Document de travail du LEM / Discussion paper LEM
2018- 06

Impacts des coûts des déplacements généralisés sur un marché du travail urbain dispersé spatialement

El Mehdi ABOULKACEM
LEM UMR 9221 / el-mehdi.aboulkacem@hotmail.fr

Hubert JAYET
LEM UMR 9221 / hubert.jayet@univ-lille1.fr

http://lem.cnrs.fr/IMG/pdf/dp2018-06.pdf

Impacts des coûts des déplacements généralisés sur un marché du travail urbain dispersé spatialement
Une approche théorique

El Mehdi Aboulkacem*   Hubert Jayet*

* LEM : Université de Lille

1 Introduction

Faciliter l'accès aux emplois pour les travailleurs au chômage est un des objectifs des politiques d'aménagement des territoires basées sur la construction ou l'amélioration des infrastructures et des services de transport public urbain. L'idée de base est simple. Grâce à la baisse globale des coûts monétaires et des durées de déplacement engendrées par ces améliorations, les travailleurs au chômage peuvent élargir leur périmètre de recherche d'emploi et par conséquent avoir plus de chances de sortir du chômage.

Le besoin d'améliorer les infrastructures et les services de transport public urbain s'impose de par la déconnexion spatiale entre les résidences des travailleurs et les emplacements des entreprises qui les emploient. Les effets négatifs de cette déconnexion sur le fonctionnement du marché du travail ont été soulignés depuis longtemps en économie urbaine, particulièrement dans la littérature sur l'Hypothèse du Spatial Mismatch (HSM). Cette littérature est née aux États-Unis à la suite de l'article fondateur de Kain (1968) attribuant le fait que la population afro-américaine fasse face à un taux de chômage beaucoup plus élevé et soit beaucoup moins bien rémunérée que la population blanche à la déconnexion spatiale entre les centres-villes où cette population est restée piégée et les périphéries des villes où les grandes entreprises se sont installées suite à la vague de délocalisions que les métropoles américaines ont connue au début de la seconde moitié du vingtième siècle.

L'intuition de Kain (1968) a inspiré une littérature empirique abondante qui l'a testée et a confirmé sa pertinence. En outre, cette littérature fait état de deux faits stylisés importants, le premier étant que les ménages noirs font face à des restrictions raciales les empêchant de s'installer en banlieue et de se rapprocher des opportunités d'emploi et le second étant que les travailleurs habitant dans les zones les plus isolées et les moins bien desservies par les infrastructures et les services de transport ont des difficultés à collecter des informations concernant les opportunités d'emploi car ils supportent des coûts de prospection élevés, d'où une recherche d'emploi moins intense et moins efficace.

Les premiers papiers théoriques relatifs à la HSM ont été publiés assez tardivement, vers la fin des années 1990, soit près de trois décennies après la publication de Kain (1968) [1]. Cette littérature peut être classifiée selon différents prismes de lecture, notamment celui la scindant en deux catégories : d'un côté les papiers modélisant les causes du Spatial Mismatch [2] et de l'autre les papiers analysant ses conséquences [3] sur les distributions spatiales, les taux de chômage et le bien-être social de différents types de travailleurs.

La problématique que nous traitons dans ce papier le fait s'insérer dans la seconde catégorie. Nous partons d'une situation dans laquelle les lieux de résidence des travailleurs et les localisations des entreprises sont spatialement séparées, et nous analysons comment les paramètres de l'infrastructure de transport urbain (coûts monétaires et durées des trajets effectués grâce à cette infrastructure) influent sur le processus de recherche d'emploi côté travailleur, sur le processus de recrutement des travailleurs côté firmes et sur le processus d'appariement entre ces deux acteurs. En cela, nous consolidons des ponts reliant trois versants de la littérature économiques : celui de l'économie urbaine, celui de la théorie de l'appariement et celui de la théorie de la prospection.

Quoique relativement tardive, cette jonction parait s'imposer d'elle-même dès lors qu'on s'intéresse au fonctionnement microéconomique d'un marché du travail. En effet, les coût inhérents à la recherche d'emploi ou de travailleurs et leurs conséquences en terme de participation au marché du travail et de rémunération, ainsi qu'une grande part des frictions ralentissant l'appariement entre travailleurs au chômage et postes vacants et leurs conséquences sur les taux de chômage et les taux de postes non pourvus et leurs distributions spatiales sont à la fois des causes et des conséquences de l'éparpillement spatiale de l'activité économique et des performances des infrastructures et des services de transports urbains.

Cependant, les papiers théoriques reliant l'économie urbaine et l'économie du travail sont rares. Smith et Zenou (1995) part du modèle du salaire d'efficience de Shapiro et Stiglitz (1984) [4] et montre que, dans une ville monocentrique fermée dans laquelle il existe une concurrence pour le foncier et où les déplacements sont couteux, la hausse du chômage involontaire due au monitoring des firmes s'accentue. Smith et Zenou (1997) prolonge le travail entamé dans Smith et Zenou (1995) en y ajoutant la possibilité de l'émergence d'un second secteur d'activité dès que la demande pour un premier secteur, dont les producteurs sont localisés dans le CBD diminue, l'objectif étant d'étudier les conditions d'émergence de ce second secteur, déterminer sa localisation dans la ville et son

1. Gobillon et al. (2007) dresse un panorama très exhaustif de cette littérature.

2. La grande majorité de ces papiers considère le Spatial Mismatch comme une situation qui nait des restrictions raciales auxquelles la population afro-américaine doit faire face sur le marché immobilier et le marché des crédits.

