



HAL
open science

Modélisation de la dynamique spatiale des systèmes de peuplement

Denise Pumain, Thérèse Saint-Julien

► **To cite this version:**

Denise Pumain, Thérèse Saint-Julien. Modélisation de la dynamique spatiale des systèmes de peuplement. Géopoint, 1984, Avignon, France. halshs-01707432

HAL Id: halshs-01707432

<https://shs.hal.science/halshs-01707432>

Submitted on 12 Feb 2018

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.

MODELISATION DE LA DYNAMIQUE SPATIALE DES SYSTEMES DE PEUPLEMENT

D. Pumain, Th. Saint-Julien

L'évolution de la répartition territoriale du peuplement est un processus dont les lois sont encore assez mal connues. Les mouvements géographiques de la population ont toujours déconcerté la prévision, quelle que soit l'échelle à laquelle ils se sont produits : migrations interrégionales, exode rural, ou extension spatiale des quartiers urbains. Avec l'intérêt grandissant accordé à la qualité de l'environnement et une meilleure prise de conscience des questions territoriales dans le cadre de la décentralisation, une amélioration de nos capacités d'action est souhaitable. Nous pensons qu'une expérimentation menée à l'aide de modèles spatiaux dynamiques est susceptible de faire avancer la recherche dans ce domaine :

- 1) en permettant une mise à l'épreuve des interprétations théoriques déjà proposées ;
- 2) en reliant des mécanismes élémentaires à des configurations géographiques plus globales ;
- 3) en offrant à plus long terme des instruments de prévision ou d'aide à la décision d'une portée plus générale que ceux dont nous disposons actuellement.

Nous voudrions ici rappeler quelles observations empiriques nous ont amenées à nous intéresser à ces modèles, quelles sont, selon nous, les possibilités qu'ils offrent et quels problèmes nous avons rencontrés lors de leur utilisation.

1 - La trame du peuplement : un système ouvert situé loin de l'équilibre ?

Nous avons tout d'abord effectué de nombreuses études empiriques de l'évolution sur longue durée des aspects qualitatifs et quantitatifs de la trame des villes françaises (SAINT-JULIEN, 1982, QUANT, 1984, PUMAIN, 1982). Les régularités obtenues nous ont semblé susceptibles d'être analysées, par analogie, dans le cadre interprétatif proposé par les chercheurs de l'Ecole de Bruxelles (PRIGOGINE, STENGERS, 1979).

L'observation principale est la persistance de la configuration spatiale et des différenciations socio-économiques des unités urbaines au

cours du temps. Cette auto-reproduction du système selon une trajectoire déterminée s'explique par la très grande généralité des mécanismes du changement, qui se propagent dans l'ensemble des villes à une vitesse relativement grande : pour la période étudiée (depuis le début du XIXe siècle), les transformations démographiques ou socio-économiques et les innovations techniques se sont diffusées parmi les villes avec un délai de quelques années ou, au plus, de quelques dizaines d'années. Il semble, d'ailleurs, qu'au cours des trente dernières années cette vitesse se soit considérablement accrue. Aux fortes contraintes qu'ont représenté par exemple la révolution industrielle, la construction des chemins de fer, la diffusion du transport automobile ou la phase finale de l'exode rural, le système urbain a réagi d'une manière qui prouve la forte interdépendance de ses éléments et son aptitude à évoluer sans changer radicalement de configuration.

Cet ajustement est un processus permanent, qui s'effectue à travers de multiples fluctuations n'altérant pas la structure de l'ensemble du système : instabilité des taux de variation de la population des villes, qui maintient cependant une assez grande permanence de leur position relative dans la hiérarchie des tailles, entrée et sortie d'importants flux de migrants qui ne modifient pas sensiblement les différenciations préexistantes des fonctions des villes et des conditions de vie de leur population, apparition d'innovations en des lieux divers, mais dont la diffusion tend par la suite à se conformer à la configuration du système. On a même pu montrer (BUSSIÈRE, 1982) qu'une relation stable était maintenue entre le gradient de la distribution de la taille des villes et la densité interne de la population des villes, ce qui montre bien une interdépendance et l'existence de régulations entre système d'habitat (REYMOND, 1981) et système de peuplement (1).

Des transformations, des réorganisations peuvent, cependant, se produire dans la structure du système urbain. On a montré (PUMAIN, SAINT-JULIEN, 1979) qu'elles étaient provoquées par des changements de même nature

(1) De même, on pourrait interpréter la contrainte de coût C, qui, par exemple dans le modèle de Wilson, rend compte de la forme prise par la distribution des navettes quotidiennes dans la ville comme l'expression d'une régulation du sous-système ville par le système des villes.

que précédemment, mais dont les fluctuations cessaient d'être aléatoires par rapport à la structure du système et s'amplifiaient, au contraire, constamment. Ainsi de la réorganisation de la trame urbaine au profit des villes de la Région parisienne, du Nord et de l'Est de la France lors de la première révolution industrielle, ainsi de la différenciation grandissante, à l'époque contemporaine, entre villes en position centrale et villes "périphériques" du système. De petites différences quantitatives accumulées se traduisent à la longue par une modification qualitative de la structure du système.

