



**HAL**  
open science

## **NIMBY, taxe fonci ere et vote par les pieds**

Marc Germain, Dominique Peeters

► **To cite this version:**

| Marc Germain, Dominique Peeters. NIMBY, taxe fonci ere et vote par les pieds. 2013. hal-01006700

**HAL Id: hal-01006700**

**<https://hal.univ-lille.fr/hal-01006700>**

Preprint submitted on 16 Jun 2014

**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.



Lille 1 | Lille 2 | Lille 3 |

# Document de travail

■ [2013-36]

*“NIMBY, taxe foncière et vote par les pieds”*

Marc Germain



Université Lille Nord de France

Pôle de Recherche  
et d'Enseignement Supérieur



Université Lille 2  
Droit et Santé



# “NIMBY, taxe foncière et vote par les pieds”

Marc Germain

Marc Germain

PRES Université Lille Nord de France, Université Lille 3, Laboratoire EQUIPPE, EA  
4018, Villeneuve d'Ascq, France -

IRES, Université catholique de Louvain - Dominique Peeters - CORE, Université  
catholique de Louvain

[marc.germain@univ-lille3.fr](mailto:marc.germain@univ-lille3.fr)

# NIMBY, taxe foncière et vote par les pieds

Marc Germain

EQUIPPE, Université de Lille-3 et IRES, Université catholique de Louvain

Dominique Peeters

CORE, Université catholique de Louvain

1<sup>er</sup> juillet 2013

## Résumé

Une communauté d'individus hétérogène en terme de revenus occupe un territoire divisé en zones caractérisées par des niveaux d'aménités différents. Partant du concept de rente à la Ricardo, nous proposons un modèle déterminant les rentes offertes dans les différentes zones et la répartition de la population entre celles-ci. On étudie ensuite l'impact d'un choc affectant négativement les aménités d'une zone sur les rentes des autres zone via un processus de "vote par les pieds" à la manière de Tiebout. Partant de cette analyse, nous proposons un système de taxation de la rente qui permet une compensation financière des résidents directement affectés dans leur voisinage par les individus non touchés. Ce système est susceptible d'atténuer les attitudes du type "NIMBY". De plus, dans la mesure où la rente est observable, le mécanisme présente l'avantage de ne poser aucun problème de révélation des préférences.

*A community of individuals heterogeneous in terms of revenue occupies a territory subdivided into zones characterized by unequal levels of amenities. Starting from the concept of land rent à la Ricardo, we propose a model determining the bid rents in the different zones as well as the distribution of the population among these. We then study the impact of a shock affecting negatively the amenities in one zone on the rents of the other zones via a process of "voting with the feet" à la Tiebout. Starting from this analysis, we propose a taxation of land rent that allows for a compensation of the residents whose neighborhood is directly affected by the amenity shock by the other members of the community. Such is system may prevent NIMBY attitudes. Moreover, as far as rent is observable, the mechanism has the advantage of having no preference revelation problem.*

Mots-clés : NIMBY, rente ricardienne, taxe foncière.

JEL : H23, R14, R23, R52.

# 1 Introduction

L'influence des aménités locales sur la formation des prix des propriétés résidentielles est amplement documentée dans la littérature. On y trouve aussi bien des formalisations théoriques (voir par exemple Fujita 1989, Glaeser 2008 ou Brueckner 2011) que des approches empiriques. Un exemple de ces dernières est fourni par Ahlfeldt (2011) dans son étude sur les prix fonciers à Berlin. Il a constitué une base de données comportant un très grand nombre de transactions immobilières en notant pour chacune les caractéristiques de la propriété, celles de l'environnement de la parcelle et des variables exprimant l'accessibilité aux emplois. Il propose ensuite une méthode d'estimation de ces composantes du prix des résidences à partir d'une régression hédonique, ce qui lui permet d'établir une carte d'impact des aménités locales. Dans le même esprit, Gao et Asami (2003) mesurent la valeur économique des paysages urbains à Tokyo et Kitakyushu également au moyen d'une régression hédonique et en déduisent des implications pour les politiques de développement urbain. Kauko (2003) présente une critique intéressante de ce type de démarche et suggère des alternatives.

La localisation d'une activité économique perturbe en général l'environnement local et engendre des conflits d'intérêts. L'implantation d'une usine, d'une école, d'une crèche, d'un centre récréatif, d'une caserne de pompiers, d'un crématorium, d'un centre de collecte de déchets, d'une éolienne, d'habitations sociales, etc. bénéficie à des particuliers, à un groupe d'utilisateurs, voire à l'ensemble de la collectivité mais se traduit souvent par des nuisances pour les riverains à cause de bruits, d'odeurs, du trafic engendré, de dégradation du champ visuel, etc. Ce thème est largement abordé par la théorie de la localisation (voir par exemple Song et al. 2013). Outre des effets éventuellement délétères sur la santé et la sécurité, il peut aussi en résulter des moins-values foncières. De plus, comme souligné par Fischel (2001), une maison occupée par son propriétaire est un actif très particulier en ce sens qu'il ne peut être diversifié à travers différentes localisations et comporte ainsi un risque difficile à assurer en cas de dégradation de l'environnement local. Une réaction forte est alors celle du NIMBY (*Not In My Backyard*).

La littérature à propos du syndrome NIMBY est abondante. Dear (1992) en détaille la dynamique et les enjeux. Un bon exemple est fourni par l'implantation des éoliennes. Wolinsk (2000) montre la contradiction entre le support public général pour ce type d'énergie renouvelable et l'opposition de type NIMBYste face à des projets concrets. van der Horst (2007) dégage plusieurs facteurs qui auraient un impact sur la perception des nuisances et la force d'opposition : la distance au projet, la qualité de l'environnement (zones défavorisées vs. zones vertes), le positionnement éthique, etc. Les études de cas sont nombreuses : Kaldellis (2005) pour la Grèce, Jones et Eiser (2010) pour le Royaume-Uni, Klick et Smith (2010) pour les Etats-Unis, par exemple.

Comprendre et faire face à l'attitude NIMBY est un problème important. Bidwell (2013) s'interroge sur le rôle des valeurs et des croyances dans la formation des attitudes vis-à-vis des projets de parcs d'éoliennes. Groothuis et al. (2008) s'efforcent de mesurer la compensation nécessaire pour que des individus admettent la présence d'éoliennes dans leur champ de vision. Fridolfsson et Tangerås (2013) s'attaquent au problème par le biais de la distribution de certificats verts. Bellettini et Kempf (2013) examinent la localisation et le dimensionnement optimaux d'un bien public avec des bénéfices variant selon les ménages engendrant aussi bien des attitudes IMBY (*In My Backyard* en cas d'externalités positives) que NIMBY. Ils abordent aussi la question par la théorie des jeux, avec des groupes de lobbyistes qui s'efforcent d'influencer la décision de l'autorité publique et peuvent donner lieu à des choix non optimaux.

Une réponse possible des ménages à l'implantation d'une facilité non localement désirable est le "vote par les pieds", autrement dit déménager vers un endroit où l'on se trouvera mieux. D'une certaine manière ceci fait penser au courant de modèles issus de Tiebout (1956). L'idée de base est celle d'une compétition entre juridictions quant à la provision de biens publics locaux et à l'imposition de taxes de manière à forcer les ménages à révéler leurs préférences. Les ménages non satisfaits par leur gouvernement local révèlent leurs préférences en se relocalisant dans d'autres districts. L'article séminal de Tiebout a suscité une énorme littérature dont on peut trouver un écho par exemple dans Percy et al. (1995), Banzhaf et Walsh (2008) et Howell-Moroney (2008). Même si le contexte n'est pas identique à celui de notre problème, la question du déménagement

de ménages en réaction à une modification de leur environnement mérite d'être creusée.

Un autre réponse des autorités, également similaire à ce qu'on trouve chez Tiebout serait de mettre en place un système de taxes permettant de compenser les pertes subies par les ménages riverains de la facilité. Laurent-Lucchetti et Leroux (2010) proposent par exemple de régler la question du NIMBY par un système de prix de Lindahl. Leur modèle suppose que chaque membre d'une communauté reçoit des avantages et des inconvénients de l'implantation d'une facilité publique et propose une modalité de partage des coûts. Même si ce modèle est conceptuellement intéressant, il soulève des difficultés. En premier lieu, ce système de prix ne résulte pas d'un marché et les prix ne sont pas observables. Ensuite, les formules proposées n'ont de sens que pour de petites communautés. Enfin, si la facilité ne profite pas aux membres de la communauté locale parce que le bénéfice part ailleurs, il s'agit d'un "mal public local" et le système ne s'applique pas.

Mais la meilleure façon d'aborder l'impact des aménités locales est sans doute par la rente foncière. Le concept de rente urbaine s'est développé à partir de celui de la rente agricole de von Thünen (1826). Ce dernier explique la valeur des sols dans une plaine uniformément fertile à partir des coûts de transport vers un marché préexistant et la compétition entre différents types de cultures. Ce concept a été transposé au milieu urbain par Alonso (1960). Le modèle fondamental est exposé dans tous ses détails par Fujita (1989). Dans ce cadre, on explique la décroissance des densités urbaines et des rentes foncières ainsi que l'augmentation de la taille des parcelles en fonction de la distance au centre-ville. Un concept alternatif de rente agricole est celui de Ricardo (1817). Il se base sur les différences de fertilité entre les sols sans tenir compte des positionnements géographiques. Au fur et à mesure de l'expansion des besoins agricoles, les sols sont mis en exploitation en commençant par les plus fertiles, le dernier sélectionné étant le sol marginal. La différence de productivité entre un sol donné et le sol marginal constitue alors la rente ricardienne. Ce second concept a rarement été utilisé dans un cadre urbain. C'est cependant sur lui que nous nous baserons par la suite. Il a en effet pour avantage de lier d'une manière claire le prix des sols aux aménités locales et de prédire les effets d'une perturbation locale de celles-ci.