3. Gobillon et al. 2007 classe les papiers en deux groupes, le premier regroupant les papiers adoptant le point de vue des firmes et le second celui des travailleurs

4. Ce papier montre que le monitoring effectué par les firmes afin de faire baisser le « shirkhing » conduit à une hausse du niveau du chômage involontaire

impact sur le taux de chômage des travailleurs.

Coulson et al. (2001) et Wasmer et Zenou (2002) s'intéressent au processus de recherche d'emploi dans un cadre urbain et mettent l'accent plus particulièrement sur l'impact de la baisse de l'information concernant les opportunités d'emploi avec la distance au centres d'emploi. Bien qu'adoptant des hypothèses proches, les deux papiers diffèrent tant dans l'approche que dans l'objectif. D'un coté, Coulson et al. considère une ville avec deux centres d'emplois et montre que l'existence de coûts relatifs à la recherche d'emploi [5] et d'un différentiel de coût d'entrée des firmes entres les deux centres suffit à générer tous les faits stylisés du Spatial Mismatch. De l'autre, Wasmer et Zenou s'inscrit plus dans l'étude des conséquences des différents équilibres urbains sur l'équilibre du marché du travail, grâce à un modèle de prospection avec détermination endogène du lieu de résidence des travailleurs.

Dans les deux papiers cités ci-avant, le processus d'appariement entre les emplois vacants et les travailleurs au chômage est est représenté par une fonction d'appariement standard [6] dont la forme n'est pas déterminée. Nous n'avons trouvé qu'un seul papier consacré à la construction d'une fonction d'appariement engendrée par un processus micro-fondé de recherche d'emploi dans un cadre spatial, Smith et Zenou (2003) [7]. Dans ce dernier, les auteurs prennent pour hypothèse la baisse de l'information concernant les opportunités d'emploi avec la distance au CBD et, grâce à un modèle d'appariement couplé à un modèle de choix de localisation du lieu de résidence, concluent qu'il n'existe que trois équilibres urbains compatibles avec cette hypothèse dont deux en adéquation avec les faits stylisés du Spatial Mismatch [8].

Ainsi, lorsqu'on parcourt la littérature théorique relative à la HSM, on constate que la question du rôle des infrastructures et des services de transport est totalement laissée pour compte [9]. Il n'existe aujourd'hui à notre connaissance aucun papier théorique reliant directement les paramètres du système de transports au nombre de chômeurs et de postes vacants dans une ville. Par ailleurs, tous les papiers de la littérature théorique relative à la HSM prennent pour cadre géographique une ville monocentrique. Or il est désormais nécessaire de sortir de ce cadre trop simple car, d'une part, une décomposition plus fine de l'espace urbain est indispensable si l'on veut étudier de façon précise l'impact des infrastructures de transport et, de l'autre, parce que les opportunités d'emploi ne se concentrent pas en un seul ou en un nombre restreint d'endroits mais

5. Les coûts liés au processus de la collecte d'informations sur les opportunités d'emploi vont de pair avec la capacité des travailleurs à se déplacer entre les zones où les centres d'emploi se situent. La capacité à se déplacer dépend de chaque travailleur, indépendamment de la localisation de sa résidence. Celle-ci est considérée comme déterminée ex ante.

6. Elle est concave, croissante avec le nombre de chômeurs et le nombre d'emplois vacants et homogène de degré un

7. Ce papier est un prolongement de Smith et Zenou (2001), qui pose les fondements du modèle et de la fonction d'appariement utilisés dans Smith et Zenou (2003) mais dans lequel la dimension spatiale est absente.

8. Dans ce papier, les auteurs montrent qu'à l'équilibre, les travailleurs au chômage résident soit près du CBD, soit en périphérie de la ville soit les deux.

9. Quelques papiers l'évoquent très brièvement, notamment Coulson (2001).

peuvent être localisées partout, dans des proportions variables, surtout dans des villes où l'activité économique ne repose pas essentiellement sur l'industrie mais sur des services marchands et non marchands dont une grande partie ne peut être produite et consommée que localement.

L'objectif du présent papier est de combler ces deux lacunes, notamment en allant plus loin dans l'analyse de l'impact de la dispersion spatiale des acteurs économiques et des paramètres du système de transport urbain sur le processus d'appariement entre les travailleurs à la recherche d'emplois et les entreprises avec des postes vacants. L'une des contributions principales du papier consiste en la construction d'une fonction d'appariement engendrée par un processus de recherche d'emploi micro-fondé qui se caractérise par deux aspects novateurs : le premier étant qu'il se déroule dans une ville décomposée en plusieurs quartiers reliés par une infrastructure de transport et le second étant que les paramètres de cette infrastructure et ce qui en ressort en terme d'accessibilité de tous les quartiers est pris en considération par les différents agents économiques dans leur processus de prise de décision. La fonction d'appariement ainsi construite peut-être utilisée pour évaluer l'impact du changement d'un des paramètres de l'infrastructure de transport sur le Mismatch entre les postes vacants et les travailleurs au chômage, que ce soit à un niveau local [10] ou global [11], quelle que soit la configuration de la ville considérée.

