

Une approche alternative du zonage

Gilles DURANTON^(*)

Département de Géographie, London School of Economics

1 Introduction

Dans les pays développés, 80% de la population résident dans des villes. Il semble clair que leur « fonctionnement » ou leur « organisation » influe fortement sur l'existence des citadins et sur leur bien-être. En particulier, la façon dont l'espace urbain est occupé paraît fondamental. Vivre, travailler et se déplacer à Paris est très différent de la vie à Londres, Chicago ou Los Angeles. Cependant, dans ces quatre villes, comme dans la plupart des autres villes du monde, il existe des réglementations de type « zonage » qui visent à réguler l'utilisation du sol urbain. Dans ce qui suit, par zonage, on entend toute mesure limitant l'usage du sol en un lieu donné. Ces limitations peuvent être quantitatives si l'intensité de l'usage est restreinte, comme par exemple quand la hauteur des immeubles est limitée, ou qualitative si le sol est réservé certains types d'utilisateurs ou à des usages particuliers.

Les synthèses existantes sur le zonage (Pogozinski et Sass [1990] et [1991], ou Duranton [1997]) font toutes ressortir les mêmes faiblesses des analyses économiques consacrées à ce sujet. Le premier problème est un manque de réalisme dans la description de l'organisation urbaine. En effet, les études théoriques existantes sont quasiment toutes fondées sur des modèles de villes monocentriques. Dans ces modèles, la ville est représentée dans un espace à une ou deux dimensions et il est postulé que toute l'activité économique a lieu dans un centre unique, le Central Business District, ou CBD, alors que les habitants logent en banlieue, autour du CBD. Ce modèle cadre mal avec la plupart des grandes villes pour lesquelles il existe plusieurs pôles d'activités. Si on prend Paris comme exemple de référence, on constate l'existence d'un centre où cohabitent activités tertiaires et logements. Un autre pôle d'activité tertiaire se trouve au Nord-Ouest, au voisinage de banlieues résidentielles, regroupant La Défense et une grande partie des Hauts de Seine. Ailleurs, les logements populaires et l'activité industrielle sont

^(*) Je remercie Dominique Bureau, Pascal Hornung, Alice Mésnard ainsi que deux rapporteurs anonymes pour leurs commentaires. Cette analyse a bénéficié du soutien financier de la Direction de la Prévision du Ministère de l'Économie et des Finances.

majoritaires. Il est certes possible de proposer des modèles de villes multacentriques avec plusieurs CBD (Yinger [1992]). Toutefois, ce type d'extensions continue d'ignorer le problème de l'allocation du sol entre ses différents utilisateurs potentiels (voir Fujita et Ogawa [1982], pour une alternative différente de celle présentée ici). Cette question est pourtant cruciale, puisque, pour reprendre l'exemple de Paris, les zones mixtes (résidentielles et commerciales) sont nombreuses et importantes.

Le second problème des analyses fondées sur le modèle de la ville monocentrique est, dans la plupart des cas, l'absence de prise en compte des gains à l'agglomération, et même parfois de toute raison qui pourrait justifier le zonage. De ce fait, le zonage n'est en général envisagé par la théorie économique standard que pour remédier à de petites imperfections de marchés (McMillen et McDonald [1993]). Or la perception générale des praticiens de l'aménagement urbain et des géographes est que l'organisation urbaine joue sans doute un rôle capital. L'un des concepts clefs qu'ils utilisent est celui de « modèles urbains » (Herbert et Thomas [1982]). Ce fossé entre la théorie économique et les préoccupations des praticiens de l'organisation urbaine tient sans doute au fait que le modèle fondateur de l'économie urbaine, celui de la ville monocentrique, est techniquement d'un usage délicat et ne permet que très difficilement d'intégrer des considérations d'organisation urbaine. L'étude qui suit tente en partie à remédier à ces problèmes en proposant une alternative au modèle de la ville monocentrique.

Notre seconde motivation est de savoir s'il est possible de justifier théoriquement un certain nombre de mesures particulières, comme les limitations quantitatives portant sur le développement de l'immobilier d'affaire (par exemple, la réglementation « bureau / logement » à Paris contraint de construire $1,5m^2$ de logement pour chaque m^2 de bureau), difficiles à analyser dans un cadre monocentrique.

Le modèle analysé dans ce qui suit est, à de nombreux égards, très rudimentaire. Il propose de découper la ville en grandes zones homogènes. Au sein de chaque zone, des économies d'agglomération interviennent et les firmes et les consommateurs sont en concurrence pour occuper le sol⁽¹⁾. Les coûts de transport intra-zones sont négligés et seuls les coûts de transport inter-zones (sujets à congestion) sont considérés. Ainsi, la ville est envisagée sous l'angle de son dilemme fondamental entre congestion et économies d'agglomération. L'interaction entre ces deux forces permet de faire apparaître différentes organisations urbaines où le logement et les activités de production peuvent

⁽¹⁾ Il est évident que les économies d'agglomération obéissent à des logiques beaucoup plus complexes que le modèle binaire proposé. De plus, il est clair que les économies d'agglomération sont aussi différentes selon les activités.

cohabiter dans une même zone dans des proportions variables ou bien être localisés dans des zones séparées. L'équilibre de laisser-faire peut engendrer un niveau d'agglomération de la production trop fort ou trop faible.

Si l'intensité des économies d'agglomération et celle des coûts de congestion sont cruciales, leur « rayon d'action » (global ou local) sont tout aussi fondamentaux. Ainsi, si les économies d'agglomérations sont globales (au niveau de la ville entière), l'organisation optimale est celle qui minimise les coûts de transport. En revanche, si les économies d'agglomération sont locales, le problème cesse d'être trivial. La section qui suit offre une formulation simplifiée de ce problème lorsque les économies d'agglomération et la congestion sont locales. La section 3 analyse le cas d'une externalité de congestion globale. La section 4 étend le modèle initial pour des structures géographiques plus complexes.

2 Économies d'agglomération et congestion locales

La structure géographique est décrite par la Figure 1. Il existe deux zones différentes, chacune de superficie N .

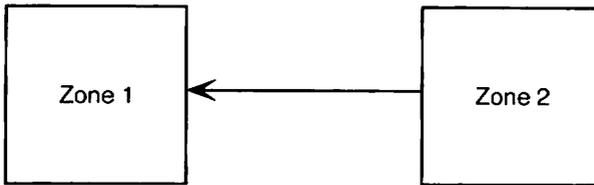


Figure 1: La structure de la ville

Par convention, on appelle Zone 1 la zone située à gauche de la Zone 2. On ne considère dans ce qui suit que les équilibres pour lesquels la concentration du travail est (faiblement) plus forte en Zone 1. Bien entendu, pour tout équilibre analysé dans ce qui suit, il existe un équilibre symétrique où la Zone 1 est moins spécialisée dans les activités de production. Ainsi, un équilibre avec concentration totale des activités en Zone 1 décrit aussi bien le cas standard de la ville monocentrique que celui où tous les habitants résident au centre-ville et travaillent en banlieue (Grimaud [1988]). Les transports sont gratuits à l'intérieur de chaque zone mais sont coûteux si on désire aller d'une zone à l'autre.

