

Un modèle de mobilité résidentielle avec taxe foncière

M. Germain et D. Peeters

Discussion Paper 2014-16

Institut de Recherches Économiques et Sociales
de l'Université catholique de Louvain



Un modèle de mobilité résidentielle avec taxe foncière

Marc Germain* Dominique Peeters^{†‡}

29 septembre 2014

Résumé

Une communauté d'individus hétérogène en termes de revenus occupe un territoire divisé en zones caractérisées par des niveaux d'aménités différents. Partant du concept de rente ricardienne, nous proposons un modèle déterminant les rentes offertes dans les différentes zones et la répartition de la population entre celles-ci.

Une taxe foncière sous la forme d'un forfait par unité de surface modifie l'équilibre du marché de la terre obtenu sans taxe si son montant dépasse la rente de certaines zones. Les ménages doivent alors se concentrer sur un territoire réduit, ce qui affecte négativement leurs niveaux d'utilité. Si les recettes fiscales sont recyclées pour financer un bien public global, l'impact négatif de la taxe sur les ménages peut être atténué, voire plus que compensé.

Une externalité affectant négativement les aménités d'une zone se traduit par une variation des rentes de l'ensemble des zones via un processus de "vote par les pieds". En présence d'une taxe foncière, l'externalité peut entraîner une diminution du territoire occupé. En revanche, la taxe peut aussi être à la base d'un système de compensation financière des propriétaires lésés par l'externalité par les propriétaires non lésés.

Individuals with heterogeneous incomes occupy a territory divided into zones with unequal levels of amenities. Using the concept of land rent à la Ricardo, we propose a model determining the land rent in the different zones as well as the distribution of individuals across them.

A land tax modifies the equilibrium of the land market without tax if its amount exceeds the rent in some zones. In this case, individuals are led to concentrate on a reduced part of the territory, which affects negatively their utility. If the tax incomes are used to finance a global public good, the direct negative impact of the tax can be reduced and possibly more than compensated.

An externality that affects negatively the amenities in one zone impacts the rents in all zones via a process of "voting with the feet". In the presence of a land tax, the externality may lead to a reduction in the populated part of the territory. However, the tax incomes may finance a compensation system where the landowners victims of the externality are compensated by those who are not affected.

Mots clef : mobilité résidentielle, rente ricardienne, taxe sur la terre

Keywords : Residential mobility, ricardian rent, land tax.

Classification JEL : H23, R14, R23, R52.

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

†CORE, Université catholique de Louvain

‡Nous remercions Isabelle Thomas pour ses remarques constructives.

1 Introduction

La question au départ de cet article est celle de l'appropriation de la rente foncière, comprise ici dans le sens de rente terrienne ou encore du revenu de la terre¹. En économie, cette question n'est pas neuve puisqu'elle intéressait déjà les Physiocrates, et à leur suite Adam Smith qui fut le premier à montrer qu'une taxe foncière n'aurait pas d'effet négatif sur l'activité économique et ne renchérirait pas les loyers de la terre (Smith, 1776). James Mill, Gossen, et à leur suite Walras estimaient que la rente terrienne devait revenir à l'Etat afin de financer les services publics (Boussard, 2011; Bürgenmeier, 1994). Souhaitant éviter une expropriation pure et simple, ces auteurs ont cherché (i) à évaluer l'indemnité à offrir aux propriétaires en compensation de la perte de leurs terres, et (ii) vu les montants énormes en jeu, un mécanisme de financement afin que l'opération soit réalisable pour l'Etat.

Plutôt que de passer par la nationalisation (avec ou sans compensation), l'appropriation de la rente par la collectivité peut être obtenue par la taxation de la terre. Henry George (1879) fut un grand avocat d'une taxe sur la terre à des fins publiques. Le problème de l'indemnisation des propriétaires disparaît alors de lui-même. En outre, en tant qu'assiette de l'impôt, la terre présente un double avantage. Il s'agit d'abord d'un facteur de production non produit par les activités humaines, mais "offert" en quantité fixe par la Nature. D'autre part, il est immobile et par conséquent non érudable. Influencé en ce sens par les Physiocrates, George souhaitait une taxe sur la terre *unique* remplaçant tous les autres impôts ou taxes et qui constituerait ainsi la seule source de revenu pour les pouvoirs publics.

Plus récemment, l'idée d'une taxe foncière a reçu le soutien de nombre d'économistes importants, parmi lesquels Samuelson, Friedman, Krugman, Vickrey... En outre, elle est appliquée à des degrés divers dans différents pays, dont le Danemark et l'Estonie en Europe². S'il paraît aujourd'hui impensable de financer l'ensemble des services publics d'un Etat moderne *seulement* au moyen d'une taxe sur la terre, celle-ci pourrait utilement contribuer aux recettes de l'Etat et/ou permettre de baisser l'imposition d'autres facteurs comme le travail³.

Comme pour d'autres formes de capital, la taxe peut être prélevée sur la terre proprement dite, ou sur les revenus qu'elle génère. Une particularité de la terre est qu'elle peut être mesurée en termes physiques (en ares par exemple) aussi bien qu'en termes monétaires. Dans le premier cas, la taxe prend la forme d'un prélèvement par unité de surface occupée, éventuellement indépendant de l'usage qui en est fait. Elle peut alors s'interpréter comme une sorte de redevance que le propriétaire paie à la collectivité pour avoir le droit de privatiser une zone. Dans le deuxième cas, la taxe est prélevée sur la rente proprement dite (ou sur la richesse terrienne). Il s'agit alors d'un prélèvement fiscal sur une activité économique (la location de la terre), dont le revenu (la rente) dépend lui-même étroitement de l'affectation de la terre (résidentielle ou agricole).

Dans un cadre urbain ou résidentiel, celui qui nous intéressera ici, l'influence des aménités locales (environnement, services locaux, localisation,...) sur la formation des prix des habitations et des terrains est amplement documentée dans la littérature⁴. Le concept de rente urbaine s'est

1. Dans cet article, le terme foncier renvoie au seul facteur terre, que l'on parle de rente, loyer ou taxe. Il s'agit d'un abus de langage car ce terme désigne normalement les biens immeubles, qui comprennent la terre mais aussi ce qui est bâti. Dans le modèle développé ci-dessous, la terre est distinguée d'un bien à tout faire, servant entre autre pour l'habitat.

2. Les considérations de ce paragraphe et du précédent sont tirées de l'article en ligne : http://en.wikipedia.org/wiki/Land_value_tax. Le lecteur intéressé y trouvera de nombreuses autres références bibliographiques.

3. L'idée d'un financement unique sur base d'une taxe sur la terre reste cependant valable à un niveau local. Stiglitz (1977) a en effet 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 est efficiente et suffit à financer le bien public pur.

4. 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

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 culture. 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.

La première partie de cet article a précisément pour but de proposer un modèle qui intègre le concept de rente ricardienne dans un cadre résidentiel. A la différence de Ricardo, la qualité des territoires est liée aux aménités locales qui les caractérisent et non à leur fertilité. Le modèle permet de déterminer la répartition d'une population hétérogène en termes de revenus sur les différents territoires, ainsi que les rentes perçues par les propriétaires terriens sur chacun d'eux.

Dans un deuxième temps, nous introduisons une taxe prélevée sur la rente perçue par les propriétaires fonciers. Deux cas de figure sont envisageables, selon que la taxe est proportionnelle (i) à la rente ou (ii) à la surface occupée. Dans le premier cas, la taxe ne modifie pas l'équilibre du marché de la terre et se résume à un transfert des propriétaires à l'Etat. Dans le 2ème cas au contraire, celui que nous choisirons, comme la taxe représente un forfait par unité de surface, elle est susceptible de modifier l'équilibre (sans taxe) si son montant dépasse la rente de certaines zones. Dans cette éventualité, plutôt que de toucher un revenu négatif après paiement de la taxe, les propriétaires ont intérêt à se retirer du marché. L'offre de territoires susceptibles d'être mis en location en est réduite d'autant et les ménages qui composent la population doivent se concentrer dans les zones résiduelles, ce qui ne va pas sans affecter leurs utilités ni les rentes obtenues par les propriétaires de ces zones.

L'impact de la taxe sur la terre est d'abord étudié en l'absence de recyclage des recettes qu'elle permet de générer. Ensuite, on étudie la situation où les recettes de la taxe sont recyclées pour financer un bien public global. Ce faisant, l'impact négatif de la taxe sur les ménages peut être atténué, en particulier sur les revenus les plus faibles.

Si le modèle établit d'une manière claire la dépendance des rentes aux aménités locales, il permet aussi de prédire les effets d'une perturbation locale de celles-ci. Cette perturbation peut provenir d'une externalité, par exemple suite à la localisation 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. Si elle bénéficie à des particuliers, à un groupe d'utilisateurs, voire à l'ensemble de la collectivité, l'implantation d'une installation 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).

Une réponse possible des ménages à l'implantation d'une installation non localement désirable est le "vote par les pieds", autrement dit déménager vers un endroit où l'on se trouvera mieux⁵. Le modèle développé dans le présent article permet de reproduire de tels déplacements, de même que les moins-values foncières qu'une telle implantation est susceptible de provoquer.

L'article s'articule comme suit. La section 2 présente le modèle théorique. Après avoir décrit le comportement des agents (ménages locataires et propriétaires terriens), on caractérise l'équilibre

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.

5. Cette stratégie fait penser au courant de modèles issus de Tiebout (1956). Mais la comparaison s'arrête là car l'idée de base de cet auteur 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. Si nous étudions également la question du déménagement de ménages en réaction à une modification de leur environnement, notre propos est assez différent de Tiebout.

avec et sans taxe, autrement dit les rentes obtenues sur les différentes zones et la répartition de la population au sein de celles-ci. L'équilibre du modèle étant trop complexe pour être résolu analytiquement, une approche numérique est nécessaire, ce qui est fait dans la section 3. On étudie d'abord l'impact de niveaux croissants de la taxation sur l'équilibre, sans et avec recyclage des recettes fiscales sous forme de bien public global. Dans un deuxième temps, on analyse comment l'équilibre est modifié par une externalité affectant négativement les aménités d'une zone donnée. Deux cas sont envisagés selon que la zone est touchée dans son entièreté ou seulement partiellement. La section 4 conclut.