Un second point différenciant ce papier de ce qu'on peut trouver aujourd'hui dans la littérature théorique est que le modèle que nous y développons ne repose pas sur l'hypothèse de la baisse de l'information avec la distance aux centres d'emploi [12]. En effet, nous ne nous intéressons pas ici aux frictions liées à la recherche d'emploi ou de travailleurs à enrôler à proprement parler [13], mais nous apportons un éclairage sur ce qui se passe une fois que l'information révélant l'existence des postes vacants est parvenue aux travailleurs au chômage. Ce qui nous importe ici ce sont les conséquences du travail de diffusion et de collecte d'information en terme de concurrence entre les firmes pour les travailleurs et entre les travailleurs pour les emplois. Un travailleur ayant fait de la prospection est vraisemblablement au courant de plusieurs opportunités pouvant convenir à ses aptitudes. Dans ce cas, si les signaux de productivité qu'il renvoie sont suffisamment intéressants, les firmes qu'il a contactées doivent se concurrencer

10. Au niveau d'un quartier ou d'un groupe de quartiers

11. Au niveau de toute la ville

12. Deux raisons motivent ce choix. Le premier est que dans notre modèle il n'y a pas vraiment de centres d'emploi (Cf. section 2) et le second est qu'en raison de l'évolution des moyens de télécommunication, il n'est quasiment plus nécessaire de se déplacer pour avoir des informations concernant les opportunités d'emploi. Notons d'ailleurs que les papiers faisant hypothèse de la baisse de l'information avec la distance datent du début des années 2000 pour les plus récents. La révolution que représente aujourd'hui internet n'était alors qu'à ses balbutiements.

13. Nous considérons qu'on parle de frictions liées à la recherche dès lors qu'on est au stade où les firmes avec des postes vacant diffusent cette information auprès du plus grand nombre de travailleurs, ou lorsqu'il s'agit du côté des travailleurs d'avoir connaissance d'un nombre satisfaisant d'opportunités d'emplois. A ce stade, les deux agents ont un intérêt commun. Ce qui se passe une fois l'information diffusée et parvenue aux destinataire relève plutôt de l'appariement.

pour l'enrôler. D'un autre côté, plusieurs travailleurs au chômage peuvent être intéressés par un même poste vacant et être par conséquent en concurrence pour l'obtenir. La concurrence est plus rude dans un sens ou dans l'autre en fonction du ratio emplois vacants - travailleurs au chômage.

Sur le plan géographique, la concurrence que se livrent les entreprises et celle que se livrent les travailleurs revêtent une dimension spatiale dont l'infrastructure et les services de transport urbain est le vecteur principal. Concrètement, les entreprises localisées dans des zones bien desservies par les transports sont susceptibles d'attirer, à rémunération égale, plus de travailleurs que les entreprises localisées dans des zones mal desservies. Pour compenser ce désavantage, les entreprises mal desservies doivent faire un effort de rémunération supplémentaire, or toutes n'en sont pas capables. Côté travailleurs, résider dans une zone bien desservie par les transports donne accès à un plus grand nombre d'emplois dans un périmètre de déplacement qui demeure raisonnable tant au niveau de la distance qu'au niveau des durées et des coût des déplacements. Ainsi, les travailleurs résidant dans les zones accessibles sont doublement avantagés : ils ont statistiquement plus de chances de sortir du chômage et compte tenu du nombre de possibilités qu'ils peuvent considérer, ils sont susceptibles d'avoir de meilleures rémunérations que les travailleurs résidant dans les zones peut accessibles.

Les différentes étapes de la construction de la fonction d'appariement à laquelle nous aboutissons tiennent compte de ces faits. Par ailleurs, la fonction que nous obtenons satisfait l'ensemble des critères que doit satisfaire une fonction d'appariement standard. Enfin, les résultats que nous obtenons montrent qu'une amélioration bien pensée des infrastructures et des services de transport peut déboucher à la fois sur la réduction du taux de postes vacants et sur la baisse de la ghettoïsation.

La suite du papier se présente comme suit. Dans la section 2 nous présentons le cadre géographique et le processus dd'appariement entre firmes et travailleurs. Dans la section 3 nous présentons et détaillons l'ensemble des étapes suivies pour construire les différentes fonction d'appariement que nous avons obtenues. Enfin dans la section 4 nous concluons avec des remarques et des perspectives de travaux à venir.

2 Modèle

Nous considérons une ville fermée formée de N quartiers reliés les uns aux autres par une infrastructure et des services de transport urbains et un horizon temporel consistant en une séquence infinie de courtes périodes. Notre objectif étant l'étude du rôle de l'infrastructure et des services de transport urbains dans l'appariement entre des travailleurs et des postes vacants séparés spatialement et non l'étude des choix de résidence des travailleurs et de localisation des firmes, la localisation des uns et des autres est prédéterminé et reste inchangée pendant suffisamment longtemps pour être considérée comme fixe, au moins à moyen terme.