La production du bien de consommation est concurrentielle et il existe deux facteurs de production, le travail et le sol. On fait l'hypothèse simplificatrice d'une complémentarité Léontieff, c'est-à-dire que chaque unité de travail doit être complétée d'une unité de sol pour entrer comme input dans la fonction de production. Chaque firme a deux localisations

possibles : la Zone 1 ou la Zone 2. Formellement, une firme installée en zone i produit selon :

$$y_i = e(L_i) \text{Min}(\ell_i, s_i),$$

où L est l'emploi total dans la zone, l l'emploi dans la firme et s la quantité de sol utilisée. Cette fonction de production est à rendements constants au niveau de la firme mais il existe une externalité de l'emploi total dans la zone $e(L_i)$ qui entraîne des économies d'agglomération locales. On suppose bien entendu que $e(0) \geq 0$ et $e'(\cdot) \geq 0$.

Ces économies d'agglomération sont souvent proposées directement dans la littérature d'économie urbaine (voir Henderson [1985] et [1988]) mais il est aussi possible de les justifier micro-économiquement (voir Abdel-Rahman et Fujita [1990], ou Becker et Henderson [1996]). Notons que si ces économies d'agglomérations n'étaient pas présentes, il n'y aurait aucune raison d'avoir des villes, de payer des coûts de transport et une rente foncière⁽²⁾.

Les firmes maximisent leur profit selon la localisation, l'emploi et la quantité de sol qu'elles utilisent. Après simplification, on peut écrire que la firme représentative fait face au problème suivant :

$$\text{Max}_{\ell_i, i \in \{1,2\}} \pi_i = e(L_i)\ell_i - (w_i + R_i)\ell_i,$$

où w est le salaire et R la rente foncière.

Les consommateurs forment une population de masse N . Ils consomment du produit et une unité de sol pour se loger. Par conséquent chaque consommateur nécessite deux unités de sol, une pour travailler et une autre pour se loger. Chaque consommateur peut choisir son lieu de travail ainsi que son lieu d'habitation. Il réalise ses choix afin de maximiser sa consommation. Sur les quatre choix *a priori* possibles, on peut éliminer la décision de travailler en Zone 2 et habiter en Zone 1. En effet, comme la population active est plus nombreuse en Zone 1, les salaires y sont plus élevés. Pour éviter les coûts de transports, les consommateurs vont chercher à y résider, d'où une rente foncière plus élevée. Par conséquent il serait absurde de vouloir travailler en Zone 2 (salaire plus faible) et de résider en Zone 1 (rente plus forte et coût de transport). Formellement le programme du consommateur s'écrit :

$$\begin{aligned} & \text{Max}_{i \in \{1,2\}, j \in \{1,2\}} z \\ & \text{s.c. } z \leq w_i - (j - i)T(l_i - N_i) - R_j, \end{aligned} \quad (1)$$

⁽²⁾ Les modèles qui négligent les économies d'agglomération font en fait l'hypothèse implicite qu'il existe un seuil au-dessous duquel la ville n'est pas viable puis qu'il existe ensuite des rendements marginaux constants.

où z est la consommation de produit et $T(\cdot)$ le coût de transport. Le transport est soumis à de la congestion et son coût $T(\cdot)$ dépend du trafic pendulaire entre la Zone 1 et la Zone 2. Le volume de ce trafic est donné par l'écart entre la population active (L) et la population résidente (N). On fait bien entendu l'hypothèse que $T(\cdot) > 0$ et $T(0) > 0$. Le marché du sol est concurrentiel et on suppose sans perte de généralité que la rente foncière en Zone 2 est nulle et que la ville est fermée⁽³⁾. Cette hypothèse est équivalente à un modèle de ville ouverte avec l'existence d'une utilité de réservation qui permettrait de déterminer le niveau de rente foncière en Zone 2. Après simplification, le programme décrit par l'équation (1) devient :

$$\text{Max}_{z \in \{z_A, z_B, z_C\}} z$$

avec

$$\begin{aligned} z_A &= w_1 - R_1 \\ z_B &= w_1 - T(L_1 - N_1) - R_2 \\ z_C &= w_2 - R_2. \end{aligned}$$

A l'équilibre, les conditions suivantes sont satisfaites :

$$\begin{aligned} N &= L_1 + L_2 \\ &= N_1 + L_1 \\ &= N_2 + L_2 \\ &= N_1 + N_2. \end{aligned}$$

Ainsi, toute la population est logée ($N_1 + N_2 = N$), toute la population est employée ($L_1 + L_2 = N$) et la demande de sol dans chaque zone est égale à son offre ($N_1 + L_1 = N$ et $N_2 + L_2 = N$). Trois configurations d'équilibre sont envisageables :

- L'autarcie s'il n'existe aucun mouvement de population entre les deux zones. Dans ce cas, chaque zone accueille la moitié de la production et du logement.
- La spécialisation partielle où la Zone 1 produit plus que la Zone 2 et offre moins de logements.

⁽³⁾ On se place ici dans un cadre de ville fermée pour laquelle l'objectif social est de maximiser le bien-être de la population. Ce problème n'est que le dual de celui de la ville ouverte et implique une solution équivalente (voir Fujita (1989)). Par ailleurs, le fait que la surface soit fixe n'est pas non plus rédhibitoire puisqu'on peut penser que si la surface augmente l'effet des externalités de proximité s'estompe (il est beaucoup plus facile d'avoir une externalité qui s'applique ou qui ne s'applique pas selon un schéma discret plutôt qu'une externalité dont l'intensité serait variable).

- La spécialisation complète si toute la production a lieu en Zone 1 et tous les consommateurs résident en Zone 2.

L'équilibre sur le marché du travail implique :

$$w_i - R_i = e(L_i). \quad (2)$$

S'il existe un équilibre avec spécialisation partielle, la mobilité des individus égalise les consommations des consommateurs qui travaillent en Zone 1, qu'ils logent en Zone 1 ou en Zone 2. À l'équilibre sur le marché du sol, la rente foncière différentielle entre les deux zones est égale au coût de transport pour se rendre de la Zone 2 à la Zone 1 :

$$\left. \begin{aligned} R_1 &= T(2L_1 - N) \\ R_2 &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Par ailleurs, la consommation des habitants de la Zone 2 est la même qu'ils travaillent en Zone 1 ou en Zone 2. En utilisant ensuite les équations (2) et (3), on peut écrire la condition simplifiée d'équilibre :

$$f(L_1) = 0, \quad (4)$$

avec : $f(L_1) \equiv e(L_1) - e(N - L_1) - 2T(2L_1 - N)$.

