SIMULATIONS DE CROISSANCE URBAINE POUR REPRÉSENTER LES IMPACTS POSSIBLES DES CONSTRUCTIONS ET DES CONTRAINTES ENVIRONNEMENTALES SUR L'ÉTALEMENT URBAIN[1]

Constructibilité et application à l'étalement urbain

par Mojtaba ESLAHI

École Spéciale des Travaux Publics (ESTP-Paris)
Institut de Recherche en Constructibilité (IRC)
28 Av. du Président Wilson, 94230 Cachan
meslahi@estp-paris.eu

Mots-clés : *urbanisation, étalement urbain, simulation, modèle de SLEUTH basé sur des scénarios, tissu urbain, constructibilité, SLEUTH-3r, systèmes d'information géographique (SIG), politique de la ville*

L'urbanisation est principalement due à la croissance démographique, à l'exode rural vers les villes et au changement de mode de vie (Nations Unies, 2018). Ce processus augmente la surface des terres artificielles, qui affectent la biodiversité, les écosystèmes, le climat urbain et réduit les terres pour l'agriculture et les espaces naturels (Béchet *et al*., 2017). La figure 1 montre les facteurs et les impacts de la croissance urbaine.

L'objectif de cette thèse est de proposer des solutions pour simuler divers scénarios d'urbanisation afin d'améliorer la prise de décision en matière de politiques publiques. Pour ce faire, le modèle SLEUTH (Clarke, 2008) est utilisé afin d'évaluer l'impact des types de bâtiments et des règles environnementales sur l'étalement urbain. Dans la méthode utilisée, SLEUTH intègre davantage de données topographiques, de données sur les tissus urbains et démographiques, y compris des caractéristiques géographiques et des contraintes environnementales. Le principal défi de cette recherche est de proposer différents scénarios d'étalement urbain pour plusieurs types de règles environnementales tout en tenant compte du besoin des habitants ou du moins d'une estimation de la croissance de la population.

Le modèle SLEUTH est l'un des modèles de simulation d'automates cellulaires bien connus, qui correspond à la simulation dynamique de l'expansion urbaine et s'adapte au modèle morphologique de la configuration urbaine. SLEUTH, comme beaucoup d'autres méthodes de simulation de la croissance urbaine, ne considère que les données historiques. Bien que les impacts de la croissance démographique et du tissu urbain soient implicitement pris en compte lors de la phase d'étalonnage sur les cartes urbaines historiques, il est impossible d'inclure les changements de taux de croissance démographique ou de types de bâtiments dans les simulations. De plus, les résultats de SLEUTH se limitent à des données matricielles difficiles à interpréter pour les décideurs. Les résultats sont des pixels, sur lesquels une urbanisation est supposée se produire, ce qui a peu de sens du point de vue de l'urbanisme. Par conséquent, notre recherche vise à diversifier les possibilités de simulation en intégrant explicitement le facteur des types de bâtiments en fonction de la croissance de la population et en fournissant des modèles de visualisation des résultats de scénarios de croissance urbaine en 2D et même en 3D.

Afin d'améliorer les résultats de SLEUTH, différents scénarios de simulation de croissance urbaine en 2D ont été définis sur la base du modèle SLEUTH en ajoutant le type de bâtiment et l'estimation de la croissance démographique en tant que facteurs du tissu urbain. Chaque simulation correspond à