De nombreux points de convergence sont donc apparus entre les observations empiriques de la dynamique urbaine et les modalités d'évolution décrites pour les "structures dissipatives" étudiées en chimie ou en biologie : auto-organisation du système, évolution prévisible selon des trajectoires déterminées, et bifurcations, modifications de structure, provoquées par l'amplification de fluctuations internes ou par des perturbations extérieures. Fallait-il s'en tenir à cette analogie ? Il nous a paru nécessaire d'aller plus loin et de recourir à la modélisation mathématique pour tester la validité des formulations proposées.

2 - Pour dépasser l'analogie : un modèle spatial dynamique.

Nous avons eu la possibilité, dans un premier temps, d'utiliser le modèle "INTRA-URBAIN" de P. Allen (ALLEN et al., 1981) qui simule l'évolution interne d'une ville. Plusieurs particularités de ce modèle nous ont paru bien adaptées à l'étude de l'évolution des répartitions territoriales :

- il s'agit d'un modèle à la fois dynamique et spatial. Il considère l'espace d'une ville comme un système ouvert, subdivisé en zones entre lesquelles se répartissent les activités économiques et la population résidente ;

- un grand nombre des propositions théoriques élaborées pour rendre compte de la dynamique des espaces urbains sont ici, pour la première fois, intégrées dans un même modèle sous la forme de relations mathématiques ou de paramètres : mécanismes d'induction de la base économique, interactions entre les zones suivant un modèle gravitaire, croissance sur des espaces limités selon une courbe logistique, mécanismes de compétition pour l'espace

et de ségrégation, inégales vitesses de réaction et plus ou moins grande identité des comportements selon l'information accessible aux acteurs ;

- le modèle suppose que des lois générales s'appliquent à une combinaison spatiale particulière, pour déterminer l'essentiel des transformations observées dans les distributions intra-urbaines de la population et des activités. Le moteur de l'évolution est donné par l'écart entre l'occupation existante et l'occupation potentielle de chaque zone. Ce potentiel, lié à l'attractivité relative que la zone exerce sur l'ensemble de la population et des activités, est lui-même en constante révision sous l'effet des variations internes et externes. Les acteurs ne tendent pas à optimiser une fonction, à mettre le système en équilibre, mais l'ajustent en permanence à des conditions changeantes. Selon P. Allen (1981), les non-linéarités qui structurent une ville résulteraient avant tout du comportement d'imitation et d'anticipation des acteurs ;

- La formalisation mathématique utilisée pour engendrer une dynamique (équations différentielles non-linéaires décrivant l'évolution de chaque type d'activité ou catégorie de population en chaque zone) permet, en effet, de provoquer, pour certaines valeurs des paramètres associés à certaines configurations, des modifications qualitatives de la structure spatiale de la ville. Lorsque des interactions entre les variables ont été mesurées, il est donc possible d'indiquer pour quelle valeur de tel ou tel paramètre la configuration réalisée est susceptible de basculer vers une autre forme d'organisation. On peut alors mieux comprendre pourquoi, parmi un très grand nombre de configurations possibles, certaines sont plus souvent que d'autres réalisées. On peut aussi voir comment sont engendrées des situations irréversibles, et explorer l'univers des futurs possibles à partir d'une histoire urbaine donnée, en attribuant à chacun une certaine probabilité ;

- Certes, il faut mentionner que cette dynamique urbaine est située dans le cadre d'une économie libérale, où le jeu de l'offre et de la demande et une relativement libre compétition pour l'espace demeurent des ressorts prépondérants de la dynamique urbaine. Les mécanismes d'interaction introduits dans le modèle jouent librement en tout point de l'espace et s'appliquent à l'ensemble de la zone urbaine considérée (mais l'espace

n'est cependant pas considéré comme homogène et isotrope, puisque les accessibilités des zones, facteurs importants de leur attractivité, peuvent être mesurées sur un réseau, et que des contraintes connues, spécifiques à certaines portions d'espace, peuvent être introduites dans le modèle).

En collaboration avec l'équipe de P. Allen, nous avons donc choisi d'expérimenter ce modèle pour simuler l'expansion récente de quelques agglomérations françaises (Rouen, Nantes, Bordeaux, Strasbourg). Nous espérons ainsi mesurer le degré de généralité des mécanismes d'évolution introduits dans le modèle et donc tester la pertinence de celui-ci en tant que modèle urbain opérationnel. A des questions comme celles du déclin démographique des centres, du rôle de l'industrie dans la structuration de l'espace urbain, des ségrégations résidentielles ou des distances domicile-travail, ce modèle pourrait, non pas apporter de réponse normative, mais permettre d'explorer sous diverses hypothèses les conséquences, pas toujours intuitives, de certains choix de planification sur la configuration ultérieure des villes. Avant d'en arriver là, de nombreux problèmes doivent cependant encore être résolus.