Cette condition stipule que le différentiel de productivité entre les deux zones doit être égal à la somme du coût de transport et de la rente foncière (qui est égale au coût de transport). Trois cas de figure principaux sont envisageables ; ils sont décrits par la Figure 2.

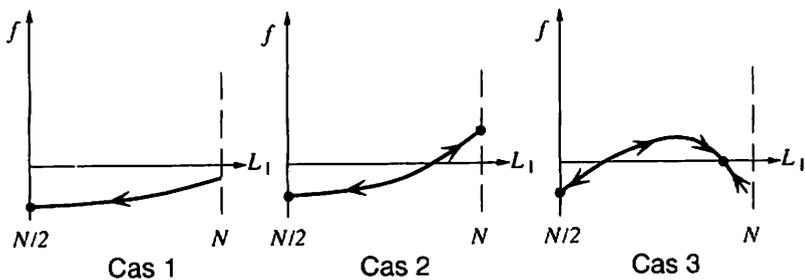


Figure 2: La détermination de l'équilibre de marché

Le cas 1 est celui où $f(\cdot)$ ne s'annule pour aucune valeur admissible de L_1 . Par conséquent l'équilibre avec spécialisation partielle est impossible et l'autarcie est toujours atteinte à l'équilibre de marché puisque le différentiel de productivité (quelle que soit la population de la Zone 1) est dominé par la somme du coût de transport et de la rente foncière.

Le cas 2 est celui où $f(\cdot)$ ne s'annule qu'une seule fois. Quand $f(\cdot)$ prend des valeurs négatives, le marché ramène les deux zones vers l'autarcie puisque le consommateur qui travaille en Zone 1 a un bien-être inférieur à celui qui travaille en Zone 2. En revanche quand $f(\cdot)$ prend des valeurs positives, la situation est inversée. Il vaut mieux travailler en Zone 1. Les activités de production affluent donc dans cette zone puisque le différentiel de productivité augmente plus vite que les coûts de transports et la rente foncière. Dès lors chaque individu supplémentaire qui vient travailler en Zone 1 augmente les incitations à la relocalisation des activités restées en Zone 2. L'équilibre atteint est par conséquent un équilibre de spécialisation complète où toute la population habite en Zone 2 et travaille en Zone 1. La situation avec $f = 0$ est en équilibre instable. Le marché implique donc soit l'autarcie soit la spécialisation complète. Il va de soi que la production et le bien-être dans ces deux situations opposées sont différents (les productions peuvent être comparées graphiquement en faisant la différence des surfaces entre la courbe et l'axe des abscisses ; sur notre graphique dans le cas 2, l'autarcie semble dominer la spécialisation complète).

Notons que cet équilibre où toute la production est réalisée dans un même lieu est qualitativement équivalent au cas de la ville monocentrique. Ainsi, la ville monocentrique constitue un particulier d'un modèle plus général⁽⁴⁾.

Enfin, le cas 3 possède deux solutions admissibles pour $f(\cdot) = 0$. Selon les mêmes arguments que dans ce qui précède, l'autarcie est possible et la plus petite des deux solutions est instable. En revanche, le mouvement de spécialisation spatiale est arrêté au moment où la seconde solution de $f(\cdot) = 0$ est atteinte. Il existe donc deux équilibres, un de spécialisation partielle et un équilibre d'autarcie. On peut, bien entendu, envisager des cas supplémentaires pour lesquels $f(\cdot)$ aurait un grand nombre de solutions sur $[N/2, N]$. Les raisonnements sont toutefois les mêmes que dans ce qui vient d'être vu.

Cette multiplicité d'équilibres (*i.e.* : *l'organisation urbaine compte*) est en général ignorée des modèles d'économie urbaine⁽⁵⁾. En effet, la structure monocentrique de la ville, souvent prise comme hypothèse de départ n'offre pas la plasticité nécessaire à la prise en compte de cet argument. Dans les modèles traditionnels, l'organisation urbaine est donnée alors qu'ici elle est endogène. Notons toutefois que cette idée de multiplicité d'équilibres est prépondérante dans la nouvelle économie géographique (voir la synthèse de Jayet *et al.* [1996]).

⁽⁴⁾ Notons que cette plus grande généralité de la structure est obtenue ici par une simplification importante des problèmes de distance.

⁽⁵⁾ Voir Fujita et Ogawa (1982) pour une exception notable.

Après l'équilibre de marché, il nous faut analyser l'optimum obtenu par le planificateur social. Dans ce qui précède, la structure de la propriété foncière importe peu. Que l'on ait des propriétaires absents, une propriété publique ou encore collective du sol, ne change rien à l'équilibre. En revanche, dans le cas de l'optimum social, il faut savoir ce que devient la rente foncière. Afin de simplifier l'analyse et de faire coïncider optimum social et maximisation de la production nette (production - coûts de transport), on suppose, comme il est usuel en économie urbaine, la propriété collective du sol, c'est-à-dire que le sol est possédé par les habitants et que chacun reçoit une part égale de la rente foncière totale⁽⁶⁾. Le programme du planificateur peut s'écrire :

$$\begin{aligned} & \text{Max}_{L_1, L_2, N_1, N_2} e(L_1)L_1 + e(L_2)L_2 - (L_1 - N_1)T(L_1 - N_1) \\ & \text{s.c. } L_1 + L_2 = N_1 + N_2 = L_1 + N_1 = L_2 + N_2 = N. \end{aligned}$$

Ainsi, le planificateur maximise la production nette, sous les contraintes d'occupation du sol dans les deux zones ($L_1 + N_1 = N$ et $L_2 + N_2 = N$), de résidence ($N_1 + N_2 = N$) et de plein emploi ($L_1 + L_2 = N$). La solution satisfait à :

$$Y'(L_1) = 0, \quad (5)$$

avec

$$\begin{aligned} Y' \equiv & f(L_1) + [L_1 e'(L_1) - (N - L_1) e'(N - L_1)] \\ & - 2(2L_1 - N) T'(2L_1 - N). \end{aligned} \quad (6)$$

Cette formulation des conditions du premier ordre n'a rien de surprenant puisque le planificateur social prend en compte les éléments considérés à l'équilibre de marché par les agents privés plus les économies d'agglomération (second terme) et les éléments liés au transport et à la congestion (troisième terme). Comme pour l'équilibre de marché, trois cas principaux peuvent se présenter (voir Figure 3).

Le cas A est celui où l'autarcie constitue l'optimum social puisque la dérivée de la production totale est toujours négative quelle que soit la population active L_1 . Le cas B est celui où l'optimum social implique soit l'autarcie soit la spécialisation complète (le zéro obtenu est un minimum). Il faut alors comparer globalement le niveau de production en ces deux points (il semble sur notre graphique que l'autarcie soit

⁽⁶⁾ Autrement dit, le problème est de savoir si les récipiendaires de la rente rentrent dans la fonction objectif du planificateur social. S'il existe une classe de propriétaires terriens indépendants, il se peut alors qu'il existe un grand nombre d'équilibres qui ne peuvent être classés selon le critère de Pareto.