1 Thèse dirigée par Anne Ruas, Université de Paris-Est, et soutenue le 25 novembre 2019.

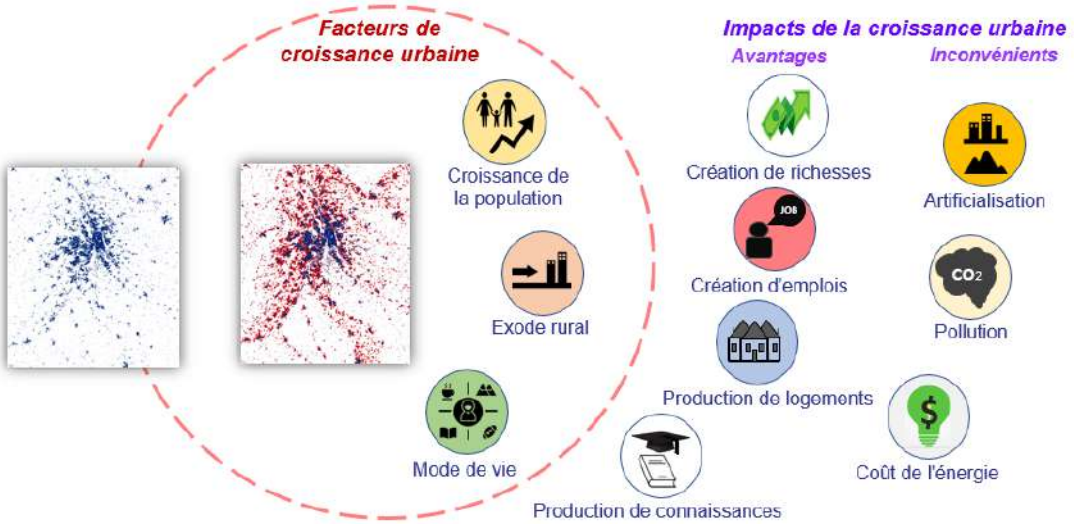

Figure 1 : Les facteurs et les impacts de la croissance urbaine

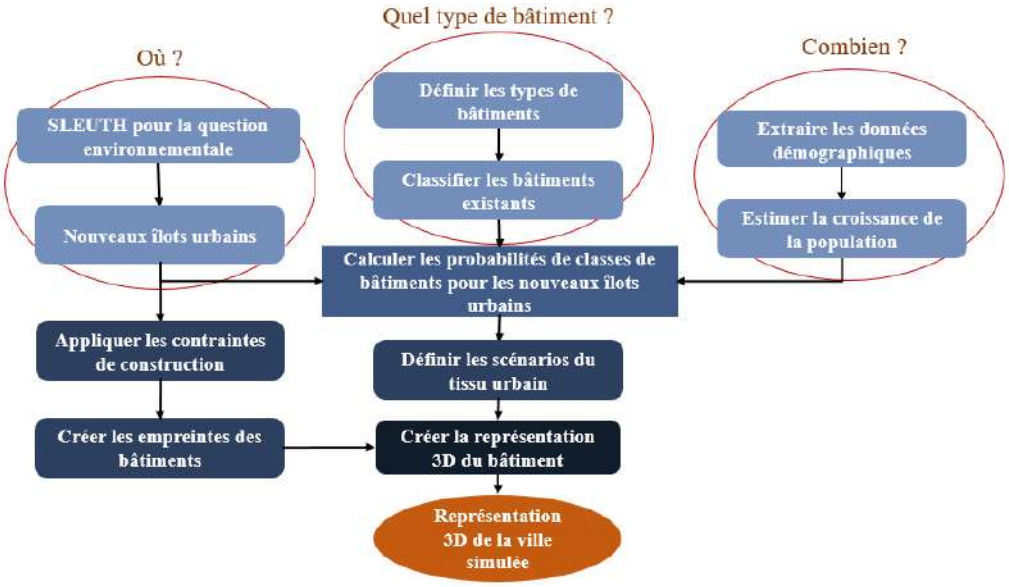

Figure 2 : Le processus du modèle

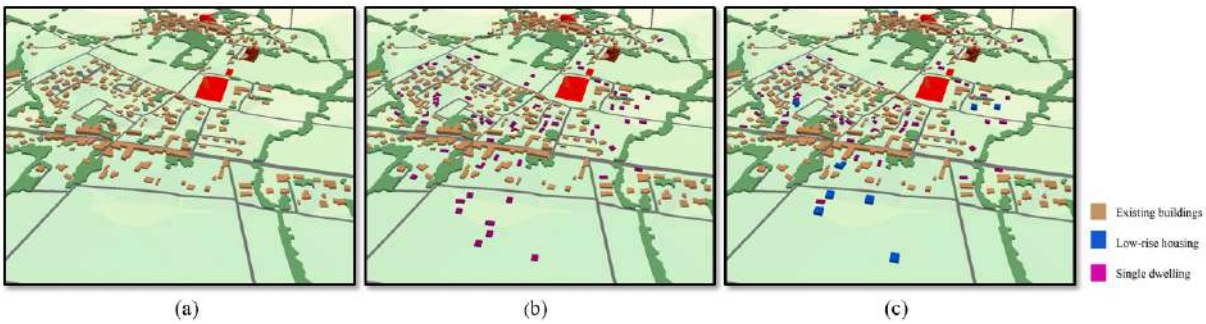

Figure 3 : (a) : Représentation 3D des bâtiments actuels ; (b) : Représentation 3D d'un scénario de tissu urbain à faible densité (23 cycles de croissance) ; (c) : Représentation 3D d'un scénario de tissu urbain à densité moyenne (18 cycles de croissance), Rieucros

des politiques plus ou moins restrictives en espaces considérant ce que ces territoires peuvent accueillir en tant que type de bâtiment et en tant que population globale. De plus, les simulations peuvent aider l'utilisateur à protéger les terrains souhaités, tels que les espaces environnementaux, de l'urbanisation. Ces scénarios montrent la force de la simulation du modèle et permettent d'améliorer notre compréhension de l'étalement urbain (Eslahi *et al.*, 2019). La figure 2 illustre le processus du modèle.

