'inscrit quant à lui dans le quadrant D. Le modèle, implémenté dans la plateforme GAMA s'appuie largement sur des données démographiques et de consommation, mais en travaillant à un niveau de simulation agrégé. La description des mécanismes d'interaction entre les agents est aussi simple que possible tout en étant très fortement ancrée dans le territoire.

Fonctionnement du modèle

Le modèle VtiTerroir simule l'évolution des superficies viticoles des communes d'Indre-et-Loire à partir d'un temps t_0 (1836) jusqu'à un temps t_{final} (2014). Les superficies viticoles sont calculées année par année selon une équation générale intégrant des facteurs à l'échelle globale (France et département) et locale (commune). Le modèle est notamment soumis à quatre facteurs :

A. l'évolution de la consommation par habitant combinée à l'évolution démographique française. Ce facteur qui représente la demande en vin, agit de manière homogène sur toutes les communes ;

B. la distance de chaque commune à des noyaux d'élite. Nous faisons l'hypothèse que chaque vignoble est polarisé par un noyau d'élite, berceau viticole historique de viticulture (Kuhnholz-Lordat 1991). A partir de 1937 et 1939 les communes sont également impactées par la délimitation des aires AOC mise en place par l'INAO. Ce facteur apporte une différenciation spatiale à l'échelle du territoire et permet de distinguer les communes ayant une activité viticole bien marquée ;

C. la croissance urbaine des communes analysées à travers l'évolution de la densité de population. Ce facteur permet d'identifier les communes ayant potentiellement connu une compétition spatiale importante entre la vigne et la ville à partir de la seconde moitié du XX^e siècle. A titre d'exemple la population de Joué-les-Tours a été multipliée par dix entre 1926 et 1982 ;

D. la crise du phylloxera qui a entraîné une

chute brutale des surfaces viticoles (environ 45%) à la fin du XIX^e siècle.

L'équation générale du modèle est la suivante :

$$SurfaceVigneSimu_{t+1} = SurfaceVigneSimu_t \times \frac{CoefConso^{PoidsConso} \times CoefPop \times CoefAOC}{DistanceNoyaux^{PoidsDistanceNoyau} \times CoefDensite^{PoidsDensite}}$$

La pondération sur les facteurs consommation, distance et densité nous permet de calibrer le modèle via l'interface de simulation. Pour analyser les simulations, le modèle calcule les écarts entre les surfaces viticoles simulées et celles mesurées (compiées dans une base de données à partir de recensements historiques et des casiers viticoles administrés par les douanes). Nous analysons les écarts à deux échelles : celle du département, qui nous donne une tendance générale, et celle des communes ce qui nous permet de révéler des trajectoires particulières.

Résultats

La calibration du modèle a été réalisée de manière empirique, grâce à une exploration exhaustive de l'espace des paramètres. Les facteurs ont été intégrés au modèle de manière successive ce qui nous a permis d'évaluer la pertinence de chaque facteur implémenté, mais aussi de limiter le nombre de simulations (environ 50 000 simulations au total). Cette phase exploratoire montre que chaque facteur implémenté a permis d'améliorer la précision du modèle, certains de manière significative comme la délimitation AOC, d'autres de manière plus légère comme l'épisode phylloxérique.

Finalement, le modèle VitiTerroir (qui prend en compte les 4 facteurs) affichent des erreurs relativement faibles avec une moyenne des écarts égale à 22,47 ha, une médiane qui se situe à 0,93 ha et un écart type de 82,51 ha. Le modèle simule donc assez fidèlement l'évolution de la vigne pour une grande majorité des communes d'Indre-et-Loire (Figure 2). Néanmoins quelques communes affichent des écarts importants (> 100 ha). Ces écarts mettent en exergue des vignobles

ayant connu des trajectoires particulières au cours des deux derniers siècles. Nous pensons à Saint Nicolas de Bourgueil qui a connu une croissance exceptionnelle à la fin du XX^e siècle, mais aussi Cravant les coteaux et Panzoult qui sont aujourd'hui des pôles de viticulture majeurs dans le chinonais et même à l'échelle du département. Enfin le modèle révèle deux zones qui autre fois étaient réputés pour la viticulture et qui ont connu une décroissance significative. Il s'agit de la rive droite de la vallée de la Loire et la vallée du Cher.

Discussion

Suite à ce premier travail de modélisation plusieurs perspectives se dégagent. Tout d'abord, il nous semble intéressant d'approfondir nos recherches sur les territoires viticoles ayant connu ces trajectoires particulières. Il s'agit pour nous de comprendre quels sont les facteurs qui ont engendré ces dynamiques d'expansion pour le Bourgueillois, et d'extinction dans la vallée du cher. On pense notamment à l'importance des structures sociales qui ne sont pas prises en compte dans le modèle. Il faut sans doute aborder aussi, pour la période récente, la question des exportations. Une seconde perspective à court terme serait de tester le modèle sur une nouvelle région viticole pour évaluer la répliquabilité du modèle. En effet le modèle a été conçu pour être facilement transposable sur le territoire français. Il suffit pour cela de connaître les surfaces viticoles à t_0 et t_{final} , de connaître les délimitations AOC et d'acquérir des données sur la croissance démographique communale qui sont très accessibles de nos jours. Sur un plus long terme, l'objectif du programme VitiTerroir est d'apporter une dimension géoprospective au modèle pour identifier des scénarios

rios d'évolution des vignobles français en fonction de tendances et de mesures qui pourront être prises dans un futur proche

comme l'autorisation des droits de plantation de 1% qui a été lancée au 1er janvier 2016.

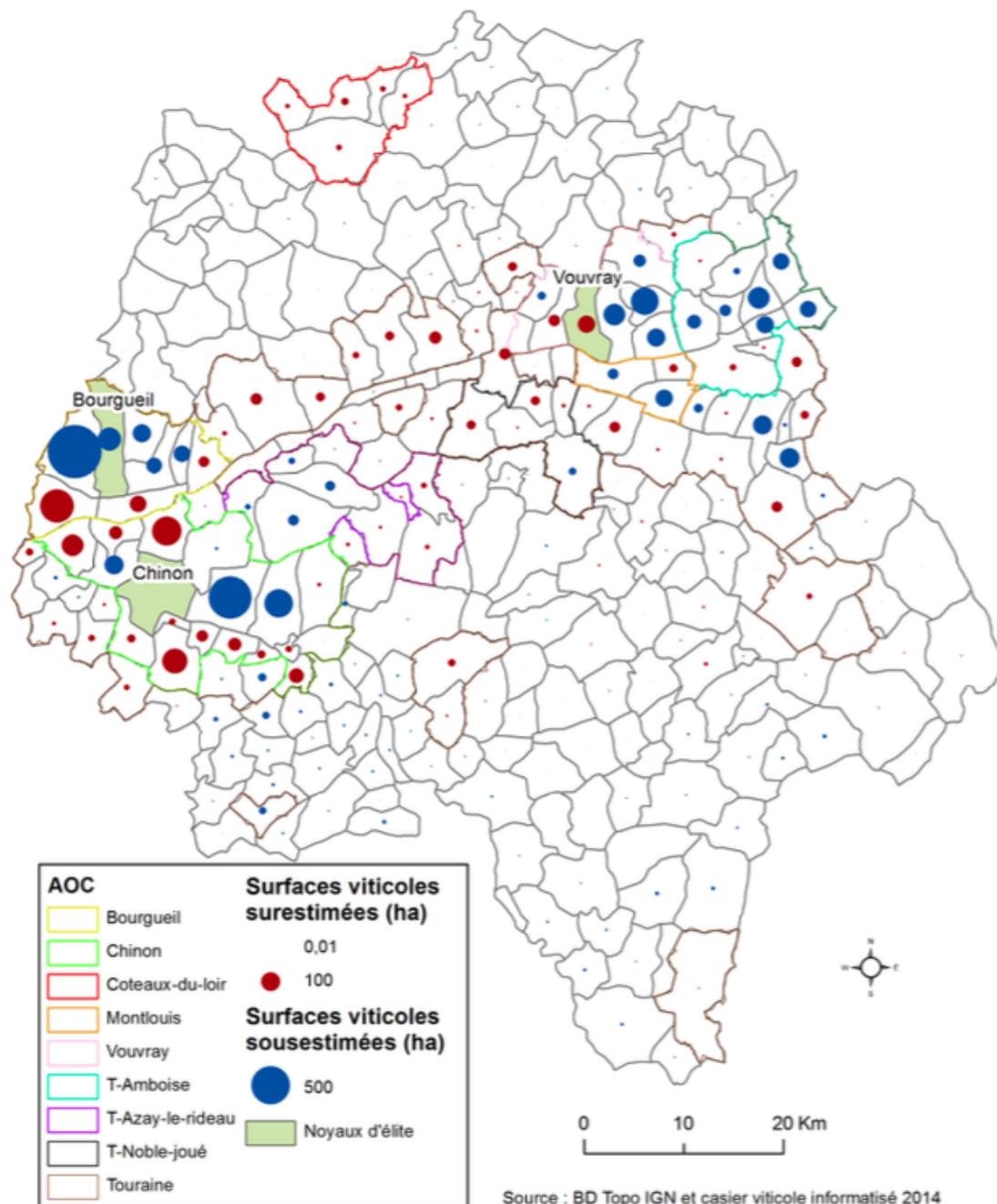


Figure 2 : écarts entre les surfaces simulées et les surfaces réelles recensées en 2014

Références

Banos 2010 BANOS A., « La simulation à base d'agents en sciences sociales : une « béquille pour l'esprit humain » ? », *Nouv. Perspect. En Sci. Soc.*, 5, 2, p. 91.

Delay et al. 2015 DELAY E., CHEVALIER

M., ROUVELLAC É., ZOTTELE F., « La coopérative : origine et conséquence des paysages viticoles de montagne ? », *J. Alp. Res. Rev. Géographie Alp.*

Delay 2015 DELAY E., *Réflexions géographiques sur l'usage des systèmes multi agents dans la compréhension des proces-*

sus d'évolution des territoires viticoles de fortes pentes : le cas de la Côte Vermeille et du Val di Cembra, Limoges.

Dion 1959 DION R., *Histoire de la vigne et du vin en France des origines au XIXe siècle*, CNRS éditions.

Elsawah et al. 2015 ELSAWAH S., GUILLAUME J. H. A., FILATOVA T., ROOK J., JAKEMAN A. J., « A methodology for eliciting, representing, and analysing stakeholder knowledge for decision making on complex socio-ecological systems : From cognitive maps to agent-based models », *J. Environ. Manage.*, 151, pp. 500-516.

Ferber, Perrot 1995 FERBER J., PERROT J. F., *Les systèmes multi-agents : vers une intelligence collective*, InterEditions Paris.

Kuhnholz-Lordat 1991 KUHNHOLTZ-LORDAT G., *La genèse des appellations d'origine des vins*, Macon Imprimerie Buguet-Comptour, coll. « Avenir oenologie », 150p.

Lammoglia, Leturcq à paraître LAMMOGLIA A., LETURCQ S., « Les petits terroirs viticoles en Touraine dans la longue durée (XIXe-XXIe siècle) », in LE BRAS S., *Les petits vignobles. Des territoires en question*, Tours-Rennes : PUFR-PUR, coll. « Tables des hommes ».

Lammoglia, Leturcq à paraître LAMMOGLIA A., LETURCQ S., « Le vignoble d'Azay-le-Rideau (XVIIe-XXIe siècle). A la recherche de facteurs de dynamiques spatiales. », *Mappemonde*.

Laperrière 2004 LAPERRIERE V., *Modélisation multi-agents du changement de pratiques viticoles*, Grenoble : UMR 3S Structures et Dynamiques Spatiales.

Leturcq et al. 2015 LETURCQ S., FERREIRA J., MARTINEZ VASQUEZ L., DE VILLARS VILLECROZE B., « Les dynamiques d'un terroir viticole. Azay-le-Rideau, XVe-XIXe siècle », in BODINIER B., LACHAUD S., *L'Univers du vin. Hommes, paysages et territoires*. Actes du colloque de Bordeaux (2-5 octobre 2012), Première édition, Presses universitaires de Rennes, coll. « Bibliothèque d'histoire rurale », 13, pp. 203-220.

Martin-Clouaire et al. 2016 MARTIN-CLOUAIRE R., RELIER J.-P., PAREN N., VOLTZ M., BIARNES A., « Modelling Management Practices in Viticulture while Considering Resource Limitations : The Ddivine Model », *PLOS ONE*.

Tissot et al. 2014 TISSOT C., ROUAN M., NEETHLING E., QUENOL H., BROSSET D., « Modeling of vine agronomic practices in the context of climate change », *BIO Web Conf.*, 3, p. 1015.

Zhu et al. 2014 ZHU X., MORIONDO M., IERLAND E. C. van, TROMBI G., BINDI M., « A model-based assessment of adaptation options for Chianti wine production in Tuscany (Italy) under climate change », *Reg. Environ. Change*, pp. 1-12.

MOMOS : Modélisation à Base d'Agent des Mobilités Quotidienne en Milieu Urbain pour la Simulation Spatiale

Thomas HURAUX, Alexandre CÉBEILLAC, Renaud MISLIN, Éric DAUDÉ

Mots-clefs - SMA, Mobilité, Dengue, Twitter, Google POI

Introduction

La modélisation pour la simulation spatiale des mobilités en milieu urbain est un enjeu majeur pour explorer leurs rôles et leurs dynamiques lors d'événements de crise telle qu'une évacuation massive de population ou la propagation d'une épidémie. Dans ce dernier cas l'objectif est de modéliser à micro échelle les possibilités d'interactions entre des humains et des vecteurs pour explorer par la simulation les dynamiques possibles de progression du virus dans des contextes environnementaux changeant. Les modèles à base d'agents sont bien adaptés à ces problématiques, ils permettent de prendre en compte des éléments clé de la dynamique des épidémies : hétérogénéités inter-individuelles (age, immunité), existence de sous-populations en interaction (humains et vecteurs), dynamiques environnementales (précipitations, températures). Nous avons donc développé un modèle à base d'agents avec pour premier objectif d'être socialement et statistiquement représentatif en termes de composition de la population, en générant une population synthétique. L'ajout de données pour décrire les mobilités individuelles et pour calibrer le comportement du modèle afin qu'il soit convergent vers les mobilités réelles observés en milieu urbain est plus complexe. Les données disponibles qui permettent de calibrer ces mobilités sont en effet difficiles à obtenir en l'absence de vastes enquêtes ou de données de comptage. Nous utilisons des données issues d'un réseau social (Twitter) qui constituent une alternative intéressante aux opérateurs de téléphonie classique. La gratuité des données et la présence du même fournisseur dans le monde permet en effet d'appliquer le même

protocole de collecte et d'analyse quelle que soit la zone d'étude et permet également de contourner toute règle de confidentialité avec un fournisseur, ce qui autorise la reproductibilité partielle des résultats.

Nous présentons dans cet article (1a) le modèle conceptuel des hôtes (humains) et de l'environnement, puis (1b) les données de population, de mobilité et d'occupation du sol qui sont utilisées pour calibrer le modèle et (2) des résultats de simulation pour des journées de semaine type et de week-end. Nous discutons (3) des choix et des limites de ce type de modélisation avant de conclure. Le cas d'application est la ville de Bangkok (Thaïlande).

Méthodes et données

MOMOS (Model Of MObility Simulation) est un modèle à base d'agent développé sous la plateforme GAMA . Son développement fait partie d'un projet ayant pour objectif la modélisation du système complexe de la dengue (Daudé et al., 2015). Deux autres modèles sont développés dans le cadre de ce projet, le modèle MOMA (Mannerat & Daudé, 2016) du vecteur *Aedes aegypti* et MODE (Mislin Daudé, 2017) qui décrit l'environnement du vecteur et ses dynamiques. Le modèle décrit dans cet article a pour objectif de simuler les dynamiques quotidiennes de mobilité des hôtes.

a. Le modèle de l'environnement

L'environnement est modélisé pour représenter les ressources qui sont nécessaires au cycle de vie du moustique *Aedes aegypti* et

les contraintes qui se présentent. Ce moustique synanthropique étant essentiellement urbain, MODE contient donc des méthodes pour construire des agents-environnement et leurs attributs propres à ce milieu (Misslin Daudé, 2017). L'occupation du sol est renseignée à partir d'une classification d'images satellites TIRS Landsat 8. Les bâtiments résidentiels sont définis directement dans MODE afin d'estimer (1) les densités de gîtes de ponte potentiels et (2) la population d'hôte dans des cellules environnements de 30m x 30m. Nous ne décrivons ici que les attributs environnementaux spécifiques à MOMOS et qui ont dû être estimé pour s'adapter aux besoins du modèle.

A ces informations sur l'occupation du sol, les données issues d'Open Street Map et de Google Place ont permis d'identifier les principales caractéristiques de chaque unité spatiale (180m) en termes de commerces, services, scolarités ou lieux de loisirs (Cebeillac et al., 2017). Chaque cellule dispose ainsi d'attributs en termes d'activité commerciale et d'éducation probable et donc d'un potentiel d'attraction pour les hôtes en déplacement.

b. Le modèle de l'hôte

Génération des hôtes

La première étape consiste à générer des agents-hôtes et de les localiser à leur lieu de résidence. Nous nous appuyons sur la librairie GenStar pour générer la population de Bangkok afin que ses caractéristiques soient statistiquement représentatives. A l'initialisation, les agents sont donc ventilés dans l'espace à leur lieu de domicile en fonction de leurs caractéristiques socioprofessionnelles et d'une estimation des densités à la maille de notre environnement (30x30m). Un agent MOMOS est caractérisé par :

- Un âge
- un sexe
- une catégorie socioprofessionnelle
- un lieu de domicile
- un agenda (fixe ou stochastique)

Création de l'agenda individuel, en fonction des tranches d'âges

Le concept d'espace d'activité (Horton et Reynolds, 1971 ; Hägerstrand, 1970) prend en compte les horaires de fréquentations selon les types de lieux visités par les individus. Il est adapté à la modélisation d'agents humains mobiles que nous définissons via des agendas (stochastiques ou non) et spatialisés.

L'agenda individuel est une donnée en entrée du modèle de mobilité, sa construction est basée en partie sur l'analyse des données issues du réseau social Twitter (Cebeillac et al., 2017) et sera complété par les enquêtes sur l'utilisation du temps par activité sur une journée type en Thaïlande , qui bien que ne renseignant pas sur la localisation spatiale et les distances parcourues, donnent des informations sur les durées des activités en fonction des tranches d'âges et des statuts socio-économiques.

Cependant, étant donné que les utilisateurs de Twitter concernent une classe d'âge assez jeune, à priori les 15- 35 ans (Sloan et al, 2015), nous devons poser des hypothèses de mobilités pour les autres tranches d'âges, en nous basant notamment sur les enquêtes d'utilisation du temps.

Les 15-35 ans :

Nous simulons la mobilité des 15-35 ans à partir des données issues du réseau social Twitter. Nous pouvons ainsi appréhender les différents comportements de mobilités que nous relient avec la typologie de l'utilisation du sol effectuée à partir des données issues de Google Maps. Ceci nous permet d'obtenir un potentiel d'attractivité des micro-espaces urbains en fonction des types de lieux qu'ils accueillent et des agendas individuels avec une probabilité de réaliser une activité par tranche horaire. Deux types d'agents 15-35 sont créés :

- Des agents-répliquants pour lesquels on utilise directement les agendas issus de Twitter pour un échantillon (env. 25 000 agents)
- Des agents-Twitter-inspirés, dont leur planning reprend les tendances de mobilités générales des agents-répliquants (nombre moyens de lieux fréquentés par tranche horaire et

types, distances parcourues en fonction du lieu de résidences pour exercer une activité, etc.)

Les autres tranches d'âges :

Pour les autres tranches d'âges, en plus des enquêtes d'utilisation du temps, nous ajoutons différentes hypothèses en fonction de l'âge de l'agent généré. Pour les tranches d'âges en dessous de 15 ans, nous utilisons des profils simplifiés de mobilité : domicile – école – aléa – domicile. Pour celles supérieures à 35 ans, nous posons l'hypothèse que le nombre de lieux fréquentés suit une fonction inverse de l'âge.

Finalement, la journée est découpée en 9 tranches horaires qui rythment le déplacement des agents (22h-06h ; 06h-08h ; 08h-10h ; 10h-12h ; 12h-14h ; 14h-16h ; 16h-18h ; 18h-20h et 20h-22h). A chaque nouvelle tranche horaire, l'agent humain se déplace dans une nouvelle cellule en fonction de son agenda fixé s'il s'agit d'un agent Twitter, ou stochastique sinon. Cette méthode permet d'introduire dans le simulateur l'impact des déplacements quotidiens sur le système modélisé.

Simulations et résultats

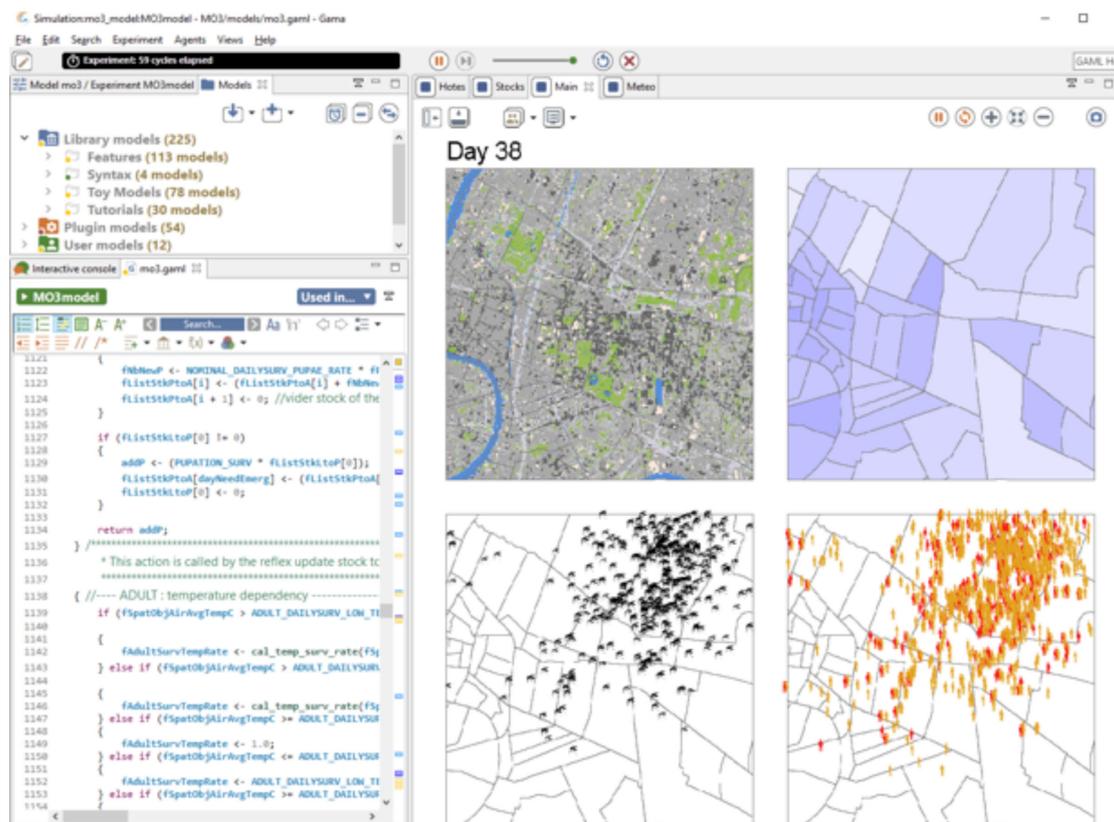


Figure 1

La figure 1 est une capture d'écran de notre simulateur de propagation d'épidémies dans Gama. Les quatre visualisations visibles de notre zone de test à Bangkok correspondent au mode d'occupation du sol (en haut à gauche), à la densité de population à différentes tranches horaires (en haut à droite), à la localisation des mous-

tiques infectés (en bas à gauche) et à la localisation des humains infectés (rouge) et en incubation (orange) (en bas à droite). Ceci illustre l'intérêt d'une modélisation individu-centré, afin de comprendre le rôle que la mobilité des hôtes joue dans la propagation des virus où les déplacements de quelques individus peuvent influencer

la propagation d'une épidémie à l'échelle urbaine. Le modèle de mobilité MOMOS permet de reproduire des phénomènes de propagation épidémique liés aux déplacements urbains. Nous présenterons d'une part des exemples de mobilité quotidienne issues du comportement local de nos agents et, d'autre part, les dynamiques globales de flux émergentes en cours de simulation.

