

MODELISATION DE L'ETALEMENT URBAIN D'UNE METROPOLE FRANÇAISE (RENNES) A L'AIDE DU MODELE LAND CHANGE : SCENARIOS D'EVOLUTIONS FUTURES

MODELING OF URBAN SPRAWL USING THE LAND CHANGE MODELER ON A FRENCH METROPOLITAN AREA (RENNES): FORESEE THE UNPREDICTABLE

*AGUEJDAD Rahim, ** HOUET Thomas

* COSTEL, UMR 6554 LETG CNRS, rahim.aguejdad@uhb.fr

** GEODE, UMR 5602 CNRS, thomas.houet@univ-tlse2.fr

RESUME

La simulation de l'extension de la tache urbaine constitue encore aujourd'hui un défi pour de nombreux chercheurs. Les modèles employés à cet effet ont considérablement évolué : outils d'exploration scientifique sous la forme d'applications logicielles spécifiques il y a une dizaine d'années, ils sont désormais pour la plupart disponibles dans des logiciels de cartographie (Clarke et Gaydos, 1998 ; U.S. EPA, 2000 ; Barredo et al., 2004). Ils sont utilisés à des fins méthodologiques ou thématiques, notamment environnementales. Dans ce dernier cas, il s'agit d'évaluer, en terme de localisation et d'étendue, les portions de territoires susceptibles d'être converties en espaces artificialisés à un horizon temporel plus ou moins éloigné (Wang et Zhang, 2001 ; Goetz et al., 2003), afin de mesurer les impacts futurs possibles de ces changements simulés sur l'environnement (eau, biodiversité, etc.). L'objectif des recherches présentées ici est de projeter à l'horizon 2025 l'évolution possible de la tache urbaine d'une agglomération française de plus de 200 000 habitants (Rennes).

Pour y parvenir, nous avons procédé par étapes successives. Les changements intervenus sur l'agglomération de Rennes entre 1984 et 2005 ont d'abord été mis en évidence à l'aide de données de télédétection. Nous avons ensuite identifié les principaux facteurs explicatifs de ces changements, en partenariat avec l'Agence d'Urbanisme et de Développement Intercommunal de l'Agglomération Rennaise (AUDIAR). Ces facteurs ont été validés à l'aide d'une régression Logistique (Aldrich et Forrest, 1984) et d'autres indicateurs tels que les coefficients individuels de régression, le Pseudo R² ou encore le Relative Operating Characteristic -ROC- (Egan, 1975 ; Pontius, 2000 ; Pontius et Schneider, 2001). La simulation de l'évolution de la tache urbaine est effectuée à l'aide du modèle Land Change Modeler (LCM) disponible sous Idrisi ® (Eastman, 2006). Le LCM utilise en entrée (1) des données relatives aux quantités de changements attendus pour un horizon temporel donné qui sont calculées de façon automatique par des chaînes de Markov ou définies de façon normative par l'utilisateur, et (2) des cartes de probabilités utilisées pour allouer spatialement les changements attendus grâce à une méthode « multi-objectifs ». Les facteurs identifiés préalablement ont été utilisés pour calculer ces cartes de probabilités à partir d'une méthode neuronale (Perceptron Multi-couche) qui permet de prendre en compte des relations non linéaires entre ces facteurs.

Les premiers résultats portent sur la validation du modèle et des facteurs utilisés. Une simulation a été effectuée à partir de l'occupation des sols de 2000 jusqu'en 2005 et a été confrontée à la situation réelle de 2005. La correspondance entre les deux pour l'ensemble des classes est très élevée, puisque le coefficient de Kappa calculé sur l'ensemble de l'image atteint une valeur de 0.98. Toutefois, si l'on exclue la zone urbaine en 2000 qui n'a pas évolué sur la période 2000-2005, le coefficient de kappa calculé pour l'ensemble des classes est de 0.84 ; si l'on s'intéresse uniquement à la classe qui correspond à l'extension urbaine réelle par rapport à l'extension urbaine simulée, ce coefficient n'atteint que 0.3. L'analyse détaillée des résultats montre cependant que la simulation retranscrit correctement l'évolution du pattern spatial de la tache urbaine. Le faible score du coefficient de Kappa s'explique dans ce cas par le fait que le modèle attribue la même probabilité de conversion en zone urbanisée à des secteurs qui s'artificialisent en réalité à des dates différentes, en raison de la variété des dates de création et de mise en œuvre des Plans Locaux d'Urbanisme sur la zone d'étude. Ces premiers résultats confirment que le modèle utilisé est à visée prospective alors que les outils d'évaluation, en l'occurrence ici le coefficient de Kappa, répondent à des critères de prédiction (Batty et Torrens, 2001).

Les seconds résultats présentés sont relatifs aux simulations effectuées pour 2025. Elles prennent en compte le futur Schéma de Cohérence Territoriale et reposent sur deux hypothèses d'évolution démographiques contrastées (hypothèses haute et basse). Ces projections permettent de quantifier et de localiser finement les espaces qui sont fortement susceptibles d'être urbanisés à l'horizon 2025, mais également d'identifier des espaces « tampons » dans lesquels l'urbanisation varie selon ces hypothèses d'évolution démographiques.