Il est utile de rappeler que l'hypothèse des coûts de relocalisation nuls, très souvent faite en économie urbaine et qui conduit à ce qu'à l'équilibre les localisations des différents agents économiques soient optimales n'est pas valable dans la réalité. Les coûts monétaires liés aux déménagements ou aux relocalisations, auxquels s'ajoutent les contraintes non monétaires[14] qui leurs sont inhérentes et l'absence d'information complète des travailleurs et des firmes, sont autant de facteurs qui font que les choix de localisation de ces agents dans la ville ne peuvent être optimaux[15] que par le fait du hasard. Les gouvernements et les autorités locales peuvent, compte tenu de la vue d'ensemble qu'ils possèdent, formuler des incitations dans le but de rapprocher spatialement des firmes et des travailleurs au chômage, en aidant par exemple des firmes à s'installer dans des quartiers où les taux de chômage sont élevés. Cependant, cela ne garantit pas que les emplois créés par ces firmes soient occupés par des travailleurs résidant dans les quartiers pour lesquels la baisse du chômage a été ciblée, surtout dans un contexte économique marqué par une rareté des opportunités d'emploi, rendant les travailleurs prêts à se déplacer quotidiennement de très loin pour concurrencer ceux qui résident près de ces opportunités (Voir chapitre 2). Au vue de ces éléments, il parait clair que la fluidification des frictions causées par la séparation spatiale des travailleurs et des firmes doit passer, tout du moins partiellement, par une amélioration bien pensée des infrastructures et des services de transport urbains.

Au début de chaque période, on compte dans chaque quartier $i = 1...N$, U_i travailleurs au chômage etV_i postes vacants à pourvoir. Seuls les travailleurs au chômage sont concernés par la recherche d'emploi et leur prospection s'étend à tous les quartiers de la ville. Les firmes diffusent le plus largement possible les postes à pourvoir et n'exercent envers les travailleurs aucune discrimination basée sur leur lieu de résidence. Si un poste vacant reçoit plusieurs candidatures, le seul critère de sélection est la productivité des travailleurs[16].

Pour exercer leur métier, les travailleurs en poste doivent se déplacer quotidiennement de leur lieu de résidence vers les firmes qui les emploient. Ces trajets engendrent une dépense monétaire et ont un coût temporel. On note θ_{ij} le coût généralisé engendré par les déplacements domicile-travail auquel un travailleur résidant en i et employé par une firme en j doit faire face. Ce coût englobe la dépense monétaire réelle et l'équivalent monétaire de la désutilité du temps de déplacement. Notons que les durées de ceux-ci ne dépendent pas uniquement

14. Un déménagement est un processus couteux et les travailleurs au chômage ne peuvent souvent pas supporter ce coût. Par ailleurs, les travailleurs au chômage font face à une discrimination au niveau du marché immobilier, surtout quand celui-ci est tendu, chose qui restreint considérablement leur mobilité et les contraint à rester dans leur lieu de résidence.

Du côté des firmes, se rapprocher des zones résidentielles n'est pas toujours possible. Les différentes règlementations et normes sanitaires et environnementales contraignent les firmes d'un certain nombre de secteurs à être localisées loin des habitations.

15. L'optimalité ici est au sens où les travailleurs se localisent de façon à maximiser leurs chances de trouver un emploi et les firmes se localisent de façon à pouvoir recruter facilement des travailleurs.

16. La notion de productivité que nous adoptons ici est expliquée plus en détail ci-après.

des distances à parcourir mais également, et surtout, de la qualité des liaisons entre les différents quartiers.

Pour rendre compte de façon précise de la dimension spatiale qui entre en jeu dans le processus de recherche d'emploi et du rôle de l'infrastructure et des services de transport dans l'appariement entre les postes vacants et les travailleurs au chômage, nous ne pouvons pas faire un usage direct de la fonction d'appariement macroéconomique standard à la Mortensen et Pissarides. Il nous est donc nécessaire d'en construire une en se basant sur un scénario de prospection micro-fondé. Par souci de simplification, nous supposons que tous les travailleurs sont neutres au risque, vivent indéfiniment, sont dotés d'une unité de travail qui ne peut être fournie qu'à une seule firme et peuvent postuler pour occuper n'importe quel poste vacant. Ce qui différencie un travailleur qui postule pour un poste qui correspond à ces qualités et un autre qui postule pour un poste pour lequel il ne remplit pas les critères requis c'est le signal de productivité envoyé à l'employeur. Celui-ci, en plus de sélectionner ses futurs employés en se basant sur ces signaux, s'en sert également pour fixer les rémunération de ces éventuels futurs employés. Dans ce contexte, l'appariement entre les emplois vacants et les travailleurs à la recherche d'emplois se fait conformément au processus suivant :

