

## MODELISATION

# La simulation comme outil prospectif en aménagement urbain

Samy YOUSOUFI, Jean-Philippe ANTONI, ThÉMA, UMR 6049 du CNRS-Université de Franche-Comté

**S**uite au processus de rurbanisation, les villes s'étendent sur leur périphérie au détriment des espaces verts ou agricoles. La consommation d'espace par le bâti qui en résulte est de plus en plus importante, ce qui pose des problèmes nombreux aux aménageurs. Trois modèles ont été appliqués à la commune de Saône, située à proximité de Besançon (figure 1), pour identifier les espaces potentiellement urbanisables selon quatre contraintes d'urbanisme.

Depuis une trentaine d'années, la consommation d'espace par habitant a été multipliée par deux ou trois dans la plupart des villes françaises. De nombreux chercheurs, associations ou acteurs, en charge de la gestion du territoire ou de l'urbanisme, émettent désormais de sérieux doutes quant à la « durabilité » de cette croissance : le développement et l'étalement des villes, leur croissance démographique et leur évolution économique ne pourront certainement pas perdurer dans le long terme et à un rythme aussi soutenu.

Plusieurs études montrent en effet que le phénomène d'étalement urbain<sup>1</sup>, débuté dans les années 1960 et 1970 en France, pose aujourd'hui un certain nombre de problèmes, et conduit à s'interroger sur la pérennité de ce mode de développement urbain, spécialement dans un contexte de durabilité des territoires. La question environnementale est aujourd'hui celle qui préoccupe le plus car, parmi l'ensemble des conséquences néfastes de l'étalement urbain, la sur-consommation d'espace, l'émergence d'un tissu bâti relativement peu dense et la construction de nouveaux réseaux et infrastructures de transport perturbent la qualité de l'environnement

et du cadre de vie. En outre, l'étalement de la ville allonge naturellement les distances à parcourir et génère de nombreux déplacements quotidiens entre le centre et les zones périphériques. Ceux-ci s'effectuent le plus souvent en voiture, ce qui constitue une importante source de rejets de dioxyde de carbone dans l'atmosphère. Les habitants des zones périphériques émettent ainsi entre deux et trois fois plus de gaz à effet de serre que ceux des zones centrales des agglomérations.

Le débat qui s'est invité lors de la précédente campagne présidentielle (le Pacte écologique de Nicolas Hulot) puis le Grenelle de l'environnement témoignent d'une prise de conscience de ces questions environnementales au sein de la société. Mais, alors que la discussion se focalise souvent sur des questions techniques (motorisation des véhicules, isolation thermique des bâtiments, etc.), nous partons ici du principe que l'un des enjeux majeurs réside également dans une nouvelle façon d'organiser les activités au sein du système urbain, et que cette organisation spatiale doit être pensée en accord avec les principes du développement durable.

<sup>1</sup> J.-P. ANTONI, S. YOUSOUFI, IFC n°37 ; R. CHAPUIS, IFC n°38

## Principes du développement durable

Il faut garder à l'esprit que la croissance urbaine n'est pas forcément synonyme d'étalement urbain : elle fait référence à l'idée d'un gain de population (aspect plutôt positif qui témoigne généralement du dynamisme d'une agglomération) ; l'étalement urbain, lui, traduit un phénomène de croissance spatiale périphérique, aux conséquences souvent néfastes. Dans le cas d'une agglomération comme Besançon, deux solutions existent pour répondre à la demande de logements relative à l'augmentation du nombre de ménages :

- occuper des logements vacants ou investir des espaces urbains en réhabilitation si l'offre est suffisante ;
- ouvrir à l'urbanisation des espaces non-bâtis où cela est possible, c'est-à-dire souvent en périphérie.

Si la première option offre l'avantage de revitaliser des espaces urbains parfois laissés à l'abandon sans effet d'étalement, elle ne permet probablement pas de répondre entièrement à la demande de logements, tant sur le plan quantitatif (offre insuffisante) que qualitatif (logements ne correspondant pas toujours aux aspirations des ménages). La seconde option permet, en

