Document generated on 05/30/2025 12:17 p.m.

L'Actualité économique

# Modèles de développement urbain : hypothèses de travail pour une théorie dynamique des évolutions urbaines

J. Paelinck

Volume 45, Number 2, July–September 1969

URI: https://id.erudit.org/iderudit/1003649ar
DOI: https://doi.org/10.7202/1003649ar

See table of contents

Publisher(s)

HEC Montréal

ISSN

0001-771X (print)
1710-3991 (digital)

Explore this journal

Cite this article

Paelinck, J. (1969). Modèles de développement urbain : hypothèses de travail pour une théorie dynamique des évolutions urbaines. *L'Actualité économique*, *45*(2), 207–217. https://doi.org/10.7202/1003649ar

Tous droits réservés © HEC Montréal, 1969

This document is protected by copyright law. Use of the services of Érudit (including reproduction) is subject to its terms and conditions, which can be viewed online.

https://apropos.erudit.org/en/users/policy-on-use/

This article is disseminated and preserved by Érudit.

Érudit is a non-profit inter-university consortium of the Université de Montréal, Université Laval, and the Université du Québec à Montréal. Its mission is to promote and disseminate research.

https://www.erudit.org/en/

# Modèles de développement urbain: hypothèses de travail pour une théorie dynamique des évolutions urbaines

## I. *Introduction*

Des hypothèses de travail (ou théorèmes opératoires) sur le développement urbain peuvent être prises à différentes sources : empirisme occasionnel (observations non coordonnées des faits urbains), étude des propriétés de modèles théoriques, simulation d'évolutions urbaines vraisemblables. Le fait important est de ne pas se tromper sur le statut de ces allégations : elles sont purement provisoires, et leur validité repose, en dernière analyse, sur une remise en cause perpétuelle des axiomes de départ.

Comme modeste contribution à une future théorie du développement urbain, nous proposons ici certaines hypothèses déduites de modèles dynamiques théoriques ou simulés, avec une référence occasionnelle au *casual empiricism*.

Rappelons qu'un modèle — outil de choix dans la construction d'une théorie, ensemble de propositions réfutables — est un ensemble de relations entre variables décrivant un phénomène. Nous supposerons l'écriture de ces relations dimensionnellement correcte ; certaines d'entre elles peuvent être des relations d'équilibre (par exemple, le multiplicateur urbain statique) ; d'autres dessinent une adaptation progressive à un niveau d'équilibre souhaité (nous en verrons un exemple plus loin) ; d'autres encore stipulent des conditions de réaction (par exemple, des relations d'attraction) ; enfin, certaines relations sont de type fonctionnel (par exemple, des taux d'activité). Des identités comptables complètent ce jeu.

Ces ingrédients sont présents dans les deux modèles qui suivent.

II. *Un modèle d'attraction et de développement urbain* [1]

$P$ : la population totale ;

$A$ : la population active totale ;

$E_i$ : les activités urbaines de base ;

$E_s$ : les activités urbaines de service ;

$E$ : l'emploi total.

$$\Delta' E_{i,t+1} = \alpha(A_t - E_t) + \alpha^* E_{i,t} \; ; \tag{1}$$

$$\Delta' E_{s,t+1} = \beta(\beta^* P_t - E_{s,t}) + \beta^{**} E_{s,t} \; ; \tag{2}$$

$$\Delta' A_{t+1} = \gamma \Delta' P_{t+1} + \gamma^* (E_t - A_t) \; ; \tag{3}$$

$$\Delta' P_{t+1} = \delta(E_t - A_t) + \delta^* P_t \; ; \tag{4}$$

$$E \equiv E_i + E_s \tag{5}$$

La relation (1), décrivant la disponibilité en emplois de base, de type « attractif », rend ces derniers fonction de la main-d'œuvre disponible ; la relation (2), décrivant une tendance vers l'équilibre, adapte progressivement l'emploi de services à un niveau souhaité en fonction de la population ; la relation (3) décrit les fluctuations de la population active autour d'un niveau fonctionnel « normal » ; l'équation (4) décrit l'attraction de la population vers la ville ; enfin, (5) est une identité comptable. Les taux de croissance autonomes sont d'interprétation évidente ; certains peuvent être des paramètres de politique économique (par exemple $\alpha^*$, pour l'attraction d'activités dans la région urbaine).