Discussion et conclusion

MOMOS est élaboré en fonction des tranches d'âges. Il est calibré de deux manières (1) via des données réelles issues du réseau social pour un segment particulier de la population, les 15-35 ans, qui correspond à la population à risque pour le virus de la dengue et (2) via des hypothèses et des enquêtes d'utilisation du temps pour les autres tranches d'âges. Il permet de décrire finement les principaux lieux d'interactions des populations qui suivent les grandes tendances de flux observés à l'échelle de l'agglomération, très largement structurés par les activités économiques et les lieux résidentiels.

L'utilisation des données issues du réseau social Twitter utilisées ont probablement tendance à surestimer les capacités et fréquences de déplacement des utilisateurs. Cela peut s'expliquer par l'intention intrinsèque au partage de sa localisation sur les réseaux sociaux, ou un individu est peut être plus enclin à afficher sa présence dans un lieu qu'il fréquente plus exceptionnellement que dans un endroit commun (i.e son domicile ou son lieu de travail). Il semble qu'il existe un décalage entre l'espace d'activité réel, et l'espace d'activité virtuel, que l'utilisateur peut mettre en scène, en ne partageant sa localisation que dans des lieux qui semble être en accord avec l'image qu'il souhaite donner de lui sur les réseaux sociaux.

Cependant, des études comparatives d'échantillons d'individus utilisant à la fois des technologies mobiles et les réseaux sociaux de type Twitter montrent la convergence des résultats en termes d'estimations

des lieux visités et fréquences de fréquentation de ces lieux (Botta et al, 2015). Ainsi et à condition de disposer d'une profondeur temporelle suffisante et dans une zone géographique où l'usage de Twitter est suffisamment répandu, l'utilisation des données de ce réseau social serait aussi riche en informations de type time-geography que les informations issues des traces laissées via la téléphone mobile.

Couplé avec le modèle MOMA et MODE, MOMOS va permettre d'explorer de nombreux scénarios pour comprendre le rôle des mobilités individuelles dans la propagation du virus de la dengue.

Références

Botta F. Moat HS. Preis T, 2015. Quantifying crowd size with mobile phone and Twitter data

Cebeillac A. Huraux T., Daudé E. 2017. Where? When? And How Often? What Can We Learn on Daily Urban Mobilities From Twitter Data and Google Map in Bangkok (Thailand) and Which Perspectives For Dengue Studies? - Netcom

Daudé Éric, Vaguet A. et Paul R. 2015 - La dengue, maladie complexe. Nat. Sci. Soc., 23(4) :331-342

Hägerstrand, T. 1970 What about people in regional science? Papers of Regional Science Association, 24 :7-21

Horton, F. E. et Reynolds, D. R. 1971 Effects of Urban Spatial Structure on Individual Behavior. Economic Geography, 47(1) :36.

Maneerat Daudé, - 2016 - A spatial agent-based simulation model of the dengue vector *Aedes aegypti* to explore its population dynamics in urban areas. Ecological Modelling, vol. 333, pp.66-78.

Misslin Daudé, - 2016 - Génération d'environnements artificiels pour la simulation spatiale d'arboviroses en milieu urbain : application à la dengue et au virus Zika, SA-GEO.

Sloan L, Morgan J, Burnap P, Williams M
– 2015 - Who Tweets? Deriving the Demographic Characteristics of Age, Occupation

and Social Class from Twitter User Meta-Data. PLOS ONE 10(3) : e0115545

Génération automatisée d'environnements synthétiques basés sur les ressources d'*Aedes aegypti*, vecteur de la dengue et du virus Zika, pour analyser la sensibilité des facteurs environnementaux sur les dynamiques de population de moustiques

Renaud Misslin et Eric Daudé

UMR-6266 IDEES, Université de Rouen

Mots-clefs - maladies à transmission vectorielle, environnement, simulation spatiale, télédétection, simulation à base d'agents

Le moustique *Aedes aegypti* est le vecteur principal de la dengue et du virus Zika. Il est largement présent dans les villes des zones tropicales et intertropicales d'Afrique, d'Amérique et d'Asie (Rodhain 1996). À moyen terme, les vaccins en cours de développement contribueront probablement au recul de ces maladies. Néanmoins, l'émergence ou la réémergence de maladies transmises par ces moustiques (comme la récente réémergence du Zika en Amérique Latine) font des mesures anti-vectorielles des éléments majeurs de la lutte contre ces maladies. L'amélioration des moyens de surveillance des aires de distribution des vecteurs en milieu urbain et péri-urbain doit permettre d'optimiser l'utilisation de ces moyens dans le temps et l'espace (Gubler 2002). Le développement des connaissances dans ce domaine est principalement basé sur des enquêtes entomologiques de terrain pouvant être à la fois longues et coûteuses. De plus, les résultats de ces enquêtes étant très contextuels, ceux-ci peuvent difficilement être transposés d'une situation urbaine à une autre (Hartemink et al. 2014). La modélisation au contraire permet de formaliser ces différentes connaissances afin d'explorer les conditions nécessaires à leurs réalisations (Daudé, Vaguet, et Paul 2015). L'un des enjeux est alors de rassembler en un seul modèle un grand nombre de facteurs et d'évaluer, par la résolution d'équations différentielles ou la simulation, les effets de leurs interactions. La modélisation à base d'agents est un formalisme utilisé pour ce type d'expérience, elle per-

met de construire des laboratoires in silico prenant la forme de simulateurs et qui permettent de tester de nombreuses hypothèses par la simulation informatique. Plusieurs modèles à base d'agents permettant de simuler le comportement d'*Aedes aegypti* sont décrits dans la littérature (Almeida et al. 2010; Karl et al. 2014; Gunaratne et al. 2016; Maneerat et Daudé 2016). Au vue de leurs objectifs et des caractéristiques très contextuelles des relations environnement / moustique, les modèles décrivant le comportement des moustiques ont un intérêt à être développés indépendamment d'un terrain d'étude particulier et à pouvoir être appliqués à différents espaces urbains (Hartemink et al. 2014). En gagnant en généralité environnementale, ces modèles permettraient également d'explorer l'espace de phases des variables environnementales dont il est établi qu'elles constituent les ressources essentielles d'*Aedes aegypti*. Les quatre modèles cités ci-dessus sont appliqués dans des environnements qui utilisent comme descripteurs environnementaux des cas réels. Les caractéristiques de ces environnements sont décrites en fonction des besoins des moustiques. Leurs auteurs ont donc été confrontés aux questions soulevées par la nécessité de décrire de façon fidèle ces caractéristiques environnementales. Ces questions portent notamment sur l'acquisition et la production des bases de données permettant de décrire l'environnement du moustique. Les solutions adoptées par les différents auteurs peuvent se diviser en deux grandes catégo-

ries. La première catégorie rassemble les environnements construits de manière semi-automatique à un niveau spatial grossier relativement aux dimensions moyennes de l'espace de vie du moustique (la plupart des *Aedes aegypti* ne sont pas retrouvés à plus de 50 m de leur lieu de naissance (Getis et al. 2003)). La construction de ces environnements nécessite une intervention limitée du modélisateur pour une résolution finale supérieure ou égale à 10 m (Karl et al. 2014; Gunaratne et al. 2016; Misslin et Daudé 2016). L'avantage principal de ce type de solutions réside dans sa rapidité de mise en œuvre pour des zones d'étude potentiellement très larges. Les grandes dimensions des entités élémentaires du modèle forment le désavantage principal de cette catégorie de solutions. Le second type de solution consiste à construire un environnement spatialement très détaillé par le biais de travaux de digitalisation et d'enquêtes de terrain (Almeida et al. 2010; Maneerat et Daudé 2016). Ce type de solution présente l'avantage de permettre une certaine concordance entre les dimensions moyennes de l'espace de vie d'*Aedes aegypti* en milieu urbain et la dimension des entités environnementales élémentaires du modèle. Le désavantage de cette méthode est le caractère laborieux de la tâche de digitalisation pouvant être longue et fastidieuse. L'utilisation d'images satellites de très haute résolution spatiale (résolution < 1 m) pourrait permettre de dépasser le problème posé par le choix à effectuer entre niveau de détail élevé et simplicité/rapidité de construction des bases de données environnementales. Cependant, les coûts financiers élevés de ce type de données limiteraient la capacité de transposition de la méthode de construction des bases de données environnementales. Au contraire, une méthode basée sur des données libres (ou aisément accessibles) pourrait être appliquée à de nombreux contextes urbains différents. De ces observations découle la question suivante : comment construire des données environnementales fines, de manière automatisée et en partant de données libres ou aisément accessibles ? Cette communication

a pour but de donner une réponse à cette question en proposant le concept d'« environnement synthétique » et de proposer un générateur dont l'objectif est de fournir rapidement au modélisateur une très grande variété de micro environnements urbains. Ceux-ci permettent par exemple de tester les effets de l'hétérogénéité environnementale sur un processus particulier : nous présentons un exemple à partir de l'étude des effets des densités de bâti sur les capacités de déplacement et de dispersion des moustiques.

L'environnement synthétique

Le principe de « l'environnement synthétique » consiste à générer un environnement de très haute résolution spatiale en se basant sur des données agrégées, de préférence libres, disponibles à une échelle plus large. La génération d'environnements synthétiques donne donc au modélisateur la possibilité de produire automatiquement des données qui répondent à ses attentes en termes d'échelle. Le concept de l'environnement synthétique présente un intérêt particulier pour les études menées dans des pays du Sud, sur des étendues relativement larges pour lesquelles les données d'occupation du sol fines (la localisation des bâtiments notamment) n'existent pas ou sont soumises à des accès restreints. L'obstacle posé par la non-disponibilité de données fines est de fait un problème commun en modélisation à base d'agents. De nombreux domaines de modélisation sont susceptibles d'utiliser ce type d'environnements : mobilité résidentielle, mobilités (modèles d'évacuation de villes par exemple), croissance urbaine... Le principe de la génération d'environnements synthétiques est ici développé à partir d'un environnement généré par MODE, un modèle permettant de reconstruire des environnements pour des moustiques *Aedes aegypti* virtuels dont le comportement est modélisé au niveau individuel par MOMA (Maneerat et Daudé 2016).

Méthode : MODE-micro

Construction des bases de données agrégées

L'environnement généré par MODE rassemble les 6 ressources et conditions dont les distributions spatio-temporelles ont les impacts les plus importants sur la distribution des moustiques : la végétation, les bâtiments, les humains, les gîtes larvaires potentiels, les températures et les précipitations (Maneerat et Daudé 2016 ; Misslin et Daudé 2016). Les distributions spatio-temporelles de chacune de ces caractéristiques de l'environnement sont estimées par MODE en se basant sur les hypothèses données par Misslin et al. (Misslin et Daudé 2016). Ces distributions spatiales estimées des ressources sont réalisées à une résolution minimale de 30 m. Cette opération est réalisée grâce à des images satellites Landsat 8, des images Aqua et Terra (MODIS), des données de recensement spatialisées et des données météorologiques. La version « micro » de MODE, appelée MODE-micro et présentée dans le cadre de cette communication, permet d'améliorer la précision en construisant un environnement synthétique (résolution $< 0,1$ m) à partir des données agrégées produites par MODE (résolution = 30 m).

Le niveau élémentaire du modèle est appelé cellule environnement (CE). Les CE sont décrites par les données issues de MODE et introduites en entrée de MODE-micro (NDVI, NDBI (indice de bâti), nombre d'habitants, nombre de ménages, température de l'air). La résolution des CE est de 30 m. L'objectif de MODE-micro est d'améliorer cette précision en localisant des objets, principalement des bâtiments, au sein de ces CE. Les éléments spatiaux les plus fins sont les bâtiments. Il s'agit de polygones dont la précision des coordonnées est inférieure au centimètre. Ces bâtiments, leur localisation et leurs dimensions, sont générés à partir des caractéristiques qui définissent les CE. La résolution temporelle diffère selon les données injectées en entrée. Ici, la résolution temporelle la plus fine est

la demi-journée. La méthode de la génération de l'environnement synthétique permet d'améliorer la résolution spatiale des données injectées. En revanche, elle ne permet pas d'améliorer leur résolution temporelle. Cette observation pourra faire l'objet d'une perspective de développement.

Initialisation de l'environnement synthétique

Cette première phase consiste à mettre en place la structure de l'environnement qui n'évoluera pas au cours de la simulation. Dans un premier temps, un tirage aléatoire pondéré par un indice de probabilité de présence de bâti détermine pour chaque cellule environnement (CE) si celles-ci vont pouvoir ou non accueillir des bâtiments. L'étendue des espaces non-bâties est ensuite précisée à un niveau inférieur à celui d'une CE grâce aux données issues des traitements automatisés réalisés sur les images Google Maps et des routes issues d'Open Street Map. Une fois ces espaces bâtis précisés, les CE construisent des ménages composés d'un ou plusieurs habitants en puisant dans leur stock de ménages et dans leur stock d'habitants. Ces ménages sont ensuite logés dans des bâtiments placés sur les espaces pouvant accueillir des bâtiments. Les bâtiments sont constitués d'un ou plusieurs étages, sont susceptibles de contenir des gîtes larvaires dont le nombre dépend du nombre de ménages qui y résident et ont une température de l'air intérieure pouvant être différente de la température de l'air extérieure. Les CE sont caractérisées par : leur température de l'air, leur nombre de gîtes extérieurs et leur niveau d'activité végétale. Les précipitations sont issues de bases de données météorologiques injectées en entrée du modèle et sont les mêmes sur toute la zone d'étude.

Dynamiques environnementales

Les dynamiques de MODE-micro sont principalement météorologiques. Elles sont liées aux précipitations qui remplissent les gîtes

larvaires situées à l'extérieur (associés aux CE), à l'évaporation qui les vide et aux températures de l'air qui évoluent en fonction de données de température de l'air estimées à partir des données de température de surface issues des satellites Terra ou Aqua (MODIS).

Validation

La démarche de validation consiste à comparer des environnements synthétiques générés par MODE-micro soit à d'autres bases de données spatiales. Il peut s'agir de données produites par des enquêtes de terrain (ex : dénombrements des GLP, mesures microclimatiques), collectées le biais de questionnaires (ex : recensement) ou issues de l'analyse d'images satellites (ex : extraction du bâti sur images de très haute résolution). Le positionnement des bâtiments est une étape clé de l'application de MODE-micro. De ce fait, les résultats de ce processus de localisation de bâtiments individuels devraient faire l'objet d'une attention particulière. Dans le cadre de cette communication nous présenterons une méthode de validation de la localisation des bâtiments s'approchant du Kappa de Cohen mesurant l'accord entre des données observées et des données simulées (Taillandier et al. 2016). Pour cela, MODE-micro sera appliqué à un quartier de Bangkok (Thaïlande) et un quartier de Delhi (Inde).

Conclusion

Au final, MODE permet de construire un environnement précis d'un point de vue spatial. Il a l'avantage de permettre cette construction à partir de données libres (ou généralement aisément accessibles) et disponibles dans la majorité des villes susceptibles d'être touchées par les arboviroses transmises par *Aedes aegypti*. Le fait que la transposition de ce modèle dans une nouvelle zone d'étude puisse être basée sur les connaissances expertes de cette zone lui procure une souplesse importante. Ce modèle sera appliqué à des quartiers des villes

de Bangkok (Thaïlande) et Delhi (Inde) et couplé avec MOMA, modèle simulant le comportement de moustiques individuels. Une des perspectives principale est de comparer l'effet de l'environnement synthétique issu de MODE-micro sur les cohortes de moustiques virtuels et l'effet des environnements digitalisés à très haute résolution sur ces mêmes cohortes d'*Aedes aegypti*. Nous réaliserons notamment une analyse de sensibilité du modèle MOMA en étudiant l'effet des densités et des dispositions des bâtiments sur la dispersion des moustiques (les bâtiments digitalisés d'un côté et les bâtiments simulés par MODE-micro de l'autre).

Références

- Almeida, Sandro Jerônimo de, Ricardo Poley Martins Ferreira, Álvaro E. Eiras, Robin P. Obermayr, et Martin Geier. 2010. « Multi-Agent Modeling and Simulation of an *Aedes Aegypti* Mosquito Population ». *Environmental Modelling & Software* 25 (12) : 1490 ?1507.
- Daudé, Éric, Alain Vaguet, et Richard Paul. 2015. « La dengue, maladie complexe ». *Natures Sciences Sociétés* 23 (4) : 331 ?42.
- Getis, Arthur, Amy C. Morrison, Kenneth Gray, et Thomas W. Scott. 2003. « Characteristics of the spatial pattern of the dengue vector, *Aedes aegypti*, in Iquitos, Peru ». *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 494 ?505.
- Gubler, Duane J. 2002. « Epidemic dengue/dengue hemorrhagic fever as a public health, social and economic problem in the 21st century ». *TRENDS in Microbiology* 10 (2) : 100 ?103.
- Gunaratne, Chathika, Mustafa Ilhan Akbas, Ivan Garibay, et Ozlem Ozmen. 2016. « Evaluation of Zika Vector Control Strategies Using Agent-Based Modeling ». arXiv :1604.06121.
- Hartemink, Nienke, Sophie O. Vanwambeke, Bethan V. Purse, Marius Gilbert,

- et Hans Van Dyck. 2014. « Towards a Resource-Based Habitat Approach for Spatial Modelling of Vector-Borne Disease Risks : Resource-Based Habitats for Vector-Borne Diseases ». *Biological Reviews*.
- Karl, Stephan, Nilimesh Halder, Joel K Kelso, Scott A Ritchie, et George J Milne. 2014. « A Spatial Simulation Model for Dengue Virus Infection in Urban Areas ». *BMC Infectious Diseases* 14 (1) : 447.
- Maneerat, Somsakun, et Eric Daudé. 2016. « A Spatial Agent-Based Simulation Model of the Dengue Vector *Aedes Aegypti* to Explore Its Population Dynamics in Urban Areas ». *Ecological Modelling* 333 (août) : 66-78.
- Misslin, Renaud, et Éric Daudé. 2016. « Génération d'environnements artificiels pour la simulation spatiale d'arboviroses ». In Actes de la conférence *SAGEO'2016*. Nice.
- Rodhain, Francois. 1996. « Les insectes ne connaissent pas nos frontières ». *Médecine et maladies infectieuses*, no 26 : 408-414.
- Taillandier, Patrick, Arnaud Banos, Alexis Drogoul, Benoit Gaudou, Nicolas Mairilleau, et Quang Chi Truong. 2016. « Simulating Urban Growth with Raster and Vector Models : A Case Study for the City of Can Tho, Vietnam ». In *International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems*, 154-171.

Atelier 16

Simulation et mobilité

Outdoor recreationists, how to find their pauses by using ST-DBSCAN clustering algorithm

Colin Kerouanton¹, Laurence Jolivet², Clémence Perrin-Malterre³, and Anne Loison¹

LECA, UMR 5553, Université Grenoble Alpes, France¹

Univ. Paris-Est, LASTIG COGIT, IGN, ENSG, F-94160 Saint-Mande, France²

EDYTEM, UMR5204, Université de Savoie Mont Blanc, France³

Mots-clefs - ST-DBSCAN ; Density-based clustering ; sensitivity ; spatial analysis ; outdoor recreationists

Context

Since the 80s, nature-based recreational activities are more popular and more diversified. For example, climbing changed to many climbing sub-categories, as well as biking and hiking (Corneloup, 2003). These changes have some effects on the environment, such as impacts on wildlife behaviour (Burger, 1981). This phenomenon is observed in many parks located in the USA, Australia and Europe (Becco et al., 2013 ; Wolf et al., 2012 ; Braunisch et al., 2011).

A collaboration is led in the context of a PHD thesis entitled *Spatial analysis of the human- wildlife interactions, and spatial management scenarios* whose aim is to study outdoor recreationist mobility within a natural area (Parc Naturel Régional du Massif des Bauges). As the Laboratoire d'Ecologie Alpine has studied wildlife in this area since numerous years, we use both wildlife data and outdoor recreationist data in order to compute the human effects on wild ungulates.

A part of the outdoor recreationist dataset is provided by a low cost GPS trackers distribution campaign. Through this data, we want to better understand where and how the outdoor recreationists practice their activities and where they make pauses. Our communication deals with that last question, and the necessary methodological steps to obtain the outdoor recreationists pauses.

State of the art

There are several methods to detect pauses in GPS trajectories such as time geography and processing speed levels (Buard and Brasebin, 2012 ; Hagerstrand, 1970), turning angles, but our dataset has a high imprecision due to the low cost GPS (i-gotU GT-120) we use (Duncan et al., 2013), and due to the study area. Therefore we think that other statistical approaches might be better for our case study. One approach for detecting pauses is processed by computing densities. This approach is used to detect predators kills in ecology (Sand et al., 2005), by aggregated buffers around trajectory stamps. Ecology methods also use clustering algorithm, such as those developed in genetics, applied in trajectory studies (Calenge, 2006).

In our study, we consider the gps trajectories as spatial points. One would say that DBSCAN algorithm (Ester et al., 1996), by its simplicity and its robustness is fitted to a spatial point dataset, but our dataset has a last dimension which is not used in DBSCAN : time. An alternative to DBSCAN is GDBSCAN, which proposes a threshold to detect noisy points in clusters (Sander et al., 1998).

ST-DBSCAN proposes to compute density-based clusters on multi-dimensionnal datasets (Biran and Kut, 2007). We chose to work on our dataset with this method.

Like DBSCAN (Wong and Huang, 2016), the ST-DBSCAN algorithm could be sensible to its three main parameters presented below. Our paper illustrates a way of finding pauses in a low cost GPS trajectory by clustering with the algorithm ST-DBSCAN, and also discuss its sensitivity. For our context, we will try to find the best fit for ST-DBSCAN parameters.

Material and method

Study area

We study an alpine pasture in the Parc Naturel Régional du Massif des Bauges, a mountainous massif in Savoy. Also situated in a National Hunting and Wildlife Reserve, the Armeine pasture is used for pastoralism, non-consumptive nature-based recreational activities such as hiking and skiing, and consumptive for hunting. Many scientific studies are lead, in this area in ecology, sociology and geography (Chanteloup et al., 2016).