L'usage de la rente foncière est une autre question intéressante discutée en économie urbaine (voir par exemple Fujita 1989). Dans les modèles les plus simples, on suppose que le sol appartient à des propriétaires fonciers absents dont le seul rôle est d'organiser des enchères en vue de l'attribution des sols, ce qui en déterminera l'usage, et qui se contentent ensuite de percevoir la rente de l'occupant tout en demeurant étrangers au système urbain. Une autre possibilité est qu'il y ait une autorité qui exproprie la terre moyennant une compensation (généralement égale à la rente d'opportunité) et organise elle-même les enchères. L'autorité perçoit ensuite la rente agrégée. Elle peut soit la redistribuer entre les membres de la communauté, soit s'en servir pour produire un bien public. Il est à noter que Léon Walras (1896) s'est penché sur les questions de taxation de la rente, voire même d'expropriation des terres. On consultera Bürgenmeier (1994) pour un regard intéressant sur ces aspects de l'œuvre de Walras. Henry George (1879) a aussi examiné ces questions. Stiglitz (1977) a montré que dans une agglomération où la concentration d'activités économiques est due à un bien public local et où la population est optimale, la rente agrégée est égale à la dépense en bien public (voir aussi Arnott et Stiglitz, 1979). Ce résultat est connu comme le *Théorème de Henry George* : une taxe confiscatoire sur la rente foncière est efficiente et suffit à financer le bien public pur.

Dans cet article, nous nous intéressons à trois aspects liés à la problématique NIMBY : la modification des valeurs foncières, les changements de localisation des ménages et un système compensatoire reposant sur une taxation de la rente foncière. Plus précisément l'article s'articule comme suit. Dans la section 2 nous présentons le modèle général. Dans la section 3, nous effectuons une étude analytique pour des valeurs particulières des paramètres, mais qui permet de saisir les propriétés du modèle. Ceci est complété dans la section 4 par une étude numérique. Dans celle-ci, nous envisageons l'impact des chocs sur les aménités produits par exemple par l'implantation d'une activité de type NIMBY. Nous envisageons également comment un système de taxe pourrait corriger les effets de ces chocs.

## 2 Le modèle

### 2.1 Caractéristiques générales

On considère une population de ménages identiques, sauf au niveau de leurs revenus. La distribution des revenus est décrite par la fonction  $n(y)$  sur l'intervalle  $[0, Y]$ , où  $n(y)$  est le nombre de ménages ayant le revenu  $y$ . Cette distribution est supposée exogène.

Les ménages habitent un territoire divisé en plusieurs zones, au nombre de  $m$  ( $m \geq 2$ ) et numérotées par la variable  $j$  ( $j = \{1, \dots, m\}$ ). Ces zones se caractérisent par des niveaux de qualité différents, en termes d'environnement, de services, de localisation, ... La qualité d'une zone est mesurée par un indice synthétique sous la forme d'un scalaire positif  $a$ .  $a_j$  est donc le niveau de qualité de la zone  $j$ . On numérote les zones par ordre de qualité décroissante, ce qui implique  $a_1 > a_2 > \dots > a_m$ .

Les zones n'ont pas de localisation précise et leurs niveaux de qualité sont exogènes. Il n'y a pas de coûts de transport à la différence des modèles classiques de l'économie urbaine dans la tradition d'Alonso.

### 2.2 Le comportement des agents

Il y a deux catégories d'agents : les ménages et les entreprises immobilières.

#### 2.2.1 Les ménages

L'utilité d'un ménage dépend positivement de sa consommation de "pain"  $c$ , de sa consommation d'habitat  $q$  et de la qualité de la zone  $a_j$  où il réside. La fonction d'utilité est supposée du type CES. Le ménage choisit  $c, q$  et  $j$  sous sa contrainte de budget de façon à maximiser son utilité. Formellement, un ménage ayant un revenu  $y$  résout le problème suivant :

$$\min_{c, q, j} \frac{1}{u^\delta(c, q, a_j)} = \frac{\alpha}{c^\delta} + \frac{\beta}{q^\delta} + \frac{\gamma}{a_j^\delta} \text{ s.c.q. } y = c + p_j q \quad (1)$$

où  $p_j$  ( $j = \{1, \dots, m\}$ ) est le coût de l'habitat dans la zone  $j$  et où  $\alpha, \beta, \gamma, \delta > 0$  et  $\alpha + \beta + \gamma = 1$ . Le prix du "pain" est choisi comme numéraire. On revient sur l'hypothèse  $\delta > 0$  ci-dessous.

On procède en deux étapes.

**1ère étape** On suppose dans un premier temps que  $j$  est donné. La condition du 1er ordre par rapport à  $q$  implique  $-\frac{\alpha\delta}{c^{\delta+1}} \frac{\partial c}{\partial q} - \frac{\beta\delta}{q^{\delta+1}} = 0 \Rightarrow \frac{\alpha p_j}{c^{\delta+1}} = \frac{\beta}{q^{\delta+1}} \Rightarrow$

$$c = \left[ \frac{\alpha}{\beta} p_j \right]^\sigma q \quad (2)$$

où  $\sigma =_{def} \frac{1}{1+\delta}$  est l'élasticité de substitution.

La contrainte de budget implique :

$$q(y, p_j) = \frac{y}{p_j + \left[ \frac{\alpha}{\beta} p_j \right]^\sigma} \quad (3)$$

Il ressort des deux équations précédentes que les consommations de "pain" et d'habitat sont des fonctions croissantes du revenu.

Après substitution de (2) et (3) dans (1), l'inverse de la fonction d'utilité se réécrit :

$$\frac{1}{u^\delta(y, p_j, a_j)} = \frac{1}{y^\delta} \left[ \alpha + \beta \left[ \frac{\alpha}{\beta} p_j \right]^{\delta\sigma} \right] \left[ 1 + \frac{p_j}{\left[ \frac{\alpha}{\beta} p_j \right]^\sigma} \right]^\delta + \frac{\gamma}{a_j^\delta} \quad (4)$$

L'utilité est donc une fonction croissante du revenu et décroissante du prix de l'immobilier. En effet, les deux termes entre crochets sont des fonctions croissantes de  $p_j$  car  $\delta > 0 \Rightarrow \sigma < 1$ <sup>1</sup>.

1. Remarque : on constate que dans le cas particulier où la fonction d'utilité est log-linéaire ( $\delta = 0$ ), le membre de

**2ème étape** Dans un 2ème temps, le ménage choisit  $j$ , c-à-d la zone où il veut s'installer. Vu (4), un ménage ayant un revenu  $y$  obtient sur les différentes zones les inverses d'utilité suivantes :

$$\frac{1}{u_j^\delta} = \frac{1}{y^\delta} \left[ \alpha + \beta \left[ \frac{\alpha}{\beta} p_j \right]^{\delta\sigma} \right] \left[ 1 + \frac{p_j}{\left[ \frac{\alpha}{\beta} p_j \right]^\sigma} \right]^\delta + \frac{\gamma}{a_j^\delta}, \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (5)$$

Le ménage détermine sa zone d'habitat en prenant le minimum du vecteur  $\{1/u_j^\delta, j = 1, 2, \dots, m\}$ .

On suppose provisoirement que le prix de l'habitat est d'autant plus élevé que la qualité de la zone est élevée, autrement dit que  $p_1 > p_2 > \dots > p_m$ . Alors les utilités inversées  $1/u_j^\delta$  ont une allure similaire aux courbes illustrées par la Figure 1 dans le cas particulier où  $m = 3$ . En effet, les inverses d'utilité  $\{1/u_j^\delta, j = 1, 2, 3\}$  sont des hyperboles en fonction de  $y$ . Si  $y \rightarrow +\infty$ , (5) implique que  $\frac{1}{u_j^\delta} \rightarrow \frac{\gamma}{a_j^\delta} > 0$ , ce qui signifie que l'asymptote horizontale est d'autant plus élevée que la qualité de la zone est faible. En conséquence, on a  $\frac{1}{u_3^\delta} > \frac{1}{u_2^\delta} > \frac{1}{u_1^\delta}$  à partir d'un niveau de revenu suffisamment élevé. Au contraire, pour les  $y$  très faibles, c'est le premier terme du membre de droite de (5) qui prédomine. Or celui-ci est d'autant plus élevé que le prix de la zone est élevé. Comme par hypothèse  $p_1 > p_2 > p_3$ , on a  $\frac{1}{u_3^\delta} < \frac{1}{u_2^\delta} < \frac{1}{u_1^\delta}$  à partir d'un niveau de revenu suffisamment faible. Etant donné leur caractère hyperbolique, ces courbes se croisent nécessairement une et une seule fois.

Posons  $A(x) =_{def} \left[ \alpha + \beta \left[ \frac{\alpha}{\beta} x \right]^{\delta\sigma} \right] \left[ 1 + \frac{x}{\left[ \frac{\alpha}{\beta} x \right]^\sigma} \right]^\delta$ . Soit  $y_j$  le revenu qui rend indifférent entre une parcelle de type  $a_j$  et une parcelle de type  $a_{j+1}$ . Ce revenu est solution de :

$$\begin{aligned} \frac{A(p_j)}{y_j^\delta} + \frac{\gamma}{a_j^\delta} &= \frac{A(p_{j+1})}{y_j^\delta} + \frac{\gamma}{a_{j+1}^\delta} \\ \Rightarrow y_j^\delta &= \frac{A(p_j) - A(p_{j+1})}{\gamma \left[ \frac{1}{a_{j+1}^\delta} - \frac{1}{a_j^\delta} \right]}, \quad j = 1, 2, \dots, m-1 \end{aligned} \quad (6)$$

Comme  $A'(x) > 0, p_j > p_{j+1} \Rightarrow A(p_j) > A(p_{j+1})$ . Les dénominateurs sont également positifs puisque  $a_j > a_{j+1}$ .

La Figure 1 illustre dans le cas où  $m = 3$  les niveaux de revenus  $y_1$  et  $y_2$  définis par (6). Les ménages ayant un revenu égal à  $y_1$  sont indifférents entre les zones 1 et 2, tandis que les ménages ayant un revenu égal à  $y_2$  sont indifférents entre les zones 2 et 3. En outre, la Figure 1 montre que les ménages tels que

- $y \in [0, y_2]$  choisissent la zone 3, c-à-d de qualité  $a_3$
- $y \in [y_2, y_1]$  choisissent la zone 2, c-à-d de qualité  $a_2$
- $y \in [y_1, Y]$  choisissent la zone 1, c-à-d de qualité  $a_1$ .

La qualité de la zone choisie est donc d'autant plus grande que le revenu du ménage est élevé.

### 2.2.2 Les entreprises immobilières

Par soucis de simplicité, on suppose que les entreprises qui fabriquent le bien d'habitat partagent la même technologie. Celle-ci est à facteurs complémentaires et s'écrit :

$$q = \frac{k}{v} = \frac{l}{z} \quad (7)$$

où  $k$  et  $l$  sont respectivement les facteurs capital et terre et où  $v$  et  $z$  sont des paramètres (positifs et exogènes) désignant respectivement les coefficients techniques du capital et de la terre.