Deux voies d'étude sont possibles.

1. Étude de l'évolution de $P_t$, comme représentative du sentier de croissance urbaine. Sous l'hypothèse restrictive $1 + \alpha^* = 1 + \beta^{**} - \beta$ une équation aux différences finies, linéaire homogène du troisième ordre, à coefficients constants, peut être obtenue. L'étude des racines du polynôme associé indique l'importance des valeurs prises par $\alpha$ comparées aux valeurs de $\alpha^*$.

1. Les détails omis ici peuvent être retrouvés dans : J. Paelinck, *Some Dynamic Urban Growth Models*, M.I.T., Department of City and Regional Planning, Research Papers B1 et B2, septembre-octobre 1968.

Dans le cadre du modèle, qui :

— exclut toute allusion au remplissage de l'espace urbain [2],

— néglige d'autres relations typiques d'une économie urbaine (activités en liaison input-output, attraction d'activités associées à $E_i$, activités de construction, activités de création d'externalités urbaines, etc.),

— suppose des relations réversibles,

l'on peut prudemment avancer une première hypothèse :

H1 : *l'intensité d'attraction d'activités de base dans une région urbaine est un facteur important dans l'explication du caractère* soutenu *de la croissance urbaine.*

2. Une autre voie d'étude analyse les propriétés d'ensemble du modèle engendré par les équations (1) à (5). Celles-ci peuvent être écrites en notation matricielle :

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\gamma & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_{t+1} \\ A_{t+1} \\ E_{t+1} \\ E_{i,t+1} \\ E_{s,t+1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1+\delta^* & -\delta & \delta & 0 & 0 \\ -\gamma & 1-\gamma^* & \gamma^* & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -1 & -1 \\ 0 & \alpha & -\alpha & 1+\alpha^* & 0 \\ \beta\beta^* & 0 & 0 & 0 & 1-\beta+\beta^{**} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_t \\ A_t \\ E_t \\ E_{i,t} \\ E_{s,t} \end{bmatrix}$$

ou, alternativement :

$$\begin{bmatrix} P_{t+1} \\ A_{t+1} \\ E_{t+1} \\ E_{i,t+1} \\ E_{s,t+1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1+\delta^* & -\delta & \delta & 0 & 0 \\ \gamma\delta^* & 1-\gamma\delta-\gamma^* & \gamma\delta+\gamma^* & 0 & 0 \\ \beta\beta^* & \alpha & -\alpha & \alpha^* & \beta^{**}-\beta \\ 0 & \alpha & -\alpha & 1+\alpha^* & 0 \\ \beta\beta^* & 0 & 0 & 0 & 1-\beta+\beta^{**} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_t \\ A_t \\ E_t \\ E_{i,t} \\ E_{s,t} \end{bmatrix}$$

2. Un autre modèle a été développé, où les densités urbaines, au sein du C.B.D. *(Central Business District)* jouent un rôle explicatif important ; voir les deux Research Papers cités. L'hypothèse de densité fait l'objet d'un test économétrique dans le cadre d'une fonction de Leser-Hilhorst ; voir de l'auteur : *Formal Allocation Models for Urban Activities*, M.I.T., Department of City and Regional Planning, Research Paper C1, septembre 1968.

