



**HAL**  
open science

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

Valentine Judge

## ► To cite this version:

Valentine Judge. Apport de l'analyse d'un espace transfrontalier à travers la modélisation et la simulation du développement urbain. Le cas Strasbourg – Kehl. Treizièmes Rencontres de Théo Quant, May 2017, Besançon, France. hal-01531013

**HAL Id: hal-01531013**

**<https://hal.science/hal-01531013>**

Submitted on 1 Jun 2017

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

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

# 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 km<sup>2</sup> 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.

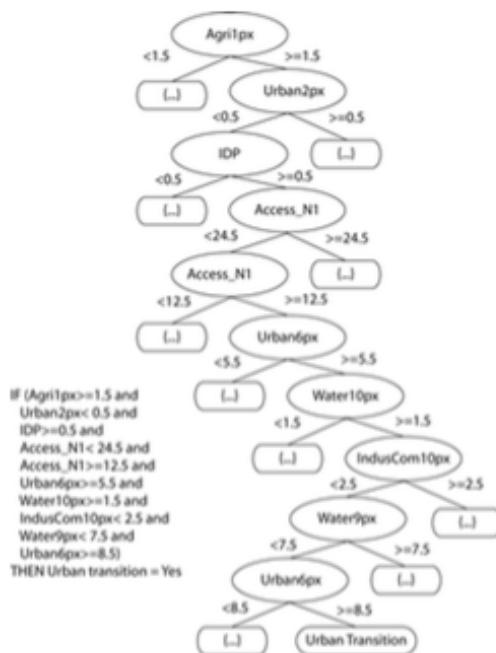


FIGURE 2 – Echantillon de règle de transition

### 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<sup>ème</sup> 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