Data collection

During summer campaigns, we provide to outdoor recreationist GPS trackers (i-gotU GT-120) at the departure of a hiking path on two study sites. We advice to display the GPS on the top of the backpack or on top of the person, in order to reduce imprecision. As soon the hiking tour finishes, the recreationists give the GPS tracker back and fill a sociological questionnaire. We collect 294 GPS traces on summer 2014 and 2015 and we used 282 traces for our analyses.

Method

The GPS traces are made of a succession of geographic points ordered by time. The GPS frequency is one point every 10 seconds. When there is a pause, GPS points density increase spatio-temporally. In a trace, there are dense points clouds which correspond to pauses (see figure 1).

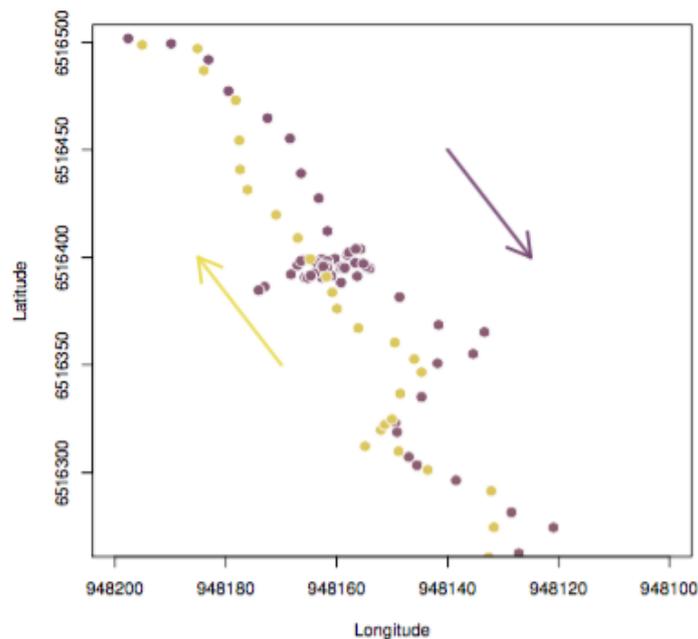


Figure 1 : Cloud of points in a recreationist trajectory representing a pause. Arrows show the direction of the trajectory, whereas colors illustrate the moment of the trajectory (purple is the beginning, red the ending)

STDBSCAN algorithm is designed to compute spatial and temporal similarities, and correlate both. This method has the advantage to be simple and quick to use, for a data collection such as ours.

As a recreationist can come back on the same hiking path, a difference had to be made between points from the first passage and from the return, and those which are consecutive. In order to use STDBSCAN, we built a 3-dimensional matrix for every trajectory : longitude (x), latitude (y), and cumulated timestamps (t). STDBSCAN takes as inputs three main parameters which are `min pts`, `eps1` and `eps2`. To consider points as a cluster, `min pts` is the number of points minimum, `eps1` is the maximal spatial distance between points of a same cluster, and `eps2` is the maximum temporal window. In our contribution, we test our approach on a subset of 15 trajectories. The `min pts` parameter here is a way of controlling the minimum time of clusters, as two GPS points are separated by 10 seconds.

First, in order to test the sensibility of these parameters, we use an interactive geo-visualization to detect visually the pauses that a recreationist could have made, as on figure 1. We produce a ground truth by determining from the trajectory if points may be considered as a pause considering a duration between 2 and 4 minutes, or more than 4 minutes. These results are compared to the algorithm ST-DBSCAN results. Secondly, we use three lists of values to test as the ST-DBSCAN parameters, and compute the algorithm for all these values, and

for the 15 trajectories. The results obtained are the total number of clusters found for the whole subset.

Finally, we display the ST-DBSCAN clusters in the geo-visualization with a different color for each cluster, using the best fitted parameters regarding the first visual results. We control whereas clusters are wrong or not, and if the time of pause corresponds to the number of points attended.

In order to visualize the trajectories and to test the ST-DBSCAN algorithm, we use the R program (R Core Team, 2016).

Results

i) Visual interpretation

The observation of the 15 trajectories leads to a result of 124 clusters found. We also observe that some clouds of points are due to the high steepness of the study area that causes the low recreationist speed, and the hiking path turns. We count 57 pauses between 2 and 4 minutes, and 67 pauses longer than 4 minutes.

ii) Parameters sensitivity

After having tested the parameters, we can observe a high variance between the results, and a sensitivity for the `min pts` parameter (see figure 2). For the next months, we will test the algorithm again, in order to compute the whole sensivity of ST-DBSCAN to the parameters.

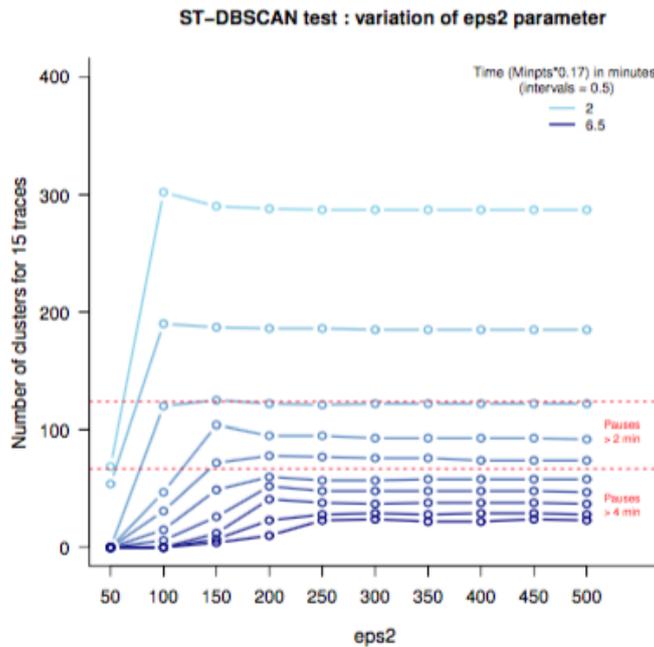


Figure 2 : Sensivity of the eps2 parameter, for a eps parameter fixed to 20 meters

iii) Results validation

Those results will be confirmed by observing the validity of the computed clusters, using the same geovisualisation that we used to detect clouds of points or pauses.

Discussion

We find ST-DBSCAN quick and simple to use. Our dataset is very noisy, as the study area is mountainous and the GPS lowcost. We think that algorithm parameters a heuristic study has to be made before computing ST-DBSCAN. We have also found some limitations to the use of density-based clustering in a mountainous context : very steep hiking path, high turning angles, low speed. Those limitations means that the algorithm detects short pauses where recreationist go slower when turning. We propose to use the algorithm several times, with different parameters each time, to extract longer and shorter pauses.

Conclusion

We use ST-DBSCAN to detect outdoor recreationist pauses. We study its sensivity to

its parameters. We will use it further in our studies to extract the pauses in trajectories, but also to extract noisy points, in order to clean trajectories. Pauses extracted and pauses times will further be analysed in regards to answers to sociological questionnaires. Understanding where recreationists pause and how long they pause could lead to a better knowledge on human and wild-life interaction, and could help managers in decisions.

Références

- Beeco, J. A., Huang, W.-J., Hallo, J. C., Norman, W. C., McGehee, N. G., McGee, J., and Goetcheus, C. (2013). GPS Tracking of Travel Routes of Wanderers and Planners. *Tourism Geographies*, 15(3) :551–573.
- Birant, D. and Kut, A. (2007). ST-DBSCAN : An algorithm for clustering spatial-temporal data. *Data & Knowledge Engineering*, 60(1) :208–221.
- Braunisch, V., Patthey, P., and Arlettaz, R. (2011). Spatially explicit modeling of conflict zones between wildlife and snow sports : prioritizing areas for winter refuges. *Ecological Applications*, 21(3) :955–967.

- Buard, E. and Brasebin, M. (2012). Exploration visuelle de trajectoires de grands animaux. *Cartes et géomatique*, (211) :101–113.
- Burger, J. (1981). Effects of human disturbance on colonial species, particularly gulls. *Colonial Waterbirds*, pages 28–36.
- Calenge, C. (2006). The package “adehabitat” for the R software : A tool for the analysis of space and habitat use by animals. *ecological modelling*, 197 :516–519.
- Chanteloup, L., Perrin-Malterre, C., Duparc, A., and Loison, A. (2016). Quels points de vue sur les espaces partagés entre humains et animaux sauvages? *Espaces et sociétés*, (1) :33–47.
- Corneloup, J. (2003). Les cultures sportives de la montagne d’aujourd’hui et de demain. pages 135–162.
- Duncan, S., Stewart, T. I., Oliver, M., Mavoa, S., MacRae, D., Badland, H. M., and Duncan, M. J. (2013). Portable global positioning system receivers : static validity and environmental conditions. *American journal of preventive medicine*, 44(2) :e19–e29.
- Ester, M., Kriegel, H.-P., Sander, J., and Xu, X. (1996). A density-based algorithm for discovering clusters in large spatial databases with noise. In *Kdd*, volume 96, pages 226–231.
- Hagerstrand, T. (1970). What about People in Regional. *Papers of the Regional Science Association*, 24 :1–12.
- R Core Team (2016). *R : A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Sand, H. a., Zimmermann, B., Wabacken, P., Andrén, H., and Pedersen, H. C. (2005). Using GPS technology and GIS cluster analyses to estimate kill rates in wolf-ungulate ecosystems. *Wildlife Society Bulletin*, 33(3) :914–925.
- Sander, J., Ester, M., Kriegel, H.-P., and Xu, X. (1998). Density-Based Clustering in Spatial Databases : The Algorithm GDBSCAN and its Applications.
- Wolf, I. D., Hagenloh, G., and Croft, D. B. (2012). Visitor monitoring along roads and hiking trails : How to determine usage levels in tourist sites. *Tourism Management*, 33(1) :16–28.
- Wong, D. W. and Huang, Q. (2016). Sensitivity of DBSCAN in identifying activity zones using online footprints.

Proposition méthodologique pour l'exploration et la visualisation des données de mobilité

Emilie Lerond¹, Olivier Klein², Jean-Philippe Antoni¹

Laboratoire ThéMA

UMR 6049 CNRS - Université Bourgogne Franche-Comté¹

Luxembourg Institute of Socio-Economic Research (LISER)²

Mots-clefs - mobilité quotidienne, agrégation, visualisation, données désagrégées

Introduction

Les sources de données de mobilité individuelle se sont aujourd'hui très diversifiées, aussi bien du côté des outils de collecte (smartphones, objets connectés, capteurs) que de celui d'applications (applications téléphoniques, simulation spatiale). Ces données partagent en général le fait d'être désagrégées et multidimensionnelles : elles se caractérisent par des attributs à la fois spatiaux (localisation, géométrie), thématiques (motif, mode de déplacement) et temporels (heure de début et de fin, durée) qui décrivent les déplacements des individus (Peuquet D., 1994). Leur volume et la structure de leurs attributs les rendent difficiles à manipuler (Batty, 2013 ; Kitchin, 2014). On peut toutefois penser que malgré leur complexité, elles offrent, du fait de leur nature, une possibilité nouvelle pour comprendre les mobilités et identifier les règles comportementales qui en sont à l'origine. Nous cherchons justement à traiter et à structurer ces données pour en faire émerger de l'information par diverses méthodes d'analyse, d'exploration et de visualisation des données.

Données

Le jeu de données mobilisé est généré par MobiSim, une plateforme de simulation LUTI individu-centrée développée au sein du laboratoire ThéMA (Antoni et al., 2016). Il décrit les déplacements quotidiens de 180.000 individus dans la Communauté d'Agglomération du Grand Besançon

(CAGB) pendant vingt-quatre heures, sous forme d'une matrice origine-destination et sous forme de positions successives des individus. Les heures de départ et d'arrivée sont connues, ainsi que les motifs et modes de transport.

Méthodologie

Pour analyser et visualiser ces données, nous cherchons à réduire le volume des données sans perte de leur caractère multidimensionnel ou désagrégé. La solution apportée par l'agrégation, en tant que réalisation d'un système de partition (Openshaw S., 1981), permet de gagner en maniabilité et en visualisation des données. Nous mettons en œuvre une méthode d'agrégation en trois étapes (3.1) applicable à chacune des dimensions des données, et présentée ici sur les attributs spatiaux (3.2) et aux attributs temporels (3.3).

(2) Les agrégations à plusieurs niveaux (sur le même attribut) peuvent être calculées de manière directe ou itérative (Figure 2). Le chaînage direct permet d'agréger les données à un niveau n_i depuis la donnée source, correspondant au niveau n_0 . Le chaînage itératif permet d'agréger les données à un niveau n_i depuis le niveau précédent n_{i-1} ; le chaînage itératif est en partie conditionné par le choix de l'unité d'agrégation à l'étape 1.

Agrégation en trois étapes

Afin de guider l'exploration de différentes agrégations, nous testons une méthode en trois étapes qui s'applique, pour l'instant, à chaque dimension des données prise individuellement. Cette méthode consiste en la sélection (1) de l'opérateur d'agrégation, (2) du type de chaînage et (3) du niveau d'agrégation.

(1) Un opérateur (somme, moyenne, valeur centrale) est sélectionné pour agréger les données selon l'attribut sur lequel porte l'agrégation : nombre d'individus, âge médian, part de déplacement en transport en commun, etc. La structure de l'unité d'agrégation est également choisie à cette étape : pour un attribut spatial, la forme de l'unité (carrés, hexagones, etc.) et celle de la grille (régulière ou non).

(2) Les agrégations à plusieurs niveaux (sur le même attribut) peuvent être calculées de manière directe ou itérative (Figure 2). Le chaînage direct permet d'agréger les données à un niveau n_i depuis la donnée source, correspondant au niveau n_0 . Le chaînage itératif permet d'agréger les données à un niveau n_i depuis le niveau précédent n_{i-1} ; le chaînage itératif est en partie conditionné par le choix de l'unité d'agrégation à l'étape 1.

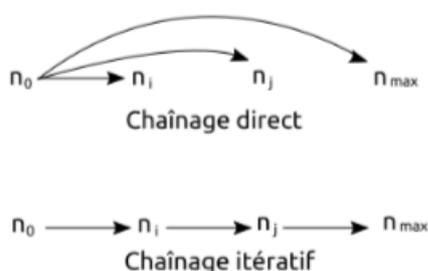


Figure 1 : Type de chaînage d'agrégation

(3) L'étendue des niveaux d'agrégation sur un attribut est comprise entre n_0 et n_{max} (l'attribut est entièrement agrégé et ne compte alors plus qu'une seule unité), ce qui définit l'étendue de n_i . Entre ces deux limites, chaque niveau n_i peut être testé et chacun d'eux produit une représentation différente du jeu de données, plus ou moins

facile à gérer, analyser et visualiser. Chaque représentation au niveau n_i doit être évaluée et comparée aux autres niveaux n de mesurer l'information obtenue et de, éventuellement, déterminer un intervalle de niveaux dans lequel un grand nombre d'informations affleure tout en étant aisé à manipuler.

Agrégation spatiale

Les déplacements sont réalisés sur un territoire, à partir d'un réseau de transport entre des lieux. Il semble peu judicieux de chercher à les analyser sans prendre en compte l'occupation du sol, dont ils sont dépendants. Nous disposons ainsi de deux attributs spatiaux à agréger, sur lesquels appliquer l'agrégation en trois étapes : l'occupation du sol (3.2.1) et le réseau routier (3.2.2).

Agrégation de l'occupation du sol

Pour représenter l'occupation du sol, nous retenons l'attribut « bâtiment », dont le pourcentage de surface bâtie par unité d'agrégation est calculé. La structure retenue pour l'instant est une grille régulière de cellules hexagonales. De ce fait, seul le chaînage direct d'agrégation est applicable dans cet exemple. L'étendue des niveaux est comprise entre l'échelle du bâtiment (n_0) et celui de la zone d'étude (n_{max} , soit environ 16km de côté); n'importe quel n_i peut être testé entre ces deux extrêmes.

Agrégation du réseau routier

Pour représenter le réseau routier, nous effectuons une agrégation sur la géométrie du réseau lui-même. A n de maximiser le nombre de connexions entre cellules (et donc le nombre de tronçons), une grille hexagonale est retenue et seule une agrégation directe est possible. Cette agrégation permet de représenter linéairement le réseau sous forme de « carte de métro ». Pour cela, chaque tronçon du réseau routier est rattaché au tronçon de centroïde à centroïde dont il est le plus proche (Figure 2) : de la sorte, les tronçons routiers - sans

considération pour leur attributs thématiques proches sont agrégés en un seul tronçon. Cette représentation du réseau routier permet de mieux en voir la structure sans la grever, la connectivité du réseau entre chaque centroïde de cellule devenant ainsi plus visible que sa topologie (Stott, Rodgers, 2005).

Agrégation temporelle

L'agrégation temporelle peut s'effectuer de manière « classique » en regroupant les secondes en minutes, les minutes en heures, les heures en périodes de journée (matinée, après-midi), etc. Cela revient finalement à discrétiser le temps de la journée en classes d'égales étendues et conduit à construire une carte ou une vue pour chaque classe temporelle : 86,400 vues pour des classes de 1 seconde, 2 vues pour des classes de 12 heures. Dans le premier cas, le nombre de vues est trop volumineux pour en déduire des tendances dans les déplacements individuels. Dans le second cas, les classes temporelles sont trop étendues pour obtenir une vue interprétable : c'est donc à des niveaux intermédiaires qu'il faut visualiser les données de mobilité quotidienne.

Au-delà du nombre de classes temporelles, c'est aussi le recours à des classes d'étendues temporelles égales qui semble contraignant (Antoni et al., 2012). En effet, si l'on considère les 24 heures de la journée, certaines de ces heures comptabilisent peu de déplacements, alors que d'autres connaissent des pics de déplacements en raison des rythmes urbains. Face à ce constat, chercher une discrétisation temporelle à différents niveaux d'agrégation, fondée sur les méthodes de discrétisation des variables thématiques (méthode de Jenks, classes d'écart-type, etc.) peut permettre l'homogénéisation des classes. Cela permet de représenter dans des classes temporelles plus petites les moments comptant le plus de déplacements, ce qui réduit donc le nombre de déplacements visualisés simultanément et de faciliter leur analyse.

Résultats

De premiers résultats sont obtenus avec l'agrégation spatiale de l'occupation du sol et du réseau routier de la CAGB. L'agrégation de l'occupation du sol, prise en compte à partir des bâtiments résidentiels, permet de visualiser les zones résidentielles et leur concentration. Cette représentation agrégée permet de conserver l'organisation urbaine de la zone d'étude (forme, localisation, concentration) tout en facilitant la manipulation des données. L'agrégation du réseau routier réduit le nombre de tronçons routiers tout en maintenant la connectivité du réseau, ce qui permet de constater visuellement les inégalités d'accessibilité dans la zone d'étude.

Risques naturels et vulnérabilité

Pour l'instant, l'agrégation a été testée sur trois attributs (occupation du sol, réseau, temps). Deux nouveaux attributs thématiques peuvent être également testés, les motifs de déplacement et les modes de transport. Dans un premier temps, ces cinq attributs peuvent être agrégés individuellement à divers niveaux, afin d'explorer de manière exhaustive le jeu de données. Dans un second temps, ces attributs, à divers niveaux, peuvent être combinés dans une seule vue, afin de visualiser simultanément l'ensemble des données. La vue ainsi obtenue serait plus ou moins interprétable, plus ou moins efficace pour explorer, analyser et visualiser le jeu de données, et nécessiterait une évaluation (quantitative, par passation d'enquête, par cognition).

Perspectives

La méthode d'agrégation en trois étapes proposée doit être validée (1) au niveau local, (2) au niveau global et (3) en termes d'apport d'informations.

(1) Au niveau local, l'analyse des unités agrégées peut être conduite à partir d'indicateurs locaux (Hagen-Zanker, 2006).

(2) Au niveau global, la comparaison des

unités agrégées (et leurs attributs statistiques) à différents niveaux d'agrégation peut être réalisée à partir de mesures d'autocorrélation (Goodchild, 1986), par analyse de variance (Silk, 1981), par analyse multi-niveaux (Mathian et Piron, 2001), ou par indicateurs de forme (analyse de graphe, de diffusion, etc.).

(3) L'apport d'informations peut être, dans un premier temps, entendu comme un équilibre entre précision des données et quantité

d'informations obtenues (nombre d'unités d'agrégation par exemple). Dans un second temps, le recours à une enquête et à une analyse cognitive des résultats obtenus doit permettre la mesure de cet apport d'informations. L'évaluation de cet apport doit conduire à la mise en évidence d'intervalles de niveaux d'agrégation plus particulièrement propices soit à l'exploration des données, soit à leur communication.

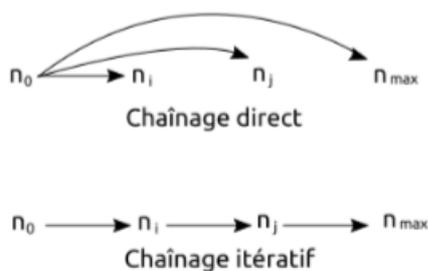


Figure 2 : Type de chaînage d'agrégation

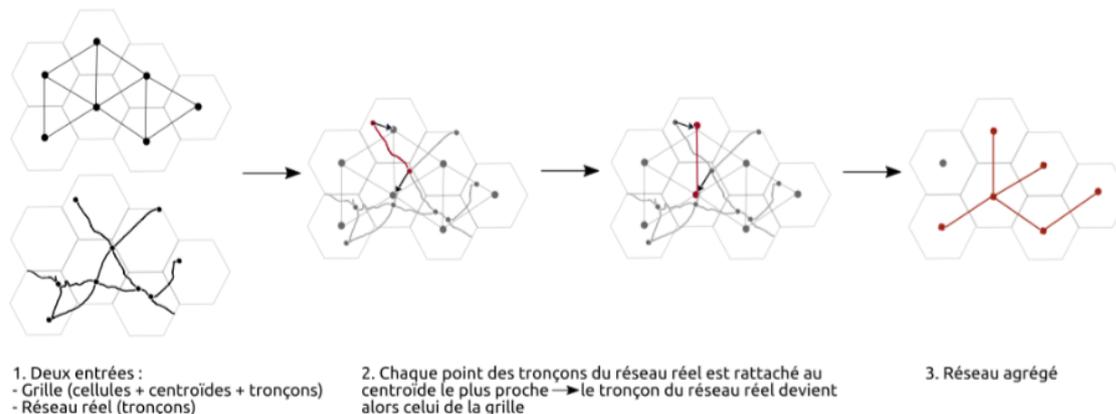


Figure 3 : Méthode d'agrégation du réseau routier

Références

Antoni J.P., Klein O., Moisy S., 2012. La discrétisation temporelle. Une méthode de structuration des données pour la cartographie thématique. *Cartes et géomatique*, 27-31.

Antoni J.-P., Lunardi N., Vuidel G., 2016. Simuler les mobilités individuelles. Les enjeux de l'information géographique. *Revue internationale de géomatique*, vol.26.

Batty M., 2013. Big data, smart cities and

city planning. *Dialogues in Human Geography*, vol.3.

Goodchild M., 1986. *Spatial Autocorrelation*. CATMOG.

Hagen-Zanker A., 2006. Map comparison methods that simultaneously address overlap and structure. *Journal of Geographical Systems*, vol.8.

Kitchin, 2014. Big Data, new epistemologies and paradigm shifts. *Big Data & Society*.

Mathian H., Piron M., 2001. Echelles géo-

graphiques et méthodes statistiques multidimensionnelles. In Sanders L., *Modèles en analyse spatiale*. Hermès Lavoisier.

Openshaw S., 1981. Le problème de l'aggrégation spatiale en géographie. *L'Espace Géographique*, vol.1.