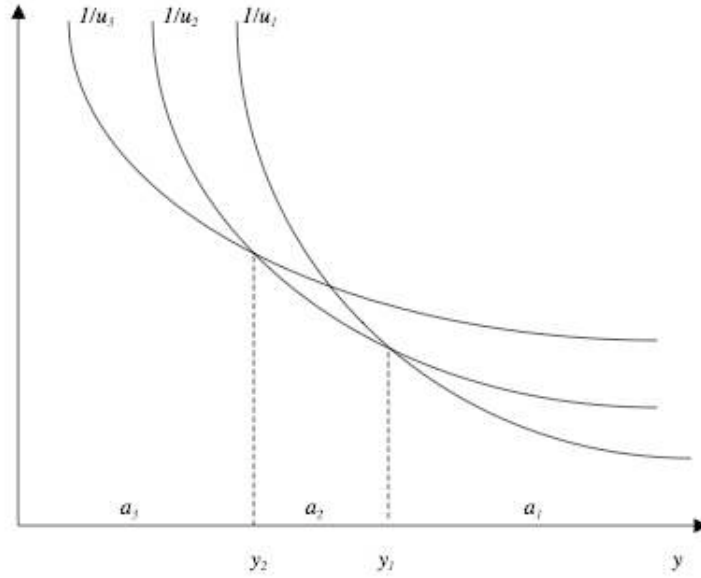
Le coût d'un habitat  $q$  sur une parcelle de type  $j$  vaut :

$$p_j q = ik + [1 + \tau(r_j)] r_j l \quad (8)$$

droite de (4) ne dépend pas de  $y$ . En conséquence, le choix de la zone ne dépend pas du revenu, cas plutôt irréaliste que l'on cherche à éviter. D'où l'importance de l'hypothèse  $\delta > 0$ , ce qui revient à supposer que la substitution entre "pain" et habitat est limitée.



FIGURE 1 – Revenus de séparation dans le cas  $m = 3$



où  $i$  est le prix du capital (exogène) et  $r_j$  est la rente par unité de surface dans la zone  $j$ . La rente est endogène et on s'attend à ce qu'elle soit une fonction croissante de la qualité de la zone.  $\tau$  désigne le taux de taxation de la rente, qui peut éventuellement varier avec le niveau de celle-ci.

En divisant les deux membres de (8) par  $q$ , on obtient :

$$p_j = iv + [1 + \tau(r_j)] r_j z \quad (9)$$

Si le taux de taxation est une fonction non décroissante de son argument, alors  $p_j$ ,  $r_j$  et  $\tau(r_j)$  évoluent nécessairement dans le même sens. Le 2ème terme du membre de droite de (9) étant nécessairement non négatif, le coût du capital  $iv$  détermine une borne inférieure pour le prix de l'habitat sur les différents zones.

### 2.3 L'équilibre

On cherche un équilibre où la population se répartit dans les  $m$  zones, ce qui suppose  $p_1 > p_2 > \dots > p_m > iv$ . Vu (3), (7), la demande de surface de terre pour chaque zone vaut :

$$D_j = \int_{y_j}^{y_{j-1}} z n(y) q(y, p_j) dy = \int_{y_j}^{y_{j-1}} z \frac{n(y)y}{p_j + \left[\frac{\alpha}{\beta} p_j\right]^\sigma} dy, \quad j \in \{1, \dots, m\}$$

où par définition  $y_0 = Y$  et  $y_m = 0$ .

Les surfaces respectives des zones sont  $L_1, L_2, \dots, L_m$ . Elles sont strictement positives et exogènes, et offertes de façon inélastique. A l'équilibre, les prix immobiliers s'ajustent de façon à égaliser l'offre et la demande de surface au sein de chaque zone :

$$L_j = \int_{y_j}^{y_{j-1}} z \frac{n(y)y}{p_j + \left[\frac{\alpha}{\beta} p_j\right]^\sigma} dy, \quad j \in \{1, \dots, m\} \quad (10)$$

Ces équations forment avec les équations (6) un système de  $2m - 1$  équations à  $2m - 1$  inconnues  $y_1, y_2, \dots, y_{m-1}$  et  $p_1, p_2, \dots, p_m$ .

On a supposé jusqu'ici que  $p_1 > p_2 > \dots > p_m > iv$ , autrement dit que toutes les zones sont occupées. En effet, la demande pour une zone à la fois plus chère et de moindre qualité qu'une autre serait nécessairement nulle, et elle demeurerait inoccupée. Un équilibre avec une ou plusieurs zones inoccupées est-il possible? La réponse est négative. En effet, une zone inoccupée se caractériserait par une rente nulle. Le prix de l'habitat serait alors minimal et égal à  $iv$  (cfr. (9)), et donc inférieur aux prix de l'habitat dans les zones occupées (où la rente est positive). Même si sa qualité était inférieure à celle des zones occupées, le prix de l'habitat dans la zone inoccupée la rendrait attractive pour des ménages à revenus suffisamment faibles, comme on l'a vu au point 2.2.1. On aboutit ainsi à une impossibilité.

### 3 Etude analytique

#### 3.1 Hypothèses

Pour faciliter l'étude analytique du système d'équations (6)-(10), on fait une série d'hypothèses simplificatrices. Plus précisément, on considère :

- la fonction d'utilité particulière où  $\alpha = \beta = \gamma = 1/3$  et  $\delta = 1$ , ce qui implique que  $\frac{1}{u} = \frac{1}{c} + \frac{1}{q} + \frac{1}{a}$  (à une constante près) ;
- deux zones de tailles respectives  $L_1, L_2$  ;
- la distribution des revenus particulière  $n(y) = 1/y$ . Une telle distribution implique que les revenus *cumulés* sur deux intervalles de même longueur ( $[0, \bar{y}]$  et  $[\bar{y}, 2\bar{y}]$  par exemple) sont identiques.

Le système (6)-(10) se réduit à 3 équations à 3 inconnues  $y_1, p_1, p_2$  :

$$y_1 = \frac{[1 + \sqrt{p_1}]^2 - [1 + \sqrt{p_2}]^2}{\frac{1}{a_2} - \frac{1}{a_1}} \quad (11)$$

$$L_1 = \frac{z}{\sqrt{p_1} + p_1} [Y - y_1] \quad (12)$$

$$L_2 = \frac{z}{\sqrt{p_2} + p_2} y_1 \quad (13)$$

On constate que l'équilibre ne dépend pas directement des indices de qualité  $a_1$  et  $a_2$ , mais seulement de l'écart entre leurs inverses. De même, il ne dépend que des rapports  $L_1/z$  et  $L_2/z$ . On peut réduire le nombre de paramètres et alléger les écritures en posant :

- $f_j = 1 + \sqrt{p_j}$ ,  $j = 1, 2$
- $\rho = \frac{1}{a_2} - \frac{1}{a_1}$
- $l_j = L_j/z$

ce qui permet de réécrire le système comme suit :

$$\rho y_1 = f_1^2 - f_2^2 \quad (14)$$

$$l_1 f_1 [f_1 - 1] = Y - y_1 \quad (15)$$

$$l_2 f_2 [f_2 - 1] = y_1 \quad (16)$$

où les inconnues sont  $y_1, f_1, f_2$ . Les paramètres  $\rho, Y, l_1, l_2$  sont positifs. Pour être acceptable, la solution doit respecter  $0 < y < Y$  et  $f_1 > f_2 > 1$

#### 3.2 Existence de l'équilibre

**Proposition 1** *L'équilibre existe et est unique*

**Démonstration** : voir Annexe.

### 3.3 Impact d'une désutilité

On suppose que les autorités publiques installent une "désutilité publique" (un "public bad") dans l'une des zones. Il peut s'agir d'un parc éolien, d'un incinérateur, d'une autoroute,... L'installation se traduit donc par un choc négatif sur  $a_1$  et/ou  $a_2$ , qui se traduit à son tour par une variation de  $\rho$ .

#### 3.3.1 Impact sur l'équilibre

Après quelques calculs, la différentiation du système (14)-(16) conduit à

$$df_1 = -\frac{dy_1}{2f_1 - 1} = \frac{y_1}{[2f_1 - 1]F}d\rho \quad (17)$$

$$df_2 = \frac{dy_1}{2f_2 - 1} = -\frac{y_1}{[2f_2 - 1]F}d\rho \quad (18)$$

où

$$F =_{def} \rho + \frac{2f_1}{2f_1 - 1} + \frac{2f_2}{2f_2 - 1} > 0 \quad (19)$$

Comme  $f_1 > f_2 > 1$  et  $F > 0$ ,  $f_1$  évolue dans le même sens que  $\rho$ , tandis que  $f_2$  et  $y_1$  évoluent dans le sens opposé.

#### 3.3.2 Impact sur la rente et la taxe

Vu que  $f_j = 1 + \sqrt{p_j}$  ( $j = 1, 2$ ),  $p_j = [f_j - 1]^2$ , ce qui implique

$$dp_j = 2[f_j - 1]df_j, \quad j = 1, 2 \quad (20)$$

Le choc fait varier le prix immobilier  $p_j$  dans le même sens que  $f_j$ . Vu (17)-(18), il en découle qu'un choc  $d\rho$  affecte les prix immobiliers dans des sens opposés.

La différentiation de (9)  $\Rightarrow dp_j = z[1 + \tau(r_j)]dr_j + z\tau'(r_j)r_jdr_j \Rightarrow$

$$\begin{aligned} dr_j &= \frac{dp_j}{z[1 + \tau(r_j) + \tau'(r_j)r_j]} \\ &= \frac{2[f_j - 1]df_j}{z[1 + \tau(r_j) + \tau'(r_j)r_j]}, \quad j = 1, 2 \end{aligned} \quad (21)$$

Un choc  $d\rho$  fait varier la rente  $r_j$  dans le même sens que  $f_j$ , et donc que  $p_j$ .

La taxe sur la rente (par unité de surface) s'écrit :

$$t_j = \tau(r_j)r_j, \quad j = 1, 2 \quad (22)$$

La recette fiscale perçue dans la zone  $j$  s'obtient en multipliant cette taxe par unité de surface par la surface de la zone :

$$T_j = t_jL_j = \tau(r_j)r_jL_j, \quad j = 1, 2 \quad (23)$$

La recette fiscale perçue dans une zone s'écrit donc comme une fonction croissante de ses 3 arguments : (1) le taux de taxation, (2) la rente et (3) la surface de la zone.