ABSTRACT

Urban sprawl simulation is still a challenge after more than 10 years of modeling. Models used hardly evolved over the last decade from specific developed applications to tools or extensions of conventional GIS softwares (Keith et al, 1998 ; U.S. EPA, 2000 ; Barredo et al, 2004). Their use is mostly earmarked for methodological or environmental purposes. In the last case, the aim is to assess location and extent of the areas of land which are likely to be transformed into urban space in the future (Wang et Zhang, 2001 ; Goetz et al, 2003). It thus becomes possible to measure the

possible future environmental impacts (on water, biodiversity, and so on.) and put into force more efficient management plans or incentives. The goal of the research presented here is to project to 2025 the possible urban sprawl of a quite big French agglomeration (Rennes which is more than 200 000 inhabitants, Brittany, Western France) with the Land Change Modeler (LCM) available with Idrisi ® (Eastman, 2006). To achieve this, we proceeded in stages. Based on the observed changes in the metropolitan area of Rennes between 1984 and 2000 with the help of remote sensing data, we have identified main driving forces in partnership with the Agency of Urban Development and Intercommunal de l'Agglomération Rennaise. These factors have been validated using a Logistic Regression (Aldrich & al, 1984) and multiple indicators such as individual regression coefficients, the Pseudo R² and the Relative Operating Characteristic - ROC- (Egan, 1975; Pontius, 2000; Pontius & Schneider, 2001). The LCM uses as inputs (1) probability matrix of expected land change quantities for a given time horizon either automatically calculated by Markov chains either defined by the users, and (2) suitability maps used to allocate expected changes through a multi objective land allocation procedure. The driving forces previously identified were used to compute these maps using a neuronal network (Multi-Layer Perceptron) which has the advantage of being more flexible than the logistic regression and to take into account the non-linear relations among these factors.

Two types of results are presented:

- First focus on the validation of the model and the factors used: a simulation was conducted from 2000 until 2006 and faced with the real situation in 2006. at the study scale the Kappa coefficient calculated using a matrix of confusion is 0.98. However, while withdrawing the urban area in 2000 which has not changed between these two dates, kappa is 0.84 and if we look only at real / simulated urban sprawl, this ratio drops to 0.3. Fine analysis of these results shows that despite all they are very interesting: (1) simulation correctly transcribed the evolution of spatial pattern of urban sprawl; (2) model could not integrate specific time rules such as areas of the same probability of change in two different cities can be urbanized at different dates. Indeed, the model is referred to as a prospective tools which meet the criteria of prediction (Batty, 2001).

- The latter are related to simulations conducted for 2025. They take into account the future Territorial Arrangement Consistency and based on two contrasted demographic trends assumptions. Thus, these projections allow fine quantification and location of areas that could be transformed into urban areas by 2025, but also to identify "buffer" areas following these developments demographic assumptions.

REFERENCES

- Aldrich J. H., Forrest D. N., 1984. Linear, Probability, Logit, and Probit Models (in Series L Quantitative Applications in the Social Sciences). Newbury Park: Sage University Publication.
- Barredo J. I., Demicheli L., Lavallo C., Kasanko M., McCormick N., 2004, Modelling future urban scenarios in developing countries: an application case study in Lagos, Nigeria, *Environment and Planning B: Planning and Design*, 31(1), pp. 65 – 84.
- Batty M., Torrens P.M., 2001, Modeling Complexity : The Limits to Prediction, Cybergeog, 12th European Colloquium on Quantitative and Theoretical Geography, St-Valery-en-Caux, France, September 7-11,
- Egan J.P., 1975, Signal Detection Theory and ROC analysis. Academic Press, New York.
- Eastman J.R., 2006, Idrisi Andes, Guide to GIS and Image Processing, Clark University, 328 p.
- Goetz S.J., Smith A.J., Jantz C., Wright R.K., Prince S.D., 2003, Monitoring and predicting urban land use change : Applications of multi-resolution multi-temporal satellite data, IEEE International Geoscience And Remote Sensing Symposium, July 2003, Toulouse, pp. 1567-1569.
- 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, *International Journal of Geographical Information Science*, Vol. 12(7), pp. 699 – 714.
- Pontius R. G. Jr., Schneider L., 2001, Land-use change model validation by a ROC method for the Ipswich watershed, Massachusetts, USA. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 85(1-3), pp. 239-248.
- Pontius R. G. Jr., 2000. Quantification error versus location error in comparison of categorical maps, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 66(8), pp. 1011-1016.
- U.S. EPA, 2000. Projecting Land-Use Change: A Summary of Models for Assessing the Effects of Community Growth and Change on Land-Use Patterns. EPA/600/R-00/098. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Cincinnati, OH. 260 pp.
- Wang Y., Zhang X., 2001, A dynamic modeling approach to simulating socioeconomic effects on landscape changes, *Ecological Modelling*, vol. 140, pp. 141-162.