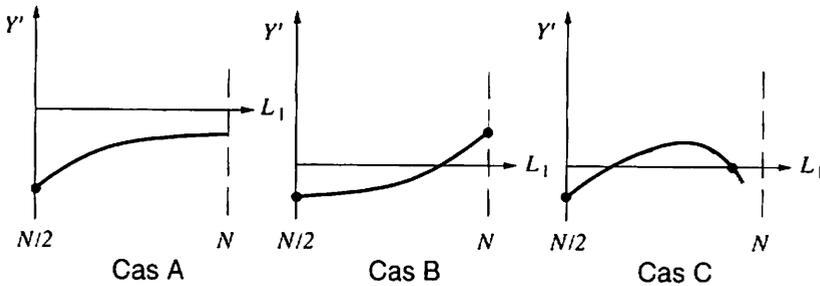


Figure 3: La détermination de l'optimum social

socialement préférable). Le cas C est celui où les deux candidats à l'optimum social sont soit l'autarcie soit le second zéro de Y' avec spécialisation partielle. (Sur notre graphique, il semble que la situation avec spécialisation partielle permette une production plus importante).

La dernière étape consiste à comparer l'équilibre de marché avec l'optimum social. Il est intéressant de remarquer que tous les cas de figure sont *a priori* envisageables. Pour voir ce résultat, il suffit d'examiner les équations (5) et (6). En effet, si $f(L_1)$ est nul, la somme des autres termes peut être soit positive soit négative. Ainsi le marché peut induire une concentration de l'activité trop ou pas assez importante à l'équilibre (sur- ou sous-agglomération des activités de production). En particulier, si, à l'équilibre de marché, le second terme (économies d'agglomération) est supérieur au troisième, la spécialisation spatiale est insuffisante et les activités de productions ne sont pas assez concentrées. Dans le cas contraire, la spécialisation spatiale est trop importante (sur-agglomération). Ce résultat est à contraster avec le cliché traditionnel qui présuppose une agglomération trop importante de l'activité dans les centres urbains.

Si on rentre plus dans le détail, le résultat obtenu découle de l'existence de trois externalités. Les deux premières sont les deux externalités d'agglomération et de congestion spécifiées dans la description du modèle. La troisième est une externalité pécuniaire engendrée par la rente foncière (le dernier terme de Y' capture ces deux effets simultanément). En effet, la firme paye deux fois le coût de transport ; la première fois au travers du salaire afin d'attirer les habitants de la Zone 2 et la seconde fois avec la rente foncière. Certes, l'habitant de la Zone 2 se voit offrir un salaire compétitif mais il est prêt à payer la différence de coût de transport pour habiter plus près de son lieu de travail. Ceci provoque une hausse de la rente foncière qui est payée par la firme.

On peut envisager d'internaliser ces externalités par des taxes pigouviennes pour lesquelles chaque firme recevrait ici comme subvention sa participation à l'économie d'agglomération à l'optimum alors que cha-

que consommateur devrait payer le coût de congestion qu'il engendre, toujours à l'optimum. Par analogie avec Fujita [1989], la politique optimale consiste alors à utiliser ces deux taxes pigouviennes et à redistribuer la rente foncière aux utilisateurs du sol en Zone 1. En effet la première taxe pigouvienne s'applique au transport et induit chacun à payer un prix qui corresponde au coût social de son déplacement (qui sont le coût de transport privé et le coût de congestion). La subvention pigouvienne pour les firmes est plus délicate puisqu'il s'agit d'internaliser à la fois l'économie d'agglomération dans une zone et la déséconomie d'agglomération dans l'autre. Pour éviter que les firmes payent deux fois le coût de transport, il convient donc de leur redistribuer la rente foncière. Enfin, une taxation forfaitaire est nécessaire afin d'équilibrer le budget.

En pratique, cette internalisation risque d'être délicate vu le nombre d'instruments à mettre en place. Ainsi, si la rente foncière n'est pas parfaitement redistribuée, la taxation du transport fait augmenter la rente foncière en Zone 1, ce qui revient à une taxe sur la production au travers de la rente foncière (*i.e.*, on aggrave l'externalité pécuniaire négative). D'où pour remédier à ceci, il serait nécessaire d'ajouter une subvention pour la production... On voit donc que même à partir d'un exemple simple, la question de la concurrence entre la production et le logement pour occuper le sol est loin d'être triviale. Par ailleurs, l'évaluation des économies d'agglomération est très difficile. D'un point de vue pratique, il est sans doute plus raisonnable d'utiliser des instruments plus simples que la combinaison de deux taxes pigouviennes, la taxation de la rente foncière, sa redistribution aux firmes et une taxe forfaitaire. Une réglementation qui limite quantitativement les activités de production (comme la réglementation « bureau/logement » à Paris) s'impose naturellement en cas de sur-agglomération de la production alors qu'une subvention simple pour les firmes s'impose en cas de sous-agglomération. En analysant conjointement les équilibres de marché avec les optima de premier rang, il est possible de détailler tous les cas possibles (les chiffres font références à l'équilibre de marché correspondant et les lettres à un optimum social) :

- 1A:** L'autarcie est socialement souhaitable, c'est aussi la solution atteinte à l'équilibre de marché. Ce cas de figure intervient pour des coûts de transports élevés et des économies d'agglomération faibles.
- 1B:** Le marché entraîne l'autarcie alors que l'optimum social peut impliquer la spécialisation complète. L'explication passe par la rente foncière. En effet, il se peut que les coûts de transports soient relativement importants, bien que l'agglomération complète reste profitable. Comme la rente foncière payée en Zone 1 intègre les coûts de transports, ces derniers viennent donc s'ajouter aux coûts de pro-

duction des firmes. Ainsi, du fait de cette externalité pécuniaire, aucune firme n'a intérêt à aller s'installer en Zone 1 puisque l'économie d'agglomération permet de couvrir le coût de transport mais pas la rente foncière différentielle. Dans ce cas, les firmes subissent l'externalité pécuniaire sans bénéficier de l'externalité positive due à l'augmentation de la productivité en Zone 1. Pour remédier à ce type de problème, il faut que l'autorité organise le regroupement en Zone 1. L'instrument naturel est une subvention pour les firmes. Ce type de mesure est souvent proposé lors de l'établissement de nouveaux centres d'affaires ou de villes nouvelles.