2 Le modèle

2.1 Caractéristiques générales

On distingue deux types d'agents microéconomiques : les ménages et les propriétaires terriens. Les premiers consomment un bien à tout faire et louent des parcelles de territoire aux seconds. Quand il sera question de taxation, un troisième acteur sera distingué, l'Etat, mais seulement avec des fonctions précises : celles de récolter les recettes de la taxe sur la terre et d'affecter ces dernières à la production d'un bien public global.

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 ($j \in \{1, \dots, m\}$). Chaque zone est homogène en termes d'environnement, de services locaux, de localisation,... et se différencie des autres en ces mêmes termes⁶.

La qualité d'une zone est mesurée par un indice synthétique sous la forme d'un scalaire positif a_j . a_j est donc le niveau de qualité de la zone j . On numérote les zones par ordre de qualité décroissante, ce qui implique $a_1 > a_2 > \dots > a_m > 0$. Les zones n'ont pas de localisation précise et il n'y a pas de coûts de transport à la différence des modèles classiques de l'économie urbaine dans la tradition d'Alonso.

On suppose provisoirement que le loyer du territoire est d'autant plus élevé que la qualité de la zone est élevée, autrement dit : $p_1 > p_2 > \dots > p_m > 0$. On montrera plus bas qu'il ne peut pas en être autrement à l'équilibre.

2.2 Le comportement des ménages

L'utilité d'un ménage dépend positivement de sa consommation d'un "bien à tout faire" c , de la surface de territoire qu'il loue 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 y (c-à-d ayant un revenu y) résout le problème suivant :

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

où p_j ($j \in \{1, \dots, m\}$) est le coût de location (le loyer de la terre) d'une unité de territoire dans la zone j et où $\alpha, \beta, \gamma, \varepsilon > 0$ et $\alpha + \beta + \gamma = 1$. Le prix du "bien à tout faire" (BATF) est choisi comme numéraire. On revient sur l'hypothèse $\varepsilon > 0$ ci-dessous.

On procède en deux étapes.

6. Le modèle de Ellickson et Zame (2005) se caractérise également par une population continue et un territoire discrétisé. Or, dans la réalité, la qualité du territoire est une fonction qui varie d'un endroit à l'autre. Le fait de scinder le territoire en zones homogènes correspond donc à une discrétisation de la fonction qualité, qui peut être plus ou moins fine selon le degré de précision voulu. Dans le modèle théorique qui est le nôtre, la taille des zones est arbitraire. Dans le cadre d'un modèle empirique, elle dépendra du problème étudié, du territoire considéré et de la finesse du maillage désirée.

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

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

où $\sigma =_{def} \frac{1}{1+\varepsilon}$ 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 BATF et de territoire sont des fonctions croissantes du revenu.

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

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

L'utilité est donc une fonction croissante du revenu et décroissante du loyer. En effet, les deux termes entre crochets sont des fonctions croissantes de p_j car $\varepsilon > 0 \Rightarrow \sigma < 1$ ⁷.

2ème étape Dans un 2ème temps, le ménage choisit j , c-à-d la zone où il veut s'installer. Posons $A(x) =_{def} \left[\alpha + \beta \left[\frac{\alpha}{\beta} x \right]^{\varepsilon\sigma} \right] \left[1 + \frac{x}{\left[\frac{\alpha}{\beta} x \right]^{\sigma}} \right]^{\varepsilon}$. Comme tous les paramètres sont positifs et que $\sigma < 1$, A est une fonction croissante de son argument ($A'(x) > 0$). Vu (4), un ménage ayant un revenu y obtient sur les différentes zones les inverses d'utilité suivantes :

$$\frac{1}{u_j^{\varepsilon}} = \frac{A(p_j)}{y^{\varepsilon}} + \frac{\gamma}{a_j^{\varepsilon}}, \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (5)$$

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

L'analyse des courbes $1/u_j^{\varepsilon}$ conduit aux résultats suivants :

(i) Les inverses d'utilité $\{1/u_j^{\varepsilon}; j = 1, \dots, m\}$ sont des hyperboles en fonction de y . Si $y \rightarrow +\infty$, (5) implique que $\frac{1}{u_j^{\varepsilon}} \rightarrow \frac{\gamma}{a_j^{\varepsilon}} > 0$, ce qui signifie que l'asymptote horizontale est d'autant plus élevée que la qualité de la zone est faible. En conséquence, quel que soit le vecteur de loyers ($p_j; j = 1, \dots, m$) on a $\frac{1}{u_m^{\varepsilon}} > \dots > \frac{1}{u_j^{\varepsilon}} > \dots > \frac{1}{u_1^{\varepsilon}}$ à partir d'un niveau de revenu suffisamment élevé.

(ii) 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 loyer de la zone est élevé. Comme par hypothèse $p_1 > p_2 > \dots > p_m > 0$, on a $\frac{1}{u_m^{\varepsilon}} < \dots < \frac{1}{u_2^{\varepsilon}} < \frac{1}{u_1^{\varepsilon}}$ à partir d'un niveau de revenu suffisamment faible. Il en découle que quel que soit le vecteur de loyers, il y aura toujours des ménages en dessous d'un certain niveau de revenu qui choisiront de résider dans la zone marginale m .

(iii) Considérons les parcelles successives en termes de qualité j et $j+1$. On a $a_j > a_{j+1}$ et $p_j > p_{j+1}$. Soit y_j le revenu qui rend indifférent entre résider dans la zone j ou dans la zone $j+1$, qu'on qualifiera par la suite de *revenu de séparation* ou d'*indifférence* relatif aux zones j et $j+1$. Ce revenu est solution de :

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

7. Remarque : on constate que dans le cas particulier où la fonction d'utilité est de type Cobb-Douglas ($\varepsilon = 0$), le membre de 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 $\varepsilon > 0$, ce qui revient à supposer que la substitution entre BATF et territoire est limitée.

Le numérateur est positif. En effet, comme $A'(x) > 0, p_j > p_{j+1} \Rightarrow A(p_j) > A(p_{j+1})$. Le dénominateur est également positif puisque $a_j > a_{j+1}$. En vertu de (6), y_j est donc positif et unique. Il en découle que les courbes $1/u_j^\varepsilon$ et $1/u_{j+1}^\varepsilon$ se croisent nécessairement une et une seule fois. Or on a montré au point (i) que $\frac{1}{u_{j+1}^\varepsilon} > \frac{1}{u_j^\varepsilon}$ pour y suffisamment grand et l'inverse au point (ii) pour y suffisamment petit. En conséquence, si les ménages étaient contraints de choisir entre les zones j et $j + 1$, les ménages $y \in [0, y_j]$ choisiraient la zone $j + 1$ et les ménages $y \in [y_j, Y]$ choisiraient la zone j .

(iv) Comme il y a m zones, on obtient via (6) le vecteur de revenus de séparation $(y_j; j = 1, \dots, m - 1)$. Ce vecteur vérifie la propriété suivante : $y_1 > \dots > y_j > y_{j+1} > \dots > y_{m-1}$. En effet, s'il existe j tel que $y_{j-1} < y_j$, alors en vertu du point (iii), on a (1) $\frac{1}{u_j^\varepsilon} > \frac{1}{u_{j-1}^\varepsilon}$ sur l'intervalle $[y_{j-1}, Y]$ et (2) $\frac{1}{u_j^\varepsilon} > \frac{1}{u_{j+1}^\varepsilon}$ sur l'intervalle $[0, y_j]$. Autrement dit, la zone j est dominée par l'une de ses voisines ($j - 1$ ou $j + 1$) quel que soit le revenu. La demande pour des parcelles de la zone j étant nulle, $p_j = 0$, ce qui est en contradiction avec l'hypothèse $p_1 > p_2 > \dots > p_m > 0$. On a donc nécessairement $y_{j-1} > y_j$, ce qui signifie que la zone j domine ses voisines ($j - 1$ et $j + 1$) sur l'intervalle $[y_j, y_{j-1}]$.

(v) Du fait de la propriété $y_1 > \dots > y_j > y_{j+1} > \dots > y_{m-1}$ et des points précédents, les ménages se répartissent *dans toutes les zones*, la qualité de la zone choisie étant d'autant plus grande que le revenu du ménage est élevé. Ce faisant, nous confirmons un résultat bien établi de la littérature (Ellickson, 1981). Plus précisément, les ménages

- $y \in [0, y_{m-1}]$ choisissent la zone marginale m , de qualité a_m

...

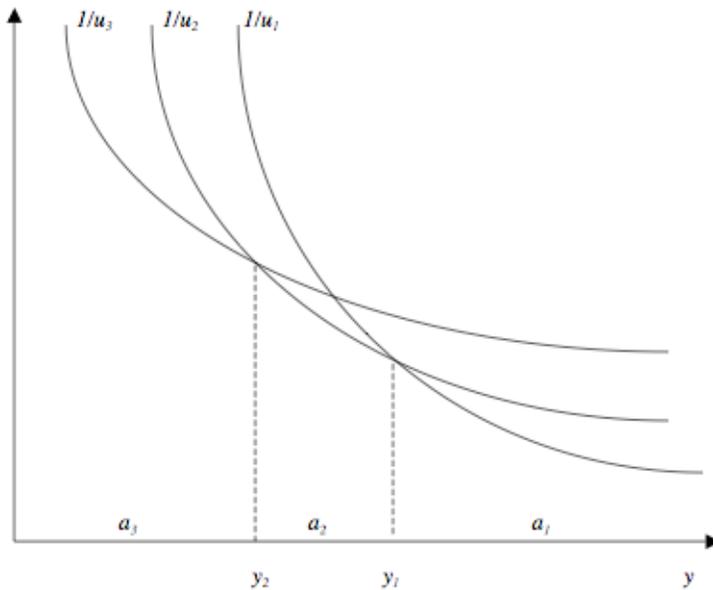
- $y \in [y_j, y_{j-1}]$ choisissent la zone j , de qualité a_j

...

- $y \in [y_1, Y]$ choisissent la zone 1, de qualité a_1 .

La Figure 1 illustre les inverses d'utilité $1/u_j^\varepsilon$ dans le cas où le territoire est divisé en 3 zones ($j = 1, 2, 3$). Les revenus de séparation y_1 et y_2 sont 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. La figure confirme graphiquement que la qualité de la zone choisie est d'autant plus grande que le revenu du ménage est élevé.