1. Au début de chaque période, chaque travailleur au chômage est informé de l'existence de plusieurs postes vacants. Pour simplifier les calculs à venir, nous supposons que les firmes au sein desquelles ces postes sont à pourvoir sont localisées dans des quartiers deux à deux distincts[17]. L'information consiste en la disponibilité effective du poste et en la rémunération offerte au travailleur s'il est embauché. La rémunération se compose de deux parties : une partie déterministe commune à tous les postes et à tous les travailleurs et une partie aléatoire qui dépend de chaque couple poste vacant - travailleur postulant. La partie aléatoire de la rémunération se détermine au regard des signaux de compatibilité et de productivité renvoyés par le travailleur à son éventuel futur employeur. Plus ceux-ci sont positifs, plus le montant offert est élevé.
2. Une fois que les travailleurs ont pris connaissance de toutes les rémunérations offertes par les firmes dont l'information au sujet des postes vacants leur est parvenue, ils candidatent pour un poste au plus, celui offrant la meilleure rémunération nette des coûts généralisés des déplacements. Néanmoins, si celle-ci est inférieure au montant du salaire de réserve, il n'y a pas candidature et une meilleure proposition est recherchée à la période suivante. Par ailleurs, il n'y a aucune communications entre les travailleurs. Par conséquent, ceux-ci ne peuvent évaluer la concurrence à laquelle ils font face pour chaque emploi.
3. Côté firmes, chaque poste vacant reçoit un certain nombre de candidatures. Si pour un poste plusieurs candidatures sont reçues, la firme embauche le travailleur qu'elle perçoit comme le productif, celui à qui

17. Il est possible de garder la possibilité que le travailleurs soient informés de plusieurs offres d'emplois dans le même quartier. Cela est mathématiquement réalisable mais n'apporte à nos yeux aucun éclairage pertinent sur l'analyse des mécanismes qui nous intéressent.

elle offre la meilleure rémunération et lui notifie de commencer le travail dès le début de la période suivante. Les postes qui n'ont reçu aucune candidature restent vacants et sont proposés à la période suivante.

4. A l'issue de la sélection des candidatures les travailleurs dont les signaux de productivité ne sont pas les meilleurs ne sont pas retenus. Ils cherchent de nouvelles opportunités d'emploi à la période suivante.
5. A la fin de chaque période, le nombre de postes pourvus et donc le nombre de travailleurs sortis du chômage correspond au nombre de postes vacants ayant reçu au moins une candidature.

Les coût généralisés engendrés par les trajets domiciles-travail interviennent dans l'étape 2 du processus, celle où les travailleurs sélectionnent les opportunités d'emplois auxquelles candidater. Il s'agit d'une étape importante puisqu'elle conditionne la suite du processus. Côté travailleurs, on peut préférer rester sans emploi car l'utilité que peut rapporter la meilleure opportunité n'est pas suffisamment élevée pour compenser la désutilité des trajets domicile-travail qu'elle engendre. Par conséquent, côté firmes, on risque de ne pas avoir de candidats désireux de pourvoir les postes vacants. Dans ce cas, si les coûts généralisés des déplacement restent inchangés, l'unique moyen pour des firmes d'élargir leur périmètre de recrutement est d'augmenter les rémunérations qu'elles proposent ; or toutes n'en sont pas capables (voire chapitre 3).

La construction de la fonction d'appariement se fait en 3 étapes. Dans un premier temps, nous calculons pour chaque couple de quartiers (i, j) le nombre de travailleurs résidant en i ayant été embauchés par des firmes localisées en j à la fin de chaque période. Cette étape est la plus compliquée et est la pierre angulaire du modèle. Par la suite, nous utilisons les résultats de cette étape pour calculer pour chaque quartier le nombre total de travailleurs qui ont été embauchés et le nombre total de postes vacants qui ont été pourvus. Enfin, grâce à une dernière agrégation, nous obtenons le nombre de postes vacants pourvus dans toute la ville. Ce nombre correspond également au nombre de travailleurs ayant trouvé un emploi dans la ville.

3 Les fonctions d'appariement

Nous étudions tout d'abord les conditions de candidature des travailleurs, puis le processus de sélection des firmes, puis la probabilité qu'un poste dans un quartier j soit pourvu par un travailleur résidant dans un quartier i, pour enfin aboutir aux quatre fonctions d'appariement citées ci-avant.

3.1 Les candidatures

Considérons un travailleur résidant dans un quartier i ayant des informations sur N opportunités d'emplois situées dans des quartiers deux à deux distincts.

Nous supposons par souci de simplification que l'absence d'information concernant des emplois dans quelques quartiers est aussi une information. Nous lui associons une rémunération nulle.

La rémunération à laquelle peut prétendre le travailleur pour un poste localisé en j s'écrit

$$w_j = w^* + \epsilon_j$$

où w^* est une partie du salaire déterministe commune à tous les postes et à tous les travailleurs et ϵ_j un terme aléatoire tiré d'une distribution de Gumbel de paramètre μ et qui reflète les caractéristiques des firmes localisées en j, en particulier leur « champ de compatibilité » avec les qualités du travailleur.

Les trajets domicile-travail engendrent un coût généralisé θ_{ij}. Ainsi, la rémunération nette des coûts des déplacements pour un poste en j s'écrit :

$$v_{ij} = w_j - \theta_{ij} = w^* - \theta_{ij} + \epsilon_j$$

Conformément à la démonstration de la partie A de l'annexe, la meilleure rémunération nette des coûts des déplacements à laquelle un travailleur résidant en i peut prétendre s'écrit :

$$v_i = \max_j (v_{ij}) = w^* - \Theta_i + \eta \tag{1}$$

où η est un terme aléatoire tiré d'une distribution de Gumbell de paramètre μ et $\Theta_i = -\mu \log \left(\sum_j \mathrm{e}^{-\frac{\theta_{ij}}{\mu}} \right)$ un terme qui dépend des coûts généralisés de déplacement de i vers tous les quartiers de la villes. Il parait assez clairement que Θ_i augmente avec ces coûts. Ce terme peut ainsi être interprété comme un indice d'isolement traduisant la difficulté que les travailleurs résidant dans le quartier i éprouvent pour se déplacer vers les autres quartiers de la ville. Naturellement, $-\Theta_i$ s'interprète comme un indice d'accessibilité du quartier i.