3 - Quelques problèmes à résoudre

L'un des problèmes majeurs tient à la validité, à la pertinence et à l'utilité de l'analogie entre le système spatial considéré et le système d'équations employé pour le représenter, lui-même médiatisant des observations du domaine physico-chimique ou biologique. Ce problème a deux aspects interreliés, l'un d'ordre conceptuel, l'autre d'ordre plus pratique.

La simple analogie peut, en effet, être dépassée si l'on sait attribuer aux variables du modèle, aux relations mathématiques qui les associent et aux paramètres impliqués dans ces relations, une identité conceptuelle satisfaisante du point de vue de la théorie géographique. Or, à bien des égards, sur chacun de ces points, la discussion reste ouverte en ce qui concerne les différentes versions du modèle proposé. Cette discussion n'est d'ailleurs pas purement théorique et rejoint la question pratique : en l'état actuel de nos connaissances en géographie, et pour un problème donné, nous ne pouvons être absolument certain du choix des variables

pertinentes et de la forme prise par leurs interactions. Les études empiriques de dynamique spatiale comparative sont aussi trop peu nombreuses pour que nous disposions des valeurs-types nécessaires au paramétrage du modèle : ainsi, dans le cas de notre application du modèle de P. Allen à différentes villes, nous n'avons pas trouvé d'études ayant mesuré systématiquement sur un grand nombre de cas, par exemple, la propension d'un type d'activité à s'agglomérer en milieu urbain, ou la tendance à la ségrégation des diverses catégories sociales, ou leur sensibilité différentielle à la longueur des déplacements quotidiens. Au moins, l'utilisation de ce type de modèle aura peut-être l'avantage d'inciter à des mesures plus précises de certains de ces paramètres, dont beaucoup d'études ont souligné depuis longtemps l'importance qualitative.

D'autres problèmes, plus techniques et plus triviaux, n'en ont pas moins d'acuité parce qu'ils prennent une place décisive dans la qualité effective des utilisations de ces modèles. Ainsi de l'insuffisance des séries statistiques localisées, à un échelon géographique suffisamment fin et qui soient comparables sur une longue durée. Ainsi de la question classique et incontournable de l'agrégation des données spatiales, les paramètres et la forme des équations faisant référence au comportement des acteurs et s'appliquant en fait à des agrégats de personnes ou d'activités regroupés dans une même portion d'espace. Ainsi de la nécessaire discrétisation de l'espace et du temps dans la formulation du modèle et dans le calcul des équations, alors que les mécanismes sont supposés jouer de façon continue et simultanée. En particulier, l'établissement d'une correspondance entre le temps de l'espace géographique et le temps de la simulation est assez difficile. Enfin, étant donné l'extrême complexité de ce type de modèles et sa grande sensibilité à certaines variations des paramètres, les opérations de calibrage visant à reproduire par simulation une évolution observée sont toujours extrêmement longues et délicates.

En conclusion, nous serions tentés de souligner davantage les utilités théoriques et pédagogiques de cette forme de modélisation de la dynamique spatiale, plutôt que leur finalité opérationnelle. Cela tient à

l'ensemble des questions en suspens que nous avons évoquées, mais aussi à une propriété générale de l'évolution des systèmes spatiaux, doués le plus souvent d'une très grande inertie : les bifurcations ne s'y produisent que rarement, en impliquant le plus souvent des phénomènes de durée moyenne ou longue. Aussi, l'intérêt principal des modèles permettant d'étudier les transformations qualitatives des configurations géographiques nous semble-t'il pour l'instant résider davantage dans l'interprétation rétrospective, ou dans l'exploration théorique de divers futurs possibles, que dans la solution immédiate et directe de problèmes concrets. Mais, il s'agit là d'une étape essentielle pour une amélioration décisive des connaissances nécessaires à la planification territoriale.

REFERENCES

- ALLEN P., 1981 : Self-organization in complex systems. Communication au Colloque : Thermodynamique et Sciences de l'Homme, Université de Créteil, 22-23 juin.
- ALLEN P., SANGLIER M., BOON F., DENEUBOURG J.L., DE PALMA A., 1981 : Models of urban settlements and structure as dynamic self-organizing systems. Washington D.C., Department of Transportation.
- BUSSIÈRE P., 1982 : Systèmes évolutifs urbains et régionaux à l'état d'équilibre. Paris, CRU.
- PRIGOGINE I., STENGERS I., 1979 : La nouvelle alliance. Paris, Gallimard.
- PUMAIN D., 1982 : La dynamique des villes. Paris, Economica, 231 p.
- PUMAIN D., SAINT-JULIEN Th., 1979 : Les transformations récentes du système urbain français. L'Espace Géographique, n° 3, pp. 203-210.
- QUANT T., 1984 : Géoscopie de la France. Paris, Minard, 400 p.
- REYMOND H., 1981 : L'ouverture informatique en géographie urbaine : de l'analyse multi-variée socio-économique à la simulation organique des systèmes urbains. Informatique et Sciences Humaines, n° 50, pp. 9-20.
- SAINT-JULIEN Th., 1982 : Croissance industrielle et système urbain. Paris, Economica, 275 p.