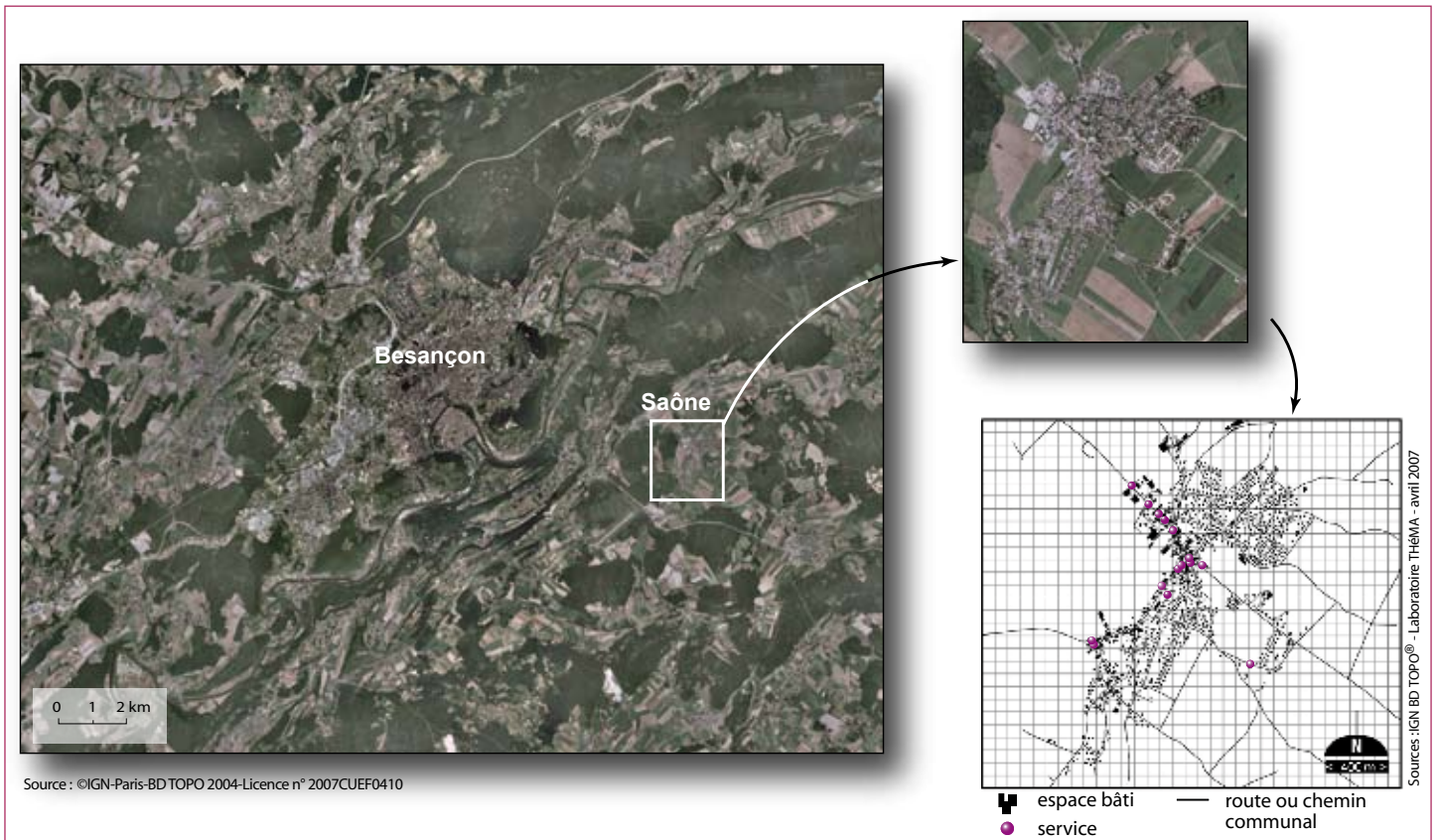
revanche, de satisfaire la demande, mais, en contrepartie, elle accroît de fait la consommation d'espace résidentiel et favorise l'étalement urbain.

Pour autant, cette seconde option ne doit pas être envisagée comme une fatalité, car elle peut aboutir à une forme d'urbanisation raisonnée. Pour ce faire, il est nécessaire que les nouveaux espaces à urbaniser répondent à certains principes de développement durable tels que :

- assurer une bonne accessibilité aux espaces urbains et ruraux les plus fréquentés ;
- éviter la fragmentation des espaces bâtis, naturels ou agricoles, afin de préserver les écosystèmes et les paysages environnants en maintenant une activité agricole pérenne ;
- éviter la création de nouvelles routes ;
- préserver ou développer l'implantation de coulées vertes au sein des espaces bâtis afin d'assurer la ventilation des zones centrales denses.

À partir de ces quatre énoncés se pose alors la question suivante : existe-t-il des espaces urbains ou périurbains au sein desquels la construction de logements serait possible sans remettre en cause les principes du développement durable ? Et comment identifier ces espaces ?