Peuquet D., 1994. It's about time : a conceptual framework for the representation of temporal dynamics in geographic

information systems. *Annals of the Association of American Geographers*, vol.84.

Silk J., 1981. *The analysis of variance*. CATMOG.

Stott J.M., Rodgers P., 2005. Automatic metro map design techniques. *In Proceedings 22nd International Cartographic Conference*.

La question du zéro dans le modèle gravitaire

Commenges Hadrien¹, Commenges Daniel²

UMR 8504 Géographie-cités, Université Paris 1¹

INSERM U1219, Université de Bordeaux²

Mots-clefs - Interaction spatiale - Modèle gravitaire - Régression de Poisson

Contexte et objectif

L'idée d'appliquer le modèle gravitaire newtonien aux interactions socio-spatiales apparaît dès la fin du 19^e siècle (Carey 1871, Ravenstein 1885). Durant la seconde moitié du 20^e siècle la modélisation gravitaire des interactions spatiales se diffuse à la fois vers des disciplines universitaires (géographie, démographie, économie) et vers des domaines d'application technique (ingénierie des transports). À gros traits, les premiers développements informatisés sur des données de flux se font dans les années 1950, principalement dans le domaine des transports (Commenges 2013, Dupuy 1975). Des années 1960 aux années 1980, la socio-économie des transports utilise massivement le modèle gravitaire dans le cadre des modèles de prévision des flux et en améliore assez peu les aspects méthodologiques. Les avancées théoriques et méthodologiques viennent du côté académique : cette période est celle du développement de la nouvelle géographie quantitative anglosaxonne qui s'atèle à la tâche (Haynes et Fotheringham 1984). À partir des années 1980 la nouvelle économie géographique redécouvre cette approche et l'applique en particulier à la modélisation des échanges commerciaux (Bergstrand 1985).

Si on s'intéresse à l'évolution des méthodes de calibration du modèle gravitaire, on assiste à l'émergence progressive de la question du zéro. Jusqu'à la fin des années 1970, les modélisateurs en transport cherchaient à calibrer un seul paramètre : l'exposant de la distance¹. Ils tra-

vaillaient sur un découpage de l'espace urbain en zones relativement fines (plusieurs centaines d'unités spatiales) et traitaient des matrices origine-destination complètes (Stopher 2004), c'est-à-dire des matrices carrées de taille n^2 pleines de zéros. Les zéros ne posaient pas de problème pour leurs méthodes de calibration : ils utilisaient des algorithmes itératifs pour minimiser l'écart entre la distance totale observée et la distance totale estimée (Williams 1976). À partir des années 1980, les géographes, les démographes et les économistes ont commencé à utiliser des méthodes de régression linéaire pour estimer les paramètres du modèle sans poser la question du zéro. Dans un certain nombre d'applications, cette question ne se pose pas : les matrices de flux sont très denses et forment des graphes complets. Dans d'autres cas, les zéros sont tout simplement écartés et seuls les flux non nuls sont utilisés. La question du zéro doit alors être posée : s'agit-il d'une absence d'information ou d'une absence d'interaction ? S'il s'agit d'une absence d'interaction, n'est-ce pas une information qui devrait être introduite dans le modèle ?

Deux méthodes de régression sont classiquement utilisées pour estimer les paramètres du modèle gravitaire : régression normale avec transformation logarithmique et régression de Poisson. La première méthode est la plus ancienne et la moins satisfaisante, c'est elle qui a conduit à l'élimination des zéros. D'une part, $\log(0)$ n'est pas défini, ce qui oblige soit à supprimer les flux à zéro soit à leur ajouter arbitrairement un 1. D'autre part, cette approche

1. Le terme "distance" est employé par la suite et peut désigner tout type d'approximation de la friction : distance à vol d'oiseau, distance sur le réseau, temps de trajet, coût généralisé.

est problématique à cause de l'inégalité de Jensen : $E(\ln y) \neq \ln E(y)$. La seconde méthode est intéressante parce qu'elle résout ces deux problèmes : elle accepte les zéros et elle estime directement le logarithme du flux. Même si la régression de Poisson s'applique à une variable discrète, il est possible d'étendre le calcul du maximum de vraisemblance à des variables continues, ce que font les économistes sur des échanges commerciaux exprimés en valeur (Santos Silva et Tenreyro 2006).

La régression de Poisson a été proposée par des géographes au début des années 1980 (Flowerdew et Aitkin 1982) et utilisée sur des petites matrices de flux sans zéro. Elle a ensuite été utilisée sur des matrices de plus grande taille après élimination des zéros. Cette pratique pose problème : elle induit un biais dû au fait qu'on opère une sélection directement sur la variable modélisée, or ce biais de sélection, qui prend la forme d'une troncature, n'est pas pris en compte dans le calcul du maximum de vraisemblance alors que la distribution de Poisson comporte des zéros. Nous introduisons ici une nouvelle méthode qui permet de modéliser les interactions spatiales sans les zéros tout en restant cohérent avec le calcul de vraisemblance de la distribution de Poisson.

Méthode

Dans un grand nombre d'applications en géographie et en économie, les zéros continuent de poser problème soit pour des raisons informatiques soit pour des raisons statistiques.

Du point de vue informatique, c'est d'abord la taille des données qui compte. On peut d'ailleurs considérer que les zéros sont vus comme une absence d'information parce que les fournisseurs de données ne les incluent pas. L'Insee, par exemple, fournit pour chaque recensement les navettes domicile-travail au niveau municipal dans un tableau d'environ 1 million de lignes, soit 1 million de flux non nuls, et non dans un fichier 1,3 milliards de lignes (360002)

dont 99,9 % sont des zéros. En termes de mémoire, il y a entre 1 million et 1 milliard d'observations un changement d'échelle et un nécessaire changement de matériel, du PC de bureau au serveur de calcul. En termes de calcul, les régressions de Poisson prennent la forme d'algorithmes itératifs et là encore, le nombre d'observations peut poser problème.

Du point de vue statistique, le problème vient de l'excès de zéros. Dans une matrice de flux avec une granularité fine, le nombre de zéros est bien supérieur à ce que supposerait une distribution de Poisson. Certains travaux proposent un modèle zéro-gonflé en deux étapes (Burger et al. 2009) : un élagage préalable des zéros avec une régression logistique puis une régression de Poisson sur les observations sélectionnées. Ce type de modèle part du principe que l'excès de zéros vient d'un mélange de deux processus : les zéros issus de la distribution de Poisson et les zéros issus d'un autre processus. Dans certains cas, les modèles zéro-gonflés s'imposent : l'absence d'échange commercial avec un pays subissant un embargo relève d'un processus spécifique et non d'une distribution de Poisson. Dans le cas des flux de mobilité quotidienne dans les espaces urbains il est difficile de distinguer deux processus qualitativement différents et d'opérer une telle sélection. L'approche que nous proposons est donc celle d'une régression de Poisson appliquée après élimination des zéros et qui tient compte de cette troncature dans le calcul du maximum de vraisemblance.

La régression de Poisson considère que Y_i suit une distribution conditionnelle de Poisson dont la moyenne μ_i s'écrit :

$$\log \mu_i = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \dots + \beta_p X_{ip} = X_i \beta,$$

où $\beta = (\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_p)^T$ est le vecteur des coefficients et $X_i = (1, X_{i1}, \dots, X_{ip})$ est le vecteur des variables explicatives pour l'observation i . Si Y suit une distribution d'espérance μ , alors

$$\mathcal{P}(Y = y) = \frac{\mu^y e^{-\mu}}{y!}$$

La log-vraisemblance pour i s'écrit :

$$L_i(\beta) = Y_i X_i \beta - \exp(X_i \beta) - \log Y_i!$$

La log-vraisemblance globale s'écrit $L(\beta) = \sum_{i=1}^n L_i(\beta)$ et le maximum de vraisem-

blance satisfaisant le score $\frac{\partial \tilde{L}(\beta)}{\partial \beta}$ s'écrit :

$$L(\beta) = \sum_{i=1}^n (Y_i - \exp(X_i \beta)) X_i = 0$$

$$L_{i|Y_i>0}(\beta) = Y_i X_i \beta - \exp(X_i \beta) - \log(Y_i!) - \log(1 - e^{-X_i \beta}).$$

Le calibrage du modèle gravitaire consiste donc à trouver les coefficient d'une régression de Poisson pour laquelle le maximum de vraisemblance tient compte de la condition de troncature. Une méthode d'optimisation de type Newton est utilisée pour cela, l'algorithme de Marquardt (Marquardt 1963) implémenté dans un package R (Commenges et al. 2013).

Application

L'application porte sur des données simulées et sur des données observées. Elle vise à comparer deux méthodes : la régression de Poisson avec oubli des zéros et la régression de Poisson tenant compte de la troncature. D'un point de vue théorique, il est évident que la première méthode n'est pas satisfaisante et que la méthode proposée est meilleure. En revanche, l'application à des données simulées et observées s'avère nécessaire pour examiner l'apport de la méthode du point de vue pratique. Plusieurs jeux de données sont mobilisés, produits par l'Insee dans le recensement de la population 2010 : les navettes domicile-travail et les migrations résidentielles, à plusieurs échelles et plusieurs niveaux de granularité

Références

Bergstrand, J. H. (1985). The gravity equation in international trade : some microeconomic foundations and empirical evidence. *The Review of Economics and Statistics*, vol.67, no3, pp. 474–481.

Pour prendre en compte la condition de troncature $Y_i > 0$, il faut utiliser la distribution conditionnelle $\mathcal{P}(Y = y|Y > 0) = \frac{\mathcal{P}(Y=y)}{\mathcal{P}(Y>0)}$. Comme $\mathcal{P}(Y > 0) = 1 - \mathcal{P}(Y = 0)$ nous $\mathcal{P}(Y>0)$ déduisons $\mathcal{P}(Y = y|Y > 0) = \frac{\mu^y e^{-\mu}}{y!(1-e^{-\mu})}$ et donc la vraisemblance conditionnelle :

Burger, M. J., van Oort, F. G. et Linders, G.-J. M. (2009). *On the specification of the gravity model of trade : zeros, excess zeros and zero-inflated estimation*. ERIM Report Series, Rotterdam.

Carey, H. C. (1871). *Principles of social science*. Lippincott and co, Philadelphia.

Commenges, D., Prague, M. et Diakite, A. (2013). *marqLevAlg : An algorithm for least-squares curve fitting*. R package version 1.1.

Commenges, H. (2013). *L'invention de la mobilité quotidienne. Aspects performatifs des instruments de la socio-économie des transports*. Thèse de doctorat, Université Paris Diderot, Paris.

Dupuy, G. (1975). *Une technique de planification au service de l'automobile. Les modèles de trafic urbain*. Ministère de l'équipement, Paris.

Flowerdew, R. et Aitkin, M. (1982). A method of fitting the gravity model based on the poisson distribution. *Journal of Regional Science*, vol.22, no2, pp. 191–202.

Haynes, K. E. et Fotheringham, A. S. (1984). *Gravity and spatial interaction models*. SAGE Publications, Beverly Hills.

Marquardt, D. W. (1963). An algorithm for least-squares estimation of nonlinear parameters. *Journal of the society for Industrial and Applied Mathematics*, vol.11, no2, pp. 431–441.

Ravenstein, E. G. (1885). The laws of migration. *Journal of the Statistical Society of London*, vol.48, no2, pp. 167–235.

Santos Silva, J. M. C. et Tenreyro, S. (2006). The log of gravity. *The Review of Economics and Statistics*, vol.88, no4, pp. 641–658.

Stopher, P. R. (2004). Spatial data issues : a historical perspective. In Henscher, D. A., Button, K. J., Haynes, K. E. et Stopher, P.

R. (dir.) : *Handbook of transport geography and spatial systems*. Elsevier, Oxford.

Williams, I. (1976). A comparison of some calibration techniques for doubly constrained models with an exponential cost function. *Transportation Research*, vol.10, no2, pp. 91–104.

Atelier 17

Risques naturels et vulnérabilité

La ville de Nice face aux risques soudains et à dynamique rapide : L'exemple de la submersion marine par tsunami

Laurie BOSCHETTI, Damienne PROVITOLLO, Emmanuel TRIC

Université Côte d'Azur, CNRS, IRD, OCA
UMR Géoazur, 250 RUE Albert Einstein, Sophia Antipolis 06560 Valbonne, France laurie.boschetti@geoazur.unice.fr

Mots-clefs - risque rapide, risque côtier, tsunami, vulnérabilité urbaine, SIG

Contexte

Les littoraux sont des espaces à forts enjeux et à risques spécifiques, telles que l'érosion, les tempêtes ou encore les submersions marines. Nous nous intéressons plus particulièrement ici aux submersions marines par tsunami en Méditerranée. En effet, si la plupart des tsunamis ont lieu dans le Pacifique, environ 10% depuis 1840 sont survenus en Méditerranée, et ce, particulièrement sur le littoral français, où le dernier événement date de 2004 (BRGM, 2009). Loin d'atteindre l'ampleur des tsunamis observés dans le Pacifique ces dernières années (Lavigne, 2009), certains, notamment celui de 1887 (résultant du séisme du 23 février 1887 dans le bassin ligure), et celui de 1979 (provoqué le 16 octobre par un glissement de terrain sous-marin résultant des travaux d'extension de l'Aéroport Nice Côte d'Azur) ont occasionné des dommages humains, économiques et matériels non négligeables sur le bassin liguro-provençal dont fait partie le littoral des Alpes-Maritimes.

Sur ce littoral, ces dommages seraient certainement aujourd'hui amplifiés du fait de l'accélération de la concentration des enjeux humains, matériels, économiques. Dans un contexte d'augmentation des aléas et des enjeux sur les littoraux, la Commission Océanographique Intergouvernementale des Nations Unies (COI) appelle à se préparer aux tsunamis en Méditerranée (Projet Neamtic, 2013, <http://neamtic.ioc-unesco.org>). Elle coordonne ainsi depuis 2005, à l'échelle mondiale, la mise en place de systèmes d'alerte aux tsunamis.

La France collabore à cette action avec la création du CENTre national d'ALerte aux Tsunamis (CENALT) dont les missions consistent en la surveillance des séismes et tsunamis en Méditerranée occidentale, dans l'Atlantique nord-est, et en l'alerte destinée à la protection civile.

Ce système de surveillance doit permettre d'anticiper une grande majorité des tsunamis susceptibles d'affecter les côtes françaises, notamment ceux générés par une source éloignée des rivages (ex : Boumerdes, 2003). Or, les recherches menées depuis plusieurs années en Méditerranée occidentale (Monfort et al., 2010; Papadopoulos et al., 2007; Terrier et al., 2007), et plus spécifiquement sur le littoral azuréen (Ioualalen et al., 2010, 2014; Larroque et al., 2012; Migeon et al., 2011a, 2011b) ont révélé que la proximité des failles (sur lesquelles les séismes sont potentiellement tsunami-gènes), et des zones de glissements sous-marins induisent des temps d'arrivée courts des tsunamis à la côte, d'une quinzaine de minutes, ainsi que des submersions marines de plusieurs mètres de hauteur en certains points du territoire. Leur soudaineté permet difficilement aux acteurs institutionnels d'alerter la population et de procéder à son évacuation. L'élaboration de scénarios d'alerte, tels que ceux envisagés par le CENALT (Roudil et al., 2013), ne permet donc pas de répondre pleinement à ce risque, qui est un risque soudain, à dynamique rapide, imprévu et qui présente une temporalité brève. Ces types de risques rapides et imprévus nous rappelle l'acte terroriste qui s'est produit en juillet 2016 sur

la Promenade des Anglais, qui a soulevé le fait que les acteurs locaux et la population n'étaient pas préparés pour faire face à ce type d'évènements.

Objectif de l'étude

Dans le cadre de cette recherche, nous avons retenu le scénario de tsunami historique de 1887 résultant du séisme du 23 février dans le bassin ligure pour mener une analyse intégrée (multi-aléas, enjeux, vulnérabilité, résilience) de ce risque de catastrophe sur le littoral des Alpes-Maritimes. Dans ce cas, le tsunami a un temps d'arrivée à la côte très court (quelques minutes), rendant les dispositifs actuels d'alerte peu efficaces. L'analyse des vulnérabilités territoriales est donc de première importance. Ainsi, à partir de la connaissance des zones littorales submergées par un tsunami généré par un séisme local (Ioualalen et al. 2014), nous avons diagnostiqué les enjeux majeurs du territoire (population, établissements de santé, casernes de pompiers, administration et établissements d'enseignement etc.), évalué et cartographié leur vulnérabilité au regard de différents scénarios d'aléas (scénarios retenus en concertation

avec nos collègues des Sciences de l'Univers de l'UMR Géoazur.).

Première ville du département des Alpes-Maritimes, au centre de la Métropole Nice Côte d'Azur, Nice a particulièrement retenu notre attention dans le cadre de cette analyse. Avec un littoral étendu sur près de 10 kilomètres, le bord de mer est en effet particulièrement exposé au risque de tsunami, du fait d'une forte fréquentation tout au long de l'année sur le port, les plages et la célèbre Promenade des Anglais.

Données

Il n'existe pas à l'heure actuelle de zonage officiel de la submersion marine par tsunami en France métropolitaine. Cependant, les récentes modélisations et simulations effectuées pour ce risque d'origine sismique (Figure 1) (Ioualalen et al. 2014) ont permis de réaliser une cartographie des zones inondées sur le littoral azuréen suivant deux niveaux d'aléa, un aléa moyen (S8) et un aléa extrême (S11). Ces derniers correspondent respectivement à une rupture partielle ou totale de faille Ligure, également appelée LFS (Ligurian Fault System).

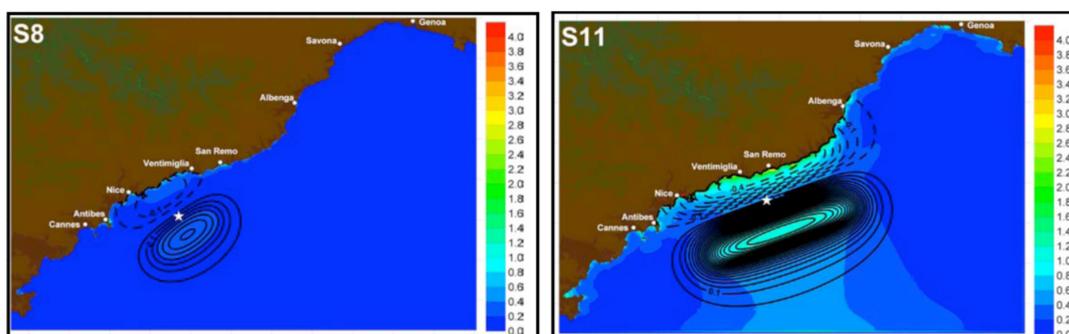


Figure 1 : Simulation de tsunamis générés par deux scénarios de rupture de la faille ligure. (Ioualalen et al., 2014)

Des différences notables au niveau de l'inondation seraient observables au niveau de la ville de Nice, plus particulièrement aux extrémités Est et Ouest. A l'Ouest, l'aéroport, connaîtrait une inondation plus conséquente, et à l'Est, le port de Nice

pourrait être complètement sous les eaux en cas de scénario extrême (S11). En plus des données de l'aléa, nous mobilisons des données complémentaires, afin de réaliser une analyse des vulnérabilités territoriales. Trois types de données sont retenues : (1)

les données cartographiques de l'IGN (BD Topo) comme par exemple la localisation des bâtiments administratifs, des écoles, des centres hospitaliers, etc; (2) les données quantitatives tel que la capacité d'accueil des Etablissement Recevant du Public (ERP), ou encore la vulnérabilité du bâti face à un séisme (résultats du Projet européen RISK UE, 2004); (3) les données qualitatives, comme par exemple l'orientation des routes. L'ensemble de ces données sont primordiales car elles permettent d'analyser les vulnérabilités des éléments du territoire et plus particulièrement l'étude de la connexité des différents réseaux (de communications, d'énergie, etc), indispensable en cas de crise (Serre, 2016).

Méthodologie

A partir de la cartographie des zones littorales inondées par le tsunami, nous avons réalisé une analyse de la vulnérabilité territoriale en nous basant sur la méthodologie proposée par D'Ercole et Metzger (2009) du littoral azuréen au regard de la dynamique du territoire et des scénarios de risque (avec l'outil SIG/ArcGis). Cette analyse suit plusieurs étapes :

- la cartographie de la submersion marine par tsunami a été réalisée pour différents scénarios d'aléas,
- l'ensemble des enjeux territoriaux ont été distingués et catégorisés dans un modèle conceptuel de risque tsunami (Figure 2),
- pour chaque enjeu territorial, ont été identifiés leurs facteurs de vulnérabilité,
- ces facteurs ont été quantifiés afin de les catégoriser en classes d'indices, et fournir des niveaux (fort, moyen, faible) de vulnérabilité par classe d'enjeux. La synthèse de ces vulnérabilités est alors réalisée par croisement des différentes couches d'information via l'outil ArcGis (Système

d'Information Géographique),

- le risque a été déterminé en combinant des niveaux d'aléas et de vulnérabilités et en réalisant des scénarios de séisme tsunamigène.

Les résultats cartographiques ont permis d'afficher les enjeux concernés, les zones d'influence des aléas, de déterminer les risques et les enjeux prioritaires pour les acteurs institutionnels.

Résultats

Afin de définir et cartographier les vulnérabilités du littoral de la commune de Nice face aux risques de submersion par tsunami, cette étude s'est essentiellement appuyée sur une approche quantitative. Le travail réalisé a permis d'obtenir une cartographie par SIG des enjeux territoriaux, de leurs vulnérabilités et expositions à l'aléa tsunami.

La détermination des enjeux est une étape clé de l'étude de vulnérabilité puisque ces enjeux ont une influence directe sur le déroulement de la catastrophe et le niveau des dégâts humains et matériels. Le territoire niçois a donc été analysé sous différents angles, afin de faire ressortir les enjeux majeurs susceptibles d'être impactés en cas de tsunami. Afin d'organiser la connaissance et d'éviter de présenter les enjeux territoriaux telle une liste à la Prévert, nous avons tout d'abord réalisé un modèle graphique conceptuel du risque de tsunami (Figure 2). Ce modèle s'appuie sur les travaux réalisés par nos prédécesseurs (notamment Demoraes, 2009; Gleyze, 2005; Beck, 2006; D'Ercole et Metzger, 2009).

Le modèle conceptuel est composé de trois éléments principaux : les vulnérabilités territoriales, l'aléa tsunami et l'espace support. L'espace support permet de spatialiser l'information et de cartographier les enjeux, leurs vulnérabilités et risques associés selon différents scénarios d'aléas.