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



2.3 Les propriétaires terriens

On fait l'hypothèse simplificatrice que les propriétaires terriens ne tirent eux-mêmes aucune utilité de leurs propriétés. Ils ont alors intérêt à mettre leurs terres en location dès lors qu'elles sont susceptibles de leur rapporter une rente positive. Si tel est le cas, l'offre agrégée des propriétaires de la zone j est totalement inélastique et égale à la surface de la zone L_j (avec L_j strictement positif et exogène). En l'absence de taxation, la rente qu'ils reçoivent r_j se confond avec le loyer de la terre p_j .

2.4 L'équilibre foncier sans taxation

Rappelons que le territoire se partage en m ($m \geq 2$) zones, caractérisées par les niveaux de qualité $a_1 > a_2 > \dots > a_m > 0$. Par définition, $Z \subset \{1, \dots, m\}$ caractérise un *équilibre* si la population se répartit sur l'ensemble des zones de Z , les zones en dehors de Z demeurant inoccupées. On suppose dans cette section l'absence de taxation de la terre.

Au vu des deux sous-sections précédentes, toutes les zones mises en location auront une demande positive et généreront un loyer positif. En l'absence de taxation, rentes et loyers de la terre se confondent. Donc aucun propriétaire n'a intérêt à rester en dehors du marché. En conséquence, on obtient un équilibre foncier de *plein-emploi* (EFPE) où tout le territoire est occupé, qui se caractérise par les propriétés suivantes :

- (a) la population se répartit dans les m zones : $Z = \{1, \dots, m\}$.
- (b) les loyers de la terre en vigueur sur les différentes zones sont tels que $p_1 > p_2 > \dots > p_m > 0$, ce qui traduit le fait que le loyer est d'autant plus élevé que la qualité du territoire est élevée.
- (c) en outre, puisque rente et loyer sont identiques pour chaque zone, *tous* les propriétaires terriens touchent une rente positive, ce qui les incite tous à mettre leurs parcelles en location.

Vu (3), la demande de surface de terre pour chaque zone vaut :

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

où par définition $y_0 = Y$ et $y_m = 0$ et où les y_j sont les revenus de séparation définis par (6).

A l'équilibre, les loyers fonciers s'ajustent de façon à égaliser l'offre et la demande de surface au sein de chaque zone :

$$L_j = \frac{N(y_{j-1}) - N(y_j)}{p_j + \left[\frac{\alpha}{\beta}p_j\right]^\sigma}, \quad j \in \{1, \dots, m\} \quad (7)$$

où par définition $N(y) = \int_0^y n(x)xdx$ représente le revenu total cumulé des ménages dont le revenu individuel est inférieur ou égal à y . 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 . p_m désigne la *loyer marginal* caractéristique de l'EFPE, c-à-d le loyer de la zone ayant la qualité la plus basse.

On a supposé jusqu'ici que $p_1 > p_2 > \dots > p_m > 0$. L'argument en trois temps ci-dessous montre qu'il ne peut pas en aller autrement :

- Soit deux zones j et k tel que $a_k > a_j$ et $0 < p_k < p_j$. Alors la demande pour la zone j , à la fois plus chère et de moindre qualité que la zone k , sera nécessairement nulle, et elle demeurera inoccupée. Son loyer sera alors nul ce qui est contradictoire avec $0 < p_k < p_j$. Donc si $a_k > a_j$, on a nécessairement $p_k > p_j$ à l'équilibre foncier.
- Ceci implique que si la zone j est louée au prix $p_j > 0$, alors la zone k le sera aussi à un prix supérieur. En particulier, si la zone m ayant la qualité la plus basse est occupée au prix $p_m > 0$, alors tout le territoire sera occupé. En conséquence, si une partie du territoire devait rester vide à l'équilibre, celle-ci devrait au moins comprendre la zone m .
- Un tel équilibre est-il possible? La réponse est négative. En effet, la zone m se caractériserait alors par un loyer nul, inférieur aux loyers de la terre dans les zones occupées (où ils sont positifs). Or ceci la rendrait attractive pour des ménages à revenus suffisamment faibles, comme l'a montré le résultat (ii) ci-dessus⁸. On aboutit ainsi à une contradiction.

8. Remarque : l'argument menant au résultat (ii) est d'autant plus vérifié que p_m est proche de 0, car alors la

2.5 Equilibre foncier avec taxation

Le niveau de la taxe est décidé par l'Etat. Il peut être proportionnel au niveau de la rente ou non. Dans la première éventualité, le système de taxation ne modifie pas l'équilibre. Il n'en va de même si l'Etat applique une taxe foncière *par unité de surface*, le cas que nous étudierons par la suite, car celle-ci est susceptible de modifier l'offre de terre.

Dans le cadre d'un système de taxation foncière, le loyer payé par un ménage pour occuper une parcelle se répartit en deux composantes : (a) la rente qui revient au propriétaire et (b) la taxe qui revient à l'Etat. Dans le cas d'une parcelle de type j , on vérifie alors que :

$$p_j = r_j + t_j \quad (8)$$

où r_j et t_j désignent respectivement la rente et la taxe foncières *par unité de surface* dans la zone j .

Un propriétaire foncier n'offrira sa terre à la location que si la rente obtenue (après paiement de la taxe) est positive, sinon il préférera la retirer du marché. En présence d'une taxe, les considérations qui précèdent concernant l'EFPE restent valables si :

$$r_j = p_j - t_j > 0, \forall j \in \{1, \dots, m\} \quad (9)$$

condition à satisfaire pour que *tous* les propriétaires mettent leur parcelle en location. On remarque que si (9) est satisfaite, alors le schéma de taxation $\{t_1, \dots, t_m\}$ ne modifie pas la solution caractérisant l'EFPE. Dans ce cas de figure, la taxe n'affecte pas les ménages locataires mais seulement les propriétaires fonciers⁹.

Si (9) n'est pas satisfait, alors l'EFPE n'existe pas avec le schéma de taxation $\{t_1, \dots, t_m\}$. Dans ce contexte, si ce schéma autorise un équilibre, il ne peut s'agir que d'un équilibre foncier de sous-emploi. Pour en faciliter la présentation, supposons que le schéma de taxation foncière $\{t_1, \dots, t_m\}$ respecte les conditions suivantes :

- il est constant ou progressif : $\forall i, j \in \{1, \dots, m\}, a_i > a_j \Rightarrow t_i \geq t_j$.
- l'ordre des zones selon leurs rentes est le même que selon leurs qualités : $a_1 > a_2 > \dots > a_m \Rightarrow p_1 > p_2 > \dots > p_m \Rightarrow r_1 > r_2 > \dots > r_m$, où les p_j ($j \in \{1, \dots, m\}$) sont les prix de l'EFPE.

Alors, si à cause du système de taxation k rentes deviennent négatives, celles-ci ne peuvent concerner que les zones $m-k, \dots, m$. Les propriétaires de ces zones se retirent du marché foncier et seules les autres zones restent disponibles. L'équilibre foncier de *sous-emploi* (EFSE) qui en résulte se caractérise par les propriétés suivantes :

- (a) la population se répartit sur une partie du territoire composée de $k-1$ zones : $Z = \{1, \dots, k-1\}$, où $k \leq m$. Plus précisément, les zones appartenant à Z (c-à-d de qualité supérieure à a_k) sont occupées, tandis que les zones n'appartenant pas à Z (c-à-d de qualité inférieure ou égale à a_k) sont inoccupées.
- (b) les loyers de la terre en vigueur sur les différentes zones sont tels que $\widehat{p}_1 > \widehat{p}_2 > \dots > \widehat{p}_{k-1} > \widehat{p}_k = \widehat{p}_{k+1} = \dots = \widehat{p}_m = 0$. Sur les zones occupées, le loyer est d'autant plus élevé que la qualité du territoire est élevée.
- (c) les propriétaires perçoivent une rente positive dans les zones occupées et nulle dans toutes les autres.

Cet équilibre satisfait les relations (6), (7) et (9) avec $j \in Z$. \widehat{p}_{k-1} est le loyer marginal de l'EFSE caractérisé par Z , c-à-d le loyer de la zone *occupée* ayant la qualité la plus basse.

3 Etude numérique

Afin d'approfondir les considérations de la section précédente et vu la complexité des équations (6) et (7), on se propose d'explorer numériquement le comportement du modèle.

courbe $1/u_m^\varepsilon$ est d'autant plus basse.

9. Ce sera en particulier le cas si la taxe est proportionnelle au niveau de la rente. A titre d'exemple, supposons que l'Etat applique dans chaque zone une taxe $t_j = \tau_j r_j$, où $\tau_j > 0$. Alors (8) $\Rightarrow r_j = \frac{p_j}{1+\tau_j}$. Quels que soient les taux τ_j appliqués, les rentes demeurent positives et aucun propriétaire ne se retire du marché. Or, tant que (9) est satisfaite, le système (6)-(7) ne dépend pas du système de taxation.

3.1 Caractérisation de l'équilibre de référence

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

- $m = 3$ zones de tailles respectives L_1, L_2, L_3 ;
- la distribution des revenus hyperbolique $n(y) = 1/y$.

Vu (6) et (7), les équations décrivant l'équilibre sont données par :

$$y_i^\varepsilon = \frac{A(p_i) - A(p_{i+1})}{\gamma \left[\frac{1}{a_{i+1}^\varepsilon} - \frac{1}{a_i^\varepsilon} \right]}, \quad i = 1, 2 \quad (10)$$

$$p_i + \left[\frac{\alpha}{\beta} p_i \right]^\sigma = \frac{y_{i-1} - y_i}{L_i}, \quad i = 1, 2, 3 \quad (11)$$

où $y_0 = Y$ et $y_3 = 0$ et où pour mémoire $\sigma = \frac{1}{1+\varepsilon}$ et $A(x) =_{def} \left[\alpha + \beta \left[\frac{\alpha}{\beta} x \right]^{\varepsilon\sigma} \right] \left[1 + \left[\frac{x}{\frac{\alpha}{\beta}} \right]^\sigma \right]^\varepsilon$. L'équilibre est donc solution d'un système de 5 équations à 5 inconnues y_1, y_2, p_1, p_2, p_3 . Par la suite, les valeurs d'équilibre seront respectivement désignées par $y_i^{(m)}$ ($i = 1, 2$) et $p_i^{(m)}$ ($i = 1, 2, 3$), où l'exposant indique le nombre de parcelles occupée (ici $m = 3$).

Avec les valeurs choisies pour les paramètres¹⁰, on obtient les valeurs d'équilibre des revenus de séparation et des loyers fonciers affichées dans la ligne $m = 3$ du Tableau 1. Ces valeurs vérifient bien les conditions à satisfaire par la solution : en effet, $0 < y_2^{(3)} < y_1^{(3)} < Y$ et $p_1^{(3)} > p_2^{(3)} > p_3^{(3)} > 0$. L'équilibre obtenu est donc un EFPE.