Figure 1 : le modèle spatial de la commune de Saône



## Modélisation et simulation

Afin de répondre à ces questions, la méthodologie que nous avons adoptée consiste à produire des simulations pour identifier les espaces potentiellement urbanisables en combinant les quatre règles précédemment établies (figure 1).

Pour ce faire, différents modèles<sup>2</sup> spatiaux peuvent être utilisés, parmi lesquels trois ont été retenus : un modèle de potentiel, un modèle d'automates cellulaires et un modèle fractal. Les simulations qui en résultent ont été appliquées à la commune de Saône, située dans le périurbain bisontin, et donc *a priori* concernée par une future hausse de la demande de logements, renforcée par l'ouverture prochaine de la voie des Mercureaux.

Afin de faciliter la mise en place des simulations et la lecture des résultats, l'espace d'étude a été découpé en cellules de 80 mètres de résolution. Selon ce qu'elle contient, chaque cellule est caractérisée par une des quatre catégories d'occupation du sol suivantes : bâti, non-bâti, service ou route.

Le premier modèle (modèle de potentiel) est issu de la famille des modèles d'interactions spatiales.

Son principe est le suivant : pour chaque cellule non-bâtie, une valeur de potentiel « d'être bâtie » est calculée en fonction de l'attractivité des cellules environnantes et de leur relative proximité. La simulation obtenue révèle une configuration spatiale assez particulière (figure 2). L'urbanisation qui pourrait prendre place dans les cellules aux potentiels les plus forts vient d'une part s'insérer dans les interstices du bâti déjà présent et renforce ainsi le centre de la commune, d'autre part elle se greffe le long des axes routiers en périphérie du village (nord-ouest), ou de façon plus surprenante, elle prend la forme de lotissements isolés et déconnectés du reste du village (à l'est et au sud).

Le second modèle utilisé pour simuler les espaces urbanisables est un automate cellulaire (figure 3). Le principe est assez différent du précédent puisque chaque cellule est définie à un temps  $t$  par un état (une catégorie d'occupation du sol), et sa capacité à changer d'état au temps  $t+1$  dépend de son état au temps  $t$  et de celui des cellules qui l'entourent. Pour cette simulation, une seule règle a été utilisée : permettre la transformation d'une cellule non-bâtie en une cellule bâtie si les conditions du développement durable sont respectées. La simulation obtenue permet d'identifier une trentaine de cellules potentiellement urbanisables, dont la configuration est assez différente de celle issue du précédent modèle : elles se localisent toutes autour du bâti existant, par petits lots d'environ 1,65 ha en moyenne ; on ne constate plus la présence de lotissements créés hors de la forme existante comme précédemment.

La dernière simulation est basée sur un modèle de type fractal<sup>3</sup>, et permet de générer des structures hiérarchiques multi-scalaires au sein d'un tissu urbain, contraintes par un certain nombre de règles vérifiant que les énoncés assurant une urbanisation durable sont bien respectés. Le résultat de la simulation révèle une urbanisation qui prend place uniquement à l'est de la commune, et sous

<sup>2</sup> Ici, un modèle est entendu comme une représentation formalisée et simplifiée de la réalité élaborée en vue de la comprendre et de la faire comprendre.



Sources: IGN BD TOPO® - Laboratoire THÉMA - avril 2007  
Modélisation: J.P. Antoni, G. Vuidec  
logiciel CVS

Figure 2 : le modèle de potentiel appliqué à la commune de Saône

Figure 3 : le modèle d'automates cellulaires appliqué à la commune de Saône

deux formes complémentaires : soit agglomérée en lots de trois à six cellules le long des axes routiers, soit éparpillée dans les interstices du tissu bâti existant (figure 4).