La recette globale est égale à la somme des recettes perçues dans les deux zones :

$$T = T_1 + T_2 = \tau(r_1)r_1L_1 + \tau(r_2)r_2L_2 \quad (24)$$

ce qui donne en termes différentiels :

$$\begin{aligned} dT_j &= L_j dt_j \\ &= L_j [\tau(r_j) + \tau'(r_j)r_j] dr_j \\ &= \frac{2L_j [\tau(r_j) + \tau'(r_j)r_j] [f_j - 1]}{z[1 + \tau(r_j) + \tau'(r_j)r_j]} df_j, \quad j = 1, 2 \end{aligned} \quad (25)$$

Si le taux de taxation de la rente est constant ou progressif ( $\tau'(\cdot) \geq 0$ ), il est certain que le choc fait varier  $T_j$  dans le même sens que  $r_j$  et  $f_j$ . Comme  $sign(df_1) = -sign(df_2) = sign(d\rho)$ , un choc  $d\rho$  se traduit par une baisse des recettes provenant d'une des zones et par une hausse des recettes provenant de l'autre.

L'impact du choc sur la recette globale s'écrit :

$$\begin{aligned} dT &= dT_1 + dT_2 \\ &= \frac{2L_1 [\tau(r_1) + \tau'(r_1)r_1] [f_1 - 1]}{z [1 + \tau(r_1) + \tau'(r_1)r_1]} df_1 + \frac{2L_2 [\tau(r_2) + \tau'(r_2)r_2] [f_2 - 1]}{z [1 + \tau(r_2) + \tau'(r_2)r_2]} df_2 \end{aligned}$$

(17) et (18)  $\Rightarrow$

$$\begin{aligned} dT &= \frac{2y_1}{zF} \left[ L_1 \frac{[\tau(r_1) + \tau'(r_1)r_1] [f_1 - 1]}{[1 + \tau(r_1) + \tau'(r_1)r_1] [2f_1 - 1]} - L_2 \frac{[\tau(r_2) + \tau'(r_2)r_2] [f_2 - 1]}{[1 + \tau(r_2) + \tau'(r_2)r_2] [2f_2 - 1]} \right] d\rho \\ &= \frac{2y_1}{zF} \Delta d\rho \end{aligned} \quad (26)$$

$\Delta$  mesure la différence de sensibilité des recettes fiscales  $T_1$  et  $T_2$  à un choc affectant la qualité des zones. On observe que le signe de  $dT$  est entièrement déterminé par les signes de  $\Delta$  et de  $d\rho$ .

Ce résultat peut être affiné. En effet :

**Proposition 2** *Si (i)  $\tau'(\cdot) \geq 0$  et non décroissant et (ii)  $L_1 \geq L_2$ , alors  $\Delta > 0$*

### Démonstration

a) L'hypothèse (i) garantit que la fonction  $\tau(r) + \tau'(r)r$  est croissante

$$\Rightarrow \tau(r_1) + \tau'(r_1)r_1 \geq \tau(r_2) + \tau'(r_2)r_2 \Rightarrow \frac{\tau(r_1) + \tau'(r_1)r_1}{1 + \tau(r_1) + \tau'(r_1)r_1} \geq \frac{\tau(r_2) + \tau'(r_2)r_2}{1 + \tau(r_2) + \tau'(r_2)r_2}.$$

b) On a  $\frac{f_1 - 1}{2f_1 - 1} > \frac{f_2 - 1}{2f_2 - 1} \Leftrightarrow [f_1 - 1] [2f_2 - 1] > [2f_1 - 1] [f_2 - 1]$

$$\Leftrightarrow 2f_1 f_2 - 2f_2 - f_1 + 1 > 2f_1 f_2 - f_2 - 2f_1 + 1 \Leftrightarrow f_1 > f_2.$$

c) Vu les points (a) et (b), l'hypothèse (ii) implique la thèse. ■

La Proposition 2 traduit le fait que  $T_1$  est plus sensible (en valeur absolue) que  $T_2$  à un choc  $d\rho$ . Vu (23), il apparaît que la variation (en valeur absolue) de la recette fiscale perçue dans la zone  $j$  est d'autant plus grande que la surface  $L_j$  est grande et que la variation de la taxe par unité de surface  $t_j$  est élevée. Or :

- la zone 1 est plus grande que la zone 2 (en vertu de l'hypothèse (ii)) ;

- la rente par unité de surface dans la zone 1 est plus élevée que dans la zone 2 (vu le plus grand indice de qualité de la zone 1) d'une part, et la taxe est progressive (ce que traduit l'hypothèse (i)) d'autre part. Ceci garantit que  $t_1$  varie plus (en valeur absolue) que  $t_2$ .

### 3.3.3 Impacts comparés

L'idée est maintenant de comparer les impacts en termes de prix, rentes, recettes fiscales,... selon que les autorités choisissent de localiser la "désutilité" dans la zone 1 ou dans la zone 2. Pour faciliter la discussion, on fait l'hypothèse que :

- la Proposition 2 est vérifiée. Dans ce cas, le signe de  $dT$  est entièrement déterminé par le signe de  $d\rho$ .

- le choc affecte l'ensemble des habitants de la zone affecté, et pas du tout ceux en dehors. Le choc étant infinitésimal, on exclut une inversion dans l'ordre de qualité.

On envisage successivement les deux cas possibles.

**1er cas : la "désutilité" est installée dans la zone 2.** Dans ce cas,  $da_2 < 0$  et  $da_1 = 0 \Rightarrow d\rho = -\frac{da_2}{a_2^2} > 0 \Rightarrow dy_1 < 0, dp_1 > 0$  et  $dp_2 < 0$ . Des ménages déménagent de la zone 2 vers la zone 1. La demande immobilière diminue dans la zone 2 et augmente dans la zone 1, ce qui fait baisser  $p_2$  et augmenter  $p_1$ . En conséquence, la rente baisse dans la zone 2 et augmente dans la zone 1, et il en va naturellement de même des recettes fiscales perçues sur les rentes.

Les effets sur les ménages des deux territoires sont donc contrastés. Dans la zone 2,

- les ménages sont affectés par l'installation de la "désutilité" dans leur voisinage ;
- les rentiers sont affectés par la baisse de la rente ( $dr_2 < 0$ ), mais en compensation, ils payent une taxe moindre ( $dt_2 < 0$ ) ;
- les locataires bénéficient indirectement de la baisse de la rente via la baisse du prix de l'immobilier ( $dp_2 < 0$ ).

Dans la zone 1,

- les ménages ne sont pas affectés par l'installation de la "désutilité" ;
- les rentiers bénéficient de la hausse de la rente ( $dr_1 > 0$ ), mais en compensation, ils payent une taxe plus élevée ( $dt_1 > 0$ ) ;
- les locataires sont affectés indirectement par la hausse de la rente via la hausse du prix de l'immobilier ( $dp_1 > 0$ ).

Il y a aussi un impact pour le budget des autorités publiques. En vertu de la Proposition 2 et vu que  $d\rho > 0$ , la recette globale perçue par les autorités augmente. Ce surplus de recettes pourrait être affecté au financement de la "désutilité".

**2ème cas : La "désutilité" est installée dans la zone 1.** Dans ce cas,  $da_2 = 0$  et  $da_1 < 0 \Rightarrow d\rho = \frac{da_1}{a_1^2} < 0 \Rightarrow dy_1 > 0, dp_1 < 0$  et  $dp_2 > 0$ . Des ménages déménagent de la zone 1 vers la zone 2. La demande immobilière diminue dans la zone 1 et augmente dans la zone 2, ce qui fait baisser  $p_1$  et augmenter  $p_2$ . Les conclusions sont à l'inverse de celles du 1er cas. En particulier, l'impact est négatif pour les finances des autorités publiques.

De l'analyse précédente, il ressort que la taxation de la rente permet une compensation financière pour les ménages qui subissent la "désutilité" d'une part, et se traduit par une contribution financière de la part des ménages qui en sont épargnés de l'autre.

## 4 Etude numérique

L'approche analytique de la section 3 repose sur une série d'hypothèses restrictives qui déterminent un cadre de référence, tout en facilitant les calculs. Dans la présente section, on se propose d'explorer numériquement le modèle de façon à tester son comportement en dehors du cadre de référence.

Par la suite, on effectue une série d'exercices de statique comparative où chaque hypothèse de référence est levée à tour de rôle.

### 4.1 Caractérisation de l'équilibre de référence

On caractérise d'abord la simulation caractérisant le cadre de référence (SR). On considère

- $m = 2$  zones de tailles respectives  $L_1, L_2$  ;
- la distribution des revenus hyperbolique  $n(y) = 1/y$ .

Vu (6) et (10), les équations décrivant l'équilibre sont données par :

$$y_1^\delta = \frac{A(p_1) - A(p_2)}{\gamma \left[ \frac{1}{a_2^\delta} - \frac{1}{a_1^\delta} \right]} \quad (27)$$

$$p_i + \left[ \frac{\alpha}{\beta} p_i \right]^\sigma = \frac{z}{L_i} [y_{i-1} - y_i], \quad i = 1, 2 \quad (28)$$

où  $y_0 = Y$  et  $y_2 = 0$  et où pour mémoire  $\sigma = \frac{1}{1+\delta}$  et  $A(x) =_{def} \left[ \alpha + \beta \left[ \frac{\alpha}{\beta} x \right]^{\delta\sigma} \right] \left[ 1 + \frac{x}{\left[ \frac{\alpha}{\beta} x \right]^\sigma} \right]^\delta$ .

Les valeurs de référence des paramètres sont  $\alpha = \beta = \gamma = \delta = 1$  (ce qui implique  $\sigma = 1/2$ )<sup>2</sup>,  $a_1 = 1$  et  $a_2 = 1/2$  (ce qui implique  $\rho = \frac{1}{a_2} - \frac{1}{a_1} = 1$ ),  $z = L_1 = L_2 = Y = 1$ ,  $i = .01$  et  $v = 1$ .

2. Avec ces valeurs, on vérifie aisément que (27)-(28) se ramène à (11)-(13).

Avec ces valeurs, on obtient les valeurs d'équilibre du revenu de séparation et des prix affichées dans la ligne SR du Tableau 1. Par la suite, ces valeurs seront respectivement désignées par  $y_1^*$ ,  $p_1^*$  et  $p_2^*$ . Ces valeurs vérifient bien les conditions à satisfaire par la solution : en effet,  $0 < y_1^* < Y$  et  $p_1^* > p_2^* > iv$ .