D'après l'expression 1, l'isolement d'un quartier impacte négativement la meilleure rémunération nette des coûts de déplacement à laquelle les travailleurs qui y résident peuvent prétendre. En terme de participation au marché du travail, cela peut se traduire par des taux de chômage volontaires plus importants dans les quartiers isolés que dans les quartiers accessibles. La raison est que pour se porter candidat pour un emploi, peu importe lequel, une condition insuffisante mais néanmoins nécessaire doit être remplie, celle que l'utilité procurée par cet emploi soit supérieure à l'utilité de rester au chômage. Si le poste procurant la plus grande utilité ne satisfait pas cette condition, les autres postes ne la satisfont pas non plus et le travailleur préfère rester au chômage.

D'un point monétaire, la condition nécessaire et suffisante pour qu'un travailleur résidant en i se porte candidat pour un poste est que la meilleure rémunération nette des coûts des déplacements qu'il est susceptible de recevoir doit être supérieure à son salaire de réserve.

Si on note $\bar{v}_i$ le salaire de réserve d'un travailleur résidant en i, la probabilité qu'il ne se porte candidat pour aucune des opportunités dont il est informé est

$$\bar{P}_i = \Pr(v_i < \bar{v}_i) = \exp\left(-e^{-\frac{\bar{v}_i - w^* + \Theta_i}{\mu}} \right) \tag{2}$$

Il apparait assez nettement que la probabilité qu'un travailleur ne se porte candidat pour aucune des opportunités d'emploi dont il est informé augmente avec l'isolement du quartier dans lequel il réside.

Il reste maintenant à déterminer la probabilité de se porter candidat pour un poste en j. Pour cela, la rémunération nette des coûts de déplacement qu'offre ce poste doit d'un côté être la meilleure (condition (i)) et de l'autre être supérieure au salaire de réserve du travailleur (condition (ii)).

La probabilité qu'un poste en j offre à un travailleur en i la meilleure rémunération nette des couts des déplacements est :

$$P_{ij} = \Pr\left(v_i = \max_k\left(v_{ik}\right)\right) = \frac{e^{\frac{w-\theta_{ij}}{\mu}}}{\sum\limits_k e^{\frac{w-\theta_{ik}}{\mu}}} = \exp\left(\frac{-\theta_{ij}+\Theta_i}{\mu}\right) \tag{3}$$

Par ailleurs, 1 reste valide conditionnellement au fait que la meilleure rémunération nette des coûts de déplacement est celle du poste en j :

$$\Pr\left(v_{ij} \leq v \mid v_{ij} = \max_k\left(v_{ik}\right)\right) = \exp\left(-e^{-\frac{v-w^*+\Theta_i}{\mu}}\right)$$

Conformément à ce que nous pouvions attendre, 3 montre que la probabilité que la rémunération nette des coûts de déplacement reçu par un travailleur résidant en i soit celle venant d'un poste en j diminue quand θ_{ij} augmente [18]. La Figure 1 montre l'allure de cette décroissance.

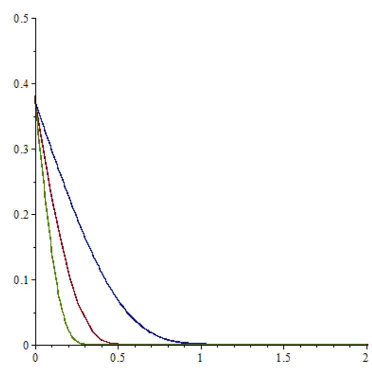

FIGURE 1 – P_{ij} en fonction de θ_{ij} pour différentes valeurs des autres paramètres

Comme dans un système de vases communiquants, la probabilité que la rémunération nette des coûts de déplacement reçue par un travailleur résidant en i soit celle venant d'un poste en j augmente quand les coûts généralisés des déplacements entre i et les autres quartiers augmente. La Figure 2 montre l'allure de cette augmentation.

18. D'après les propriété standards de la loi logistique

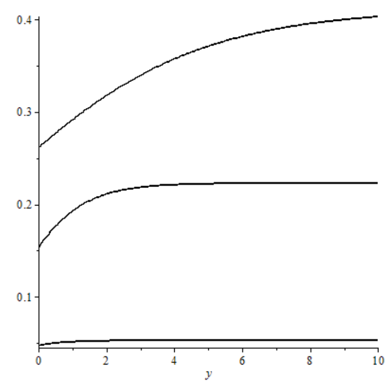

FIGURE 2 – P_{ij} en fonction de θ_{ik} pour différentes valeurs des autres paramètres

Enfin, la probabilité que la rémunération nette des couts de déplacement d'un poste en j satisfasse les deux conditions nécessaires pour qu'un travailleur résidant i s'y porte candidat est :

$$\begin{aligned}\tilde{P_{ij}} &= \Pr\left(v_j = \max_k (v_k)\right) \Pr\left(v_j > \overline{v}_i | v_j = \max_k (v_k)\right) \\ &= \exp\left(\frac{-\theta_{ij} + \Theta_i}{\mu}\right)\left[1 - \exp\left(-e^{-\frac{\overline{v}_i - w^* + \Theta_i}{\mu}}\right)\right]\end{aligned}$$

Cette probabilité décroit quand les coûts généralisés de déplacement entre i et j augmentent [19].