L'étude des propriétés dynamiques de ce système révèle que l'économie urbaine représente une mécanique extrêmement sensible, une croissance régulière et des phénomènes de freinage et de reprise (cycles courts, moyens et longs) étant régis par les rapports des paramètres du modèle. Le seul paramètre « isolé » — en ce sens qu'il peut assurer à lui seul une croissance régulière ou saccadée est le paramètre $\beta^*$ ; assez curieusement il s'agit du paramètre régissant le niveau d'équilibre des services. D'où notre seconde hypothèse de travail :

H2 : *le système économique urbain est un système extrêmement sensible, en ce sens qu'une croissance non interrompue n'est pas nécessairement garantie ; un niveau d'équilibre élevé pour les services urbains garantit plus de stabilité.*

Une fois de plus nous rappelons que cette hypothèse de travail découle d'un modèle très simplifié ; la liaison de la région urbaine avec son hinterland reste mal spécifiée ; nulle allusion n'est faite aux phénomènes de productivité et de revenus, et leurs rapports avec la croissance de l'espace supérieur. De plus, nous noterons ici que les délais supposés dans le modèle apparaissent comme raisonnables, mais rien ne garantit leur « réalisme ».

Un exercice légèrement plus complexe sera présenté ci-après ; il permet de recouper certains traits du modèle précédent, et ajoute d'autres hypothèses de travail.

## III. *Contribution du budget public et de l'aménagement du territoire à la croissance d'une région urbaine : l'enseignement d'une simulation simple*

Dans la présente recherche nous avons considéré certains aspects plus particuliers du phénomène urbain : les largesses budgétaires du décideur urbain et l'efficacité des aménageurs dans la dépense des sommes qui leur sont allouées. Les personnages mis en scène sont :

— les pouvoirs publics d'une région urbaine, « manieurs » de budgets en recettes et dépenses ;
— les aménageurs, régionaux et urbains, responsables de la rentabilité d'un budget d'aménagement ;

— les investisseurs — producteurs « de base », ou l'industrie propulseuse de croissance régionale ;

— la population et les services urbains, en bref « la ville », environnement attractif pour toutes les *dramatis personæ*.

La formalisation procède sur la base des variables suivantes :

$V$, le niveau d'attraction de la région urbaine, d'indice 1 ;

$P$, la population, d'indice 2 ;

$B$, le budget en recettes, d'indice 3 ;

$I$, l'industrie, d'indice 4 ;

$S$, les services, d'indice 5 ;

$A$, l'aménagement du territoire, d'indice 6.

Elles se combinent dans les équations du modèle ci-dessous :

(6) $$V_t - V_{t-1} = a_{162}[(A_t - A_{t-1}) - (P_t - P_{t-1})] + a_{15}(S_t - S_{t-1})$$

(7) $$P_t - P_{t-1} = a_{21}(V_{t-1} - V_{t-2}) + a_{24}(I_{t-1} - I_{t-2}) + a_2 P_{t-1}$$

(8) $$B_t - B_{t-1} = a_{32}(P_t - P_{t-1}) + a_{24}(I_t - I_{t-1}) + a_3 B_{t-1}$$

(9) $$I_t - I_{t-1} = a_{41}(V_{t-1} - V_{t-2}) + a_4 I_{t-1}$$

(10) $$S_t - S_{t-1} = a_{52}(P_{t-1} - P_{t-2}) + a_{54}(I_{t-1} - I_{t-2}) + a_5 B_{t-1}$$

(11) $$A_t - A_{t-1} = a_{63}(B_t - B_{t-1}) + a_6 A_{t-1}$$

Ces équations s'interprètent comme suit. L'équation (6) rend l'attractivité fonction des dépenses d'aménagement par tête et des services ; la population est attirée dans la région urbaine par son attractivité et les occasions d'emploi (7) ; le budget urbain est alimenté par les particuliers et l'industrie (8) ; cette dernière subit l'attraction de la ville (9) ; les services s'adaptent à la population et à l'industrie (10) ; enfin, les dépenses d'aménagement sont une fraction du budget urbain (11). Les termes de croissance autonome sont d'interprétation évidente.