Trois études de cas de tailles et de populations différentes sont utilisées, Toulouse Métropole, Saint-Sulpice-la-Pointe et Rieucros, afin de donner une idée de l'efficacité de la méthode proposée à plusieurs échelles. L'évaluation des résultats indique que la méthode proposée est capable d'effectuer différentes simulations correspondant à plusieurs priorités et contraintes foncières. Il est utile de voir quels terrains peuvent être protégés (où) et quel type de bâtiment peut être utilisé pour limiter l'étalement urbain (combien). Une représentation en 3D de chaque simulation de croissance urbaine est fournie afin de faciliter l'interprétation de la simulation SLEUTH et de différencier les scénarios. Les résultats permettent d'avoir plusieurs images de la ville de demain pour l'appliquer aux politiques urbaines (fig. 3).

Les principaux objectifs de cette thèse comprennent :

1. Représenter les impacts des constructions et des contraintes environnementales sur l'étalement urbain.
2. Générer divers scénarios d'urbanisation, afin de :
   - montrer l'impact possible de l'étalement urbain.
   - étudier la capacité d'établissement des populations (*Human Settlement Capacity-HSC*).
   - améliorer notre compréhension d'une simulation d'étalement urbain.
   - donner différentes images de la ville de demain pour choisir et réfléchir aux politiques urbaines.
   - améliorer la prise de décision en matière de politiques publiques.
3. Contester les résultats des méthodes classiques de croissance urbaine qui sont souvent indépendantes des paramètres liés aux types de bâtiments et à la population, et proposer une amélioration pour fournir une méthode plus fiable.
4. Proposer un moyen de simuler la croissance urbaine, avec moins de perte d'informations sémantiques, et montrer les différences entre l'étalement et la croissance dense.

Le mémoire est composé de 5 chapitres :

Le chapitre 1 donne un bref aperçu de l'urbanisation et de l'artificialisation des terres afin de comprendre les avantages et les conséquences du processus d'urbanisation. Dans ce chapitre, les déterminants et les impacts de l'urbanisation sont abordés. De plus, est présenté un bref aperçu de l'état de l'art de certaines recherches académiques et pratiques de planification urbaine, afin d'explorer les modèles d'utilisation des sols et les techniques de simulation urbaine.

Le chapitre 2 présente la méthodologie de la thèse et les principes fondamentaux de la construction du modèle, notamment la raison du choix du modèle, les scénarios envisagés, les critères d'optimisation du modèle et la mise en œuvre du modèle proposé.

Le chapitre 3 est dédié aux études de cas et aux applications, y compris la réalisation de ce modèle sur trois zones d'étude différentes, en présentant les résultats, puis en les évaluant, et la discussion sur les résultats obtenus.

Le chapitre 4 explore l'illustration 3D des scénarios de croissance urbaine afin de mieux comprendre les résultats de la simulation, de faciliter l'interprétation de la simulation SLEUTH et de différencier les différents scénarios. Dans ce chapitre, les différents outils et applications de modélisation 3D sont présentés. Ensuite, une solution 3D est présentée afin d'analyser le modèle de simulation en fonction de la modélisation 3D.

Le chapitre 5 résume les résultats des recherches précédentes et analyse les prochains efforts à fournir pour perfectionner ces méthodes.

Bibliographie

Béchet B., Le Bissonnais Y., Ruas A. *et al*., 2017, *Sols artificialisés et processus d'artificialisation des sols, Déterminants, impacts et leviers d'action*. ESCo (L'expertise scientifique collective) Ifsttar-Inra, 609 pages.

United Nations, *World urbanization prospects: Department of Economic and Social Affairs, Population Division*, 2018. https://archive.is/wOOs1

Clarke K. C., 2008, "A Decade of Cellular Urban Modeling with SLEUTH: Unresolved Issues and Problems", in Brail R.-K. (ed.), *Planning Support Systems for Cities and Region*, Cambridge, MA: Lincoln Institute of Land Policy, 47–60.

Eslahi, M., El Meouche, R., and Ruas, A.: "Using building types and demographic data to improve our understanding and use of urban sprawl simulation", *Proc. Int. Cartogr. Assoc*., 2, 28, https://doi.org/10.5194/ica-proc-2-28-2019, 2019.