3.2 Les postes vacants

Considérons un poste vacant dans une firme localisée en j. De chaque quartier $i = 1...N$, $0 \leq k_i \leq U_i$ travailleurs au chômage ont de l'information sur ce poste. Rappelons qu'avoir de l'information concernant un poste vacant ne conduit pas forcément au dépôt d'une candidature. Pour qu'un poste en j reçoive une candidature de i il faut que pour au moins un travailleur de i les conditions (i) et (ii) soient remplies.

Négligeons temporairement la condition (ii) et appelons candidats potentiels pour le poste en j les travailleurs pour lesquels ce poste offre la meilleure rémunération nette des coûts des déplacements. Nous savons grâce à 3 que P_{ij} est la probabilité qu'un travailleur de i soit candidat potentiel pour le poste. Nous sommes ici en présence d'une épreuve de Bernoulli dont le succès correspond à « se porter candidat » et l'échec correspond à « ne pas se porter candidat ». Ainsi, si nous considérons que les travailleurs agissent indépendamment les uns des autres, le nombre de candidats potentiels de i pour un poste en j est une

19. Cette probabilité est le produit d'une fonction décroissante en θ_{ij}et d'une terme positif

variable aléatoire discrète qui suit une loi binomiale de paramètres $(k_i\,;\,P_{ij})$. Ainsi, la probabilité que le nombre de candidats potentiels venant de i soit égal à q_i conditionnellement au nombre k_i de travailleurs résidant en i informés du poste est

$$\Pr\left(q_i \mid k_i\right) = \frac{k_i!}{q_i!\,(k_i - q_i)!} P_{ij}^{q_i}\left(1 - P_{ij}\right)^{k_i - q_i}$$

Supposons maintenant que, pour le poste en j que nous considérons, nous comptons q_i candidats potentiels de chaque quartier $i = 1...N$. Dans ce cas, le candidat potentiel le plus à même de prendre le poste est le candidat le plus productif. Pour déterminer de qui il s'agit, on peut comparer en seule fois toutes les candidatures potentielles ou bien procéder en deux étapes, la première étant de déterminer pour chaque quartier la meilleure candidature potentielle qui en provient et la seconde de comparer les meilleures candidatures potentielles entre elles. Les deux façons de faire aboutissent au même résultat. Pour une question de facilité mathématique nous choisissons de procéder en deux étapes.

Rappelons que la rémunération attribuée à un travailleur de i s'écrit $w_i = w^* + \epsilon_i$. Grâce à 3, nous savons que conditionnellement au fait qu'il soit candidat potentiel pour ce poste en j, la rémunération nette des coûts des déplacements offerte à un travailleur de i est $v_{ij} = v_i = w^* - \Theta_i + \eta$ où Θ_i est l'indice d'isolement du quartier i et η une réalisation aléatoire d'une Gumbell de paramètre μ. Sachant que $v_{ij} = w_{ij} - \theta_{ij}$, la rémunération donnée par la firme à un candidat potentiel venant de i s'écrit

$$w_{ij} = w^* - \Theta_i + \theta_{ij} + \eta$$

Par conséquent, la rémunération attribuée au candidat potentiel le plus productif résidant en i est (Démonstration en annexe B)

$$\max_i\left(w_{ij}\right) = w^* + \Delta_{ij} + \mu \log q_i + \eta_i \tag{4}$$

Avec $\Delta_{ij} = \theta_{ij} - \Theta_i$.

Pour que le poste soit pourvu par un travailleur de i il faut, en plus du fait que le travailleur le plus productif de i soit un candidat réel [20], qu'au moins l'une des deux conditions suivantes soit remplie pour chaque quartier de provenance des candidatures potentielles m $(m \neq i)$ [21] :

1. La meilleure candidature potentielle en provenance de m doit être moins productive que la meilleure candidature potentielle en provenance de i. L'inégalité suivante doit être satisfaite :

$$\eta_m < \Delta_{ij} - \Delta_{mj} + \mu \log\left(q_i / q_m\right) + \eta_i$$

20. Si la candidature la plus productive de i ne donne pas lieu à une candidature effective, les autres candidatures potentielles de i non plus.

21. Il s'agit là d'un problème de dénombrement assez simple. Si le travailleur le plus productif de i est réellement candidat, il est embauché dans deux cas, le premier est s'il n'y a pas de concurrence venant des autres quartiers et le second est s'il y a des concurrents venant d'autres quartiers mais qui sont moins productifs.