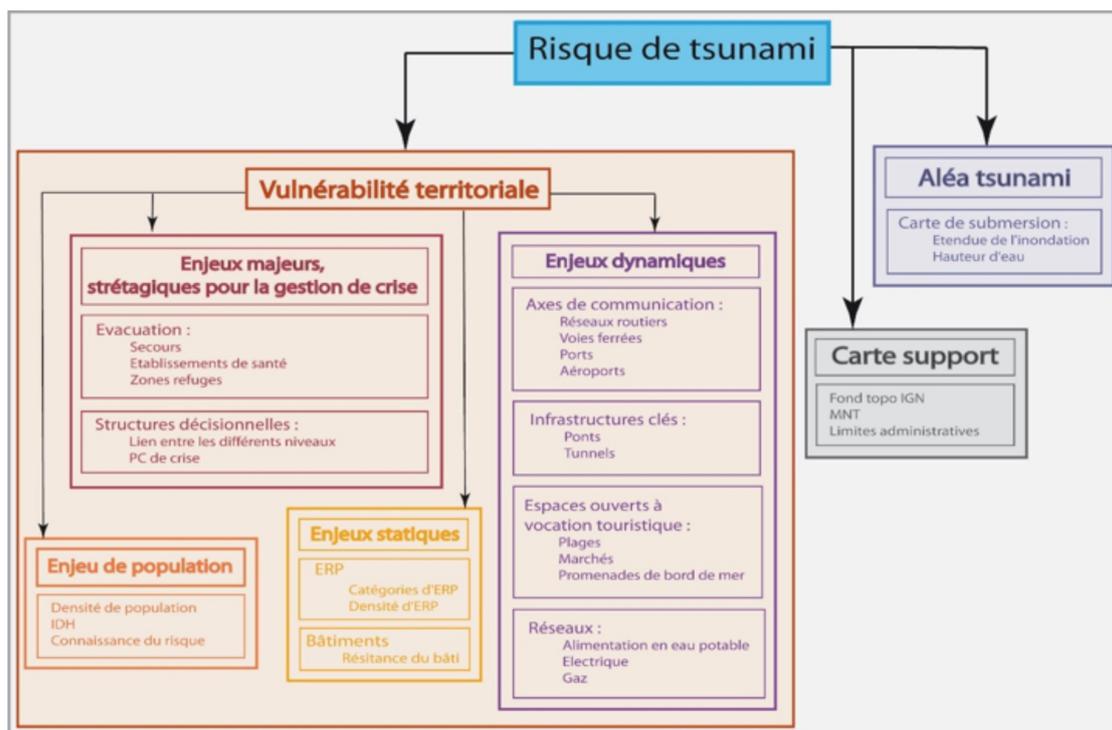
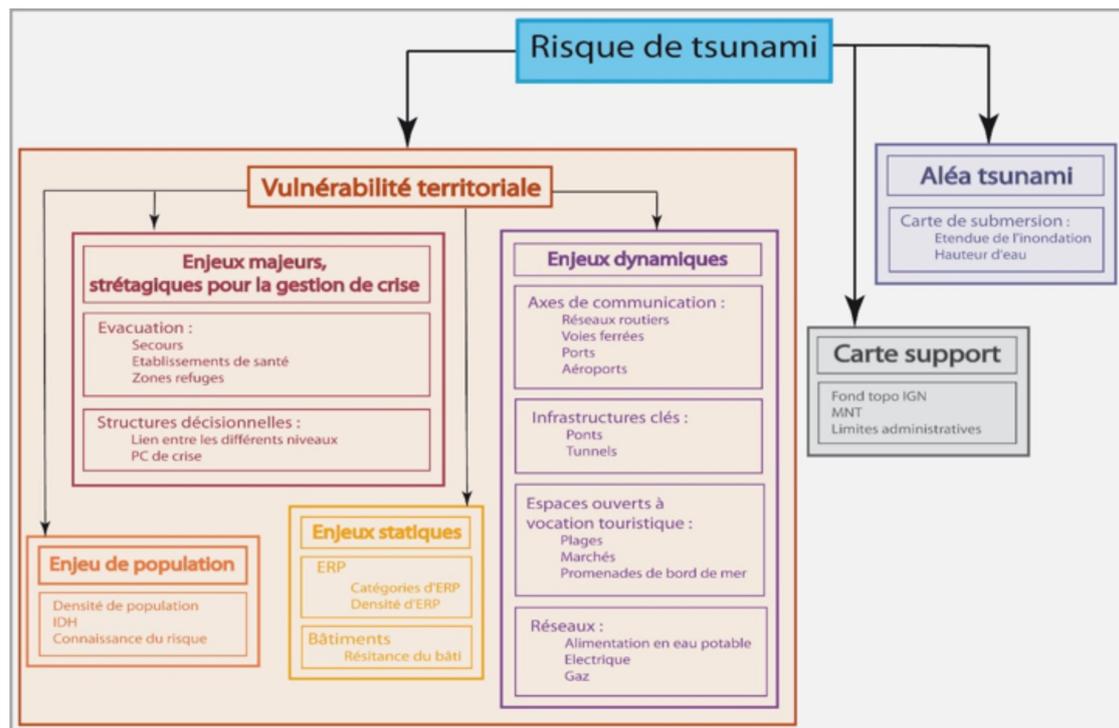


Figure 2 : Un modèle conceptuel d'analyse du risque de tsunami (Boschetti, 2013)

Une fois les enjeux définis (Figure 2), il convient d'identifier les facteurs, ainsi que les variables associées, permettant d'évaluer leur vulnérabilité. On entend par vulnérabilité d'un enjeu "l'ensemble des faiblesses ou défaillances susceptibles de dégrader ou d'interrompre son fonctionnement, voire de le détruire, quelles qu'en soient les causes" (D'Ercole et Metzger, 2009). Certaines de ces variables sont aisément mobilisables, tandis que d'autres, plus difficilement disponibles, nécessiteraient des études spécifiques pour créer ces données.

Une cartographie de la vulnérabilité de chaque enjeu a ensuite pu être réalisée. Cette dernière se décompose en plusieurs temps. Il y a tout d'abord une cartographie de l'aléa (comme vu précédemment), puis une cartographie par enjeux, suivie d'une cartographie globale de la vulnérabilité (carte 1). Cette étude est réalisée grâce à la méthode indicelle proposée par Gleyze (2005). Et enfin, un couplage entre l'aléa et la vulnérabilité a été réalisé afin d'obtenir une cartographie du risque de tsunami sur la ville de Nice (carte 1).



Un

modèle conceptuel d'analyse du risque de tsunami (Boschetti, 2013)

Conclusion et perspectives de recherche

Cette étude permet donc de coupler une étude d'aléa et une étude de vulnérabilité afin d'obtenir une cartographie de vulnérabilité et de risque de la commune de Nice, face au risque de tsunami. Sur le territoire niçois, mais plus globalement en France métropolitaine, la population est peu préparée, peu entraînée à réagir à un séisme ou un tsunami (Dauphiné, Provitolo, 2013). De plus, ce risque est très peu pris en compte dans les documents administratifs de gestion des risques. Il apparaît cependant succinctement dans le DICRIM de Nice depuis 2014, ce qui laisse présager une évolution positive quant à la prise de conscience de ce risque sur ce territoire.

Une fois la vulnérabilité du littoral déterminée, il serait intéressant de s'intéresser à d'autres éléments clés de la gestion de crise, comme par exemple l'évacuation des plages, qui va pouvoir être planifiée ou spontanée. Dans chacune de ces situations nous pouvons nous interroger sur la mise en sécurité de ces personnes, et sur les Zones Refuges (ZR) qui vont pouvoir les ac-

cueillir de manière temporaire, c'est-à-dire sur un temps très courts (quelques heures) ou temps court (une ou plusieurs nuits).

Références

- Beck E., 2006. Approche multi-risques en milieu urbain. Le cas des risques sismique et technologiques dans l'agglomération de Mulhouse (Haut-Rhin). Thèse de doctorat, Université Louis Pasteur, Strasbourg.
- Boschetti L., 2013, Analyse des aléas et de la vulnérabilité des espaces littoraux azuréens au risque de submersion marine par tsunami, Mémoire de Master 2 de Géographie, Université Joseph Fourier Grenoble, 115 p.
- Dauphiné A., Provitolo D., 2013, Risques et catastrophes : observer, spatialiser, comprendre, gérer, Paris, A. Colin, 412 p.
- Demoraes, F. « De l'intérêt d'une étude sur la vulnérabilité des réseaux routiers et de transport pour la compréhension des vulnérabilités territoriales – Le cas du District Métropolitain de Quito (Équateur) », *Cybergeo : European Journal of Geography*

- D'Ercole R. et Metzger P., 2009, "La vulnérabilité territoriale : une nouvelle approche des risques en milieu urbain", *Cybergéo : European Journal of Geography*, document 447.
- Gleyze J.-F., 2005. "La vulnérabilité structurelle des réseaux de transport." Thèse de Doctorat en géographie, Université Paris VII, septembre 2005, 848 p.
- Ioualalen M., Larroque C., Scotti O. et Daubord C., 2014, "Tsunami Mapping Related to Local Earthquakes on the French-Italian Riviera (Western Mediterranean)", *Pure and Applied Geophysics*, vol. 171, n°7, 1423-1443.
- Ioualalen M., Migeon S. et Sardou O., 2010, "Landslide tsunami vulnerability in the Ligurian Sea : case study of the 1979 October 16 Nice international airport submarine landslide and of identified geological mass failures", *Geophysical Journal International*, vol. 181, n°2, 724-740.
- Larroque C., Scotti O. et Ioualalen M., 2012, "Reappraisal of the 1887 Ligurian earthquake (western Mediterranean) from macroseismicity, active tectonics and tsunami modelling", *Geophysical Journal International*, vol. 190, n°1, 87-104.
- Lavigne F., Paris R., Grancher D., Wassmer P., Brunstein D., Vautier F., Leone F., Flohic F., De Coster B., Gunawan T., Gomez C., Setiawan A., Cahyadi R. and Fachrizal, (2009), "Reconstruction of Tsunami Inland Propagation on December 26, 2004 in Banda Aceh, Indonesia, through Field Investigations", *Pure and Applied Geophysics*, 13, 166, 259-281
- Migeon S., Cattaneo A., Hassoun V., Dano A. et Ruellan E., 2011a, "Failure processes and gravity-flow transformation revealed by high-resolution AUV swath bathymetry on the Nice continental slope (Ligurian Sea), Submarine mass movements and their consequences. *Advances in Natural and Technological Hazards Research series*, vol. 31, n°5, 451-461.
- Migeon S., Cattaneo A., Hassoun V., Larroque C., Corradi N., Fanucci F., Dano A., Mercier de Lépinay B., Sage F. et Gorini C., 2011b, "Morphology, distribution and origin of recent submarine landslides of the Ligurian Margin (North-western Mediterranean) : some insights into geohazard assessment", *Marine Geophysical Researches*, 1-19. ? Monfort D., Terrier M., Sedan O. et Marçot N., 2010, *Projet RATCOM : Méthode d'évaluation de la vulnérabilité aux tsunamis en Méditerranée occidentale*, Rapport BRGM/RP-58595- FR, 143p.
- Papadopoulos GA., Daskalaki E., Fokazfs A., Giraleas N., 2007, "Tsunami hazards in the Eastern Mediterranean : Strong Earthquakes and Tsunamis in the East Hellenic Arc and Trench system", *Natural hazards and Earth system sciences*, 7, 57-64.
- Roudil P., Schindelé F., Bossu R., Alabrune N., Arnoul P., Duperray P., Gailler A., Guilbert J., Hébert H., Loevenbruck A., 2013, "The french tsunami warning center for the Mediterranean and northeast atlantic : CENALT", *Journal of tsunami hazards*, vol. 32, number 1, 1-7.
- Sahal A., 2011, *Le risque tsunami en France : contribution méthodologique pour une évaluation intégrée par scénarios de risque*, Thèse de doctorat en géographie, Université Panthéon Sorbonne, Paris1, 314 p.
- Sahal A., Leone F., Peroche M., 2013, "Complementary methods to plan pedestrian evacuation of the French Riviera's beaches in case of tsunami threat : graph and multi-agent-based modelling", *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 13, 1735-1743.
- Serre D., 2016, "Advanced methodology for risk and vulnerability assessment of interdependency of critical infrastructure in respect to urban floods", *FLOODrisk 2016*, E3S Web Conf. Volume 7, 10p.
- Terrier M., Pedreros R., Poisson B., 2007, *Tsunamis : étude de cas au niveau de la côte méditerranéenne française*, Rapport de synthèse, Rapport BRGM -RP- 55765, 98 p.

FACTEURS TOPOCLIMATIQUES ET RISQUES D'INONDATIONS DANS LA VILLE DE BOUAKE EN CÔTE D'IVOIRE

Béh Ibrahim DIOMANDÉ¹ et Kikoun Brice-Yves KOUAKOU²

Maître-assistant, Université Alassane Ouattara de Bouaké, UFR-CMS,
Laboratoire d'Hydro-Climatologie et d'Environnement (LHCE), ¹

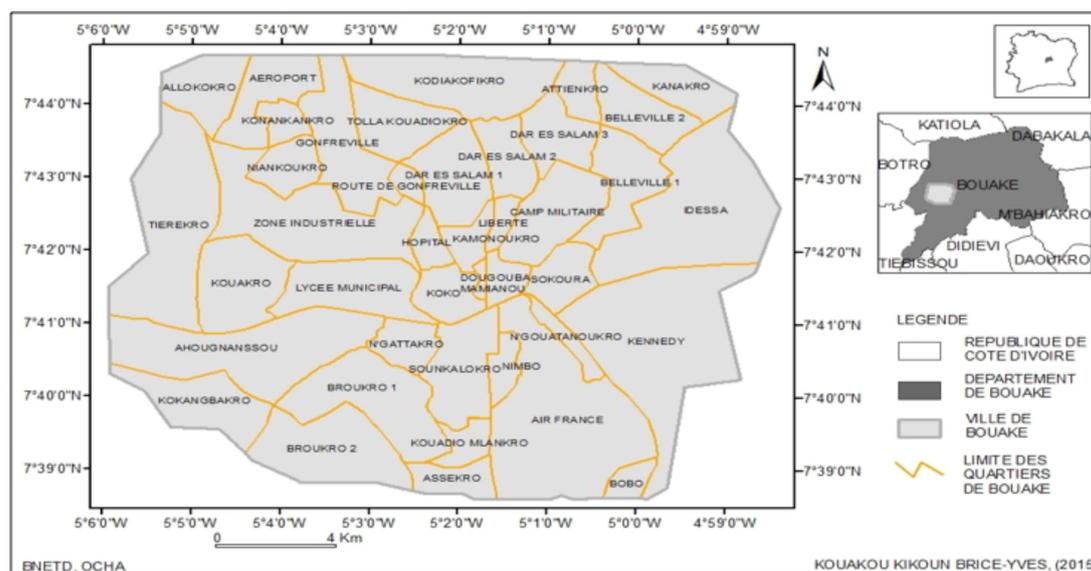
Doctorant, Université Alassane Ouattara de Bouaké, UFR-CMS,
Laboratoire d'Hydro-Climatologie et d'Environnement (LHCE)²

Mots-clefs - Bouaké-Topoclimat-Risques-Inondation

Contexte et objectifs de l'étude

L'inondation fait partie des problèmes environnementaux en pleine recrudescence (GIEC, 2001) en Afrique au Sud du Sahara. Dans les villes ivoiriennes, l'on enregistre chaque année plusieurs cas d'inondations. Bouaké (carte 1), localisée aux latitudes 7°69 Nord et longitude 5°03 Ouest, est la deuxième capitale économique de la Côte d'Ivoire avec une population de 536 189 habitants (INS/ RGPH 2014). Dans cette localité, le contexte climatique traduit une reprise de la pluviométrie. Quant à l'aspect morphologique et urbanistique, le fort peuplement est à l'origine des pressions foncières d'où la prolifération des habitations dans les dépressions (bas-fonds, cuvettes,

etc.). Les risques d'inondation sont généralement causés par les pluies extrêmes. Cette situation expose les populations en situation précaire aux risques d'inondation. En quoi les facteurs topoclimatiques peuvent-ils engendrer des risques d'inondation dans la ville de Bouaké? Quels sont les facteurs topoclimatiques propres à Bouaké? Quelle analyse peut-on faire des risques d'inondation en cours? Quelles sont les zones susceptibles d'être inondées à Bouaké? L'étude vise donc à montrer que le topoclimat peut être facteur d'inondation dans la ville de Bouaké. Il s'est ainsi agi spécifiquement de caractériser les facteurs topoclimatiques dans cette ville, d'analyser les risques d'inondations induits et enfin d'identifier les zones à risques à Bouaké.



Carte 1 : Localisation de la ville de Bouaké

Données et méthodes

Collecte des données

Données météorologiques, cartographiques et satellitaires

Elles ont été collectées à la SODEXAM (Société de développement et d'exploitation aéroportuaire, aéronautique et météorologique). Ce sont celles de températures, précipitations et d'évapotranspiration potentielle. La pré-collecte a aussi concerné les cartes topographiques, pédologiques, géologiques et hydrologiques ainsi que les images satellitaires et les photographies aériennes de la ville.

Zones enquêtées et technique d'échantillonnage

Les zones enquêtées ont été retenues sur la base de deux critères essentiels. Le premier se fonde sur l'information issue d'étude préalable ou d'une structure technique comme étant un site à risque d'inondation. Pour le savoir, le service technique de la mairie et la direction régionale du ministère de l'Environnement ont été associés à la technique au processus d'identification. Le second critère est que les manipulations et simulations effectuées sur les logiciels SIG et la télédétection ont indiqué une probabilité élevée à l'inondation desdits sites. En effet, l'introduction dans un logiciel SIG des données topographiques, hydrographiques et d'occupation du sol fait ressortir des zones marginales dans la ville de Bouaké.

Traitement des données

Analyse de la variabilité des données climatiques

Pour étudier l'homogénéité du climat et ses variations interannuelles, nous avons eu recours à l'indice de Nicholson (Nicholson S. E. et al. 1988) qui ont permis la caractérisation des différents. L'application est de la

$$I_i = \left(\frac{X_i - \bar{X}}{\sigma} \right)$$

forme :

Avec : I_i : Indice pluviométrique ; X_i : Hauteur de pluie de l'année i (en mm), \bar{X} : Hauteur de pluie moyenne sur la période d'étude (en mm), σ : Écart-type de la hauteur de pluie sur la période d'étude.

Caractérisation des processus physiques à Bouaké

La littérature définit généralement deux types majeurs de ruissellements : Hortonien et Hewlettien. Les deux types de ruissellement sont perceptibles à l'échelle de notre zone d'étude. Cependant ici, la fonction associée à ces ruissellements est qu'ils sont facteurs d'inondation. Pour ce faire, les zones se présentant comme celles de regroupement des eaux pluviales (facteur topographique) et celles situées à proximité de canaux de drainages défectueux ont été identifiées.

Caractérisation du ruissellement : La formule du ruissellement de Tixetont-Berkalof (Citée par N'Guessan K. A. et al., (2014)) a été utilisée pour caractériser le ruissellement à Bouaké. Par manque de donnée d'ETP enregistrée sur la période 2002 à 2013, la formule de Turc L. (1961) pour estimer l'ETP annuelle a été nécessaire pour estimer le ruissellement.

$$ETP = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

Avec : ETP : ETP en mm par an ; P : pluie en mm par an. $L = 300 + 25 * T + 0.05 * T^3$; T : T° C température moyenne sur 1 an. A partir des deux paramètres du climat connu (température et pluviométrie), on arrive aisément à calculer le ruissellement grâce à la formule qui suit :

$$R = \left(\frac{P^3}{3 \sqrt{0.9 + \frac{P^2}{(300 + 25 * T + 0.05 * T^3)^2}}} \right)^2$$

Méthodes de spatialisation et d'hierarchisation du risque d'inondation

Pour identifier ces zones marginales, Bouaké a été subdivisée en quatre zones : Bouaké-Nord, Sud, Est et Ouest. La cartographie hydrogéomorphologique et les SIG ont permis d'identifier les zones à risques d'inondation à Bouaké. La modélisation SIG a permis de faire une superposition de couches (cartes) d'indices traduisant d'une part, la fragilité du milieu face aux inondations et d'autre part, la vulnérabilité des populations (exposées à l'aléa).

Les résultats de l'étude

Analyse des risques d'inondation liés au topoclimat de la ville de Bouaké

Les facteurs topoclimatiques induisent des risques d'inondation dans la ville de

Bouaké. Certains processus amplifient ces risques d'inondation. L'étude comparée de la pluviométrie récente par rapport à la normale pluviométrique de la série étudiée a montré une hausse considérable de la pluviométrie. Cela est un facteur d'inondation. Sur le terrain, cette situation est illustrée par des retenues superficielles d'eau. Dans ce cas, le sol apparaît comme le principal facteur d'accumulation des eaux. La proportion élevée d'argile et la saturation des sols en eau dans les zones topographiquement basses sont sujettes à des risques d'inondation. La courbe d'évolution interannuelle du ruissellement (figure 2B) indique par sa croissance comment le ruissellement pluvial, par insuffisance d'infiltration, augmente les processus physiques superficiels. D'où les facteurs topoclimatiques constituent des risques d'inondation.

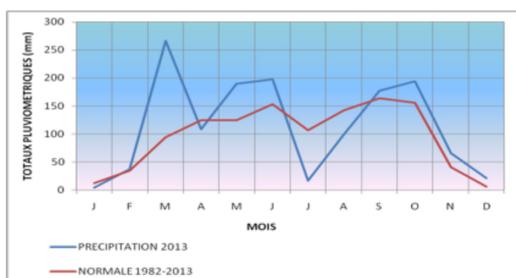


Figure 2B: Evolution interannuelle du ruissellement

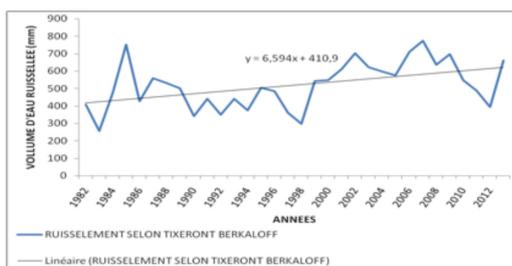


Figure 2 A: Etude comparée de la pluviométrie et de la normale 1982-2013

Identification des zones à risques d'inondation dans la ville de Bouaké

A l'échelle de Bouaké, les risques d'inondation ne sont pas uniformément répartis. Ainsi, plusieurs zones à risques d'inonda-

tion ont été identifiées. L'identification des habitations de bas-fonds a été faite sur une image satellitaire à haute résolution. Les sites à risques concernent les habitations (photo 1a) et les équipements (photo 1b) en situation de précarité.



Photo 1b : Pont de Belleville à la canalisation bouchée



Photo 1a : Habitations en voie d'être inondées au quartier Kennedy secteur ADRAO

L'identification a indiqué plusieurs zones marginales. A Bouaké-Nord, au quartier Dar-Es-Salam, les vallées sont larges et les pentes sont douces. Cela favorise durant la saison sèche l'implantation de constructions dans le lit mineur des cours d'eau. Le cas du site répertorié près de l'abattoir au quartier Dar-Es-Salam est édifiant. En effet, le large lit mineur de plus de 100 mètres est colonisé par des habitations. Au Sud de la ville, la même situation est observée. Les vallées sont généralement en U. Ce sont des vallées plutôt larges avec des versants aux pentes faibles. L'écoulement dans ces vallées est lent du fait de la faible inclinaison des pentes (4 %). Mais les cours d'eau y sont permanents. L'une des raisons de la lenteur de l'écoulement est la forte colonisation végétale du lit des cours d'eau. Ici, les habitations sont plutôt disséminées dans le bas-fond. Le profil topographique du lit mineur présente un fond de vallée plat et étendu sur plus de 30 m. L'assèchement saisonnière des cours d'eau explique la colonisation humaine dans les bas-fonds. Par contre à Bouaké-ouest dans le quartier d'Ahougnansou, les vallées sont moins larges et moins profondes. L'encaissement des vallées y est moins prononcé. En effet, les altitudes sont élevées. L'inclinaison générale du relief et le sens d'écoulement des cours d'eau Ouest-Est en témoignent. Ce-

pendant, le risque d'inondation est aussi visible à travers les habitations à l'aval du petit marché d'Ahougnansou.