- 1C:** L'argument est le même que dans le cas précédent. Il est simplement plus difficile de connaître l'optimum social.
- 2A:** Ici le marché peut induire soit la spécialisation complète soit l'autarcie sachant que l'autarcie est socialement désirable. Ce type de situation intervient pour la raison suivante. Le mouvement des firmes de la Zone 2 vers la Zone 1 augmente les économies d'agglomération en Zone 1 et les réduit en Zone 2. Cette réduction de la productivité en Zone 2 augmente les incitations à une agglomération encore plus forte en Zone 1. Malheureusement ce phénomène de polarisation engendre de la congestion qui peut réduire la production nette totale. Pour empêcher ceci, un moyen simple est de contrôler la proportion de sol utilisée par les activités de production. On obtient donc une rationalisation des réglementations qui limitent quantitativement le développement de l'immobilier d'affaires. Dans notre cadre simplifié, l'effet est relativement drastique puisqu'en fixant une proportion de $1m^2$ de logement pour $1m^2$ d'immobilier commercial, on bloque tout mouvement.
- 2B:** Si l'autarcie constitue l'optimum social, le cas est le même que précédemment. En revanche si la spécialisation totale est optimale, il suffit d'amener l'équilibre de marché au-dessus du seuil de retour vers l'autarcie (voir 1B), à nouveau par un instrument fiscal.
- 2C:** C'est là l'un des cas les plus complexes. Il oblige à des réglages fins. Si la spécialisation partielle est optimale et qu'elle est au-dessus du seuil de retour de l'équilibre de marché vers l'autarcie, il convient à la fois d'inciter le marché à dépasser ce seuil et ensuite de contrôler le processus de polarisation et de l'arrêter quand l'optimum social est atteint. Si l'optimum est en dessous du seuil de retour vers le marché, il faut en revenir à des instruments fiscaux pour augmenter la concentration des activités de production en Zone 1.

3A: Ce cas est le même que 2A.

3B: Ce cas est fondamentalement équivalent à 2B.

3C: Comme pour 2C, selon la position relative du seuil par rapport à l'optimum social, il convient de restreindre ou de subventionner partiellement la production.

Il est possible de procéder à des simulations numériques afin d'illustrer les différents cas possibles qui viennent d'être évoqués. Les formes fonctionnelles choisies sont courante dans la littérature (Henderson [1985] et [1988], ou Sullivan [1983a] et [1983b]). En revanche, le choix des paramètres est arbitraire. Ces simulations ne cherchent pas à calibrer le modèle mais simplement à montrer que les différents cas de figures explorés sont biens possibles et permettent de faire apparaître de nouvelles propriétés intéressantes du modèle. Pour toutes les simulations qui suivent, on choisit $N = 10$.

Premier exemple

Pour le premier exemple nous avons utilisé :

$$\begin{aligned} e(L_i) &= 5.8(L_i)^{0.7} + 2, \\ T(L_i - N_i) &= 0.05 + (L_i - N_i). \end{aligned}$$

On obtient alors le cas 2B où l'équilibre de spécialisation complète est l'optimum social. Il est intéressant de remarquer que la spécialisation complète est optimale malgré une externalité de congestion assez forte (le coût de transport agrégé est quadratique en $L_i - N_i$). Sur l'ordonnée des graphiques qui suivent figurent $f(\cdot)$ (courbe M) et $Y'(\cdot)$ (courbe S). La Figure 4 représente graphiquement le premier exemple.

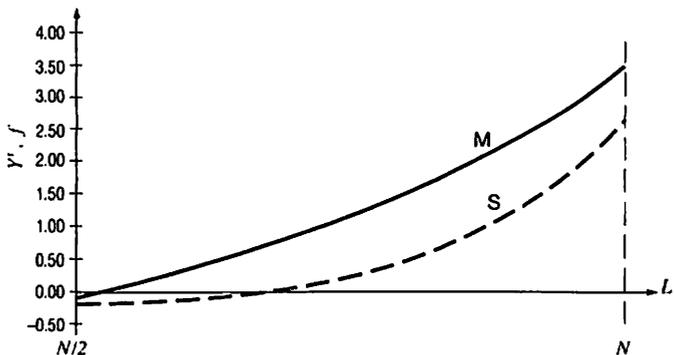


Figure 4: Équilibre et optimum social pour le premier exemple

Deuxième exemple

Ensuite, si on change faiblement un paramètre, en l'occurrence la productivité totale des facteurs, on peut écrire :

$$\begin{aligned} e(L_i) &= 5.3(L_i)^{0.7} + 2, \\ T(L_i - N_i) &= 0.05 + (L_i - N_i). \end{aligned}$$

Ici l'équilibre de spécialisation totale est encore obtenu par le marché avec une probabilité assez forte (il suffit d'une déviation assez faible autour de l'autarcie pour que la solution de marché induise la spécialisation complète). Mais cette solution est très mauvaise puisque l'externalité de congestion domine fortement le gain de productivité. On est dans le cas 2A, graphiquement représenté par la Figure 5.

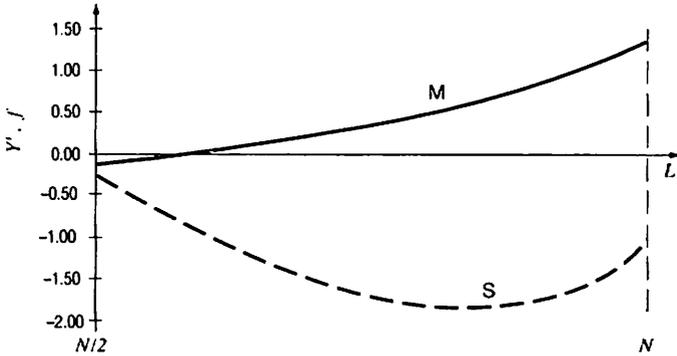


Figure 5: Équilibre et optimum social pour le deuxième exemple

Cet exemple permet d'illustrer un argument important qui limite l'applicabilité des mesures de zonages dans notre cas. En effet, il existe une externalité de congestion et des économies d'agglomération. Le zonage peut en théorie permettre d'obtenir l'optimum de premier rang. Mais pour ce faire, il faut connaître les fonctions de production et de transport. Il est relativement aisé de calculer localement le coût de la congestion, encore que les estimations sont souvent discordantes et peuvent différer de la perception qu'on peut en avoir (voir Sullivan [1983a] et [1983b], et la discussion de Arnott *et al.* [1990]). Il est aussi possible d'estimer assez facilement les coûts de transport privés. Pour ce qui est des économies d'agglomération, on se heurte à des problèmes majeurs de mesure. Henderson ([1988] les décrit et fait remarquer aussi la grande sensibilité des résultats aux paramètres utilisés. Ainsi dans l'exemple qui précède, un écart de 10% environ (5,3 contre 5,8) sur un paramètre dont l'estimation empirique est assez délicate inverse les résultats et modifie considérablement la configuration optimale.