Tableau 1 : revenus de séparation et prix immobiliers

Simulation	$y_1$	$y_2$	$p_1$	$p_2$	$p_3$
SR	.3798		.1874	.0862	
V1	.4394		.2087	.1531	
V2	.5665		.2152	.0653	
V3	.2569		.2465	.0449	
V4	.3482	.1336	.2022	.1051	.0480

L'équilibre étant calculé, on peut établir la distribution de la consommation de "pain" et d'habitat en fonction du revenu grâce à (3). Le prix de l'immobilier, la consommation d'habitat et la consommation de "pain" en fonction de  $y$  sont illustrées par les courbes bleues des Figures 2.a,b,c. Au sein d'une zone donnée, le prix est constant et la taille de l'habitat  $q$  est une fonction quasi-linéaire de  $y$ . Il en va de même de  $c$ . On observe un saut dans les courbes qui s'explique par la discontinuité de l'indice de qualité quand on passe d'une zone à l'autre. En  $y_1^*$ , les ménages sont indifférents entre une plus grande qualité de leur territoire d'une part, ou une plus grande consommation d'habitat et de "pain" d'autre part.

## 4.2 Exercices de statique comparative

### 4.2.1 V1 : CES avec $\delta = 2/3$

La première variante (V1) est caractérisée par une valeur plus faible de  $\delta$ , traduisant une plus grande substituabilité entre "pain", habitat et qualité de la zone. Par rapport à la simulation de référence, l'élasticité de substitution  $\sigma$  augmente de  $1/2$  à  $2/3$ . Rien d'autre ne change.

Avec la nouvelle valeur de  $\delta$ , on obtient les valeurs d'équilibre affichées dans la ligne V1 du Tableau 1. Par rapport au cadre de référence, le niveau de revenu qui partage la population entre les deux zones augmente, ce qui signifie qu'une plus grande proportion de ménages se retrouvent dans la zone 2. Des ménages qui auraient choisi la zone 1 avec  $\sigma = 1/2$  s'en détournent, traduisant le fait que la plus grande qualité de la zone 1 a un coût d'opportunité plus élevé en termes de "pain" et/ou d'habitat avec  $\sigma = 2/3$ .

Le prix de l'immobilier, la consommation d'habitat et la consommation de "pain" en fonction de  $y$  sont illustrées par les courbes vertes des Figures 2.a,b,c, ce qui permet une comparaison directe avec la simulation de référence. Le prix de l'immobilier augmente pour tous les ménages, *sauf* pour ceux qui changent de zone (ceux dont le revenu est compris entre  $y_1^*$  et  $y_1$ ). Le fait qu'une part plus importante de la population choisit la zone 2 explique que le prix de l'immobilier dans la zone 2 augmente en termes relatifs beaucoup plus fortement que dans la zone 1.

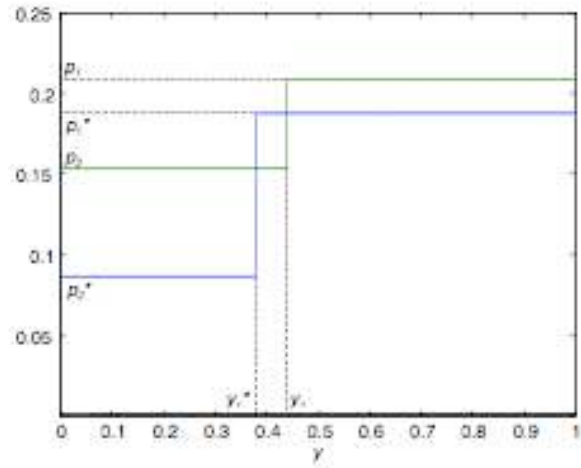
La forte hausse du prix de l'immobilier dans la zone 2 explique la baisse de la consommation d'habitat des ménages qui y résident dans le cadre des deux simulations (ceux dont le revenu est inférieur à  $y_1^*$ ). En revanche, la consommation d'habitat des "nouveaux" ménages de la zone 2 augmente sensiblement puisqu'ils bénéficient d'une baisse de prix de l'immobilier en changeant de zone.

La Figure 2.c montre une baisse de la consommation de "pain" pour l'ensemble des ménages. Le fait que les ménages qui choisissent la zone 1 dans le cadre des deux simulations (ceux dont le revenu est supérieur à  $y_1$ ) (i) subissent une hausse modérée du prix de l'immobilier et (ii) choisissent de consommer moins de "pain" explique pourquoi leur consommation d'habitat augmente<sup>3</sup>.

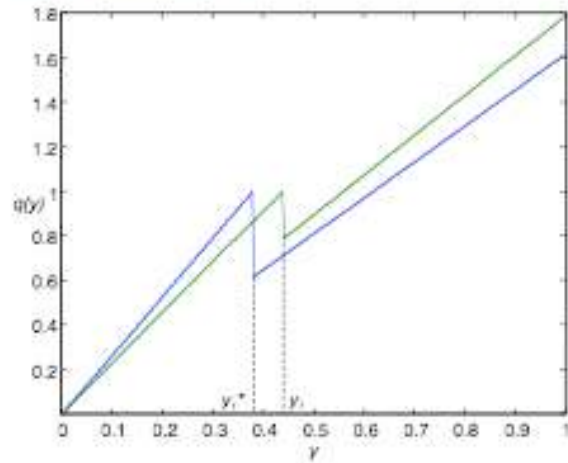
3. Les résultats qui viennent d'être présentés sont plutôt robustes. On retrouve en effet des conclusions similaires avec  $\delta = .1$  ( $\Rightarrow \sigma = .9091$ , ce qui rapproche du cas Cobb-Douglas), sauf au niveau du prix de l'immobilier. Celui-ci augmente pour tous les ménages, même pour ceux qui changent de zone.

FIGURE 2 – Comparaison des simulations SR et V1

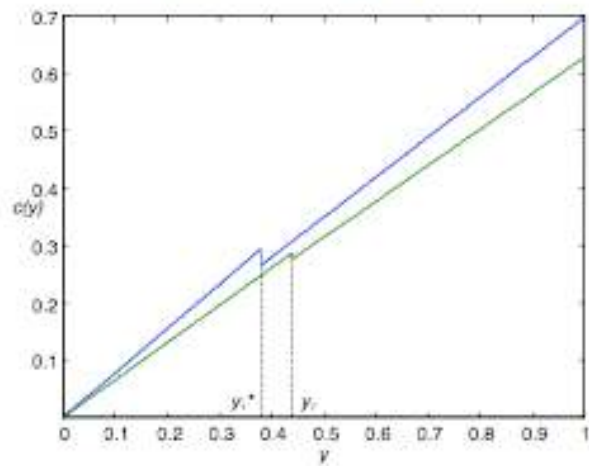
2.a : prix de l'immobilier en fonction du revenu



2.b : consommation d'habitat en fonction du revenu



2.c : consommation de « pain » en fonction du revenu



### 4.2.2 V2 : Distribution uniforme des effectifs

On postule une distribution des revenus égale à  $n(y) = 2/Y$ . En choisissant cette constante, le total des revenus détenus par les ménages (l'intégrale de  $n(y)y$  sur  $[0, Y]$ ) est le même que dans le cadre de référence et égal à  $Y$ . Une telle distribution implique que les revenus *cumulés* sur deux intervalles de même longueur ( $[0, \bar{y}]$  et  $[\bar{y}, 2\bar{y}]$  par exemple) augmente linéairement avec  $y$ . Le poids des “hauts” revenus (au-dessus de  $y = Y/2$ ) dans le revenu total est donc plus élevé que dans le cadre de référence.

Il en découle un nouveau système d'équations à la place de (27)-(28) :

$$y_1^\delta = \frac{A(p_1) - A(p_2)}{\gamma \left[ \frac{1}{a_2^\delta} - \frac{1}{a_1^\delta} \right]}$$

$$p_i + \left[ \frac{\alpha}{\beta} p_i \right]^\sigma = \frac{z}{L_i} [y_{i-1}^2 - y_i^2], \quad i = 1, 2$$

Avec la nouvelle distribution de revenus, on obtient les valeurs d'équilibre affichées dans la ligne V2 du Tableau 1. Par rapport à la simulation de référence, le niveau de revenu qui partage la population entre les deux zones augmente sensiblement. Le poids des “hauts” revenus étant plus élevé, la demande pour habiter la zone 1 est plus forte, ce qui pousse  $p_1$  à la hausse (cfr. Figure 3.a). En conséquence, des ménages qui auraient choisi la zone 1 dans le cadre de référence s'en détournent. On observe que ce déplacement n'implique pas une hausse de  $p_2$ <sup>4</sup>.

Les comportements en termes de consommation d'habitat suivent logiquement les évolutions de prix (cfr. Figure 3.b). Elle diminue pour les ménages qui sont dans la zone 1 dans les deux simulations (ceux pour lesquels  $y > y_1$ ) et augmente pour ceux qui sont dans la zone 2 dans les deux simulations (ceux pour lesquels  $y < y_1^*$ ). Elle augmente aussi nettement pour les ménages pour lesquels  $y_1^* < y < y_1$ , car ceux-ci bénéficient d'une forte réduction du prix de l'immobilier en changeant de zone.

Cette forte réduction leur permet également d'augmenter de façon visible leur consommation de “pain”, alors que celle-ci n'évolue que légèrement pour les autres catégories de ménages (cfr. Figure 3.c).

### 4.2.3 Choc négatif sur $a_2$

**V3 : Choc uniforme** On considère d'abord un choc qui affecte négativement et *uniformément* l'indice de qualité de la zone 2. Suite à ce choc,  $a_2$  passe de  $1/2$  à  $1/4$ . On obtient alors les valeurs d'équilibre affichées dans la ligne V3 du Tableau 1 (voir aussi la Figure 4.a). Ces chiffres confirment les résultats analytiques de la sous-section 3.3. Ceci est logique puisqu'un choc discret peut être assimilé à une succession de chocs infinitésimaux sur un intervalle de variation donné. Or l'étude analytique a montré qu'un choc  $da_2 < 0$  se traduisait nécessairement par  $dp_1 > 0$ ,  $dp_2 < 0$  et  $dy_1 < 0$ .

La consommation d'habitat évolue comme une fonction inverse des prix de l'immobilier (cfr. Figure 4.b). On note qu'elle chute nettement pour les ménages pour lesquels  $y_1^* < y < y_1$ , car ceux-ci sont pénalisés par une forte hausse du prix de l'immobilier en “déménageant” de la zone 2 à la zone 1. La consommation de “pain” évolue comme la consommation d'habitat, mais les variations sont plus atténuées (cfr. Figure 4.c).