Références

- ASSANI A. A., (1999), « Analyse de la variabilité temporelle des précipitations (1916-1996) à Lubumbashi (Congo-Kinshasa) en relation avec certains indicateurs de la circulation atmosphérique (oscillation australe) et océanique (El Niño/La Niña) », In : Sécheresse, Vol.10, n°4, pp. 245-252.
- DIOMANDE B. I. et COULIBALY K. A. (2014), « Vers une amélioration du bilan hydrologique dans le Denguélé » ?, XVII^e colloque de l'Association internationale de Climatologie, 2-4 juillet 2014, Dijon-France
- FOURNIER F., (1949), « Les facteurs climatiques de l'érosion du sol », In : *Bulletin de l'Association de géographes français*, n°202-203, pp. 97-103
- GIEC, (2001), *Bilan 2001 des changements climatiques : Rapport de synthèse*, GIEC, Genève, 184 p.
- THORNTHWAITE C. W., (1953), « *Topoclimatology* », In : *Proceedings of the Toronto meteorological conference*, Vol. 7953, pp. 227-32

Analyse théorique et quantitative de la remise en service de réseaux d'infrastructures : Définition d'un cadre d'analyse fondé sur les propriétés structurelles de ces réseaux.

Serge Lhomme

Université Paris-Est Créteil (UPEC), Lab'Urba (EA 3482)

Mots-clefs - Résilience, Réseaux, Remise en service, Optimisation

Contexte et objectif de la recherche

Dans le domaine des risques (i.e. les cindyniques), les propriétés structurelles (topologiques) de différents réseaux d'infrastructures (comme les réseaux viaires, de télécommunication, d'électricité...) ont été étudiées afin d'analyser leurs « vulnérabilités structurelles » (Albert et al., 2004; Gleyze & Reghezza, 2007), d'appréhender leur « robustesse » (Solé et al., 2008; Wang Rong, 2011; Tang et al., 2016), de simuler les dynamiques de « défaillances en cascade » (Wang Rong, 2009; Zhang et al., 2014), ou encore d'identifier des scénarios de défaillances et d'attaques, voire des composants, considérés comme « critiques » (Albert et al., 2000; Zio et al., 2011; Murray Grubestic., 2012; Lhomme, 2015). Si les concepts mobilisés et les méthodes utilisées diffèrent, ces travaux ont un point commun : ils permettent d'identifier les composants dont les dysfonctionnements engendreront les plus forts impacts sur les structures (les trames, les configurations) des réseaux étudiés. Autrement dit, ces « analyses structurelles », qui ne tiennent pas compte des flux circulant au sein de ces réseaux, permettent d'identifier les forces et les faiblesses d'un réseau et se placent ainsi dans le champ des études de vulnérabilité.

Les travaux qui étudient les propriétés structurelles de réseaux d'infrastructures dans un contexte de risques se renouvèlent régulièrement en exploitant notamment les nouvelles problématiques qui émergent dans les cindyniques. Par exemple, l'apparition des problématiques relevant de l'in-

terdépendance des infrastructures critiques (Rinaldi, 2004) n'est sans doute pas étrangère à l'émergence d'études concernant la robustesse de réseaux d'infrastructures interdépendants (Buldyrev et al., 2010; Tang et al., 2016). Quoi qu'il en soit, alors même que le concept de résilience connaît un développement rapide dans le domaine des cindyniques, ce concept ne semble pas avoir encore contribué à renouveler les analyses structurelles de réseaux d'infrastructures. En effet, si certains auteurs ont bien recours au terme de résilience, celui-ci est souvent utilisé maladroitement comme un antonyme de la vulnérabilité ou un synonyme de la robustesse (Cohen et al., 2000; Wang et Rong, 2009; Matisziw et al., 2012; Alderson et al., 2015; Gao et al., 2015).

Et pourtant, le concept de résilience conduit notamment à s'intéresser à la période post-catastrophe et par conséquent aux phénomènes de « reconstruction », de « retour à la normale ». Le recours à ce concept requiert alors d'étudier la remise en service, le rétablissement, la restauration de réseaux d'infrastructures qui ont été préalablement perturbés. Or, il existe à ce jour très peu de recherches qui étudient les propriétés structurelles de réseaux d'infrastructures afin d'appréhender ces problématiques de remise en service (Barker et al., 2013; Ganin et al., 2015; Kim et al., 2017). Le concept de résilience semble donc offrir de nouvelles perspectives de modélisation et de recherche qui n'ont pas encore été pleinement exploitées. Compte tenu de l'importance du bon fonctionnement de ces réseaux pour les sociétés contemporaines, ces perspectives ne sauraient être ignorées.

Dans les faits, les recherches qui étudient la remise en service de réseaux d'infrastructures y répondent souvent sous l'angle de la recherche opérationnelle. L'objectif est alors d'optimiser la remise en service de ces réseaux tout en tenant compte des ressources disponibles (temps, personnels, coûts, matériels, etc.) (Wang et al., 2004; Xu et al., 2007; Matisziw et al., 2010; Hu Sheng, 2015) et parfois de critères multiples (Bocchini et al., 2012). De surcroît, lorsque des travaux s'intéressent plus particulièrement aux logiques ou aux stratégies à élaborer pour que le réseau retrouve son niveau de performance initial, ils se focalisent notamment sur la modélisation des flux circulant au sein de ce réseau (Murray-Tuite, 2006; Nogal et al., 2016). Pour pallier ce manque, cette recherche propose d'étudier des stratégies de remise en service pour différents réseaux d'infrastructures en se fondant sur leurs propriétés structurelles. Cette recherche vise in fine à cartographier les résultats obtenus.

Méthodes : deux propositions pour étudier le processus de restauration

L'analyse des propriétés structurelles d'un réseau d'infrastructures dans un contexte de risques repose sur un principe simple : comparer les niveaux de performance (P) d'un réseau lorsque celui-ci fonctionne parfaitement ($G : V, E$) et lorsque celui-ci est perturbé ($G' : V', E'$). Cette comparaison permet alors de mesurer l'impact d'une perturbation sur un réseau ($I = P(G') - P(G)$). Plus précisément, le graphe G' représentant le réseau perturbé n'est qu'un sous-ensemble du graphe G . Dans ce cadre,

la perturbation d'un réseau se matérialise simplement par la suppression d'un ou plusieurs arcs, voire d'un ou plusieurs nœuds. Cette perturbation peut être la conséquence de simples défaillances (causées par exemple par un aléa naturel) ou d'attaques malveillantes (comme par exemple une attaque terroriste).

Cette forme de modélisation conduit logiquement à étudier des « scénarios de défaillances ». Pour créer ces scénarios, il convient alors de partir du graphe G du réseau étudié, puis de supprimer les arcs ou les nœuds un par un (successivement), et ce tant qu'il reste des arcs ou des nœuds à supprimer, c'est-à-dire jusqu'à la destruction totale du réseau (Fig. 1). Ce faisant, l'objectif est d'identifier des scénarios engendrant des impacts très importants même lorsque le nombre d'éléments supprimés est relativement faible. Pour étudier la remise en service d'un réseau d'infrastructures, il suffit d'inverser le processus modélisé. Ainsi, sans pour autant partir d'un graphe vide ou nul correspondant à un réseau totalement détruit, il est possible de partir d'un graphe G' correspondant à un réseau fortement perturbé par la suppression de nombreux nœuds ou arcs, puis de rajouter un à un (successivement) les arcs ou les nœuds qui avaient été préalablement supprimés jusqu'à obtenir le graphe G correspondant au réseau « normal » (Fig. 1). A noter que dans cette recherche, le choix a été fait de se focaliser sur les arcs et non sur les nœuds. L'objectif est alors d'identifier des stratégies qui permettent de limiter fortement l'impact de la perturbation initiale même lorsque le nombre d'arcs rajoutés (restaurés) est faible.

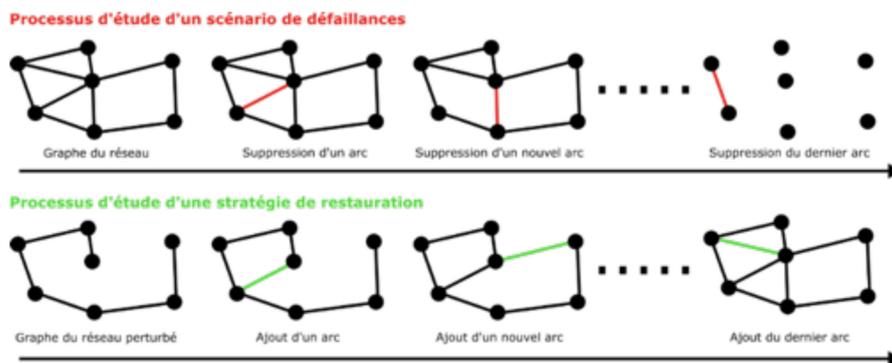


Figure 1 : Principe de modélisation du processus de restauration d'un réseau d'infrastructures.

Dans ce cadre, la mesure de la performance du réseau est centrale. Celle-ci peut bien entendu varier selon la nature du réseau étudié, mais en pratique deux positionnements existent. Le premier positionnement consiste à fonder la mesure de performance sur des problématiques d'efficacité, en utilisant par exemple des mesures d'éloignement : la comparaison des valeurs obtenues reviendra alors à mesurer les détours engendrés par une perturbation. Le deuxième positionnement consiste à fonder la mesure de performance sur des problématiques de connectivité, en utilisant par exemple des mesures connectivité : la comparaison des valeurs obtenues reviendra alors à mesurer le nombre de relations rendues impossibles par la perturbation. Dans les faits, la nature des perturbations étudiées conduira à choisir un positionnement plutôt que l'autre.

Deux propositions sont formulées dans cette recherche pour étudier la remise en service des réseaux d'infrastructures. Elles concernent le choix du graphe G' qui servira de point de départ à la modélisation du processus de restauration. La première proposition consiste à se fonder sur un graphe de référence, comme un arbre (plus précisément, il est proposé ici de prendre un arbre couvrant de poids minimum), pour construire le graphe G' du réseau d'infrastructures perturbé. En effet, assurer une connexion minimale entre tous les sommets du réseau étudié peut être considéré comme une priorité pour les gestionnaires de réseaux. Ainsi, présupposer qu'un squelette de ce réseau sera particulièrement protégé

et que l'enjeu de la remise en service consistera à restaurer les arcs ne faisant pas partie de ce squelette semble réaliste.

Néanmoins, d'un point de vue théorique, cette première proposition comporte un écueil majeur : son particularisme. Ainsi, tous les arcs ne sont pas concernés par le processus de remise en service et il n'est donc pas possible de mettre en évidence une hiérarchisation, caractérisant l'importance des arcs impliqués dans ce processus de restauration, qui concerne tous les arcs. C'est pourquoi, la deuxième proposition consiste à étudier un grand nombre de graphes G' correspondant à différentes perturbations du réseau analysé et par conséquent à étudier plusieurs processus de remise en service. Plus précisément, dans cette recherche, ces graphes sont générés de manière aléatoire mais partagent une propriété commune : ils sont connexes. Ce faisant, comme les graphes étudiés sont connexes dans les deux propositions faites, il convient de choisir une mesure d'efficacité pour évaluer les niveaux de performance des réseaux. En l'occurrence, il a été choisi ici de se fonder sur un indicateur d'éloignement moyen.

Application et résultats : développement et évaluation de stratégies de remise en service

Dans cette recherche, trois stratégies de remise en service, fondées sur les propriétés structurelles des réseaux étudiés, ont été

élaborées. Elles reposent sur le même principe : calculer un indicateur sur le graphe G du réseau étudié, puis utiliser les valeurs de cet indicateur afin de déterminer l'ordre de restauration des arcs du graphe G' du réseau perturbé. Plus précisément, ces stratégies consistent à restaurer les arcs selon l'ordre décroissant de leur centralité (indicateur de « betweenness »), de leur vulnérabilité élémentaire (indicateur qui mesure les allongements engendrés par la suppression d'un arc sur l'ensemble des parcours), de leur vulnérabilité élémentaire locale (qui mesure l'allongement, entre deux sommets, engendré par la suppression de l'arc reliant ces deux sommets).

Ces trois stratégies ont été appliquées sur six modélisations simplifiées de différents réseaux d'infrastructures : les réseaux viaires des villes états-uniennes de Columbus et d'Indianapolis (Muraco, 1972), les réseaux autoroutiers français (Gleyze, 2005) et européens (Chapelon, 2006), le réseau des voies expressives d'Ile-de-France, le réseau électrique (très haute tension) allemand. De surcroît, elles ont été comparées à une stratégie de restauration aléatoire et

une stratégie de restauration proche d'être optimale (obtenue à l'aide d'une métaheuristique gloutonne).

Dans les faits, pour chaque perturbation étudiée et pour chaque réseau, il est dès lors possible de produire des graphiques représentant l'efficacité des différentes stratégies élaborées (Fig. 2). Néanmoins, ce mode de représentation ne permet pas d'avoir une vision synthétique et précise de l'efficacité des stratégies élaborées. C'est pourquoi, il est apparu pertinent d'élaborer un indicateur permettant de mesurer l'efficacité des stratégies de restauration. Pour cela, il est proposé ici de calculer l'aire située en dessous des courbes établies (Fig. 3), un peu à l'instar du coefficient de Gini. Plus la valeur obtenue est faible, plus la stratégie élaborée est efficace. Il apparaît alors que pour les deux propositions émises, les stratégies de restauration reposant sur l'indicateur de vulnérabilité élémentaire sont les plus efficaces (Tab. 1). De plus, les trois stratégies proposées se révèlent plus efficaces que les stratégies aléatoires, mais elles restent assez éloignées des stratégies pouvant être considérées comme optimales (Tab. 1).

includegraphics[width=12cm]lhomme2

Figure 2 : Représentation graphique de l'efficacité de différentes stratégies de restauration pour le réseau autoroutier français en se fondant sur la proposition 1 (i.e. un arbre couvrant de poids minimal sert à définir le graphe du réseau perturbé).



Figure 3 : Une mesure de l'efficacité des stratégies de restauration. Elle correspond à la surface grise située sous la courbe bleue.

		Columbus	Indianapolis	France	IDF	Europe	Allemagne	Moyenne
Proposition 1	Optimum	0.196	0.131	0.176	0.182	0.047	0.081	0.135
	Centralité	0.303	0.215	0.270	0.223	0.077	0.116	0.200
	Vulnérabilité élémentaire	0.230	0.160	0.239	0.211	0.078	0.113	0.171
	Vul élém locale	0.341	0.247	0.258	0.289	0.157	0.179	0.245
	Aléatoire	0.361	0.289	0.367	0.338	0.188	0.260	0.304
Proposition 2	Optimum	0.1960	0.154	0.202	0.208	0.140	0.218	0.186
	Centralité	0.301	0.215	0.247	0.257	0.180	0.258	0.243
	Vulnérabilité élémentaire	0.255	0.202	0.234	0.243	0.159	0.228	0.220
	Vul élém locale	0.360	0.303	0.284	0.289	0.306	0.285	0.304

Tableau 1 : Efficacité des différentes

stratégies de restauration étudiées

Pour comprendre davantage quelles sont les propriétés pouvant contribuer à expliquer pourquoi certaines stratégies sont plus efficaces que d'autres, il semble pertinent de classer l'ensemble des arcs d'un réseau en fonction de leur importance dans les processus de restauration, ce classement pouvant à terme être : 1) comparé à des indicateurs issus de l'analyse de réseaux afin d'identifier des corrélations; 2) cartographié afin d'identifier des logiques spatiales. Pour cela, les différents classements obtenus (dans le cadre de la deuxième proposition) ont été exploités à l'aide d'une méthode de comparaison par paires (Saaty, 1977). Cette méthode a été résolue en utilisant l'algorithme RGCM (Koczkodaj Orłowski, 1997) et appliquée sur le réseau des voies expressives d'Ile-de-France et le réseau viaire d'Indianapolis. Néanmoins, les premiers résultats obtenus n'apparaissent pas très satisfaisants. En effet, lorsque l'on fonde une stratégie de restauration à partir des classements établis (par ordre décroissant d'importance des arcs), cette stratégie se révèle moins efficace que celle fondée sur la vulnérabilité élémentaire et elle reste donc bien moins efficace qu'une stratégie pouvant être considérée comme optimale : les valeurs obtenues sont de 0.250 pour l'Ile-de-France et de 0.204 pour Indianapolis.

Conclusion et perspectives

Cette recherche définit un cadre théorique permettant d'étudier les processus de re-

mise en service de réseaux d'infrastructures. Ainsi, deux propositions de modélisation ont été formulées à cet effet. Des stratégies de restauration fondées sur les propriétés structurelles des réseaux d'infrastructures ont alors été élaborées et une mesure de l'efficacité de ces stratégies permet de les analyser. Les premiers résultats obtenus sont encourageants. En effet, dans ce cadre, il est possible de hiérarchiser clairement des stratégies de restauration en fonction de leur efficacité. De surcroît, comme les stratégies élaborées restent relativement éloignées de stratégies pouvant être considérées comme optimales, la problématique soulevée apparaît ne pas être triviale et par conséquent digne d'intérêt.

Néanmoins, pour que les recherches dans ce domaine puissent progresser, il semble nécessaire de trouver une méthode robuste permettant de classer les différents éléments d'un réseau en fonction de leur importance dans le processus de restauration. Ainsi, pour le géographe, il serait possible de cartographier les résultats et d'identifier d'éventuelles logiques spatiales. Or, la méthode utilisée dans cette recherche apparaît insatisfaisante, car il n'est pas possible de fonder des stratégies de restauration efficaces à partir des classements obtenus. Quoi qu'il en soit, si l'application d'autres méthodes aboutit à des résultats similaires, il sera alors possible de conclure que la grande variété des perturbations étudiées engendre une telle diversité de stratégies de restauration à mettre en place pour y faire

face qu'il n'est pas possible de synthétiser cette information sous la forme d'un simple indicateur sans dénaturer la complexité du processus étudié.

Remerciement

Cette recherche a été financée dans le cadre d'un projet ANR nommé RGC4 (Résilience urbaine et gestion de crise dans un contexte de crue à cinétique lente). RGC4 vise à développer des outils opérationnels pour améliorer la continuité d'activité des services urbains et des réseaux techniques associés face aux inondations. RGC4 se concentre plus particulièrement sur le territoire parisien. Dans ce projet, le WP3 se focalise sur la remise en service des réseaux techniques.

Références

- Alderson D.L., Brown G.G., Carlyle W.M., 2015, « Operational Models of Infrastructure Resilience », *Risk Analysis*, 35(4), pp. 562–586.
- Albert R., Jeong H., Barabási A.-L., 2000, « Error and attack tolerance of complex networks », *Nature*, 406(6794), pp. 378–382.
- Albert R., Albert I., Nakarado G.L., 2004, « Structural vulnerability of the North American power grid », *Physical Review E*, 69(2), 025103.
- Barker K., Ramirez-Marquez J.E., Rocco C.M., 2013, « Resilience-based network component importance measures », *Reliability Engineering and System Safety*, 117, pp. 89–97.
- Bocchini P, Frangopol D., 2012, « Restoration of bridge networks after an earthquake : multicriteria intervention optimization », *Earthquake Spectra*, 28(2), pp. 427–455.
- Buldyrev S.V., Parshani R., Paul G., Stanley H.E., Havlin S., 2010, « Catastrophic cascade of failures in interdependent networks », *Nature*, 464(7291), pp. 1025–1028.
- Chapelon L., 2006, « L'accessibilité, marqueur des inégalités de rayonnement des villes portuaires en Europe », *Cybergeo : European Journal of Geography*.
- Cohen R., Erez K., Ben-Avraham D., Havlin S., 2000, « Resilience of the Internet to random breakdowns », *Physical Review Letters*, 85(21), pp. 4626–4628.
- Ganin A., Massaro E., Gutfraind A., Steen N., Keisler J.M., Kott A., Linkov I., 2016, « Operational resilience : concepts, design and analysis », *Nature : Scientific Reports*, 6, pp. 1–12.
- Gao J., Liu X., Li D., Havlin S., 2015, « Recent progress on the resilience of complex networks », *Energies*, 8(10), pp. 12187–12210.
- Gleyze J. F., 2005, « *La vulnérabilité structurelle des réseaux de transports dans un contexte de risque* », Thèse de doctorat, Université Paris VII, Laboratoire COGIT-IGN, 826 p.
- Gleyze J. F., Reghezza M., 2007, « La vulnérabilité structurelle comme outil de compréhension des mécanismes d'endommagement », *Géocarrefour*, 82(1-2).
- Hu Z.H., Sheng Z.H., 2015, « Disaster spread simulation and rescue time optimization in a resource network », *Information Sciences*, 298, pp. 118–135.
- Kim D. H., Eisenberg D.A., Chun Y. H., Park J., 2017, « Network topology and resilience analysis of South Korean power grid », *Physica A : Statistical Mechanics and Its Applications*, 465, pp. 13–24.
- Koczkodaj W.W., Orłowski M., 1999, « Computing a consistent approximation to a generalized pairwise comparisons matrix », *Computers & Mathematics with Applications*, 37(3), pp. 79–85.
- Lhomme S., 2015, « Analyse spatiale de la structure des réseaux techniques dans un contexte de risques », *Cybergeo : European Journal of Geography*.
- Matisziw T. C., Murray A.T., Grubestic T.H., 2010, « Strategic Network Restoration », *Networks and Spatial Economics*, 10(3), pp. 345–361.

- Matisziw T. C., Grubestic T. H., Guo J., 2012, « Robustness elasticity in complex networks », *PLoS ONE*, 7(7).
- Muraco W.A., 1972, « Intraurban Accessibility », *Economic Geography*, 48(4), pp. 388-405.
- Murray A.T., Grubestic T.H., 2012, « Critical infrastructure protection : The vulnerability conundrum », *Telematics and Informatics*, 29(1), pp. 56–65.
- Murray-Tuite P., 2006, « A Comparison of Transportation Network Resilience under Simulated System Optimum and User Equilibrium Conditions », In *Proceedings of the 2006 Winter Simulation Conference IEEE*, pp. 1398–1405.
- Nogal M., O'Connor A., Caulfield B., Martinez-Pastor B., 2016, « Resilience of Traffic Networks : From Perturbation to Recovery via a Dynamic Restricted Equilibrium Model », *Reliability Engineering & System Safety*, 156, pp. 84–96.
- Rinaldi S.M., 2004, « Modeling and simulating critical infrastructures and their interdependencies », *Proceedings of the 37th Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, pp. 1-8.
- Saaty T.L., 1977, « A scaling method for priorities in hierarchical structures », *Journal of Mathematical Psychology*, 15(3), pp. 234–281.
- Solé R.V., Rosas-Casals M., Corominas-Murtra B., Valverde S., 2008, « Robustness of the European power grids under intentional attack », *Physical Review E*, 77(2).
- Tang L., Jing K., He J., Stanley H.E., 2016, « Complex interdependent supply chain networks : Cascading failure and robustness », *Physica A : Statistical Mechanics and Its Applications*, 443, pp. 58–69.
- Wang J. W., Rong L.L., 2009, « Cascade-based attack vulnerability on the US power grid », *Safety Science*, 47(10), pp. 1332–1336.
- Wang J.W., Rong L. L., 2011, « Robustness of the western United States power grid under edge attack strategies due to cascading failures », *Safety Science*, 49(6), pp. 807–812.
- Wang S., Sarker B.R., Mann L., Triantaphyllou E., 2004, « Resource planning and a depot location model for electric power restoration », *European Journal of Operational Research*, 155(1), pp. 22–43.
- Xu N., Guikema S., Davidson R. A., Nozick L. K., Cagnan Z., Vaziri K., 2007, « Optimizing scheduling of post-earthquake electric power restoration tasks », *Earthquake engineering and structural dynamics*, pp. 265-284.
- Zio E., Sansavini G., 2011, « Component criticality in failure cascade processes of network systems », *Risk Analysis*, 31(8), pp. 1196–1210.
- Zhang W., Pei W., Guo T., 2014, « An efficient method of robustness analysis for power grid under cascading failure », *Safety Science*, 64, pp. 121–126.