Troisième exemple

L'exemple suivant permet d'obtenir une configuration du type 2C :

$$\begin{aligned} e(L_i) &= 5L_i^{0.6}, \\ T(L_i - N_i) &= \exp(-2 + 0.2(L_i - N_i)). \end{aligned}$$

Ici l'utilisation d'une exponentielle pour les coûts de transports rend une mesure de contrôle presque obligatoire puisque l'externalité de congestion finit par dominer de manière très importante les gains à l'agglomération (voir Figure 6). Toutefois, le zonage est assez difficile à mettre en oeuvre puisqu'il s'agit de contraindre l'économie autour de l'optimum social qui est délicat à trouver.

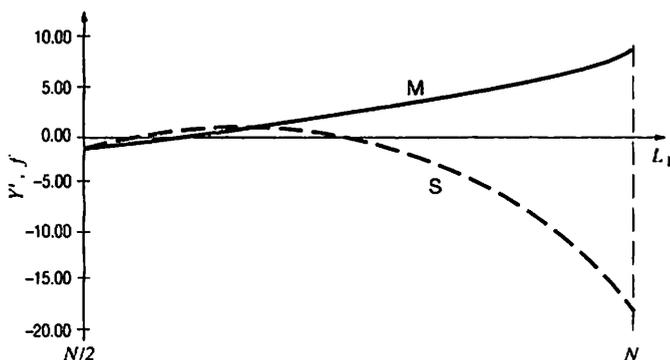


Figure 6: Équilibre et optimum social pour le troisième exemple

Quatrième exemple

A partir de formes fonctionnelles semblables, il est aussi possible d'obtenir une configuration de type 3C (voir Figure 7).

$$\begin{aligned} e(L_i) &= 5L_i^{0.4} + 5, \\ T(L_i - N_i) &= \exp(-6 + 0.3(L_i - N_i)). \end{aligned}$$

Ainsi, dans cette section a été analysé le cas où la congestion et les économies d'agglomération sont locales. Il a été montré qu'en général l'équilibre de marché n'est pas efficace et peut induire une spécialisation spatiale trop ou pas assez importante. Le second cas possible est celui où les économies d'agglomération sont globales, au sens où l'externalité provient de l'ensemble de la population active et agit sur la productivité des firmes, qu'elles soient localisées en Zone 1 ou en Zone 2. Le résultat est alors immédiat puisque l'analyse se ramène à ce qui vient d'être vu dans le cas particulier où les économies d'agglomération locales sont

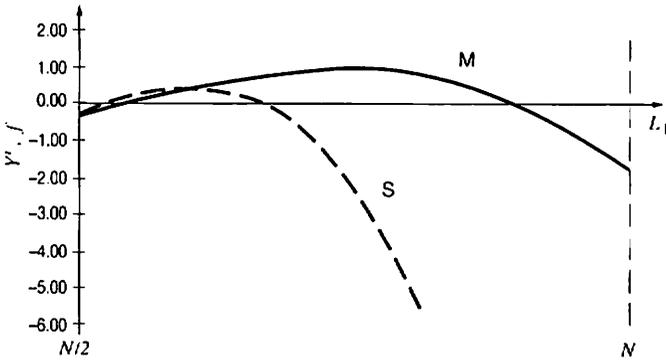


Figure 7: Équilibre et optimum social pour le quatrième exemple

nulles. L'équilibre de marché est alors optimal et implique la dispersion des activités, quelle que soit l'externalité de congestion.

3 Économies d'agglomération locales et congestion globale

Il reste donc à analyser le troisième cas, celui où les économies d'agglomération sont locales mais où la congestion est globale au sens où elle affecte toutes les firmes où qu'elles soient. Pour ce faire, on utilise le même modèle qu'auparavant, à la différence que les coûts de congestion interviennent maintenant dans la fonction de production :

$$y_1 = g(|N_1 - L_1|)e(L_1)\ell_1$$

$$y_2 = g(|N_1 - L_1|)e(L_2)\ell_2 .$$

avec $g(\cdot)$ décroissante. Notons que cette spécification est plus générale qu'une spécification avec une seule externalité croissante puis décroissante puisqu'il est possible d'obtenir une plus grande variété de comportements comme par exemple une croissance continue de la production avec une concentration accrue ou bien l'inverse. Cette hypothèse de congestion qui se répercute aussi sur la fonction de production est raisonnable puisque les firmes ont besoin d'échanger. Par conséquent la congestion peut affecter négativement la productivité des firmes au travers de leurs opérations de production.

Pour simplifier, on pose $T(\cdot) = t$ (on fait l'hypothèse que la congestion n'affecte pas le déplacement des consommateurs ; les effets de la congestion du transport pendulaire ont été analysé dans la section qui précède). L'équilibre de marché se calcule de la même façon. S'il existe

une solution intérieure, l'équilibre sur le marché du travail implique :

$$w_i + R_i = g(|2L_1 - N|)e(L_i).$$

L'équilibre sur le marché du sol est tel que $R_1 = t$. On retrouve alors :

$$f_g(L_1) \equiv g(2L_1 - N)[e(L_1) - e(N - L_1)] - 2t = 0.$$

Les trois cas 1, 2 et 3 sont à nouveau envisageables selon les mêmes intuitions. Il est aussi possible de calculer un optimum social selon la même procédure qu'auparavant :

$$\begin{aligned} & \text{Max}_{L_1, L_2, N_1, N_2} g(|N_1 - L_1|)e(L_1)L_1 + g(|N_2 - L_2|)e(L_2)L_2 - |L_1 - N_1|t \\ \text{s.c. } & L_1 + L_2 = N_1 + N_2 = L_1 + N_1 = L_2 + N_2 = N. \end{aligned}$$

La solution satisfait à :

$$\begin{aligned} Y'_g(L_1) & \equiv f_g(L_1) + g(2L_1 - N)[L_1e'(L_1) - (N - L_1)e'(N - L_1)] \\ & \quad + 2g'(2L_1 - N)[L_1e(L_1) + (N - L_1)e(N - L_1)] \\ & = 0. \end{aligned}$$

Comme dans le cas précédent, on peut voir facilement que l'autarcie est un maximum local. On obtient aussi les trois mêmes configurations que la section 2. Cependant, à la différence du modèle précédent, certaines configurations croisées (équilibre de marché - optimum social) sont impossibles. En particulier, quel que soit le taux optimal d'agglomération de la production, le marché engendre un taux supérieur (dans son équilibre avec le taux d'agglomération le plus fort s'il en existe plusieurs). L'équilibre de marché avec laisser-faire engendre trop de congestion.