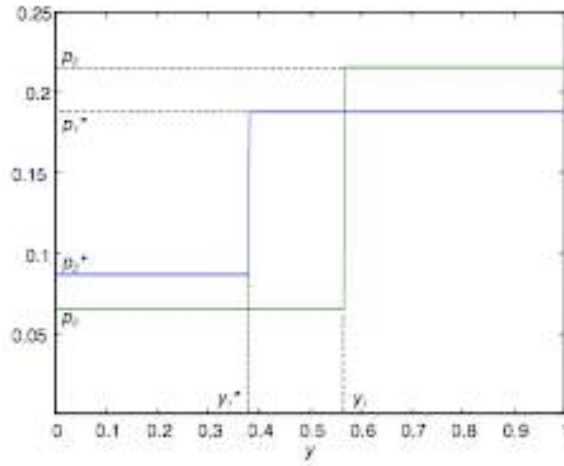
---

4. Ceci est possible parce que le système d'équations a changé,  $y_1$  intervenant maintenant au carré dans les membres des deux dernières équations et étant inférieur à 1.

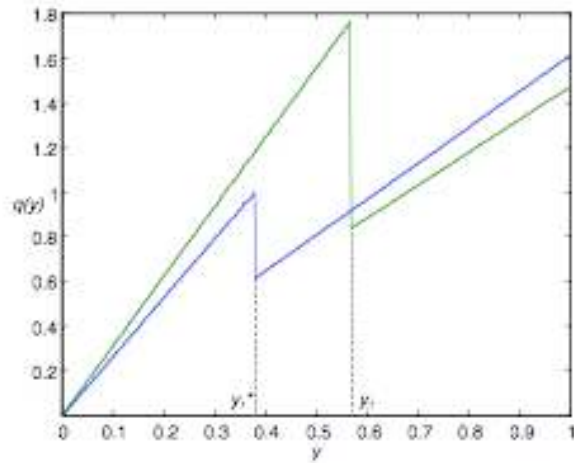


FIGURE 3 – Comparaison des simulations SR et V2

3.a : prix de l'immobilier en fonction du revenu



3.b : consommation d'habitat en fonction du revenu



3.c : consommation de « pain » en fonction du revenu

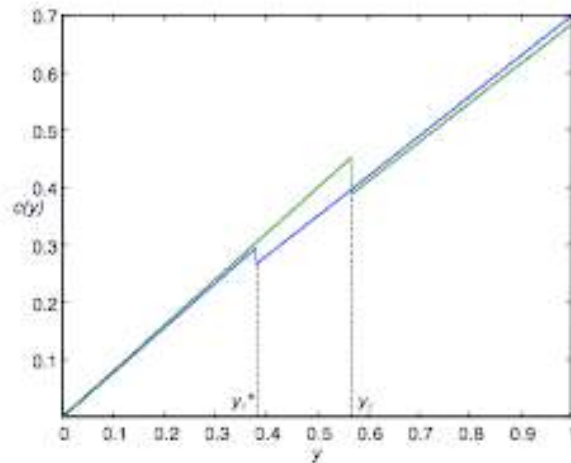
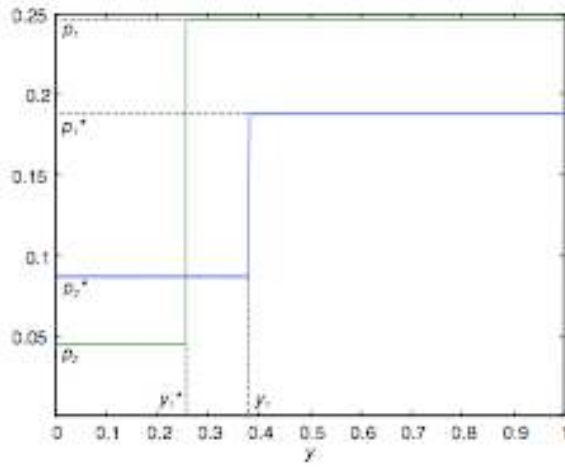
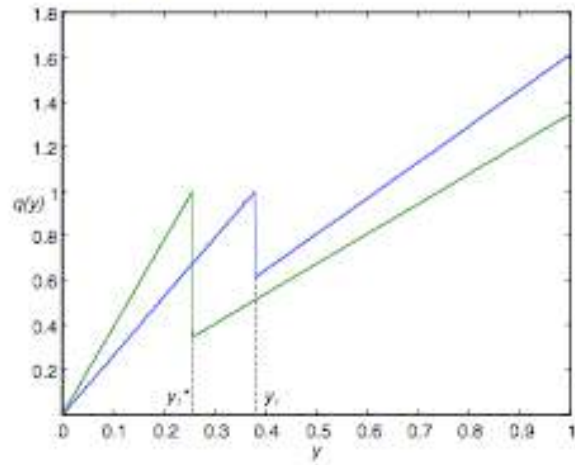


FIGURE 4 – Comparaison des simulations SR et V3

4.a : prix de l'immobilier en fonction du revenu



4.b : consommation d'habitat en fonction du revenu



4.c : consommation de « pain » en fonction du revenu

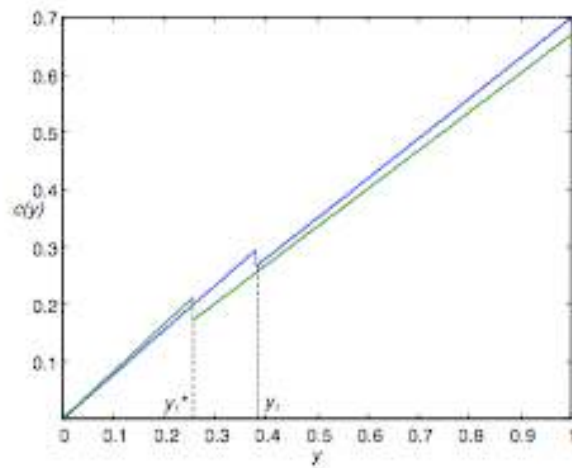
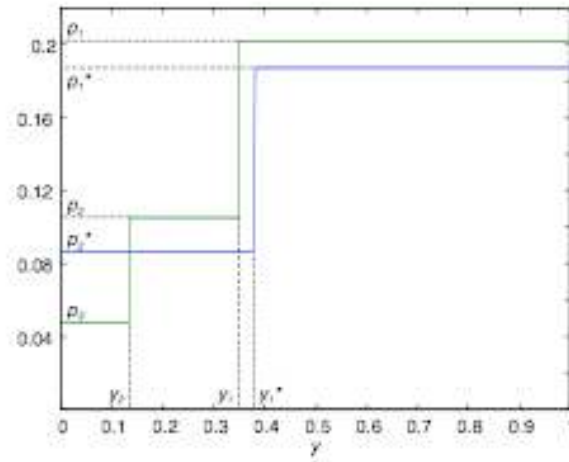
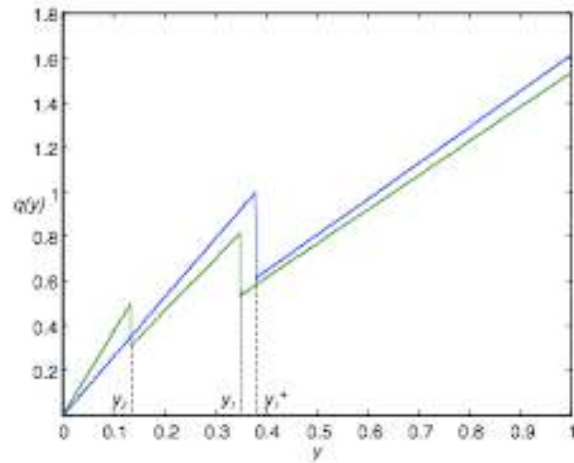


FIGURE 5 – Comparaison des simulations SR et V4

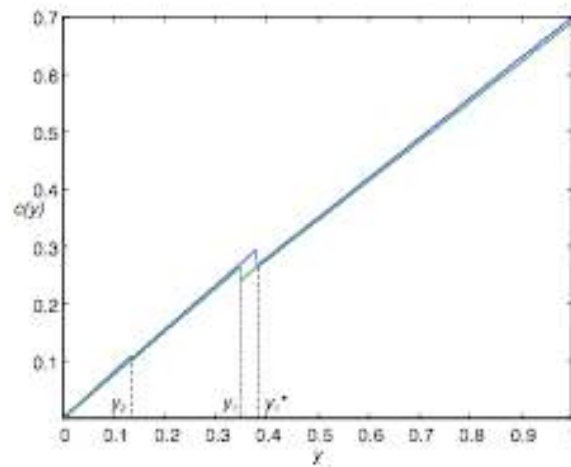
5.a : prix de l'immobilier en fonction du revenu



5.b : consommation d'habitat en fonction du revenu



5.c : consommation de « pain » en fonction du revenu



**V4 : Choc non uniforme** On considère maintenant un choc qui affecte négativement la moitié de la surface de la zone 2. Sur la partie affectée, l'indice de qualité décroît de  $1/2$  à  $1/4$ . On obtient alors une nouvelle situation avec 3 zones, suite à la scission de la zone 2 en deux zones de qualités différentes.

L'équilibre est solution du système de 5 équations à 5 inconnues  $y_1, y_2, p_1, p_2, p_3$  suivant :

$$y_i^\delta = \frac{A(p_i) - A(p_{i+1})}{\gamma \left[ \frac{1}{a_{i+1}^\delta} - \frac{1}{a_i^\delta} \right]}, \quad i = 1, 2$$

$$p_i + \left[ \frac{\alpha}{\beta} p_i \right]^\sigma = \frac{z}{L_2 Y} [y_{i-1}^2 - y_i^2], \quad i = 1, 2, 3$$

où  $y_0 = Y$  et  $y_3 = 0$  et où  $L_1 = 1, L_2 = L_3 = 1/2$  et  $a_1 = 1, a_2 = .5, a_3 = .25$ , les autres paramètres gardant leurs valeurs de référence. La nouvelle zone 3 correspond à la partie de la zone 2 affectée par la désutilité.

Les valeurs d'équilibre sont affichées dans la ligne V4 du Tableau 1 (voir aussi la Figure 5.a). Suite au choc, des ménages souhaitent quitter la partie affectée de la zone 2 pour la partie préservée. Il s'en suit une baisse du prix de l'immobilier sur la première et une hausse de ce prix sur la deuxième. Ne restent dans la nouvelle zone 3 que les bas revenus (inférieurs à  $y_2$ ), qui souffrent directement du voisinage de la désutilité mais qui bénéficient en revanche d'une baisse sensible du prix de l'immobilier.