Atelier 18

Analyse des comportements et dynamiques
spatiales

La diffusion spatiale d'une innovation politique : les Nuit debout d'Île-de-France

Laurent Beauguitte ¹, Nicolas Lamber²

CNRS, UMR IDEES¹

CNRS, UMS RIATE²

Mots-clefs - diffusion spatiale, Île-de-France, Nuit debout, régression logistique

Le mouvement social contre la loi travail du printemps 2016 a vu l'émergence d'une forme politique inédite en France : les Nuit debout (ND). Phénomène au départ parisien, localisé sur la place de la République, inspiré notamment par les indignés espagnols et le mouvement new-yorkais Occupy1, l'appel à ne pas rentrer chez soi le soir du 31 mars a suscité la création de nombreuses ND, tant en France qu'à l'étranger. L'approche choisie ici est une approche d'analyse spatiale : nous considérons en effet le phénomène ND comme une innovation politique dont il est possible d'étudier la diffusion. Nous nous limitons ici à l'Île-de-France, en raison du temps nécessaire à la collecte des informations. Dans un premier temps, nous tentons de définir l'objet étudié, puis nous étudions sa diffusion dans l'espace francilien entre avril et juillet 2016. Enfin, un modèle de régression logistique est construit pour tenter d'expliquer pourquoi ce phénomène est apparu là et pas ailleurs.

De Nuit debout aux quartiers et banlieues debout

Qu'est-ce que Nuit debout ?

Nuit debout a pour origine un appel lancé suite à la manifestation du 31 mars 2016 contre la loi travail à ne pas rentrer chez soi et à aller occuper la place de la République à Paris. Préparé depuis plusieurs semaines par différents groupes et personnes (Frédéric Lordon du groupe des économistes atterrés, François Ruffin du journal Fakir, la

compagnie Jolie Môme, ATTAC, etc.), ce qui était prévu pour durer au plus deux ou trois nuits a duré plus de trois mois et a rapidement échappé à ses organisateurs initiaux. Très vite, des Nuit debout sont apparues, que ce soit en région, en banlieue ou dans différents quartiers parisiens. Définir ce phénomène est délicat tant les formes prises par ces assemblées ont pu varier. On peut cependant noter le refus affirmé d'avoir un porte-parole, l'affirmation d'un principe d'horizontalité (plus ou moins appliqué selon les cas) et la volonté affirmée de convergence des luttes (de gauche). La forme emblématique des ND a consisté en assemblées générales (AG) où la parole était théoriquement ouverte à tous. Ce mouvement a présenté une très grande diversité de discours et de pratiques, ce qui a empêché l'élaboration d'un discours politique lisible ou d'un quelconque programme.

Les sources

Il n'existe aucune source exhaustive et fiable concernant les ND. Trois outils principaux ont été utilisés pour collecter les données : le wiki mis en place pour le mouvement (wiki.nuitdebout.fr), les comptes facebook et twitter des différentes ND – il faut noter que la maîtrise des outils numériques de communication est très variable selon les lieux. Certaines ND ayant créé des blogs spécifiques (Saint-Ouen par exemple), ces sources ont également été consultées. Les informations sont cependant plus ou moins fiables et/ou complètes

selon les endroits : certaines assemblées annoncées ont pu être annulées faute de participants, certaines assemblées ont pu être annoncées uniquement par voie d’affichage ou via des mailing list internes (Paris 13 par exemple). L’actualisation des sites n’est pas non plus uniforme. Ce caractère lacunaire des sources disponibles explique que nous nous soyons limité à l’Île-de-France : les risques d’erreur seraient beaucoup plus importants à l’échelle nationale. Le recueil des sources a été complété par une démarche d’observation participante à diverses assemblées de quartier et de banlieue entre avril et juillet 2016¹.

Une diffusion rapide, inégale et éphémère

Entre le 1 avril et le 31 juillet 2016, plus de 320 assemblées générales ont eu lieu en Île-de-France dans 42 communes ou arrondissements différents, les assemblées de ND République n’étant pas prises en compte – elles sont quotidiennes et se tiennent systématiquement place de la République, hormis une devant l’Odéon lors de son occupation par les intermittents du spectacle (25

avril 2016) et une devant l’Assemblée nationale (adoption de la loi El Khomri par utilisation du 49.3 le 10 mai 2016). Mais, et cela a été confirmé par différents participants, toutes les personnes ayant organisé des Nuit debout en Île-de-France sont passés par République dans un premier temps.

Après une première assemblée organisée à Fontainebleau le 7 avril, la courbe des assemblées augmente brutalement (Figure 1) et atteint son maximum la semaine du 9 au 15 mai (semaine 19). A partir de mi-juin, la tendance à la baisse est continue jusqu’au mois de juillet (semaines 27 à 30). Sans chercher à proposer une chronologie fine du mouvement, il faut cependant noter que ce rythme est fortement lié à la dynamique générale du mouvement social contre la loi travail.

Si l’on cartographie l’ensemble des lieux où se sont déroulées ces assemblées (Figure 2), on note son importance en petite couronne et, inversement, sa rareté dans les départements de la grande couronne. Il convient de noter que certaines assemblées sont itinérantes, comme ND en Beauce, ce qui explique le semis de points autour d’Étampes.

1. Durant cette période, l’un des auteurs a participé de manière régulière à deux ND du nord est parisien (Debout Place des Fêtes et Sorbier Ménilmontant debout) et a visité diverses ND à Paris (Paris 13) et en banlieue (Asnières, Les Lilas, Marne-la-Vallée, Montreuil, Saint-Denis, Saint-Ouen).

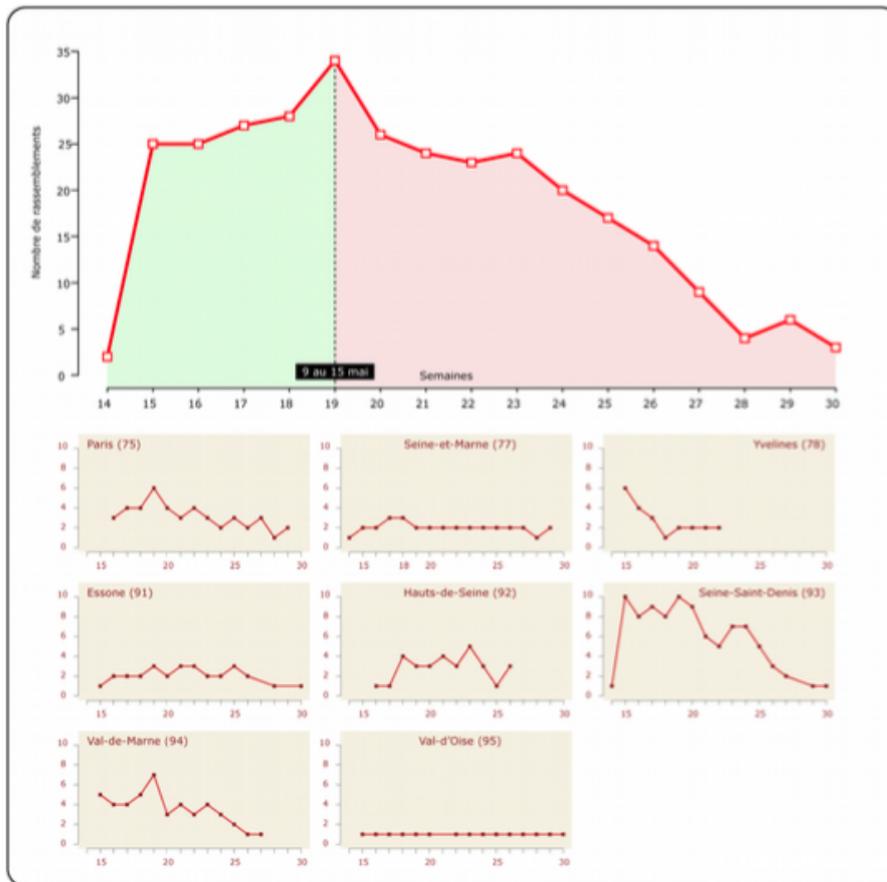


Figure 1 : Nombre de rassemblements Nuit debout en Île-de-France – avril à juillet 2016

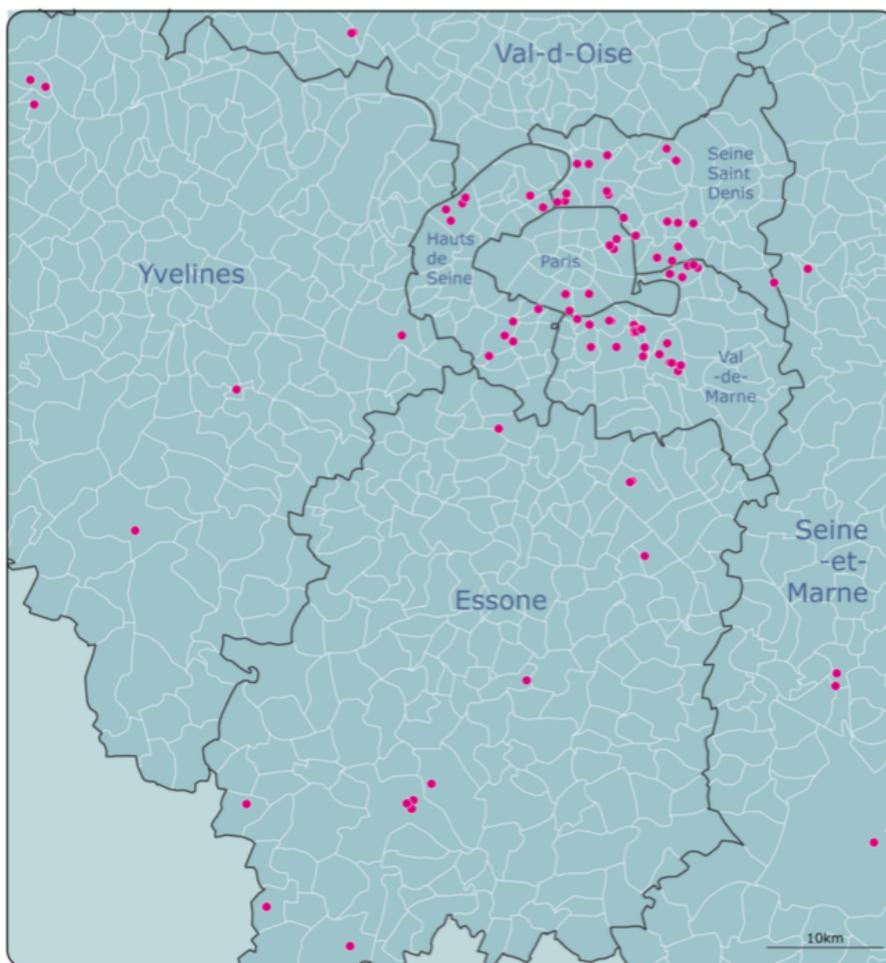
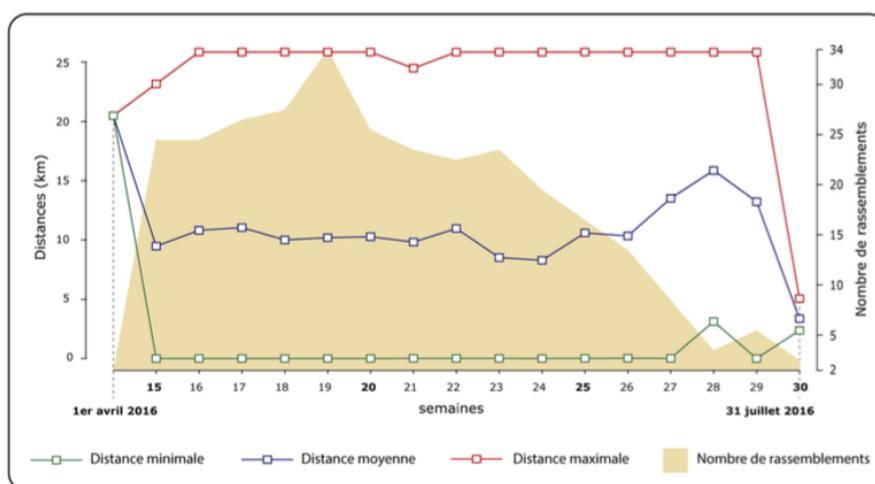


Figure 2 : Lieux des rassemblements ND et distances entre lieux – avril à juillet 2016



Pourquoi ici et pas ailleurs ?

Configurations politiques et sociales locales

Des assemblées Nuit debout ont eu lieu dans 42 communes ou arrondissements dif-

férents en Île-de- France durant la période e?tudiée. La commune la moins peuplée où s'est tenue une assemblée

est Saint-Escobille dans l'Essone (483 habitants). Les éléments comparatifs qui suivent concernent d'un côté ces 42 communes ou arrondissements et de l'autre les 969 communes et arrondissements de plus de 480 habitants où aucune Nuit debout n'est apparue.

Les endroits concernés par les Nuit debout sont en règle générale plus peuplés (médiane de 47000 habitants contre 9800). En ce qui concerne les taux moyens et médians de CSP+ et de diplômés de l'enseignement supérieur, on ne note par contre aucune différence entre les deux catégories. Une variable présente une nette différence ; celui du taux de 15 – 44 ans : cette tranche d'âge compte en moyenne 44 % de la population des communes et arrondissements touchés par les Nuit debout (médiane 43%) tandis que les communes et arrondissements non concernés comptent en moyenne 38 % de 15-44 ans (médiane 37%).

Toutes choses égales par ailleurs

Plutôt que de tester variable après variable, sachant que le phénomène est de toute façon très minoritaire, il nous a semblé pertinent de construire de manière hypothético-déductive un modèle de régression logistique.

Nos principales hypothèses permettant d'expliquer l'apparition d'une Nuit debout

dans une commune ou un arrondissement donné sont les suivantes :

- Plus la commune est peuplée, plus la probabilité de voir apparaître une ND est élevée ;
- ND rassemble d'abord des déçu.e.s du gouvernement actuel, donc les ND apparaissent plutôt dans des communes accordant un score élevé au Parti socialiste ;
- Le taux de jeunes diplômés résidant dans une commune est susceptible de favoriser leur apparition. L'une des rares enquêtes sociologiques disponible à ce jour a en effet montré l'importance des diplômés de l'enseignement supérieur à ND Paris République (Stéphane Baciocchi et al., 2016) ;
- Plus le taux de jeunes adultes est important, plus la probabilité de voir apparaître une ND est important.

Le modèle construit est le suivant :

$$ND = PS2015t2 + TXDIPL + TX1544 + POP$$

où PS2015t2 est le score du candidat PS au deuxième tour des régionales 2015 en pourcentage des exprimés (discrétisation en quartiles), TXDIPL le taux de diplômés de l'enseignement supérieur parmi les plus de 15 ans, TX1544 le taux de 15-44 ans dans la population totale et POP la population (3 classes selon la taille de la commune²).

2. Les trois classes sont moins de 5000 habitants, de 5 000 à 50 000 habitants et plus de 50 000 habitants.

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)	Sign.
(Intercept)	-6.2126	2.00025	-3.106	0.001897	***
Tx diplômés	-0.0572	0.01562	-3.663	0.000249	***
POP (5000,50000]	1.4008	0.67056	2.089	0.036703	*
POP (+ 50000]	3.379	0.75951	4.449	8.63e-06	***
Taux 15-44 ans	0.1112	0.04567	2.435	0.014876	*
Score PS (15-21 %]	-1.5399	0.54576	-2.822	0.004778	**
score PS (21-26 %]	-2.1982	0.82522	-2.664	0.007726	**
score PS(26-33 %]	-1.2486	0.73800	-1.692	0.090680	.

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Null deviance: 343.13 on 1010 degrees of freedom
Residual deviance: 227.77 on 1003 degrees of freedom
AIC: 243.77

De façon attendue, l'importance de la population favorise l'apparition de ND et ce d'autant plus que la commune ou l'arrondissement est peuplé ; de façon moins intuitive, le taux de diplômés tend à faire diminuer très légèrement la probabilité d'apparition d'une ND. En ce qui concerne le score du PS au deuxième tour des régionales, plus le score est faible et plus la probabilité d'apparition d'une ND est faible. Ce premier modèle exploratoire mériterait évidemment d'être affiné et approfondi. Nous avons testé différentes mesures de distance à des équipements estimés pertinents (université notamment), cependant la densité des équipements dans l'espace d'étude est telle que ces variables ne sont pas apparues significatives. La prise en compte d'un espace plus large permettrait sans doute de valider la robustesse de ce modèle francilien.

Conclusion

Le phénomène Nuit debout a été un feu de paille médiatique et semble avoir disparu. Les différents sites internet ne sont plus guère actualisés et les quelques tentatives pour relancer les assemblées place de la République à Paris ont été des succès mitigés (week-end de rentrée du 31 août au 4 septembre) puis des échecs notables (week-end du 5-6 novembre) tant en terme de fréquentation que d'impact médiatique. Pour-

tant, certaines assemblées continuent leurs activités (ND en Beauce, Debout Place des Fêtes par exemple). La collecte des données en cours pour la rentrée 2016 permettra peut-être de savoir pourquoi les ND se maintiennent là et pas ailleurs.

Une approche plus réticulaire serait sans doute également nécessaire pour mesurer l'impact de ce phénomène dont on ne pourra mesurer les effets que dans quelques mois ou années. Comme l'affirmait un participant assidu d'une assemblée de quartier : « il y a des réseaux qui se sont constitués qui n'existaient pas avant [...] les gens qui ne connaissent pas bien disent, ouais, ça a l'air mort votre truc, en fait ce n'est absolument pas mort. C'est juste qu'il y a plus personne sur la place de la République parce que les gens travaillent autre part quoi, c'est tout ³ ».

Références

Stéphane Baciocchi, Alexandra Bidet, Pierre Blavier, Manuel Boutet, Lucie Champenois, Carole Gayet-Viaud et Erwan Le Méner (2016). Qui vient à Nuit debout ? Des sociologues répondent. 17 mai, *Reporterre*, en ligne

Hélène Combes, David Garibay et Camille Goirand (dir) (2015). Les lieux de la colère.

3. Entretien réalisé le 12 septembre 2016 avec Camille (le prénom a été modifié), 43 ans, participant actif d'une assemblée du nord-est parisien.

Occuper l'espace pour contester, de Madrid à Sanaa. Paris : L'Harmattan

Lilian Mathieu (2007). L'espace des mouvements sociaux, *Politix*, 20(77), p.131-151.

Astra Taylor et Keith Cessen (2011). *Occupy. Scenes from Occupied America.* New-York : Verso.

Les réseaux affinitaires des acteurs du développement régional en Normandie

Nathan Gouin

UMR IDEES – Université de Rouen

Mots-clefs - développement régional – Normandie – réseau – doctrines politiques - néolibéralisme

Contexte

Ce travail s'inscrit dans le cadre d'une thèse de géographie portant sur les discours sur le développement régional et le rôle des grandes entreprises en Normandie. Les différentes réformes de décentralisation engagées depuis les années 1980 ont eu pour objectif indirect de redistribuer le pouvoir au sein de l'Etat français pour faire face à la concurrence globale (Cole, 2006) et d'initier localement la construction de capacités politiques sur le modèle breton (Pasquier, 2012). Pour répondre à l'impératif de compétitivité qui s'est vu appliqué de manière quasi-uniforme aux territoires (Bristow, 2005), les régions françaises ont repris le package de solutions (Lovering, 1999) apportées par les théories néo-régionales initiées par M. Porter (1990) avec sa transposition du concept de compétitivité des entreprises aux territoires.

Le néo-régionalisme s'impose dans un contexte économique néolibéral et découle de cette doctrine (Warleigh-Lack, 2006). En effet, il incite à une politique volontariste des pouvoirs publics dans un contexte d'économie de marché afin d'entraîner une dynamique économique endogène. Les deux notions se rejoignent d'ailleurs autour du concept de compétitivité (Bristow, 2005).

L'objectif de la thèse est dans un premier temps de démontrer que les acteurs politiques et économiques ont effectivement majoritairement, en Normandie, un discours conforme au néo-régionalisme et du néolibéralisme qui consiste à chercher à attirer les investissements en proposant un

certain nombre d'aménités territoriales endogènes. Dans un deuxième temps, le but est de montrer que ces discours ne tiennent pas compte la situation particulière de la région Normande (polarisation de Paris), les questions d'échelles mais aussi l'histoire (importance des investissements de l'Etat).

Objectif de l'étude

L'objectif de l'étude présentée est d'exposer le premier point, à savoir l'omniprésence du néolibéralisme et du néo-régionalisme dans les discours des acteurs politico-économiques normands. Dans les faits, il s'agit de repérer que leurs discours reposent sur un certain nombre d'idées ou de notions qui appartiennent au champ conceptuel de ces doctrines, comme l'idée de compétition entre les territoires, l'importance accordée au développement endogène, la notion d'attractivité, en proposant une politique de l'offre (services, infrastructures) plutôt qu'une politique industrielle, etc.

Ce travail nécessite de classer les discours en différentes catégories doctrinales : l'ultralibéralisme (sens minarchiste), le néolibéralisme, le souverainisme, l'écologisme, les partisan d'un héritage communiste, et enfin les théoriciens de la décroissance.

L'objectif est de prouver que l'idéologie néolibérale est présente dans les discours d'une majorité d'acteurs et également que ces acteurs néolibéraux sont au centre de l'échiquier politique normand.

D'un point de vue méthodologique, l'enjeu est d'explorer des sources parfois mé-

connues (blogs politiques, sites Internet) et d'identifier un grand nombre d'acteurs, appartenant à différentes sphères de la région (politiques, économiques, associatives...) afin que cela soit représentatif de la pluralité des acteurs régionaux.

Données

Les données mobilisées correspondent à un corpus de pages web, de blogs, de contributions de différents acteurs de la blogosphère normande. Ces sites ont été identifiés de la manière suivante : dans un premier temps j'ai identifié un certain nombre d'acteurs notoires du territoire : les pouvoirs publics (région, départements, communautés d'agglomération), les chambres consulaires (commerce et industrie, arts et métiers, agriculture), les élus (Mayer-Rossignol, Morin, Fabius, Bay, ...), les partis politiques (PS, LR, Centre, PC, FN...). J'ai également pu identifier des acteurs impliqués dans le débat public normand à travers les contributions aux débats publics organisés par la CNDP ou encore par des sites d'informations normandes (Normandie XXL, l'étoile de Normandie, Normandie Actu). Enfin, à partir de ces points d'entrée, j'ai pu parcourir une large partie de la blogosphère en suivant les liens Internet via un crawler (Navicrawler, utilisable sous Mozilla).