### Un outil d'aide à la décision

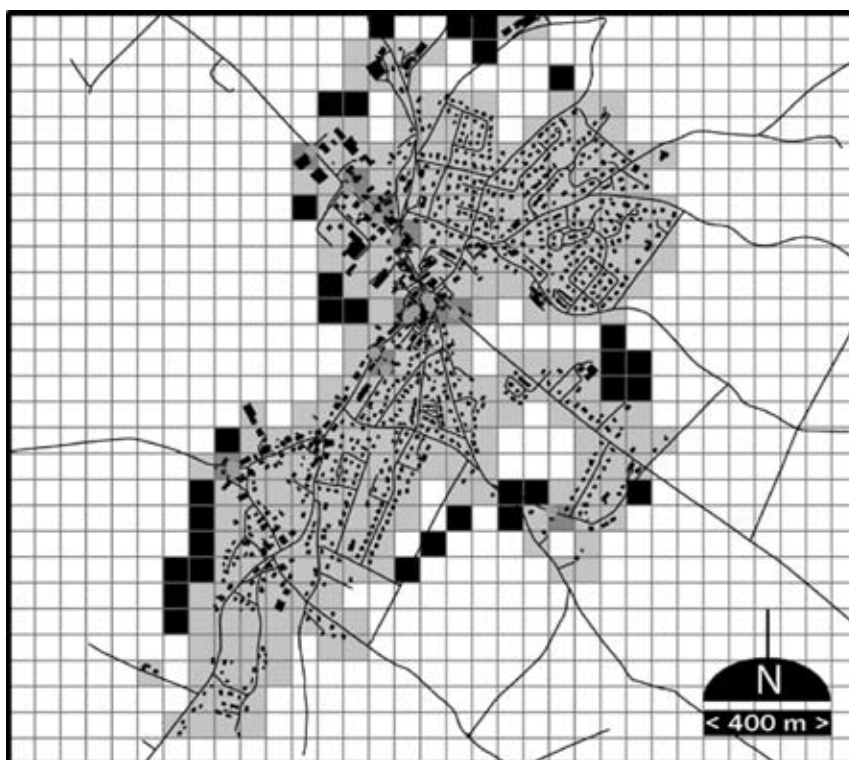
La comparaison des trois simulations montre qu'il n'existe pas de superposition stricte entre les résultats issus de chacun des modèles ; bien qu'ils fassent émerger les espaces les plus intéressants à urbaniser, en accord avec les principes définis ci-dessus, les configurations sont très différentes.

Cela s'explique très simplement : le formalisme propre à chacun des modèles ne traduit pas de façon identique les règles définies dans les principes du développement durable, mais apporte des spécificités propres à chacun d'entre eux, qui se traduisent par des configurations spatiales originales.

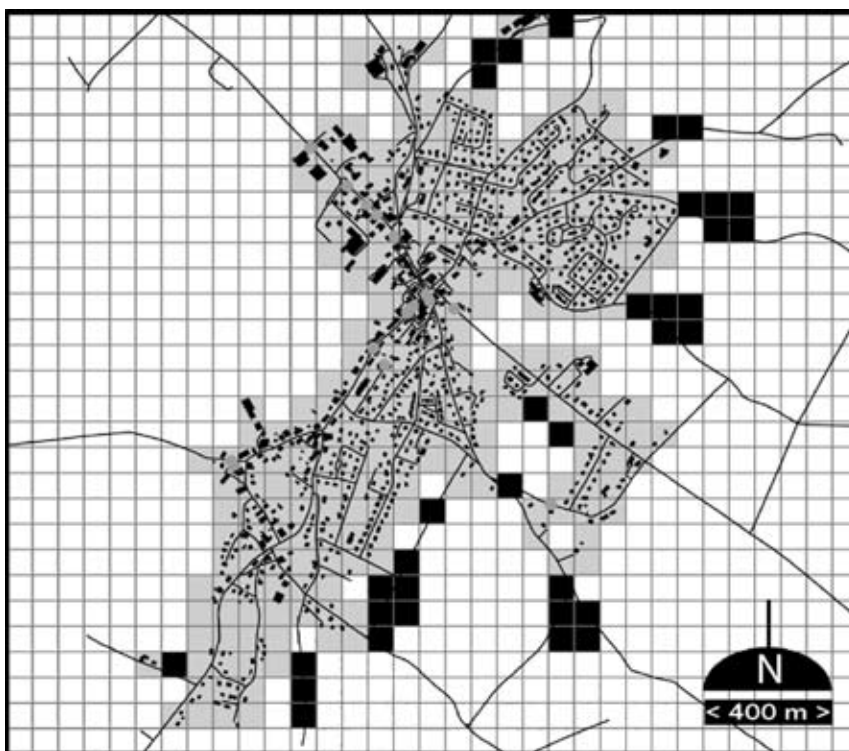
Cela étant, chacune des trois simulations assure à sa manière le respect des quatre principes de développement durable énoncés au départ ; elles sont donc plus ou moins équivalentes et paraissent comme autant de possibilités pour une urbanisation concrète, servant de point de départ à une réflexion sur l'aménagement qui contribue à faire de la modélisation spatiale un outil d'aide à la décision pour l'urbanisme et l'aménagement du territoire ■

<sup>3</sup> P. FRANKHAUSER, IFC n°26, 2002 ; voir aussi l'article de C. TANNIER dans ce numéro d'Images de Franche-Comté

Figure 4 : le modèle fractal appliqué à la commune de Saône



■ espace bâti      ■ espace potentiellement urbanisable



■ espace bâti      ■ espace potentiellement urbanisable