Tableau 1 : revenus de séparation et loyers fonciers

Simulation	y_1	y_2	p_1	p_2	p_3
$m = 3$.4339	.1376	.1627	.0572	.015
$k = 2$.3798		.1874	.0862	
$k = 1$.3820		

L'équilibre étant calculé, on peut établir la distribution des consommations de BATF et de terre et de l'utilité des ménages en fonction du revenu grâce à (2), (3) et (4). Le loyer foncier, les consommations de terre et de BATF, l'utilité des ménages en fonction de y sont illustrées par les courbes bleues des Figures 2.a,b,c,d.

Comme attendu, (i) le loyer foncier est constant au sein d'une zone donnée, mais augmente avec la qualité de la zone et (ii) la répartition des ménages au sein du territoire est fonction des revenus. Les revenus les plus élevés se retrouvent dans la zone 1, les revenus intermédiaires dans la zone 2 et les moins élevés dans la zone 3.

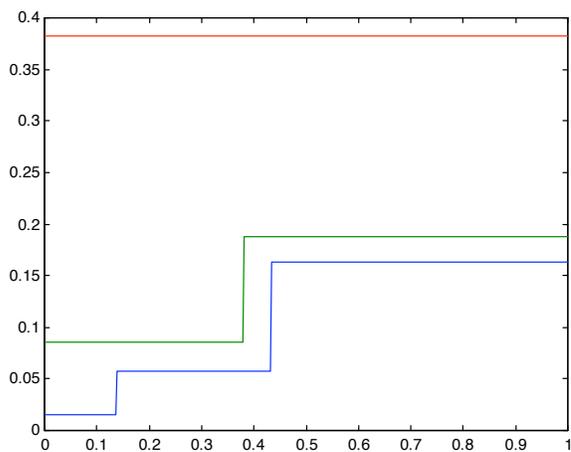
Au sein d'une zone donnée, on observe que (a) la taille de la parcelle q et la consommation de BATF sont des fonctions croissantes et quasi-linéaires de y , et (b) l'utilité u du ménage est une fonction croissante et concave du revenu. Quand on passe *d'une zone à l'autre*, on observe un saut dans les courbes q et c qui s'explique par la discontinuité de l'indice de qualité. En $y_2^{(3)}$ et $y_1^{(3)}$, les ménages sont indifférents entre une plus grande qualité de leur territoire d'une part, ou une plus grande consommation de terre et de BATF d'autre part. Ceci est bien traduit par la continuité de u en ces points¹¹.

10. Les valeurs de référence des paramètres sont $\alpha = \beta = \gamma = \varepsilon = 1$ (ce qui implique $\sigma = 1/2$), $a_1 = 1, a_2 = 1/2, a_3 = 1/4, L_1 = L_2 = L_3 = Y = 1$.

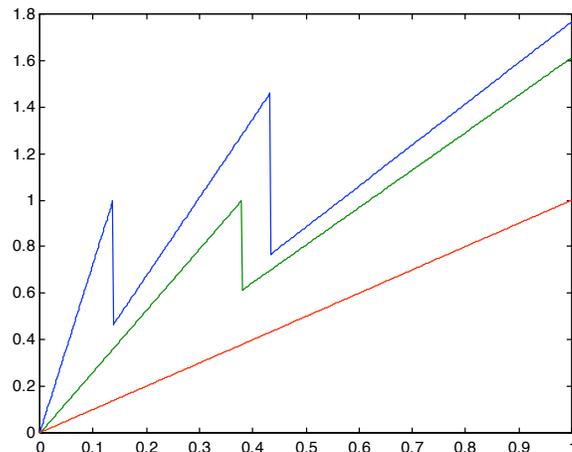
11. Il n'en va cependant pas de même de la dérivée u' , comme le font apparaître les "coins" (peu perceptibles mais réels) dans l'allure de $u(y)$ en $y_2^{(3)}$ et $y_1^{(3)}$.

Figure 2

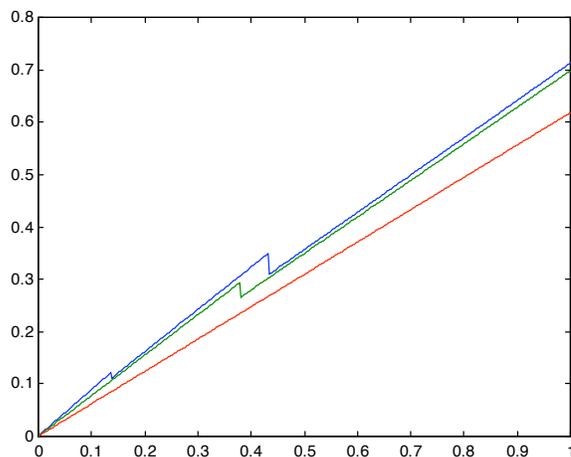
a : loyer foncier $p(y)$



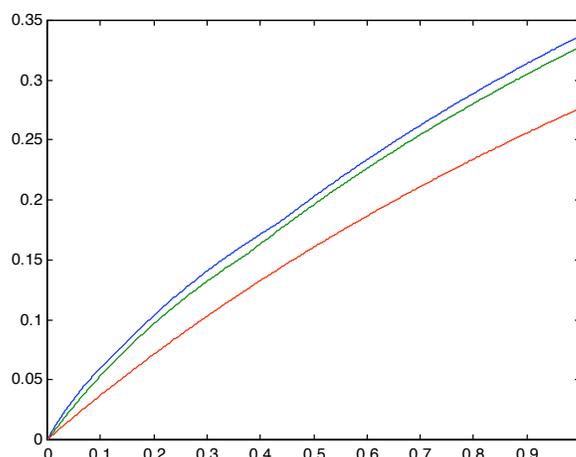
b : consommation de terre $q(y)$



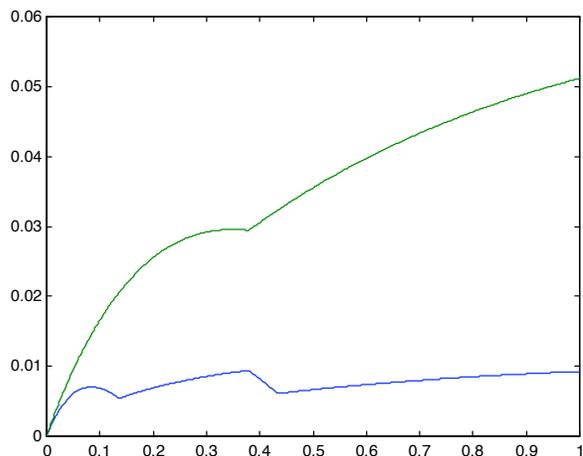
c : consommation de BATF $c(y)$



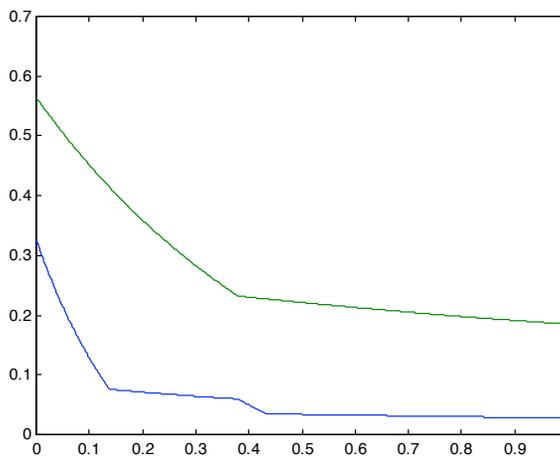
d : utilité $u(y)$ (sans bien public)



e : différence d'utilité en fonction de y



f : différence d'utilité (en %) en fonction de y



3.2 Impact de la taxation sur l'équilibre foncier

On suppose par la suite que cette taxe est identique pour toutes les surfaces et égale à t par are mis en location. Dans ce cas, le propriétaire qui loue une parcelle d'un are de qualité j reçoit un loyer égal à $p_j^{(3)}$, sur lequel il paye une taxe égale à t . Au final, il perçoit une rente égale à $r_j^{(3)} = p_j^{(3)} - t$. Dans un premier temps, on suppose l'absence de tout recyclage de cette taxe susceptible d'avoir un impact positif sur le revenu ou l'utilité des ménages.

3.2.1 EFPE avec taxation

Reconsidérons l'EFPE de la section précédente. Tant que $t < p_3^{(3)}$, (9) implique que $r_j^{(3)} = p_j^{(3)} - t > 0, \forall j \in \{1, 2, 3\}$. Tous les propriétaires touchent une rente positive et mettent en conséquence leurs terres en location. Une partie des loyers va à l'Etat, mais la taxe ne modifie ni les loyers ($p_j^{(3)}, j = 1, 2, 3$) ni les revenus de séparation ($y_j^{(3)}, j = 1, 2$) caractéristiques de l'équilibre foncier, qui demeure de plein-emploi. En résumé, tant que $t < p_3^{(3)}$, la taxation n'affecte pas les locataires, mais seulement les propriétaires fonciers.

3.2.2 EFSE avec 2 territoires

Si $p_3^{(3)} \leq t < p_2^{(3)}$, alors $r_3^{(3)} = p_3^{(3)} - t < 0$: la rente des propriétaires de la zone 3 devient négative. Par conséquent, ceux-ci retirent leurs terres de la location. Dans ce cas, la taxation affecte négativement l'offre, et il y a *mobilité résidentielle* au sens où la population de la zone 3 doit se reloger au sein des zones 1 ou 2. Cette mobilité se traduit à son tour par une variation des loyers sur ces zones, qui conduit à un nouvel équilibre foncier, de sous-emploi cette fois, puisque la zone 3 n'est plus occupée. Par la suite, cet équilibre avec 2 zones occupées sera désigné sous l'abréviation EFSE-2.