L'on remarque que l'indice $V$ est « construit » par l'équation (6) ; celle-ci peut être rendue plus complète par la prise en considération d'autres éléments d'attraction urbaine (niveau et état du stock de logements, par exemple) [3]. La population [équation (7)]

3. La formulation $a_{162}[(A_t - A_{t-1}) - (P_t - P_{t-1})]$ est valable, vu que l'on travaillera essentiellement avec des indices.

aurait pu être attirée par les possibilités d'emploi dans les services également. Enfin, remarquons que le paramètre $a_{32}$ [équation (8)] est fonction du niveau et de la répartition des revenus, et représente donc un ensemble de phénomènes complexes ; de même, $a_{24}$ sera fonction du *product-mix* pour l'industrie de la région urbaine. En écriture matricielle, le modèle se présente comme suit :

$$\begin{bmatrix} 1 & \boxed{a_{162}} & & & \boxed{-a_{15}} & \boxed{-a_{162}} \\ & 1 & & & & \\ & -a_{32} & 1 & -a_{34} & & \\ & & & 1 & & \\ & & & & 1 & \\ & & \boxed{-a_{63}} & & & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_t \\ P_t \\ B_t \\ I_t \\ S_t \\ A_t \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 1 & \boxed{a_{162}} & & & \boxed{-a_{15}} & \boxed{-a_{162}} \\ a_{21} & 1+a_2 & & a_{24} & & \\ & -a_{32} & 1+a_3 & -a_{34} & & \\ a_{41} & & & 1+a_4 & & \\ & a_{52} & & a_{54} & 1+a_5 & \\ & & \boxed{-a_{63}} & & & 1+a_6 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_{t-1} \\ P_{t-1} \\ B_{t-1} \\ I_{t-1} \\ S_{t-1} \\ A_{t-1} \end{bmatrix}$$

$$+ \begin{bmatrix} & & & & & \\ -a_{21} & & & -a_{24} & & \\ & & & & & \\ -a_{41} & & & & & \\ & -a_{52} & & -a_{54} & & \\ & & & & & \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_{t-2} \\ P_{t-2} \\ B_{t-2} \\ I_{t-2} \\ S_{t-2} \\ A_{t-2} \end{bmatrix}$$

On a encadré les coefficients dont le jeu combiné nous paraît intéressant ; il s'agit de l'efficacité et de l'allocation budgétaires en matière d'aménagement, ainsi que la constituante « services » de

l'indice V. L'hypothèse est qu'une densité croissante des activités (mesurée par P) impose un aménagement adéquat, le rapport $a_{162}/a_{63}$ nous paraissant capital.

Quant à l'investigation du modèle, deux voies auraient pu être suivies : l'analytique [4] ou l'empirique, la simulation. Le modèle étant un système d'équations aux différences finies, linéaires homogènes du second ordre, à coefficients constants, son investigation analytique aurait été relativement lourde ; nous avons donc préféré une simulation rapide.

Le manque de temps ne nous a pas permis de procéder à de nombreux calculs ; nous avons utilisé un jeu constant de coefficients, sauf pour $a_{162}$ qui a pris les valeurs de 0.1 et 1.0, pour $a_{63}$ qui a pris les valeurs de 0.2, 0.1, 0.05, 0.1 et 0.005 et pour $a_{15}$ qui a pris les valeurs 0.5 et 0.1 [5] ; les variables aux époques 0 et 1 ont été toutes indicées à 100 et 102 respectivement (conditions initiales).

Le tableau ci-après reprend les valeurs retenues pour les coefficients du modèle.