Formellement, ces cas impossibles sont 1B, 1C, 3B et 3C⁽⁷⁾. Pour démontrer cette propriété, supposons par exemple qu'il puisse exister une configuration de type 1-B pour lequel l'optimum implique la spécialisation complète qu'un équilibre de marché ne puisse pas soutenir. On peut alors écrire :

$$Y_g = Ne(N)g(N) - Nt.$$

Or, une situation de type 1B implique :

$$f_g(N) = g(N)[e(N) - e(0)] - 2t \leq 0.$$

⁽⁷⁾ 3-C uniquement pour le cas où l'équilibre de marché implique une agglomération plus faible que l'optimum.

Par conséquent on a : $Y \leq Ng(N)e(0) + Nt$. D'où :

$$\frac{Y}{N} - 1 \leq g(N)e(0).$$

Cette dernière expression signifie que la consommation de chaque habitant est inférieure à $g(N)e(0)$. Or cette consommation est obtenue en travaillant en Zone 2 (malgré une externalité d'agglomération minimale et une externalité de congestion maximale). Par conséquent, ça ne peut pas être un optimum social. Une démonstration similaire s'applique pour les autres configurations impossibles. Ainsi, dès lors que la congestion est globale, l'hypothèse d'une trop grande concentration des activités de production à l'équilibre de marché devient plausible.

Ce résultat est plus standard par rapport aux conceptions des praticiens de l'aménagement urbain et d'une partie de la littérature d'économie urbaine. Il doit toutefois être contrasté avec les résultats de la partie précédente puisqu'il s'appuie à la fois sur une externalité de congestion globale et sur des économies d'agglomération locales. La congestion en soi ne suffit pas pour engendrer une agglomération trop forte des activités de production.

4 Les dérives possibles

Le premier et principal problème des mesures de restriction quantitatives et de subventions à l'agglomération des activités a déjà été soulevé ; il s'agit de la possibilité (ou non) pour le planificateur social de connaître l'optimum de premier rang. Etant donné les difficultés empiriques pour connaître l'optimum, il reste à savoir s'il est raisonnable d'avoir une politique de développement urbain de ce type. La question reste ouverte sur ce point...

Il existe un second problème, relativement simple à résoudre. Dans le modèle initial il était fait l'hypothèse d'une propriété collective du sol. Or cette hypothèse est loin d'être vérifiée dans la réalité, c'est-à-dire que l'agglomération de la production qui engendre une hausse de la rente foncière bénéficie dans les faits aux propriétaires fonciers et non pas à tous les habitants de la ville. De la même façon l'application d'une réglementation qui limite la concentration de la production en Zone 1 engendre une hausse de la valeur de l'immobilier commercial. Or pour obtenir l'optimum il faut que cette hausse soit redistribuée aux habitants. Une façon simple de remédier à ceci serait de remplacer cette réglementation « brute » par un instrument plus subtil, à savoir la mise aux enchères de droits de développement pour de l'immobilier commercial. Les avantages d'un système d'enchère sont de pouvoir contrôler aisément et simplement le développement de l'immobilier

commercial par une procédure concurrentielle qui permet à la collectivité de récupérer le surplus de rente foncière. Avec cette mesure, comme avec les restrictions quantitatives, il existe pour l'immobilier existant deux marchés séparés (commercial et logement). Comme l'immobilier commercial offre une rente foncière plus élevée, les promoteurs immobiliers sont prêts à racheter des logements pour les transformer en locaux commerciaux. Avec des enchères concurrentielles, les développeurs sont prêts à offrir la différence des loyers actualisée entre les deux marchés moins les coûts transformation s'il y en a. Ainsi, tout le surplus est récupéré par l'autorité publique et peut être utilisé pour la collectivité dans son ensemble. Ce type de mesure offre par ailleurs une plus grande souplesse puisque l'autorité publique peut procéder à des adjudications régulières de quantités discrétionnaires (ce qui permet d'atténuer les chocs sur les prix du marché par des adjudications plus ou moins importantes).

Le troisième problème est plus fondamental. La structure urbaine examinée précédemment est très simple. Une façon plus réaliste de représenter une ville est de multiplier les « zones » (centre-ville, périphérie proche ou lointaine, Est ou Ouest, Nord ou Sud...) comme sur la Figure 8.



Figure 8: Une structure urbaine plus complexe

Bien que la structure reste en apparence relativement simple, son analyse générale se révèle très complexe. Notre objectif dans ce qui suit n'est pas d'analyser systématiquement cette nouvelle structure géographique mais de fournir un exemple de politique de zonage mal calibrée et d'en voir les implications. On reprend le même modèle que dans la section II avec les mêmes notations. La consommation de sol pour le logement est toujours d'une unité par habitant. En revanche la consommation de sol par les firmes n'est plus que d'une demi unité par emploi ($y_i = c(L_i) \text{Min}(\ell_i, 0.5s_i)$). On suppose, pour simplifier, des économies d'agglomération qui ont la forme qui suit.

$$c(L_i) = \begin{cases} \underline{c} & \text{si } L_i < L^* , \\ \bar{c} & \text{si } L_i \geq L^* . \end{cases}$$

Pour être compatible avec le cas de figure qui va être présenté, on postule que les coûts de transport pour aller d'une zone à l'autre sont d'abord faiblement croissants puis sujets à une hausse forte, puis faiblement croissants encore à mesure que le trafic augmente (voir Figure 9). Cette forme typique est obtenue s'il existe un goulet d'étranglement. Ces coûts de transports sont additifs au sens où pour aller d'Est en Ouest, le coût du trajet Est-Centre et celui du trajet Centre-Ouest s'ajoutent.

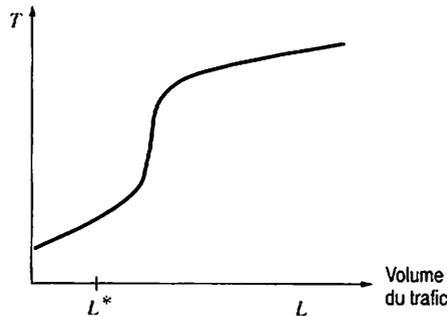


Figure 9: Le coût du transport pendulaire entre deux zones

Le modèle est résolu exactement de la même manière que dans la partie II. On suppose que l'équilibre de marché induit la concentration de la production dans la zone centrale. Ceci implique pour la condition d'équilibre analogue à (4) :

$$f_T(N) = \bar{e} - \frac{3}{2}T(N) - \underline{e} > 0.$$

La production nette par personne est alors égale à :

$$\bar{e} - T(N).$$

En revanche pour pouvoir justifier a priori une politique de zonage de restriction quantitative, on suppose que cet équilibre de marché est sous-optimal, c'est à dire que l'optimum social est tel qu'il existe une population active en Zone 1, $L_1 < N$ qui satisfait à :

$$Y'_T(L_1) \equiv f(L_1) - \frac{3}{2}(L_1 - N)T'(L_1 - N) = 0.$$

En supposant que $N - L_1/2 < N^*$, on voit facilement que le reste de la population active se répartit de façon égalitaire entre les deux zones périphériques. Que se passe-t-il alors si cette politique de zonage est mal calibrée (*i.e.*, restriction trop forte sur les activités au centre)? Il est alors possible d'imaginer une situation où toute la production a