La hausse du prix de l'immobilier dans la partie préservée de la zone 2 se traduit à son tour par un désir de déplacement de ménages de cette zone vers la zone 1. En conséquence, le prix de l'immobilier augmente également dans la zone 1 et le seuil de revenu  $y_1$  séparant les deux zones baisse. On observe donc une propagation de la hausse du prix de l'immobilier de proche en proche, mais la Figure 5.a montre que cette propagation s'atténue au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la zone de choc.

Comme dans les variantes précédentes, la consommation d'habitat varie en sens inverse du prix de l'immobilier (cfr. Figure 3.b). Vu la complémentarité entre "pain" et habitat, il en va de même de la consommation de "pain", mais la Figure 5.c montre que l'effet n'est visible que pour les ménages qui quittent la zone 2 pour la zone 1.

### 4.3 Taxation et compensation

Le but est ici d'évaluer numériquement l'impact du choc uniforme négatif sur  $a_2$  (cfr. la simulation V3 analysée à la sous-section 4.2.3) sur les rentes et taxes immobilières. On envisage successivement un taux de taxation constant et un taux de taxation linéaire. On décrit ensuite un mécanisme de taxation/compensation reposant sur une taxe additive et non plus multiplicative.

#### 4.3.1 Taux de taxation constant

Dans ce cas, (22) devient :

$$t_j = \tau r_j, \quad j = 1, 2$$

Vu (9), la rente et la recette fiscale générée sur les deux zones s'écrivent :

$$r_j = \frac{p_j - iv}{[1 + \tau] z}$$

$$T_j = \tau r_j L_j = \tau \frac{p_j - iv}{[1 + \tau] z} L_j$$

où  $j = 1, 2$ .

Dans le cadre de l'équilibre de référence (cfr. section 4.1) et avec un taux de taxation  $\tau = .1$ , on obtient les chiffres de la 2ème ligne du Tableau 2.

Suite à un choc qui fait passer  $a_2$  de  $1/2$  à  $1/4$  sur l'ensemble de la zone 2 (cfr. sous-section 4.2.3), on obtient avec le même taux de taxation les chiffres de la 3ème ligne du Tableau 2.

La comparaison des chiffres confirme les enseignements obtenus analytiquement suite à un choc infinitésimal. Les rentiers de la zone 1 (épargnée par le choc) bénéficient d'une hausse de la rente mais payent en conséquence une taxe sur celle-ci plus élevée. Et il en va dans le sens opposé pour les rentiers de la zone 2 (affectée par le choc). On observe également sans surprise que la recette fiscale totale augmente, puisque les hypothèses à la base de la Proposition 2 sont satisfaites.

Tableau 2 : Rentes et recettes fiscales

		$r_1$	$r_2$	$T_1$	$T_2$	$T = T_1 + T_2$
taux constant	SR	.1612	.0693	.0161	.0069	.0231
	V3	.2150	.0318	.0215	.0032	.0247
taux linéaire	SR	.1537	.0711	.0236	.0051	.0287
	V3	.1975	.0338	.0390	.0011	.0402

### 4.3.2 Taux de taxation linéaire

Dans ce cas, (22) devient :

$$t_j = \tau r_j^2, \quad j = 1, 2$$

(9) implique alors

$$\begin{aligned} p_j &= iv + [1 + \tau r_j] r_j z \\ \Rightarrow \tau r_j^2 + r_j - \frac{p_j - iv}{z} &= 0 \end{aligned}$$

équation qui admet pour chaque zone  $j = 1, 2$  une seule racine positive :

$$r_j = \frac{\sqrt{1 + 4\tau \frac{p_j - iv}{z}} - 1}{2\tau}$$

La recette fiscale générée sur chacune des deux zones s'écrit :

$$T_j = \tau r_j L_j = \frac{\sqrt{1 + 4\tau \frac{p_j - iv}{z}} - 1}{2} L_j$$

Dans le cadre de l'équilibre de référence (cfr. section 4.1) et avec  $\tau = 1$ , on obtient les chiffres de la 4ème ligne du Tableau 2. Comparé avec la situation où le taux de taxation est constant, on observe que  $T_1^*$  augmente et que  $T_2^*$  baisse, ce qui est logique puisque le taux est maintenant progressif. Les prix immobiliers  $p_j^*$  étant identiques sous les deux régimes, les rentes évoluent dans le sens opposé des recettes fiscales ( $r_1^*$  baisse et  $r_2^*$  augmente).

Suite à un choc qui fait passer  $a_2$  de 1/2 à 1/4 sur l'ensemble de la zone 2 (cfr. sous-section 4.2.3), on obtient avec le même taux de taxation les chiffres de la dernière ligne du Tableau 2. Comparé avec la situation où le taux de taxation est constant, on observe que  $T_1$  augmente et que  $T_2$  baisse. Par rapport à un taux constant, un taux de taxation progressif se traduit donc par une plus grande contribution des propriétaires de la zone 1 (épargnée par le choc) et par une plus grande compensation des propriétaires de la zone 2 (affectée par le choc).

### 4.3.3 Un mécanisme de taxation/redistribution alternatif

Bien que les deux mécanismes présentés ci-dessus impliquent une compensation pour les propriétaires affectés par la désutilité, cette compensation demeure partielle. Un moyen pour les autorités de mieux s'assurer la neutralité des propriétaires affectés par la désutilité serait de les compenser *intégralement* pour la perte de rente qu'ils subissent. Pour financer cette compensation, les autorités pourraient écrémer le surplus de rente dont bénéficient les propriétaires de la zone épargnée.

Un mécanisme simple reprenant cette idée repose sur une taxe additive (et non plus multiplicative) de la rente terrienne. Dans ce cas, (9) devient :

$$p_j^* = iv + [r_j^* + t_j^*] z, \quad j = 1, 2$$

où  $t_j^*$  est la taxe par unité de surface sur la zone  $j$  ( $j = 1, 2$ ) caractéristique de l'équilibre de référence, c-à-d en vigueur avant le choc. Soit

$$p_j = iv + [r_j + t_j] z, \quad j = 1, 2$$

la relation entre prix immobiliers, rentes et taxes après le choc induit par la désutilité. Si l'autorité souhaite qu'il n'y ait aucun propriétaire gagnant ou perdant, alors elle va ajuster les taxes de façon que  $r_j^* = r_j$  ( $j = 1, 2$ ). En faisant la différence entre les deux expressions précédentes, cet ajustement est déterminé par :

$$t_j = t_j^* + \frac{p_j - p_j^*}{z} \quad (29)$$

La taxe sur la rente étant additive, les recettes totales s'écrivent :

$$T = t_1 L_1 + t_2 L_2$$

ce qui donne en termes de variation suite au choc :

$$\begin{aligned} \Delta T &= [t_1 - t_1^*] L_1 + [t_2 - t_2^*] L_2 \\ &= \frac{p_1 - p_1^*}{z} L_1 + \frac{p_2 - p_2^*}{z} L_2 \end{aligned}$$

la deuxième égalité découlant de (29).

Avec les chiffres précédents (puisque  $z = L_1 = L_2 = 1$ ), on obtient  $\Delta T = [.2465 - .1874] + [.0499 - .0862] = .0591 - .0363 = .0228$ . Dans cet exemple, le premier terme de cette différence (.0591) représente l'écrémage du surplus de rente touchés par les propriétaires de la zone 1. Le deuxième terme (-.0363) représente la compensation aux propriétaires lésés de la zone 2. Le surplus (.0228) revient à l'autorité.

## 5 Conclusion

Le présent article développe un modèle reposant sur le concept de rente foncière à la Ricardo étendu à un contexte résidentiel. A la différence de cet auteur, la rente foncière d'un territoire dépend des aménités qu'il offre et non de la fertilité de son sol. Le modèle postule un territoire divisé en zones territoriales caractérisées par des niveaux d'aménités différents et occupé par une population d'individus hétérogène en terme de revenus. Il permet de déterminer les rentes offertes par les différentes zones et comment se répartit la population sur ces dernières.

Suite à un choc affectant négativement les aménités d'une zone donnée, il en découle une baisse de la rente sur cette zone. Mais le choc induit aussi des mouvements de population entre zones, selon un processus de "vote par les pieds" à la manière de Tiebout, mouvements qui se traduisent par contagion par des hausses de rentes sur les zones non affectées.

Dans la tradition de Walras et George, nous proposons un système de taxation de la rente foncière, ayant trois avantages. Primo, la taxe porte sur un prix observable, ou à défaut, calculable via des méthodes de régression hédonique éprouvées. Secundo, le facteur de production (la terre) étant non produit (au sens où il n'est pas le résultat d'une activité économique), la taxe n'en réduit pas l'offre. Tertio, le facteur de production étant immobile, la taxe foncière est très difficilement éludable.

Nous montrons ensuite comment ce système de taxation permet un mécanisme "automatique" de compensation financière des ménages en cas d'installation d'une "désutilité publique" dans leur voisinage. La compensation prend la forme d'une réduction de la taxe à payer sur la rente pour les habitants de la zone affectée par la désutilité, ce qui est susceptible d'atténuer les attitudes du type

“NIMBY”. En revanche, les habitants des autres zones sont mis à contribution car ils doivent payer une taxe sur la rente plus élevée suite à la hausse de celle-ci. L’impact de la désutilité est donc réparti sur l’ensemble de la population et non sur la seule population qui lui est voisine. Si la taxe est multiplicative, la compensation est d’autant plus forte que le taux de taxation de la rente est progressif. Dans le cas d’une taxe additive, le mécanisme de compensation peut être dessiné pour que les gains et pertes de rente réalisés par les différents habitants du territoire soient neutralisés. Nous mettons également en évidence des conditions garantissant que l’impact de la désutilité sur les recettes fiscales générées par la rente foncière soit positif.

Le mécanisme de compensation étudié dans cet article présente deux avantages qu’il importe de souligner. D’une part, dans la mesure où la rente est observable, il ne présente aucun problème de révélation des préférences. D’autre part, il fonctionne même en cas de “désutilité” pure (aucun habitant ne tire d’avantage direct de l’installation de la désutilité).

Le présent article est susceptible de différents développements. Sur le plan théorique, le modèle pourrait être étendu à la question de la localisation optimale de la “désutilité publique”. Par ailleurs, voter “avec les pieds” prend du temps. La mobilité immobilière peut être lente et rester incomplète longtemps. Dans ce contexte, il serait intéressant de développer un modèle dynamique permettant d’étudier la transition vers le nouvel équilibre suite à l’installation de la désutilité. Il serait également intéressant de simuler le modèle sur données “réelles” de façon à pouvoir mieux évaluer l’intérêt sur un plan empirique.