**Tableau des coefficients**

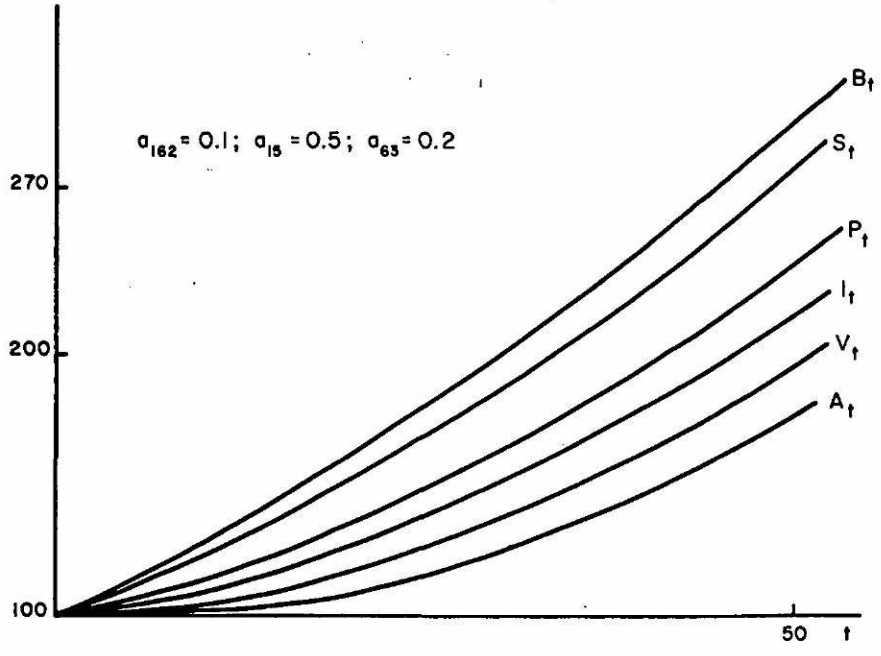
| Coefficient | Valeur | Coefficient | Valeur |
|---|---|---|---|
| $a_{21}$ | 0.6 | $a_{41}$ | 1.0 |
| $a_{24}$ | 0.4 | $a_4$ | 0.005 |
| $a_2$ | 0.005 | $a_{52}$ | 0.5 |
| $a_{32}$ | 0.8 | $a_{54}$ | 0.5 |
| $a_{34}$ | 0.2 | $a_5$ | 0.005 |
| $a_3$ | 0.005 | $a_6$ | 0.005 |

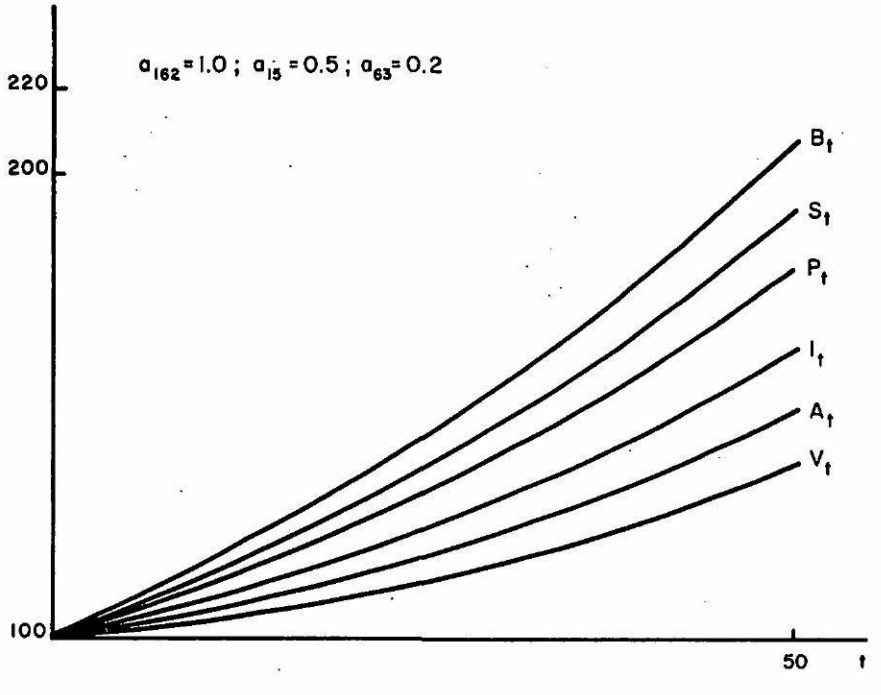
Les graphiques suivants, dressés à partir des résultats de calcul obtenus, illustrent les cas intéressants [6]. Cinquante observations du système ont été générées.