Soit $0 < y_1^{(2)} < Y$ et $p_1^{(2)} > p_2^{(2)} > 0$ le revenu de séparation et les loyers caractéristiques¹² de l'EFSE-2. Vu (6) et (7), ces inconnues sont solution de :

$$y_1^\varepsilon = \frac{A(p_i) - A(p_{i+1})}{\gamma \left[\frac{1}{a_{i+1}^\varepsilon} - \frac{1}{a_i^\varepsilon} \right]} \quad (12)$$

$$p_i + \left[\frac{\alpha}{\beta} p_i \right]^\sigma = \frac{y_{i-1} - y_i}{L_i}, \quad i = 1, 2 \quad (13)$$

où $y_0 = Y$ et $y_2 = 0$ ¹³. Pour exister, l'EFSE-2 doit vérifier la condition que les propriétaires de parcelles au sein des zones 1 et 2 perçoivent des rentes positives : $r_j^{(2)} = p_j^{(2)} - t > 0, \forall j \in \{1, 2, 3\}$. Au vu de ce qui précède, ce sera le cas si et seulement si la taxe obéit à la condition suivante : $p_3^{(3)} \leq t < p_2^{(2)}$.

Avec les valeurs numériques données au début de la section 3.1, on obtient les valeurs d'équilibre du revenu de séparation et des loyers fonciers affichées dans la ligne $k = 2$ du Tableau 1. Le loyer foncier, les consommations de terre et de BATF, et l'utilité des ménages caractéristiques de l'EFSE-2 sont illustrées en fonction de y par les courbes vertes des Figures 2.a,b,c,d, ce qui permet une comparaison avec l'EFPE décrit à la section précédente.

Suite à la mobilité résidentielle, les loyers au sein des zones 1 et 2 ont augmenté par rapport à l'EFPE. Ceci s'explique par la chaîne de causalité suivante. En se reportant de la zone 3 à la zone 2, les plus bas revenus (ceux vérifiant $0 < y \leq y_2^{(3)}$) augmentent la demande foncière dans la zone 2. A offre constante, il en découle une augmentation du loyer dans cette zone de $p_2^{(3)}$ à $p_2^{(2)}$, ce qui implique, ceteris paribus, un renchérissement relatif de la zone 2 par rapport à la zone 1. Celui-ci se traduit à son tour par un déplacement de ménages locataires de la zone 2 vers la zone 1 (ceux

12. Pour mémoire, l'exposant indique le nombre k de parcelles occupée (ici $k = 2$).

13. Du point de vue mathématique, l'EFSE-2 est équivalent à l'EFPE sans taxe qui serait obtenu avec $L_3 = 0$ (c-à-d "comme si" la zone 3 n'existait pas).

dont les revenus vérifient $y_1^{(2)} < y \leq y_2^{(3)}$). Cette augmentation de la demande en zone 1 implique à son tour, à offre donnée, une croissance du loyer dans cette zone de $p_1^{(3)}$ à $p_1^{(2)}$.

Au final, le fait que la taxe dépasse le loyer marginal de l'EFPE ($p_3^{(3)}$) réduit l'offre de terre, ce qui affecte négativement *tous* les locataires (au sens où les loyers croissent), et en particulier ceux qui changent de zones, c-à-d les plus bas revenus et une partie des revenus intermédiaires. Comme le montrent les Figures 2.b,c, la hausse des loyers se traduit par une baisse générale (mesurée par l'écart entre courbes bleue et verte) de la consommation de terre et de BATF, baisse à nouveau plus sensible (au moins en termes relatifs) pour ceux qui changent de zones.

La Figure 2.d confirme la diminution générale de l'utilité des ménages locataires. La courbe bleue de la Figure 2.e éclaire ce résultat en illustrant la variation d'utilité entre l'EFPE et l'EFSE-2 en termes *absolus*. Pour les ménages qui ne changent pas de zone, la *perte* d'utilité est croissante avec le revenu. Cet effet "revenu" l'emporte également pour les ménages les plus pauvres (en dessous de $y \approx .09$). En revanche, il en va autrement pour :

- (i) les revenus autour de $y = .1$, qui appartiennent à la zone 3 dans le cadre de l'EFPE tout en étant les plus proches de la zone 2. Ceux-ci sont *contraints*, comme les ménages les plus pauvres, de changer de zone car la zone 3 n'est plus disponible. Dans ce contexte, il apparaît logique que le changement de zone est d'autant moins "douloureux" pour le locataire qu'il est initialement proche (en termes de revenu) de la zone où il est contraint de déménager. La Figure 2.e montre que cet effet "proximité" finit par l'emporter sur l'effet "revenu" pour les ménages autour de $y = .1$.
- (ii) les revenus autour de $y = .4$, qui appartiennent à la zone 2 à l'EFPE tout en étant les plus proches de la zone 1 (c-à-d les ménages dont les revenus vérifient $y_1^{(2)} < y \leq y_2^{(3)}$). Contrairement aux locataires de la zone 3 à l'EFPE, ils ne sont pas *contraints* de changer de zone. La figure montre alors qu'en passant *volontairement* de la zone 2 à la zone 1 suite à la taxation, ils réduisent dans une certaine mesure leur perte d'utilité.

La courbe bleue de la Figure 2.f illustre la variation d'utilité entre l'EFPE et l'EFSE-2 en termes *relatifs*. L'impact de la taxation apparaît alors plus simple. La perte d'utilité est une fonction monotone décroissante du revenu, même si cette décroissance s'accompagne de "coins" liés aux changements de zones mentionnés plus haut. En termes relatifs, l'effet "revenu" l'emporte pour tous les ménages, même pour ceux qui déménagent.

3.2.3 EFSE avec 1 territoire

Si l'Etat continue d'accroître la taxe, l'EFSE-2 n'est pas modifié tant que $t < p_2^{(2)}$. Mais si $p_2^{(2)} \leq t < p_1^{(2)}$, alors $r_2^{(2)} = p_2^{(2)} - t < 0$: la rente des propriétaires de la zone 2 devient à son tour négative. Par conséquent, ceux-ci retirent leurs terres de la location. Il y a à nouveau mobilité résidentielle au sens où toute la population doit se loger au sein de la seule zone 1. Cette mobilité se traduit bien entendu par une nouvelle variation des loyers sur cette zone, conduisant à un nouvel équilibre foncier de sous-emploi, puisque les zones 2 et 3 sont inoccupées. Par la suite, cet équilibre avec une seule zone occupée sera désigné sous l'abréviation EFSE-1.

Puisque toute la population se retrouve dans la zone 1, il n'y a plus de revenu de séparation. La seule inconnue est le loyer d'équilibre qui se calcule comme suit :

$$p_1 + \left[\frac{\alpha}{\beta} p_1 \right]^\sigma = \frac{Y}{L_1}$$

Avec les valeurs numériques données au début de la section 3.1, on obtient la valeur d'équilibre du loyer de la zone 1 affichée dans la ligne $k = 1$ du Tableau 1. Le loyer foncier, les consommations de terre et de BATF, et l'utilité des ménages caractéristiques de l'EFSE-1 sont illustrés en fonction de y par les courbes rouges des Figures 2.a,b,c,d, ce qui permet une comparaison avec les autres équilibres.

Suite à la mobilité résidentielle, le loyer au sein de la zone 1 a augmenté par rapport à l'EFSE-2. Le raisonnement est similaire à celui de la section précédente. Les ménages aux revenus vérifiant $0 < y \leq y_1^{(2)}$ augmentent, en se reportant de la zone 2 à la zone 1, la demande de terre dans la zone 1. A offre constante, il en découle une augmentation du loyer dans cette zone de $p_1^{(2)}$ à $p_1^{(1)}$.

Les conséquences pour les ménages locataires sont similaires à celles observées à la section précédente. Le fait que la taxe dépasse le loyer marginal de l'EFSE-2 ($p_2^{(2)}$) réduit l'offre de terre, ce qui affecte négativement tous les locataires au niveau des loyers à payer, et en particulier ceux qui changent de zones. Comme le montrent les Figures 2.b,c, la hausse des loyers se traduit par une baisse générale (mesurée par l'écart entre courbes verte et rouge) de la consommation de terre et de BATF, baisse à nouveau plus sensible (au moins en termes relatifs) pour ceux qui changent de zones. Les Figures 2.d,e,f confirment l'impact négatif de la réduction de l'offre de terre, à travers la diminution générale de l'utilité des locataires, que ce soit en termes absolus ou relatifs.

En résumé, la hausse de la taxe foncière par unité de surface occupée réduit par palier l'offre de terres disponibles pour la location. Etant donné un équilibre foncier caractérisé par l'occupation d'un nombre de zones k , si la taxe dépasse le loyer marginal de cet équilibre, la zone marginale disparaît et on assiste à un processus de mobilité résidentielle, au cours duquel la population se rerépartit sur les zones qui restent. D'où un nouvel équilibre foncier avec $k - 1$ zones et un nouveau loyer marginal supérieur au précédent. A chaque palier, tous les loyers augmentent, et pour tous les ménages, les consommations de terres et de BATF diminuent. En l'absence de tout recyclage de la taxe, il en découle une baisse généralisée de l'utilité des ménages locataires, et en termes relatifs, cette baisse est d'autant plus forte que le revenu du ménage est faible.

3.3 Impact avec recyclage de la taxe

Jusqu'ici, rien n'a été dit sur l'usage de la taxe foncière par l'Etat. Or le montant récolté pourrait être utilisé pour compenser l'impact négatif de la taxe sur les ménages, en particulier sur les revenus les plus faibles. Par la suite, on suppose que l'Etat affecte ce montant à la production d'un *bien public global* (ex. : la sécurité collective, l'enseignement obligatoire), qui bénéficie à tous les ménages quelle que soit leur localisation. Pour éviter de compliquer le modèle, on fait l'hypothèse que ce bien public global (BPG) augmente l'utilité d'un ménage sans affecter ses choix individuels¹⁴.

Plus précisément, un ménage y ayant choisi la zone j obtient avec la consommation du BPG l'utilité totale suivante :

$$v(y, p_j, a_j, T) = u(y, p_j, a_j) + g(T)$$

où $u(y, p_j, a_j)$ est défini par (5) et $g(T)$ est l'utilité tirée du BPG supposée croître avec le montant affecté à sa production, égal à la recette totale de la taxation foncière T ($g'(T) > 0$). Avec une telle formulation, il est clair que les choix individuels déterminés à la section 2.2 ne sont pas modifiés, et donc l'équilibre foncier non plus.