## Références

- [1] G. Ahlfeldt (2011) If Alonso was right : modeling accessibility and explaining the residential land gradient. *Journal of Regional Science*, 51(2) : 318–338.
- [2] W. Alonso (1960) A theory of the urban land market. *Papers in Regional Science*, 6(1) : 149–157.
- [3] R. J. Arnott et J. E. Stiglitz (1979) Aggregate land rents, expenditure on public goods, and optimal city size. *The Quarterly Journal of Economics*, 93(4) : 471–500.
- [4] S. H. Banzhaf et R. P. Walsh (2008) Do people vote with their feet? An empirical test of Tiebout’s mechanism. *The American Economic Review*, 98(3) : 843–863.
- [5] G. Bellettini et H. Kempf (2013) Why not in your backyard? On the location and size of a public facility. *Regional Science and Urban Economics*, 43 : 22–30.
- [6] D. Bidwell (2013) The role of values in public beliefs and attitudes towards commercial wind energy. *Energy Policy*, 58 : 189 – 199.
- [7] J. K. Brueckner (2011) *Lectures on Urban Economics*. MIT Press Books.
- [8] B. Bürgenmeier (1994) The misperception of Walras. *The American Economic Review*, 84(1) : 342–352.
- [9] M. Dear (1992) Understanding and overcoming the nimby syndrome. *Journal of the American Planning Association*, 58(3) : 288–300.
- [10] P. Devine-Wright et Y. Howes (2010) Disruption to place attachment and the protection of restorative environments : A wind energy case study. *Journal of Environmental Psychology*, 30(3) : 271–280.
- [11] S. Ferreira et L. Gallagher (2010) Protest responses and community attitudes toward accepting compensation to host waste disposal infrastructure. *Land Use Policy*, 27(2) : 638–652.
- [12] W. A. Fischel (2001) Why are there nimbys? *Land Economics*, 77(1) : 144–152.
- [13] S.-O. Fridolfsson et T. Tangerås (2013) A reexamination of renewable electricity policy in sweden. *Energy Policy*, 58 : 57–63.
- [14] M. Fujita (1989) *Urban Economic Theory : Land Use and City Size*. Cambridge University Press.
- [15] X. Gao et Y. Asami (2007) Effect of urban landscapes on land prices in two japanese cities. *Landscape and Urban Planning*, 81(1) : 155–166.

- [16] H. George (1879) *Progress and Poverty : An Inquiry into the Cause of Industrial Depressions and of Increase of Want with Increase of Wealth : The Remedy*. Garden City, NY : Doubleday, Page & Co.
- [17] E. L. Glaeser (2008) *Cities, Agglomeration and Spatial Equilibrium*. Oxford University Press.
- [18] P. A. Groothuis, J. D. Groothuis, et J. C. Whitehead (2008) Green vs. green : Measuring the compensation required to site electrical generation windmills in a viewshed. *Energy P*, 36(4) : 1545–1550.
- [19] M. Howell-Moroney (2008) The Tiebout hypothesis 50 years later : lessons and lingering challenges for metropolitan governance in the 21st century. *Public Administration Review*, 68(1) : 97–109.
- [20] C. R. Jones et J. R. Eiser (2010) Understanding ‘local’ opposition to wind development in the UK : How big is a backyard? *Energy Policy*, 38(6) : 3106–3117.
- [21] J. Kaldellis (2005) Social attitude towards wind energy applications in Greece. *Energy Policy*, 33(5) : 595–602.
- [22] T. Kauko (2003) Residential property value and locational externalities : On the complementarity and substitutability of approaches. *Journal of Property Investment & Finance*, 21(3) : 250–270.
- [23] H. Klick et E. R. Smith (2010) Public understanding of and support for wind power in the United States. *Renewable Energy*, 35(7) : 1585–1591.
- [24] J. Laurent-Lucchetti et J. Leroux (2010) Lindahl prices solve the nimby problem. *Economics Bulletin*, 30(3) : 2457–2463.
- [25] S. L. Percy, B. W. Hawkins, et P. E. Maier (1995) Revisiting Tiebout : moving rationales and interjurisdictional relocation. *Publius : The Journal of Federalism*, 25(4) : 1–17.
- [26] D. Ricardo (1817) *On the Principles of Political Economy and Taxation*. London : John Murray.
- [27] B. D. Song, J. R. Morrison, et Y. D. Ko (2013) Efficient location and allocation strategies for undesirable facilities considering their fundamental properties. *Computers and Industrial Engineering*, 65(3) : 475–484.
- [28] J. E. Stiglitz (1977) *The Economics of Public Services*, chapter The Theory of Local Public Goods, 274–333. MacMillan.
- [29] C. M. Tiebout (1956) A pure theory of local expenditures. *The Journal of Political Economy*, 64(5) : 416–424.
- [30] D. van der Horst (2007) Nimby or not? exploring the relevance of location and the politics of voiced opinions in renewable energy siting controversies. *Energy Policy*, 35(5) : 2705–2714.
- [31] J. von Thünen (1826) *Der Isolierte Staat in Beziehung auf Lanswirtschaft und National Ökonomie*. Hamburg, Perthes.
- [32] L. Walras (1896) *Éléments d’économie politique pure. Théorie de la richesse sociale*. F. Rouge.
- [33] M. Wolsink (2000) Wind power and the nimby-myth : institutional capacity and the limited significance of public support. *Renewable Energy*, 21(1) : 49–64.
- [34] M. Wolsink (2007) Wind power implementation : the nature of public attitudes : equity and fairness instead of ‘backyard motives’. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 11(6) : 1188–1207.

## 6 Annexe

### 6.1 Démonstration de la Proposition 1

(15) et (16) peuvent se réécrire :

$$f_j^2 - f_j - c_j = 0, \quad j = 1, 2 \quad (30)$$



où  $c_1 = \frac{Y-y_1}{l_1}$  et  $c_2 = \frac{y_1}{l_2}$ . La seule racine positive de (30) s'écrit :

$$f_j = \frac{1 + \sqrt{1 + 4c_j}}{2}$$

$$\Rightarrow 4f_j^2 = [1 + \sqrt{1 + 4c_j}]^2$$

Comme  $c_1 = \frac{Y-y_1}{l_1}$  et  $c_2 = \frac{y_1}{l_2}$ , l'expression précédente et (14) permet d'isoler  $y_1$  :

$$4\rho y_1 = \left[1 + \sqrt{1 + 4\frac{Y-y_1}{l_1}}\right]^2 - \left[1 + \sqrt{1 + 4\frac{y_1}{l_2}}\right]^2$$

$\Rightarrow$

$$\begin{aligned} 4\rho y_1 &= 1 + 2\sqrt{1 + 4\frac{Y-y_1}{l_1}} + 1 + 4\frac{Y-y_1}{l_1} - \left[1 + 2\sqrt{1 + 4\frac{y_1}{l_2}} + 1 + 4\frac{y_1}{l_2}\right] \\ &= 2\sqrt{1 + 4\frac{Y-y_1}{l_1}} - 2\sqrt{1 + 4\frac{y_1}{l_2}} + 4\frac{Y-y_1}{l_1} - 4\frac{y_1}{l_2} \end{aligned}$$

$\Rightarrow$

$$2\rho y_1 + \sqrt{1 + 4\frac{y_1}{l_2}} + 2\frac{y_1}{l_2} = \sqrt{1 + 4\frac{Y-y_1}{l_1}} + 2\frac{Y-y_1}{l_1} \quad (31)$$

Le membre de gauche est une fonction monotone croissante de  $y_1$ , croissant de 0 à  $2\rho Y + \sqrt{1 + 4\frac{Y}{l_2}} + 2\frac{Y}{l_2}$  sur  $[0, Y]$ . Le membre de droite est une fonction monotone décroissante de  $y_1$ , décroissant de  $\sqrt{1 + 4\frac{Y}{l_1}} + 2\frac{Y}{l_1}$  à 0 sur  $[0, Y]$ . Donc, une solution de (31) existe et est unique. ■

## Documents de travail récents

- Aurélie Mahieux and Lucia Mejia-Dorantes: “The Impacts of public transport policies on a non mobility area: French study case in the north of France” [\[2013-35\]](#)
- Richard Duhautois and Fabrice Gilles: “Payroll tax reductions and job flows in France” [\[2013-34\]](#)
- Cristina Badarau, Florence Huart and Ibrahima Sangaré : “Indebtedness and macroeconomic imbalances in a monetary-union DSGE” [\[2013-33\]](#)
- Marion Drut: “Vers un système de transport opérant selon les principes de l'économie de la fonctionnalité?” [\[2013-32\]](#)
- Jérôme Héricourt and Sandra Poncet : “Exchange Rate Volatility, Financial Constraints and Trade: Empirical Evidence from Chines” [\[2013-31\]](#)
- Jean-Baptiste Desquilbet et Fédi Kalai : “La banque conventionnelle et la banque islamique avec fonds propres : contrat de dépôt et partage du risque de liquidité” [\[2013-30\]](#)
- Cécily Defoort and Carine Drapier: “Immigration and its dependence on the welfare system: the case of France” [\[2012-29\]](#)
- Carine Drapier and Nadiya Ukrayinchuk : “Les conditions de travail et la santé des immigrés : Seraient- ils plus résistants à la pénibilité au travail que les natifs ?” [\[2012-28\]](#)
- Etienne Farvaque, Muhammad Azmat Hayat and Alexander Mihailov: “Who Supports the ECB?Evidence from Eurobarometer Survey Data” [\[2012-27\]](#)
- Nathalie Chusseau, Joël Hellier and Bassem Ben-Halima : “Education, Intergenerational Mobility and Inequality” [\[2012-26\]](#)
- Nathalie Chusseau and Joël Hellier : “Inequality in Emerging Countries” [\[2012-25\]](#)
- Nathalie Chusseau and Michel Dumont: “Growing Income Inequalities in Advanced” [\[2012-24\]](#)
- Kirill Borissov and Stéphane Lambrecht : “The dynamics of income inequality in a growthmodel with human capital and occupational choice” [\[2012-23\]](#)
- Thomas Baudin: “More on Religion and Fertility: The French Connection” [\[2012-22\]](#)
- Thomas Baudin, David de la Croix and Paula Gobbi: “DINKs, DEWKs & Co. Marriage, Fertility and Childlessness in the United States” [\[2012-21\]](#)