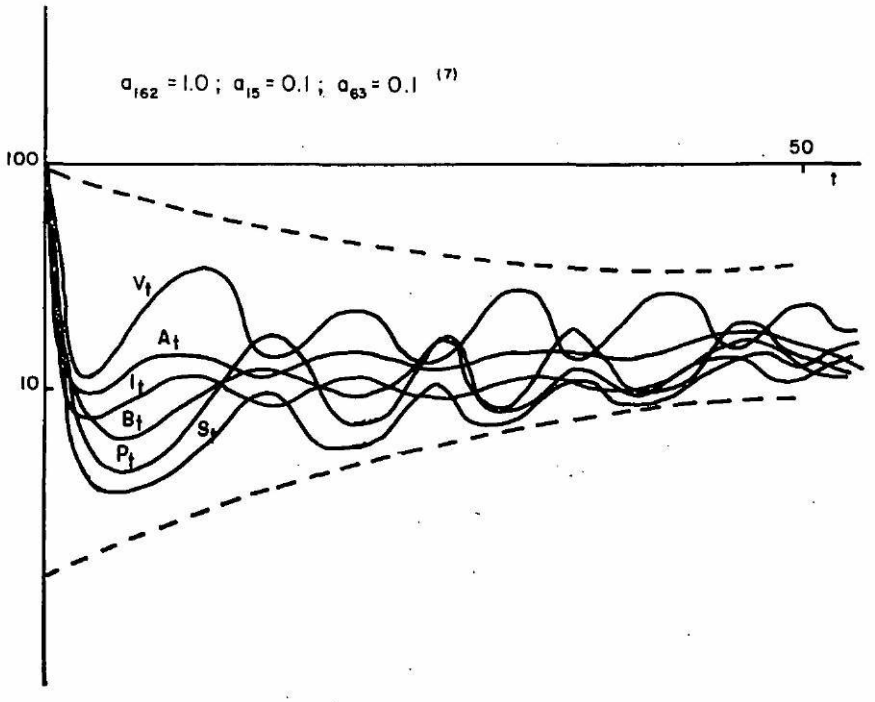
4. Cf. section II.

5. Les $a_i$ ($i = 2, 3, 4, 5, 6$) *ont été réduits à* 0.001 dans un des essais.

6. Les calculs ont été faits très aimablement par M. Lapointe, chargé de recherches du Laboratoire d'Économétrie, Université Laval, Québec, sur l'ordinateur de l'Université.


$a_{162} = 0.1$; $a_{15} = 0.5$; $a_{63} = 0.2$
270
200
100
50
t
$B_t$
$S_t$
$P_t$
$I_t$
$V_t$
$A_t$


$a_{162} = 1.0$; $a_{15} = 0.5$; $a_{63} = 0.2$
220
200
100
50
t
$B_t$
$S_t$
$P_t$
$I_t$
$A_t$
$V_t$




Nous ferons remarquer :

a) le caractère dépressif de la réduction de $a_{63}/a_{162}$ et ses effets sur les positions respectives de $A_t$ et $V_t$ ;

b) la différence de comportement selon les valeurs du paramètre $a_{15}$.

De façon très générale, ceci met en lumière l'importance de l'efficacité marginale de l'aménagement, et des moyens budgétaires *relatifs* mis à sa disposition ; nous soulignons aussi l'importance de l'attraction par les *services*. Une typologie de nos régions urbaines pourrait se construire à partir de ces paramètres opératoires.