La recette totale de la taxation dépend de la surface occupée qui, comme on l'a vu ci-dessus, varie par palier en fonction de la taxe par unité de surface t . Plus précisément, dans le cadre de l'exemple à 3 zones analysé ci-dessus, T varie en fonction de t comme suit :

$$T(t) = \begin{cases} t[L_1 + L_2 + L_3] & \text{si } 0 \leq t < p_3^{(3)} \\ t[L_1 + L_2] & \text{si } p_3^{(3)} \leq t < p_2^{(2)} \\ tL_1 & \text{si } p_2^{(2)} \leq t < p_1^{(1)} \end{cases}$$

Comme le montre la Figure 3, $T(t)$ est linéaire par morceau¹⁵. La recette totale est linéairement croissante en t , sauf quand elle subit une diminution brutale à chaque fois que t dépasse le loyer marginal en vigueur et qu'en conséquence la zone marginale est retirée de l'offre.

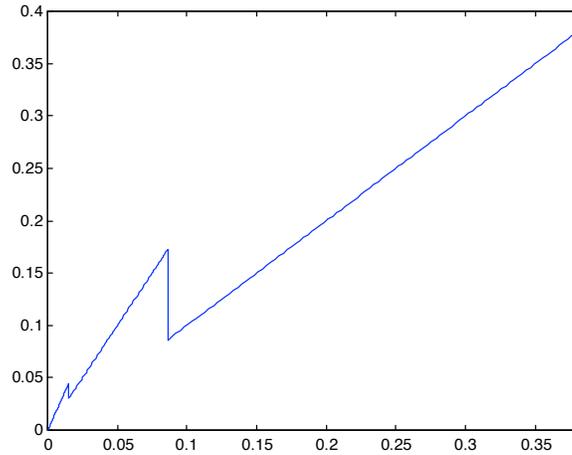
Pour illustrer l'impact du BPG sur l'utilité totale d'un ménage, on suppose que l'offre de BPG est liée à la recette de la taxe foncière selon la formule suivante :

$$g(T) = \theta T$$

14. Une autre hypothèse possible serait de supposer que l'Etat ristourne les recettes de la taxe aux ménages de façon forfaitaire, avec la possibilité de modifier la distribution des revenus et donc l'équilibre foncier. Dans ce cas, la taxation est non seulement susceptible d'influencer l'offre de terre (comme analysé plus haut), mais aussi la demande de terre, ce qui complique évidemment le modèle.

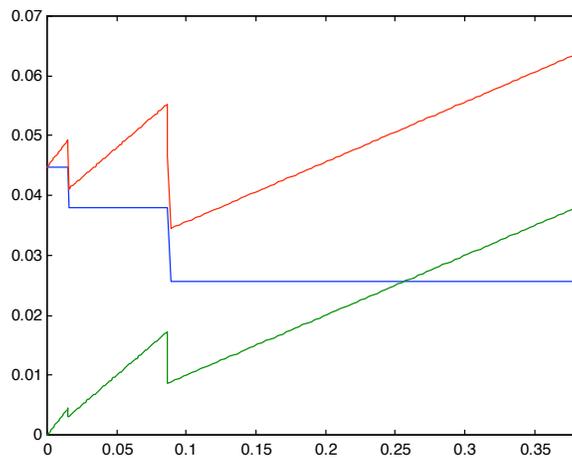
15. Remarque : t ne peut dépasser $p_1^{(1)}$, sinon l'offre de terre devient nulle vu que la rente foncière devient négative sur toutes les zones.

Figure 3 : recettes fiscales $T(t)$



où $\theta > 0$. Plus θ est élevé, plus les dépenses investies dans le BGP sont utiles aux ménages. La Figure 4 décrit comment l'utilité totale d'un ménage à "petit" revenu évolue en fonction de la taxe t (dans le cas où $\theta = .1$). Ce ménage est caractérisé par un revenu $y = y_2^{(3)}/2$, c-à-d exactement au milieu des ménages qui choisissent la zone 3 à l'équilibre sans taxation. La courbe bleue décrit l'utilité privée (c-à-d hors consommation du BPG) et montre que celle-ci décroît par palier (en conformité avec la section précédente). La courbe verte décrit l'utilité tirée de la consommation du BGP, qui a évidemment la même allure que $T(t)$ (cfr. Figure 3). Enfin, la courbe rouge décrit l'utilité totale, c-à-d la somme de l'utilité privée et de celle obtenue du BPG. Par rapport à la situation sans taxe ($t = 0$), on voit dans l'exemple considéré que le recyclage de la taxe foncière sous forme de BPG est susceptible d'améliorer le bien-être du ménage considéré, en particulier si l'Etat choisi t proche mais en dessous d'un des loyers marginaux possibles (c-à-d $p_3^{(3)}$ ou $p_2^{(2)}$ ou $p_1^{(1)}$).

Figure 4 : « petit » revenu ($u(t)$ (bleue), $\theta T(t)$ (vert), $v(t)$ (rouge))



gagnent et d'autres où tous perdent. Une observation intéressante est que l'ensemble des valeurs de t qui rend la taxation foncière acceptable (c-à-d tel que $v(t) - v(0) \geq 0$) varie en fonction du ménage. Cet ensemble est d'autant plus étendu que le revenu du ménage est faible.

3.4 Impact d'une externalité

Dans cette section, on étudie l'impact d'une externalité négative modifiant la qualité d'une zone déterminée sur l'équilibre foncier et la mobilité résidentielle qui en découle. A titre d'exemple, il peut s'agir de l'installation d'un parc d'éoliennes dans la zone.

Au départ de l'exemple numérique analysé ci-dessus, on considère d'abord le cas d'une externalité qui affecte la zone marginale d'une façon uniforme, puis celui d'une externalité qui l'affecte seulement en partie.

Tableau 2 : revenus de séparation et loyers fonciers

Simulation	y_1	y_2	y_3	p_1	p_2	p_3	p_4
SR	.4339	.1376		.1627	.0572	.015	
V1	.4180	.0973		.1699	.0652	.008	
V2	.4299	.1274	.0499	.1645	.0592	.0186	.0084

3.4.1 V1 : impact uniforme

Partant de l'équilibre de référence à 3 zones analysé à la section 3.1, on considère d'abord une externalité qui affecte négativement et *uniformément* l'indice de qualité de la zone 3. Suite à ce choc, a_3 passe de $1/4$ à $1/8$. On obtient alors les valeurs d'équilibre des loyers fonciers et revenus de séparation affichées dans la ligne V1 du Tableau 2 (voir aussi la Figure 6.a), qui peuvent être comparées avec celles relatives à l'équilibre de référence reprises dans la ligne SR.

Suite à la diminution de la qualité de la zone 3, des ménages locataires de cette zone sont incités à déménager, ce qui pousse le loyer p_3 et le revenu de séparation y_2 à la baisse. Cette baisse du loyer permet de retenir certains d'entre eux, mais au final, la diminution de p_3 ne compense pas celle de la qualité pour les revenus $y \in [.0973, .1376]$, qui préfèrent déménager dans la zone 2. Ce déménagement provoque une hausse de la demande de location dans cette zone, d'où, à offre donnée, une hausse de p_2 . La qualité de la zone 2 demeurant inchangée, cette hausse pousse les revenus $y \in [.4180, .4339]$ au déménagement vers la zone 1, ce qui provoque à son tour une augmentation de p_1 . L'externalité provoque donc une hausse des loyers qui se propage de zone à zone et qui finit par toucher tout le territoire (à l'exception de la zone qu'elle affecte directement). Cependant, la comparaison des loyers entre les deux simulations (cfr. Tableau 2) montre que la hausse s'atténue en termes relatifs au fur et à mesure que l'on "s'éloigne" de la zone 3.

La consommation de terre évolue comme une fonction inverse du loyer foncier (cfr. Figure 6.b)¹⁶. On note qu'elle chute nettement pour les revenus qui déménagent (de la zone 3 à la zone 2 ou de la zone 2 à la zone 1), car ceux-ci sont pénalisés par une forte hausse du loyer.

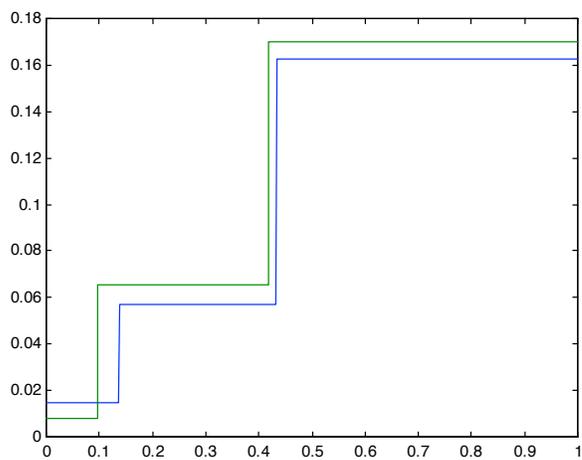
Les Figures 6.c,d illustrent la variation d'utilité entre la simulation SR et V1 en termes absolus et relatifs. L'utilité de tous les ménages locataires baisse, sauf les plus bas revenus. Ce constat est a priori paradoxal dans la mesure où les revenus les plus faibles sont directement affectés par la baisse de a_3 , tout en n'ayant pas les moyens de déménager. En fait, les ménages de la zone 3 sont négativement affectés par l'externalité, mais en "compensation", ils bénéficient d'une baisse du loyer foncier, ce qui leur permet de consommer plus de terre et de BATF. Comme le montre les figures, l'effet "baisse du loyer" domine l'effet "baisse de qualité" pour les plus bas revenus, tandis que c'est l'inverse pour les autres revenus (de la zone 3). Ceci s'explique par le fait que la baisse de loyer est identique pour tous les résidents de la zone 3, ce qui aura un impact d'autant plus favorable pour le ménage que son revenu est faible.

La Figure 6.d montre également que les revenus $y \in [.0973, .1376]$ (les plus hauts revenus de la zone 3 dans la SR) réduisent sensiblement l'impact de l'externalité en déménageant vers la zone

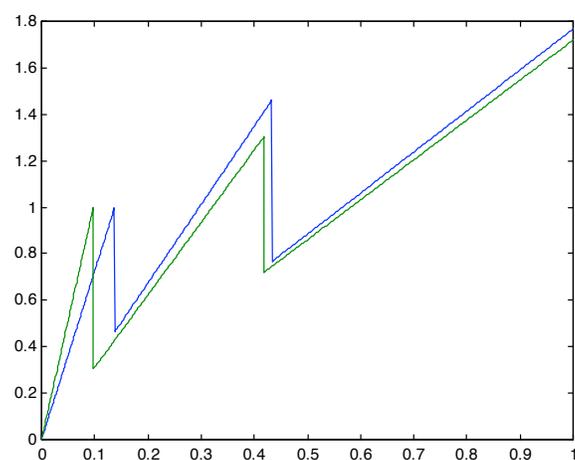
16. La consommation de BATF évolue comme la consommation foncière, mais les variations sont très atténuées.