maintenant lieu dans la périphérie Ouest. En effet, cette situation peut être soutenue par un autre équilibre de marché si :

$$\bar{e} - \frac{3}{2}(T(2N) + T(N)) - e > 0.$$

La production nette par individu est alors :

$$\bar{e} - \frac{1}{2}(T(2N) + T(N)).$$

Cette production est beaucoup plus faible que celle obtenue lorsque toute la production est localisée au centre. Par ailleurs les loyers qui étaient égaux à $T(N)$ au centre et 0 ailleurs avec le premier équilibre de marché sont égaux maintenant à $T(2N) + T(N)$ dans la périphérie Ouest, $T(N)$ au centre et 0 à l'Est. Ainsi si la rente foncière n'est pas redistribuée (cas de propriétaires absents), alors le zonage augmente fortement le revenu des propriétaires fonciers tandis que le revenu des habitants de la ville baisse à la fois du fait de l'augmentation des loyers et de celle des coûts de transport.

Cet exemple montre donc que, s'il existe une justification forte pour des mesures de zonage susceptibles d'influer sur la structure urbaine, leur mise en oeuvre est relativement problématique. Comme il a été vu plus haut, la politique optimale est très sensible aux paramètres du modèle, eux mêmes difficiles à estimer. De plus, comme il est montré ici, une politique de zonage mal calibrée peut avoir des effets pervers négatifs très importants.

5 Conclusions

Afin d'expliquer l'importance du zonage, ce papier introduit l'idée que le zonage peut servir à orienter le développement urbain et influer sur la structure de la ville et non simplement remédier à de petites externalités. De plus, il convient d'expliquer pourquoi des mesures de type réglementaire sont adoptées plutôt que des taxes Pigouviennes. Les réponses traditionnelles font ressortir que les restrictions quantitatives sont mieux adaptés (Weitzman [1974]) lorsque certaines variables sont difficiles à observer ou lorsque les problèmes ne sont pas convexes (Crone [1983]). Ici, la réponse simple proposée est que le zonage est plus facile à mettre en oeuvre qu'un ensemble de taxes Pigouviennes, taxe foncière et taxe forfaitaire.

D'un point de vue théorique, le modèle qui vient d'être présenté peut être envisagé comme une alternative ou comme une généralisation du modèle de la ville monocentrique, prévalent en économie urbaine, puisqu'ici la structure urbaine est endogène. Pour autant, la modélisation

proposée ici reste rudimentaire. Il est toutefois possible de tirer de l'analyse qui précède un certain nombre de conclusions provisoires. Si les économies d'agglomération sont globales (au niveau de la ville entière), l'allocation du sol par le marché est optimal et minimise les coûts de transport, quelle que soit la forme de la congestion du transport. Si les économies d'agglomération et la congestion sont locales alors la solution de marché peut engendrer trop ou pas assez d'agglomération. En revanche, si la congestion est globale alors que les économies d'agglomérations sont locales, la solution de marché tend à engendrer un taux d'agglomération trop important.

L'analyse est restée centrée sur le problème des restrictions quantitatives portant sur la nature de l'utilisation du sol. La raison en est que ce sont des mesures très difficiles à analyser avec une structure monocentrique (étant donné que ces réglementations cherchent justement à éviter que le ville ne prenne une structure trop monocentrique). Cependant, il est aussi possible d'appliquer le modèle développé ci dessus à l'analyse d'autres mesures de zonage comme les restrictions sur la hauteur des immeubles ou encore celles portant sur la qualité des constructions. Le type de modélisation proposé ici est aussi sans doute applicable à un ensemble assez large de problèmes en économie urbaine. Ainsi, on peut penser par exemple aux questions qui concernent la taille optimale des villes, les fonctions de ces dernières et leur degré de spécialisation, la ségrégation, la provision de biens publics locaux, etc.

BIBLIOGRAPHIE

- ABDEL-RAHMAN, H. et M. FUJITA [1990], Product variety, Marshallian externalities, and city sizes, *Journal of Regional Science*, **30**(2), pp. 165-183.
- ARNOTT, R., A. DEPALMA et R. LINDSEY [1990], Economics of a bottleneck, *Journal of Urban Economics*, **27**(1), pp. 111-130.
- BECKER, R. et J.-V. HENDERSON [1996], Notes on city formation, miméo, Brown University.
- CRONE, T. [1983], Elements of an economic justification for municipal zoning, *Journal of Urban Economics*, **14**(2), pp. 166-183.
- DURANTON, G. [1997], L'Analyse économique du zonage : une brève revue de la littérature, *Revue d'Economie Régionale et Urbaine*, n° 2, pp. 171-188.
- FUJITA, M. [1989], *Urban economic theory, land use and city size*, Cambridge, Cambridge University Press.
- FUJITA, M. et H. OGAWA [1982], Multiple equilibria and structural transition of

- non-monocentric urban configurations, *Regional Science and Urban Economics*, **12**(2), pp. 161-196.
- GRIMAUD, A. [1988], Le CBD, mythe ou réalité ?, *Revue d'Economie Régionale et Urbaine*, n° 2, pp. 249-260.
- HENDERSON, J.-V. [1985], *Economic theory and the cities*, London, Academic Press.
- HENDERSON, J.-V. [1988], *Urban development, theory, facts and illusions*, Oxford, Oxford University Press.
- HERBERT, D. et C. THOMAS [1982], *Urban geography: a first approach*, London, David Fulton Publishers.
- JAYET, H., J.-P. PUIG et J.-F. THISSE [1996], Enjeux économiques de l'organisation de l'espace français : polarisation et concentration, *Revue d'Economie Politique*, **106**(1), pp. 127-158.
- MCMILLEN, D. et J. McDONALD [1993], Could zoning have increased land values in Chicago, *Journal of Urban Economics*, **33**(2), pp. 167-188.
- POGOZINSKI, J. et T. SASS [1990], The economic theory of zoning : a critical review, *Land Economics*, **66**(3), pp. 294-314.
- POGOZINSKI, J. et T. SASS [1991], Measuring the effects of municipal zoning regulations : a survey, *Urban Studies*, **28**(4), pp. 597-621.
- SULLIVAN, A. [1983a], The general equilibrium effects of congestion externalities, *Journal of Urban Economics*, **14**(1), pp. 80-104.
- SULLIVAN, A. [1983b], Second-best policies for congestion externalities, *Journal of Urban Economics*, **14**(2), pp. 105-123.
- WEITZMAN, M. [1992], Prices versus quantities, *Review of Economic Studies*, **41**(4), pp. 477-491.
- YINGER, J. [1992], City and suburb : urban models with more than one employment center, *Journal of Urban Economics*, **31**(2), pp. 181-205.