Plus particulièrement, nous voudrions faire remarquer les détails suivants.

La dépressivité par rapport au rapport $a_{63}/a_{162}$ découle manifestement du fait que l'effort de l'aménagement par tête sur $V_t$ est symétrique, et joue aussi bien à la baisse qu'à la hausse ; dès lors une insuffisance du rapport $A_t/P_t$ peut « comprimer » la croissance urbaine. Dans le cas traité, celle-ci était soutenue

7. $a_i = 0.001$ ; $i = 2, 3, 4, 5, 6$.

par l'importance des services dans l'attractivité urbaine [terme $a_{15}(S_t - S_{t-1})$] : ce serait le cas des grandes métropoles. Nous exprimerons ceci sous la forme suivante :

H3 : *l'attractivité par les services soutient une croissance urbaine régulière.*

et

H4 : *un rapport adéquat entre dépenses d'aménagement et efficacité de celui-ci dans la création d'un climat d'attraction urbaine, est un facteur important pour une croissance urbaine soutenue.*

L'hypothèse H3 est encore précisée par les renseignements du troisième graphique, qui illustre également l'hypothèse H2 formulée antérieurement. Nous poserons :

H5 : *des régions urbaines, dont l'attractivité ne repose pas essentiellement sur les services urbains qu'elles offrent, constituent des systèmes économiques instables ; une politique d'aménagement y est très délicate à conduire, tant en volume qu'en* timing [8].

Enfin, des effets d'une réduction des paramètres $a_i (i = 2,3,4,5,6)$ nous tirerions la conclusion suivante :

H6 : *des effets de* push *extérieurs augmentent la stabilité de la croissance urbaine.*

Cette dernière hypothèse rejoint notre remarque antérieure sur la nécessité d'étudier le système urbain par rapport à l'espace supérieur qui l'inclut.

## IV. *Conclusions*

Dans ce qui précède, nous avons essentiellement fait rapport sur une méthode d'approche aux phénomènes de croissance urbaine. Il nous est apparu que l'outil théorique, combiné aux facilités que donne l'ordinateur pour générer des séries simulées à partir d'un modèle dynamique, constituait une voie d'attaque fructueuse ;

8. Des essais de calcul avec $a_{53} = 0.5$ et 1.0 ont montré que l'amplitude des fluctuations augmentait avec $a_{53}$.

elle permet de mettre en évidence un certain nombre de paramètres stratégiques, et de formuler des hypothèses qui guideront dans la sélection — inévitable — des observations, statistiques et autres, et dans la formulation de modèles économétriques destinés à tester nos théories et à obtenir les valeurs les plus vraisemblables des paramètres.

L'optimalité de nos décisions en matière urbaine [9] dépendra de façon décisive de la formulation d'hypothèses testables et de modèles opératoires qui en découlent. Choix des moyens de politique urbaine, dosage et *timing* — spécialement en régime d'incertitude — se font encore dans un climat de connaissances imparfaites quant aux conséquences engendrées. Si nos villes sont des chaînons dans un processus de croissance économique et sociale, il est indispensable de les intégrer également dans les processus qui dégagent nos connaissances en matière de développement régional.

J. PAELINCK,
*M.I.T. (États-Unis)*
*et Namur (Belgique).*

9. Jean Paelinck, « Armature urbaine idéale : formalisation et modélisation opératoire », contre-rapport présenté au Colloque de la Société canadienne de Science économique, Québec, 9-11 septembre 1968 (*Le développement urbain et l'analyse économique*) ; J. de Biolley et J. Paelinck, *Fonctions de préférence, maximation lagrangienne et contraintes budgétaires*, Namur, Faculté des Sciences Économiques, Centre de Recherches, Travaux d'économie mathématique, d'économétrie et de recherche opérationnelle, document no 7/68.