Figure 6

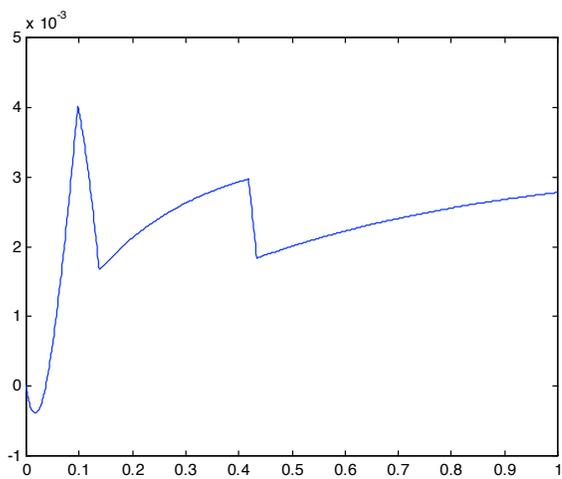
a : loyer foncier $p(y)$



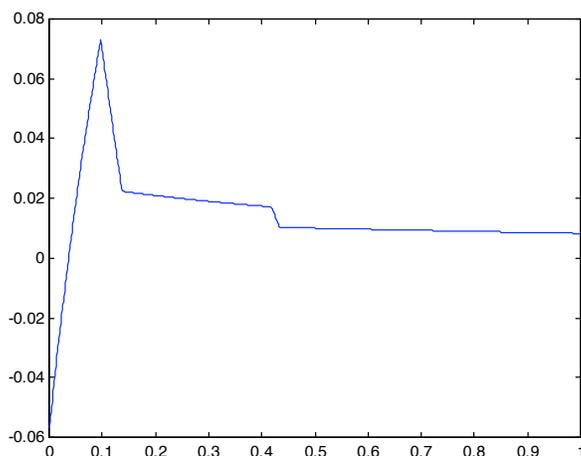
b : consommation de terre $q(y)$



c : différence d'utilité en fonction de y



d : différence d'utilité (en %) en fonction de y



2, au contraire de ceux qui sont juste derrière eux dans l'échelle des revenus. Le phénomène se répète (mais atténué) pour les ménages $y \in [.4180, .4339]$ qui déménagent de la zone 2 vers la zone 1. Enfin, pour les ménages non directement affectés par l'externalité (ceux des zones 1 et 2), on observe que la perte d'utilité (en termes relatifs) est d'autant plus faible que le ménage en est "éloigné" en termes de revenu (autrement dit qu'il est aisé). Ceci est lié à l'observation faite plus haut que la hausse (relative) des loyers s'atténue au fur et à mesure que l'on "s'éloigne" de la zone 3.

3.4.2 V2 : impact non uniforme

On considère maintenant une externalité qui affecte négativement la moitié de la surface de la zone 3. Sur la partie affectée, l'indice de qualité décroît de $1/4$ à $1/6$. On obtient alors une nouvelle situation avec 4 zones, suite à la scission de la zone 3 en deux zones de qualités différentes. Les valeurs d'équilibre sont affichées dans la ligne V2 du Tableau 2 (voir aussi la Figure 7.a)¹⁷.

Comparé à l'équilibre de référence (dont les valeurs sont reprises dans la ligne SR du Tableau 2), on a deux valeurs supplémentaires : le prix de la zone 4 (p_4) et le nouveau revenu de séparation (y_3). Par la suite, la zone 3 de la SR sera désignée par les termes "ancienne zone 3", tandis que sa partie préservée de l'externalité sera désignée par les termes "nouvelle zone 3".

Suite à l'externalité, les ménages qui habitaient dans l'ancienne zone 3 réagissent de trois façons différentes :

- les revenus les plus faibles ($y \in [0, .0499]$) se concentrent dans la partie du territoire *affectée par l'externalité* (la zone 4) ;
- les revenus $y \in [.0499, .1274]$ s'établissent dans la nouvelle zone 3 ;
- les revenus $y \in [.1274, .1376]$ déménagent dans la zone 2.

Si les revenus $y \in [0, .1274]$ choisissent de rester dans l'ancienne zone 3, un certain nombre d'entre eux ont cependant bougé *au sein* de cette zone. Comme en témoigne la Figure 7.b, la consommation individuelle de terre a augmenté dans la zone 4 (la courbe verte relative à V2 est au-dessus de la bleue relative à SR). A surface donnée, cela n'est possible que si la population a baissé. Au sein de l'ancienne zone 3, des habitants se sont donc déplacés de sa partie affectée par l'externalité vers sa partie préservée, avec en conséquence des variations de loyers en sens opposés : le loyer foncier diminue dans la zone 4 et augmente dans la nouvelle zone 3. C'est cette augmentation de p_3 (de .015 à .0186) qui provoque le déménagement des revenus $y \in [.1274, .1376]$ vers la zone 2.

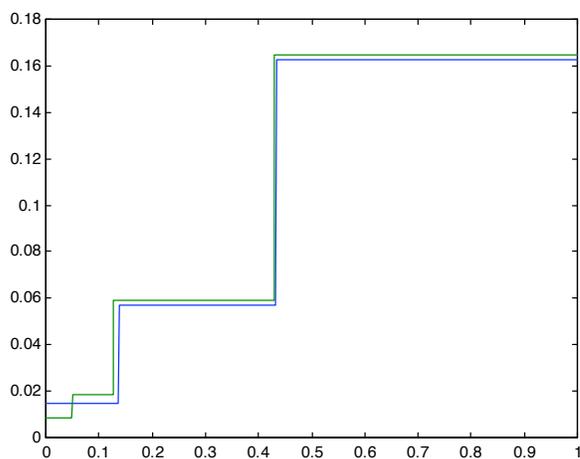
A offre de terre donnée, ce déménagement se traduit par une hausse du loyer foncier dans la zone 2, qui implique à son tour un déplacement des plus hauts revenus de la zone 2 vers la zone 1 (ce que traduit la baisse de y_1 de .4339 à .4299). Comme dans la variante V1, l'externalité provoque donc une hausse des loyers qui se propage de zone à zone et qui finit, quoique en s'atténuant, par toucher tout le territoire (à l'exception de la zone 4 qu'elle affecte directement). Comme le fait apparaître le Tableau 2, l'impact de l'externalité sur les loyers et les revenus de séparation est moindre pour V2 que pour V1, ce qui est logique puisque cet impact n'affecte que la moitié de l'ancienne zone 3 et non plus sa totalité.

Les considérations relatives à la consommation de terre et à l'utilité des ménages en fonction du revenu sont similaires à celles obtenues dans le cadre de V1. La consommation de terre évolue comme une fonction inverse du loyer foncier (cfr. Figure 7.b). L'utilité de tous les ménages locataires baisse, sauf pour les plus bas revenus (cfr. Figure 7.c,d). Mais pour les ménages non directement affectés par l'externalité (ceux des zones 1,2 et de la nouvelle zone 3), la perte d'utilité est d'autant plus faible en termes relatifs que le ménage est aisé (cfr. Figure 7.d).

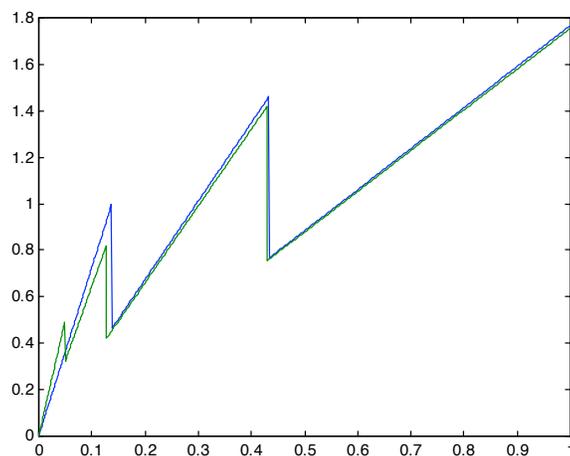
17. L'équilibre foncier est solution des équations (10)-(11), à la différence que :
 (i) il y a maintenant 7 inconnues (3 revenus de séparation y_i^e ($i = 1, 2, 3$) et 4 loyers p_i ($i = 1, 2, 3, 4$))
 (ii) les conditions aux limites sont $y_0 = Y$ et $y_4 = 0$.
 (iii) les vecteurs de surfaces et de qualités sont respectivement $\{L_1, L_2, L_3, L_4\} = \{1, 1, 1/2, 1/2\}$ et $\{a_1, a_2, a_3, a_4\} = \{1, 1/2, 1/4, 1/6\}$.