Ce travail a permis d'identifier un très grand nombre de pages web, qui ont été filtrées afin d'enlever les liens vides ou redirigés vers des acteurs extérieurs à la région ou encore vers des réseaux sociaux. Une fois triés, il reste 358 pages web représentant autant d'acteurs, un grand nombre d'entre eux n'ayant jamais été étudié dans le cadre d'un travail scientifique. Chaque site a ensuite été exploré afin de repérer le nom de l'acteur, sa catégorie (parti politique, institution, association, entreprise, syndicat...), son échelle d'exercice, sa doctrine, la quantité d'informations disponibles, et les sujets sur lesquels il s'exprime.

Les données datent du premier semestre 2016, certains sites ont pu disparaître en

tretemps, à la suite notamment de la mise en œuvre de la réforme des régions.

Méthodes utilisées

Le premier point méthodologique concerne l'identification des doctrines prônées par chaque acteur. Cela a été accompli par une analyse de contenu qualitative. Tout d'abord, j'ai identifié les doctrines qui permettent de cadrer la totalité des acteurs du territoire, y compris les extrêmes (politiques ou économiques). Cela a été fait en croisant les différentes conceptions de la croissance économique (conservateurs : libéraux, néolibéraux; réformistes : souverainistes, écologistes; révolutionnaires : communistes, décroissance; Destais, 2009 & 2011) et leurs conceptions de l'avenir par rapport à la situation actuelle (productivistes : libéraux, souverainistes et communistes; augustiniens : néolibéraux, écologistes; discontinuité : décroissance; Cochet, 2013). Il y a toutefois un groupe hors des doctrines politiques classiques, ce sont les régionalistes, qui piochent à droite à gauche selon une logique de défense des intérêts régionaux face à l'État ou face à la concurrence d'autres régions. Sept groupes ont été identifiés, puis un tableau regroupant leurs positions saillantes sur un certain nombre de sujets a été construit. Cela a permis de rattacher chacune des pages web à une doctrine. Cela permet ensuite de faire des statistiques globales sur les parts de chaque doctrine parmi les acteurs normands.

Le deuxième point méthodologique concerne la représentation en réseaux des acteurs. Cela a été rendu possible suite au travail d'identification des données pendant lequel ont été répertoriés les nœuds (les pages web des acteurs) et les liens entre eux (les liens extranet). Ainsi des réseaux affinitaires entre acteurs peuvent être identifiés. Ils ont été représentés au moyen du logiciel Gephi. Les nœuds ont été représentés selon différents critères : la taille dépend du nombre de liens entrants et la couleur dépend de l'idéologie des acteurs.

Ensuite des mesures de centralité ont été effectuées afin d'identifier les acteurs centraux et les doctrines centrales du réseau.

La représentation visuelle met également cela en évidence et permet d'identifier des groupes d'acteurs.

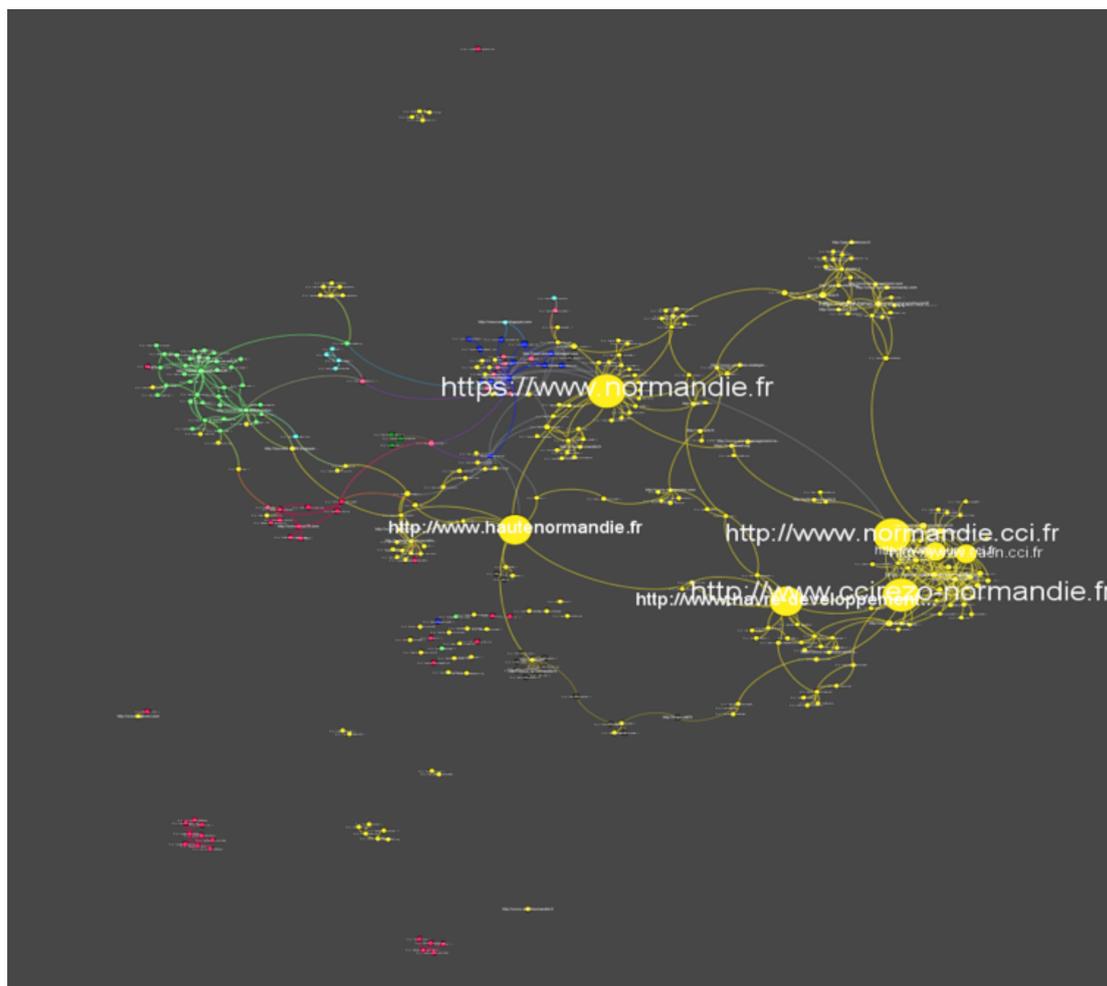


Figure 1 : Visualisation de la blogosphère normande sous Gephi.

Principaux résultats

La répartition des acteurs dans la typologie permet de confirmer l'hypothèse de la domination quantitative des néolibéraux dans la région, puisque 234 acteurs sur 358 appartiennent à ce groupe, soit 65,5% des acteurs. Viennent ensuite les écologistes (10,8%), les communistes (8,96%), de grandes entreprises partenaires (4,76%), les régionalistes (4,2%), les acteurs neutres (informations ou autres, 3,08%), les souverainistes (1,96%) et les décroissants (0,84%). Numériquement la domination est donc sans partage.

On s'aperçoit également que les décideurs

dans la région sont néolibéraux : en effet, la totalité des institutions (régions, départements), des communautés d'agglomération, et des partis dominants (PS, centre, LR) souscrivent au cadre doctrinaire du néolibéralisme. De plus, les principaux interlocuteurs des institutions, à savoir les chambres consulaires, sont également néolibérales.

La visualisation du réseau avec Gephi avec une couleur par doctrine permet de mettre en évidence différents réseaux affinitaires et les relations entre les différents groupes. Globalement chaque doctrine constitue un groupe, mais on s'aperçoit qu'au sein des néolibéraux il y a un sous-groupe qui se constitue autour de la

région, un autre autour du parti socialiste dans la région Haute-Normandie, un autre autour de l'agence de développement de l'Orne, et une dernière autour des chambres consulaires et des acteurs professionnels. La place de certaines associations de lobbying territorial (comité pour le contournement de Rouen ou pour la LNPN) liée aux chambres consulaires et associations de professionnels est éclairante sur leur origine.

Au niveau de la centralité, on s'aperçoit visuellement que le sous-groupe constitué de la région Normande est au centre du réseau, ce qui se vérifie également par la mesure de centralité dans le réseau.

Ainsi, l'hypothèse selon laquelle les discours néolibéraux dominent le débat public normand est validée. Cette domination s'exerce d'un point de vue quantitatif (voir les pourcentages) et qualitatif (positions dominantes dans le réseau et positions stratégiques).

Ce genre d'analyse permet de mettre en évidence les liens entre les acteurs et l'existence de réseaux affinitaires sur la toile qui rendent compte de proximité spatiale ou idéologique. Cela permet également d'explorer des sources multiples et dans certains cas inconnues. Les résultats montrent aussi que malgré la domination du discours néolibéral dans la région, de multiples acteurs, aux fonctions et aux opinions diverses, s'expriment dans le débat public.

Références

BILLAUDOT, Bernard et DESTAIS, Ghislaine, 2009. Les analyses de la durabilité en économie : fondements théoriques et implications normatives. *HEC Montréal*, [en ligne]. 2009. [Consulté le 6 janvier 2017]. Disponible à l'adresse : <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00472876/>

BRENNETOT, Arnaud, 2013. Géohistoire du «néolibéralisme». Retour sur une éti-

quette intellectuelle malléable et mouvante. *Cybergeo : European Journal of Geography*. 2013.

BRISTOW, Gillian, 2005. Everyone's a 'winner' : problematising the discourse of regional competitiveness. *Journal of Economic Geography*. 2005. Vol. 5, n° 3, pp. 285–304.

CABANNES, Michel, 2012. *La trajectoire néolibérale ? : histoire d'un dérèglement sans fin*. Lormont (Gironde), France : le Bord de l'eau.

COCHET, Yves, 2013. Chapitre 2. Trois modèles du monde. In : *Penser la décroissance* [en ligne]. Presses de Sciences Po (PFNSP). pp. 49–72. [Consulté le 6 janvier 2017]. Disponible à l'adresse : <http://www.cairn.info/penser-la-decroissance-9782724613001-page-49.htm>

COLE, Alistair, 2006. Decentralization in France : central steering, capacity building and identity construction. *French Politics*. 2006. Vol. 4, n° 1, pp. 31–57.

LOVERING, John, 1999. Theory led by policy : the inadequacies of the 'new regionalism' (illustrated from the case of Wales). *International journal of urban and regional research*. 1999. Vol. 23, n° 2, pp. 379–395.

PASQUIER, Romain, 2012. *Le pouvoir régional : mobilisations, décentralisation et gouvernance en France*. Paris, France : SciencesPo., les Presses, DL 2012. ISBN 978-2-7246-1269-1.

PORTER, Michael E., 1990. The competitive advantage of nations. *Harvard business review*. 1990. Vol. 68, n° 2, pp. 73–93.

WARLEIGH-LACK, Alex, 2006. Towards a Conceptual Framework for regionalization : Bridging new regionalism and integration theory. *Review of International Political Economy*. 2006. Vol. 13, n° 5, pp. 750–771.

Typologies d'habitat et territoires, quelles représentations en 2016 ? Des signes pour l'émergence d'une nouvelle offre ?

Jean Houssemand, Anne Griffond-Boitier, Samy Youssoufi, Jean-Philippe Antoni

Laboratoire ThéMA

UMR 6049 CNRS - Université Bourgogne Franche-Comté

Mots-clefs - Préférence résidentielle, Habitat individuel, Habitat collectif, Enquête par photo-élicitation, Analyse textuelle, Arbres de décision

Introduction

Contexte

Le XXe Siècle a été le théâtre d'importantes mutations en matière de développement urbain. A la ville pédestre, millénaire, aura succédé sur un temps très court la ville étendue à ses faubourgs desservis par les transports en commun, puis la ville périurbaine, diffuse, parfois lointaine et zonée fonctionnellement, autorisée particulièrement par la démocratisation de l'automobile (Mumford, 1964 ; Wiel, 1999). Ville et mobilité faisant système, les révolutions récentes de l'offre de mobilité ont bouleversé les formes du développement urbain, consacrant notamment la dépendance automobile (Dupuy, 1999). Ainsi le périurbain émerge, se développe et concurrence la ville compacte, dense et séculaire produisant deux typo-morphologies juxtaposées et antagonistes :

1. les centres urbains, qui ont longtemps concentré les emplois, font l'objet d'une pression foncière significative qui appelle une densité bâtie, de population et un niveau de co-présence important (Lussault, 2007). Dans cette ville des courtes distances, et pour servir les enjeux de densité, la typologie d'habitat majoritaire est historiquement l'immeuble de logements collectifs.
2. la ville périurbaine réalise quant à elle la diffusion et l'étalement urbain. Le coût du foncier, qui décroît à mesure que l'on

s'éloigne des principaux centres, oriente une certaine stratification sociale du territoire périurbain et autorise des formes urbaines aux mailles lâches (Drevelle et Emangard, 2015). Rêve d'une large part des français au terme de leur trajectoire résidentielle, la maison individuelle est le type privilégié de la réalisation de la ville périurbaine.

Enjeux

Ainsi, offres alternatives très minoritaires mises à part (logement dit intermédiaire, autopromotion), la croissance urbaine s'organise selon une logique majoritairement bicéphale, autant d'un point de vue morphologique que typologique. Les innovations sont rares et récentes (Urban Research and Practice 2015, 8(1)) et suscitent peu d'études ou de débats au sein d'une société urbaine pourtant directement concernée (Kriese and Scholtz, 2012). L'utilisateur de la ville contemporaine est donc contraint de choisir, selon ses moyens, entre, d'une part, la ville centre et ses immeubles de logements en collectif et, d'autre part, la ville périurbaine et ses maisons individuelles. Ces choix individuels, en partie liés aux préférences résidentielles des ménages ne sont pas sans conséquences d'un point de vue global : la maîtrise de l'étalement urbain est devenue une préoccupation centrale en matière d'aménagement pour maîtriser les conséquences socio-économiques (Brueckner, 2000, Evans, 1991, Hall, 1997) et environnementales (Alberti, 2005 ; Johnson, 2001) du développement urbain.

Dans ce contexte, le choix de la maison individuelle semble indissociable de l'espace périurbain qui forment aujourd'hui un "tandem" typologie d'habitat / territoire comparable à celui que constituent l'habitat collectif / la ville centre et sa périphérie proche. Or, comme le montrent Gault et Bedeau (2007), le désir des ménages paraît plutôt opérer un découplage entre la forme de l'habitat et l'espace qui la porte. En effet, les ménages expriment en synthèse une forte demande sociale pour la maison individuelle, en même temps qu'une demande de transports, de services urbains, de proximité et d'accès aux aménités, de mouvement encore qui caractérisent les tissus urbains denses et centraux.

Objectifs

Pour analyser ce paradoxe, l'objectif de cette communication consiste à interroger les choix résidentiels des ménages en dissociant, au sein des deux tandems identifiés précédemment (cf. 1.1), ce qui relève de la forme d'habitat et ce qui relève du territoire. Cette analyse doit conduire (i) à identifier les déterminants de l'attractivité de chaque composant des tandems : habitat individuel, habitat collectif, espaces centraux, espaces périurbains ; (ii) à définir de manière tangible la dimension cognitive exprimée relativement à chacun de ces composants de manière à améliorer notre connaissance de ce qui n'est souvent aujourd'hui caractérisé que de manière empirique (chacun a sa définition de ce qu'est une maison individuelle) ; (iii) à formuler une proposition alternative résultant des choix exprimés en matière de typologie d'habitat et de localisation géographique, menant au développement d'une proposition architecturale singulière inédite relativement à

l'offre existante.

Méthodologie

Méthode d'enquête

Pour répondre à ces objectifs, la méthodologie mise en œuvre repose sur une enquête par photo élicitation réalisée par campagne de mail (LimeSurvey). Elle s'inscrit dans les méthodes de recherche mixtes qui, en conciliant analyses qualitative/quantitative, multiplient les angles de vue sur un même objet d'étude (Creswell et Plano Clark, 2007). L'usage de l'image crée en outre une interactivité et améliore la richesse et la variabilité des réponses (Couper et al., 2004 ; Couper et al. 2011). Outre la connaissance de la situation socio économique, socio familiale et des habitudes en matière de logement et de déplacements des enquêtés, cette enquête est construite pour définir les éléments cognitifs associés aux choix résidentiels des ménages.

Concrètement, un exemple du tandem habitat individuel dans l'espace périurbain (figure 1 à gauche), puis un exemple du tandem habitat collectif en ville et dans sa périphérie proche (figure 1 au centre) sont successivement exposés aux personnes enquêtées. Il leur est demandé d'indiquer pour chaque image "les cinq premiers mots qui leur viennent à l'esprit". Une troisième représentation (figure 1 à droite) est ensuite livrée au public enquêté, auquel la même question est posée. Cette dernière illustration donne à voir un exemple de réponse originale et singulière fondée sur le découplage des tandems formes d'habitat / territoires classiques. Les résultats qui en découlent portent sur 1495 questionnaires entamés, et 650 questionnaires complets.



Figure 1 : Tandems typologies / territoires

Analyse statistique

Une première étape a consisté à recoder l'ensemble des termes utilisés par les enquêtés pour caractériser chacune des trois images. Le principe du recodage consiste à synthétiser le corpus recueilli, d'une très grande richesse (plusieurs centaines de termes différents cités pour caractériser les photos) en quelques éléments théoriques représentatifs de la dimension cognitive exprimée vis-à-vis de chaque composant. Cette synthèse s'opère à la fois à l'aide d'une analyse sémantique du discours et d'une analyse de la valence des termes utilisés.

Dans un second temps, une analyse textuelle a été menée à partir des termes préalablement recodés. La fréquence de chaque item a été relevée afin d'établir des nuages de mots dont la taille est représentée proportionnellement à sa fréquence d'utilisation. De plus, chaque clic a donné lieu à la construction d'un graphe de mots permettant de décrire les associations / répulsions entre chacun des termes mentionnés. Le recours à la théorie des graphes a également permis d'identifier plusieurs clusters sémantiques qui se caractérisent par le regroupement dans une même classe des termes mentionnés conjointement.

Enfin, une analyse a été menée par arbres de décision en vue de mieux comprendre les raisons qui poussent les enquêtés à choisir parmi les trois types de logements

celui dans lequel ces derniers voudraient vivre en s'intéressant à un ensemble de variables décrivant leurs caractéristiques socio-économiques et leurs pratiques en termes de déplacements quotidiens. Le modèle qui en résulte permet d'expliquer le choix effectué par les enquêtés en faveur de l'une des images en fonction de leurs caractéristiques sociales, économiques, professionnelles ainsi que de leurs comportements de mobilité.

Résultats et discussions

Les choix exprimés en matière de typologie d'habitat et de localisation géographique confirment le souhait d'un découplage des tandems « formes d'habitat / territoires » classiques. En effet, parmi les 650 premiers répondants à l'enquête, près de la moitié (48,2 %) choisiraient le découplage habitat individuel / milieu urbain comme lieu de vie s'ils en avaient l'opportunité. Plus du tiers (37,8 %) des personnes interrogées se prononcent en faveur du tandem 1 et 14 % sont davantage attirées par le tandem 2. En se focalisant sur les raisons invoquées par chaque enquêté pour justifier son choix, on constate que le tandem 1 est prioritairement choisi pour son côté rural (avoir un jardin en pleine terre (18 %), vivre dans un contexte campagnard, villageois ou dans la nature (16 %)) et pour l'isolement qu'il procure (pouvoir décider seul (15,4 %), recherche d'isolement sur une parcelle indépendante (13,2 %) ainsi que

la possibilité de réaliser une maison à son image (12,1 %). Pour justifier leur choix, les enquêtés s'étant prononcés pour le tandem 2 mettent largement en avant la maîtrise de leurs déplacements quotidiens notamment par l'utilisation des transports en commun (51,2 %) ainsi que la recherche d'un contexte urbain (23,2 %). Enfin, le choix du découplage résulte des avantages que procurent respectivement les tandems 1 et 2, à savoir la recherche d'un contexte urbain et des aménités qu'il procure (16,4 %), la possibilité de réaliser une maison à son image (16,2 %), la possibilité d'avoir un jardin en pleine terre (15,5 %) ainsi que l'offre de transport alternative à la voiture (13,6 %).

Ces résultats appellent un travail de confrontation des caractéristiques de l'habitat individuel plébiscité par les ménages aux exigences de densités des contextes urbains. Ils contribuent de surcroît à replacer la conception et la recherche de nouvelles typo-morphologies bâties à l'échelle architecturale au cœur des enjeux de la ville d'aujourd'hui. Dans un contexte de périurbanisation de l'habitat et d'étalement urbain coûteux, et pour mieux répondre aux préférences des ménages compte tenu de l'offre connue (discrimination entre habitat individuel dans l'espace périurbain / tandem habitat collectif en ville ou dans sa périphérie proche), les résultats engagent la recherche d'alternatives, l'émergence d'une nouvelle offre d'habitat qui tenterait la synthèse entre habitat individuel et ville dense. La formalisation conceptuelle et pratique de ces nouvelles formes d'habitat constitue un prolongement à venir de ces travaux de recherche, qui s'appuieront également sur les résultats de l'enquête.

Références

Alberti M., 2005, The Effects of Urban Patterns on Ecosystem Function, *International Regional Science Review*, 28 (2), pp 168-192.

Bedeau L., Gault G., 2007, *Les français et leur habitat, perception de la densité et des*

formes d'habitat.

Brueckner J., 2000, Urban sprawl : diagnostic and remedies, *International Regional Science Review*, 23, pp 160-171.

Creswell J.W., Plano Clark V.L., 2007, Designing and Conducting Mixed Methods Research, *SAGE Publications*, 488.

Couper M-P., Tourangeau R., Kenyon K., 2004, Picture This! Exploring Visual Effects in Web Surveys, *The Public Opinion Quarterly*, 68 (2), 255-266

Couper M.P. , Courtney K., Conrad F.G., Tourangeau R., 2011, Designing Input Fields for Non-Narrative Open-Ended Responses in Web Surveys, *Journal of Official Statistics*, 27(1), 65-85.

Drevelle M. et Émangard P-H, 2015, *Atlas de la France périurbaine. Morphologie et desservabilité*, Economica.

Dupuy G., 2006, La dépendance à l'égard de l'automobile, La Documentation Française, Tri-Point Sur P.

Evans A., 1991, Rabbit hutches on postage stamps : planning, development and political economy, *Urban studies*, 28, pp 853-870.

Hall P., 1997, The Future of the Metropolis and its Forms, *Regional Studies*, 31 (3), 211-220.

Johnson M., 2001, Environmental impacts of urban sprawl : a survey of the literature and proposed research agenda. *Environment and Planning A*, 33, pp 717-756.

Kriese U. & Scholtz R.W., 2012, Lifestyle Ideas of House Builders and Housing Investors, *Housing Theory and Society*, 29 (3), 288-320

Lussault M., 2007, *L'homme spatial : la construction sociale de l'espace humain*, Seuil, La couleur des idées, 363.

Molina-Azorin J.F., 2011, The use and added value of mixed methods in management Research, *Journal of Mixed Methods Research*, 5 (1), 7-24

Mumford L., 1964, La cité à travers l'histoire, Agone, Mémoires sociales, 922. Urban Research and Practice, 2015, Taking apart co-housing : Towards a long-term perspective of self-managed collaborative housing initiatives, Numéro spécial, 8

(1).

Wiel M., 1999, La transition urbaine ou le passage de la ville pedestre à la ville motorisée, Mardaga Pierre, Architecture + Recherche, 149.