Figure 7

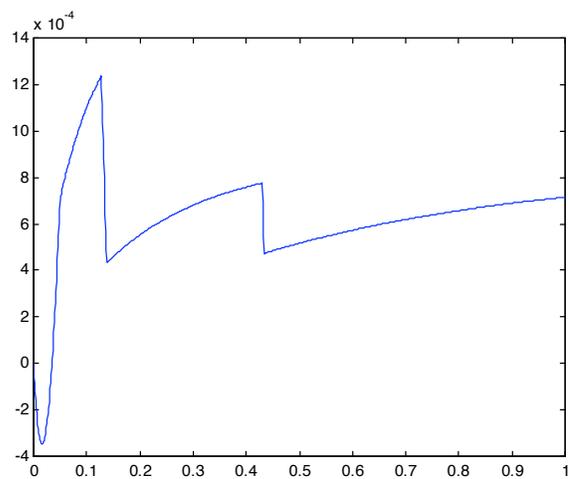
a : loyer foncier $p(y)$



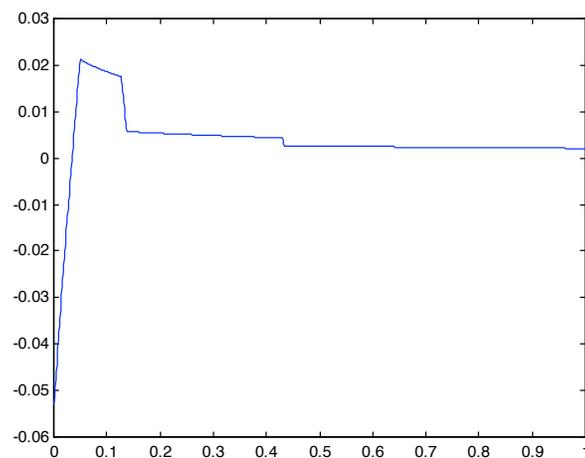
b : consommation de terre $q(y)$



c : différence d'utilité en fonction de y



d : différence d'utilité (en %) en fonction de y



3.4.3 Externalité et taxation : deux remarques

Des considérations qui précèdent, il apparaît que l'externalité ne modifie pas la surface *totale* occupée, qu'elle touche entièrement ou partiellement une zone déterminée. Une première remarque est d'observer que ce résultat est susceptible d'être modifié en présence d'une taxe foncière. Pour illustrer cela, supposons que $t = .01$. Avec une telle taxe, les chiffres du Tableau 2 qui caractérisent l'équilibre de la SR montrent que les 3 zones génèrent une rente positive (les loyers sont tous supérieurs à t) et donc qu'il s'agit d'un EFPE. Il n'en va plus de même dans le cadre des variantes V1 et V2. Les chiffres du Tableau 2 montrent que la zone marginale (la zone 3 pour V1 et la zone 4 pour V2) devient non rentable pour les propriétaires concernés, en conséquence de quoi elle sera retirée de l'offre foncière. D'où une mobilité résidentielle vers les zones qui restent (les zones 1 et 2 pour V1, les zones 1, 2 et la nouvelle zone 3 pour V2) conduisant à un nouvel EFSE, comme analysé à la sous-section 3.2.2. En outre, l'externalité implique une baisse de la recette de la taxe (puisque la surface imposée se réduit) et donc une diminution de la production du BPG. En conclusion, si l'externalité se traduit par une perte de territoire, *tous* les ménages (y compris les revenus les plus faibles) sont alors atteints négativement à travers la hausse des loyers fonciers *et* la diminution de la consommation du BPG.

La deuxième remarque concerne le fait qu'en l'absence de taxation foncière, l'impact de l'externalité sur les propriétaires terriens est contrasté. Il est négatif pour les propriétaires dans la zone affectée car leurs rentes diminuent, et positif pour tous les autres pour la raison inverse. Si l'Etat est à l'origine de l'externalité négative (par exemple parce que c'est lui qui a décidé de l'installation d'un parc d'éoliennes dans une zone déterminée), il peut s'assurer la "neutralité" des propriétaires touchés directement par l'externalité en les compensant pour la perte de rente qu'ils subissent. Ce faisant, il évite également que ces derniers se retirent éventuellement du marché foncier. Pour financer cette compensation, un moyen est d'écrémer le *surplus* de rente dont bénéficient les propriétaires des zones épargnées¹⁸.

Pour illustrer cette idée, on suppose comme point de départ (c-à-d avant externalité) l'EFPE à 3 zones décrit par la ligne SR du Tableau 2. Soit $r_j^* = p_j^* - t > 0$ ($j = 1, 2, 3$) les rentes associées. La taxe (supposée initialement uniforme) vérifie donc $t < p_3^*$. Soit un externalité qui réduit la qualité de la zone 3 (comme pour V1) et p_j^v ($j = 1, 2, 3$) les loyers résultants. L'idée sus-mentionnée est que l'Etat fasse en sorte qu'il n'y ait aucun propriétaire gagnant ou perdant, ce qui implique de différencier la taxe selon la zone de façon que $r_j^v = r_j$ ($j = 1, 2, 3$). La taxe relative à la zone j qui a cette propriété (t_j^v) obéit à l'égalité $p_j^* - t = p_j^v - t_j^v$, ce qui implique

$$t_j^v = t + p_j^v - p_j^*, \quad j = 1, 2, 3 \quad (14)$$

Comme $p_3^v < p_3^*$ et $p_j^v > p_j^*$ ($j = 1, 2$), on vérifie que la taxe diminue en zone 3 et augmente en zones 1 et 2. Suite à la modification de la taxe, il en découle une variation de recettes pour l'Etat égal à

$$\Delta T = \sum_{j=1}^3 [t_j^v - t] L_j = \sum_{j=1}^3 [p_j^v - p_j^*] L_j$$

la deuxième égalité découlant de (14).

Avec les chiffres du Tableau 2 (et $L_1 = L_2 = L_3 = 1$), on obtient $\Delta T = [.1699 - .1627] + [.0652 - .0572] + [.008 - .015] = .0082$. Dans cet exemple, les deux premiers termes représentent l'écrémage du surplus de rente touché par les propriétaires des zones 1 et 2. Le troisième terme représente la compensation des propriétaires lésés de la zone 3. Le surplus (.0082) revient à l'Etat qui peut l'affecter à l'augmentation de la production du BPG.

18. En ce sens et même si ce n'est pas son but premier, la présence d'une taxation foncière permet un mécanisme "automatique" de compensation financière des propriétaires en cas d'installation d'une "désutilité publique" dans leur voisinage. La réduction prend la forme d'une réduction de la taxe à payer sur la rente, ce qui est susceptible d'atténuer des 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.

La littérature à propos du phénomène NIMBY est abondante. Cfr. par exemple Dear (1992) qui en détaille la dynamique et les enjeux.

4 Conclusion

Le présent article développe un modèle reposant sur le concept de rente terrienne à la Ricardo étendu à un contexte résidentiel. A la différence de cet auteur, la rente 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 termes de revenus. Il permet de déterminer les rentes offertes par les différentes zones et comment se répartit la population sur ces dernières. Nous confirmons d'abord un résultat de la littérature, à savoir que la qualité de la zone choisie est d'autant plus grande que le revenu du ménage est élevé.

Dans un deuxième temps, nous introduisons une taxe prélevée sur la rente foncière perçue par les propriétaires sous la forme d'un forfait par unité de surface. Ce système de taxation présente l'avantage de porter sur un facteur de production (la terre) non érudable. Cependant, si son montant dépasse le loyer foncier de certaines zones, la taxe modifie l'équilibre obtenu en son absence, car les propriétaires concernés ont intérêt à se retirer du marché, plutôt que de toucher un revenu foncier négatif (après paiement de la taxe). L'offre de territoires susceptibles d'être mis en location en est réduite d'autant et les ménages doivent se concentrer dans les zones résiduelles, ce qui affecte négativement leurs niveaux d'utilité.

Cependant, si l'Etat recycle les recettes de la taxe foncière pour financer un bien public global, l'impact négatif de la taxe sur les ménages (en particulier sur les revenus les plus faibles) peut être atténué, voire plus que compensé.

Nous étudions ensuite une externalité affectant négativement les aménités d'une zone donnée ou d'une partie de celle-ci. Il en découle une baisse de la rente sur cette zone. Mais le choc induit aussi une mobilité résidentielle entre zones, selon un processus de "vote par les pieds", mobilité qui se traduit par contagion par des hausses de rentes sur les zones non affectées. En l'absence de taxation, l'externalité ne modifie pas la surface totale occupée. Ce résultat est susceptible d'être modifié en présence d'une taxe foncière. Suite à l'externalité, il est possible que la zone affectée devienne non rentable pour les propriétaires concernés, avec la conséquence qu'elle sera retirée de l'offre foncière. Dans ce cas, l'externalité implique une baisse de la recette de la taxe (puisque la surface imposée se réduit) et donc une diminution de la production du bien public global.

L'impact de l'externalité est négatif pour les propriétaires de parcelles dans la zone affectée car leurs rentes diminuent, et positif pour tous les autres pour la raison inverse. Dans ce contexte, si l'Etat est à l'origine de l'externalité négative (par exemple parce que c'est lui qui a décidé de l'installation d'une "désutilité publique" à l'origine de l'externalité), il peut s'assurer la "neutralité" des propriétaires de la zone affectée en les compensant pour la perte de rente qu'ils subissent, ce qui permet d'éviter qu'ils se retirent du marché foncier. Pour financer cette compensation, un moyen est d'écarter le surplus de rente dont bénéficient les propriétaires des zones épargnées.

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" à l'origine de l'externalité. Par ailleurs, voter "avec les pieds" prend du temps. La mobilité résidentielle 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, par exemple, à l'installation de la désutilité. Il serait également intéressant de simuler le modèle sur données "réelles" de façon à pouvoir mieux en évaluer l'intérêt sur un plan empirique.

Références

- G. AHLFELDT (2011) If Alonso was right : modeling accessibility and explaining the residential land gradient. *Journal of Regional Science*, 51(2) : 318–338.
- W. ALONSO (1960) A theory of the urban land market. *Papers in Regional Science*, 6(1) : 149–157.
- 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.
- J.-M. BOUSSARD (2011) L'équilibre général et la rente foncière dans l'oeuvre de Léon Walras. Communication à l'Académie d'Agriculture de France, séance du 1/6/2011.
www.academie-agriculture.fr/seances/seance-libre-8
- J. K. BRUECKNER (2011) *Lectures on Urban Economics*. MIT Press Books.
- B. BÜRGENMEIER (1994) The misperception of Walras. *The American Economic Review*, 84(1) : 342–352.
- M. DEAR (1992) Understanding and overcoming the nimby syndrome. *Journal of the American Planning Association*, 58(3) : 288–300.
- B. ELLICKSON (1981) An alternative test of the hedonic theory of housing markets. *Journal of Urban Economics*, 9 : 56–79.
- B. ELLICKSON AND W. ZAME (2005) A competitive model of economic geography. *Economic Theory*, 25 : 25–103.
- M. FUJITA (1989) *Urban Economic Theory : Land Use and City Size*. Cambridge University Press.
- 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.
- 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.
- E. L. GLAESER (2008) *Cities, Agglomeration and Spatial Equilibrium*. Oxford University Press.
- 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.
- D. RICARDO (1817) *Des principes de l'économie politique et de l'impôt*. Flammarion (traduction française, 1977).
- A. SMITH (1776) *Recherches sur la nature et les causes de la richesse des nations*. Flammarion (traduction française, 1991).
- 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.
- J. E. STIGLITZ (1977) *The Economics of Public Services*, chapter The Theory of Local Public Goods, 274–333. MacMillan.
- C. M. TIEBOUT (1956) A pure theory of local expenditures. *The Journal of Political Economy*, 64(5) : 416–424.
- J. VON THÜNEN (1826) *Der Isolierte Staat in Beziehung auf Lanswirtschaft und National Ökonomie*. Hamburg, Perthes.

Institut de Recherches Économiques et Sociales
Université catholique de Louvain

Place Montesquieu, 3
1348 Louvain-la-Neuve, Belgique