2. La productivité du meilleur candidat potentiel en provenance de m n'est pas suffisamment élevée pour déclencher un candidature effective. Cela se traduit par l'inégalité suivante :

$$\eta_m < \Theta_m - w^* + \overline{v}_m - \mu \log q_m$$

Des deux conditions ci-avant, nous déduisons que, pour que le poste soit pourvu par un travailleur résidant en i, il faut pour chaque quartier $m \neq i$ que l'inégalité suivante soit satisfaite :

$$\eta_m < \Delta_{ij} - \Delta_{mj} + \mu \log (q_i/q_m) + \max (\eta_i, -\Delta_{ij} - w^* - \mu \log q_i + \overline{v}_m + \theta_{mj}) \tag{5}$$

Reste maintenant à déterminer $\max (\eta_i, -\Delta_{ij} - w^* - \mu \log q_i + \overline{v}_m + \theta_{mj})$.

Sachant que le candidat potentiel le plus productif en provenance de i n'est réellement candidat pour un poste en j que si la rémunération nette des coûts des déplacements qui lui est offerte est supérieure à son salaire de réserve, à savoir si l'inégalité $\eta_i > \Theta_i - w^* + \overline{v}_i - \mu \log q_i$ est satisfaite, pour chaque quartier $m \neq i$ les deux scénarios suivants sont envisageables :

1. $\overline{v}_i + \theta_{ij} > \overline{v}_m + \theta_{mj}$. Dans ce cas, il est évident que :

$$\max (\eta_i, -\Delta_{ij} - w^* - \mu \log q_i + \overline{v}_m + \theta_{mj}) = \eta_i$$

.

2. $\overline{v}_i + \theta_{ij} < \overline{v}_m + \theta_{mj}$. Dans ce cas il est impossible de déterminer immédiatement $\max (\eta_i, -\Delta_{ij} - w^* - \mu \log q_i + \overline{v}_m + \theta_{mj})$.

Afin de traiter le scénario 2, nous classons par ordre croissant les quartiers en fonction du salaire de réserve des travailleurs qui y résident augmenté des coûts généralisés de déplacement engendrés par les trajets vers j. Pour cela, nous définissons les deux permutations $\kappa_j (i)$ et $\iota_j (k)$ tel que$\kappa_j (i)$ correspond au classement du quartier i et $\iota_j (k)$ au quartier classé à la k^e position, avec $\{1 , ... , N\}$ comme ensemble de départ et d'arrivée pour les deux permutations. En cela, $\kappa_j (i)$ et $\iota_j (k)$ vérifient les propriétés suivantes :

$$\kappa_j (n) < \kappa_j (m) \Longleftrightarrow \overline{v}_n + \theta_{nj} \leq \overline{v}_m + \theta_{mj} \tag{6}$$

et

$$k = \kappa_j (m) \Longleftrightarrow m = \iota_j (k) \tag{7}$$

Comme ici notre intérêt porte uniquement sur le cas où la candidature la plus productive de i donne lieu à une candidature effective, nous considérons uniquement les valeurs de η_i telle que

$$\eta_i + w^* + \mu \mathrm{log} q_i - \Theta_i \geq \overline{v}_i \tag{8}$$

Si on décompose la ville de façon suffisamment fine, la valeur de $\eta_i + w^* + \mu \mathrm{log} q_i - \Theta_i$ peut toujours être comprise entre les salaires de réserve augmentés les coûts des déplacements vers j de deux quartiers classés successivement par κ_j. Formellement, cela se traduit comme suit :

de l'ensemble $\{1 , \ldots , N\}$, on peut trouver $k = \bar{k}(j)$ tel que $(\eta_i - \Theta_i + w^* + \mu \log q_i)$ appartienne à l'intervalle $\left[\overline{v}_{\iota_j(k)} + \theta_{\iota_j(k),j}, \overline{v}_{\iota_j(k+1)} + \theta_{\iota_j(k+1),j}\right]$.

Conformément à (8), k est obligatoirement supérieur ou égal à $\kappa_j(i)$.

Ainsi, conditionnellement à ce que (8) soit vérifiée, le travailleur le plus productif de i est embauché si :

1. Pour les quartier m tels que $\kappa_j(m) < \kappa_j(i)$, l'inégalité $\eta_m < \Delta_{ij} - \Delta_{mj} + \mu \log(q_i/q_m) + \eta_i$ est vérifiée.
2. Pour les quartiers m tels que $\kappa_j(i) < \kappa_j(m) \leq k$, l'inégalité $\eta_m < \Delta_{ij} - \Delta_{mj} + \mu \log(q_i/q_m) + \eta_i$ est vérifiée [22].
3. Pour les quartiers m tels que $\kappa_j(m) > k$, l'inégalité $\eta_m < \Theta_m - w^* + \overline{v}_m - \mu \log q_m$ est vérifiée [23].

Ainsi, si nous considérons que les candidatures potentielles les plus productives sont indépendantes, la probabilité que le poste soit pourvu par un travailleur de i conditionnellement à la valeur de η_i s'écrit :

$$\begin{aligned}\widetilde{P}_{ij}(\eta_i, q, \ldots, q_N) = & \prod_{m\ ,\ \kappa_j(m) \leq \bar{k}(j)} \Pr\left(\eta_m < \Delta_{ij} - \Delta_{mj} + \mu \log(q_i/q_m) + \eta_i\right) \\ & \times \prod_{m\ ,\ \kappa_j(m) > \bar{k}(j)} \Pr\left(\eta_m < \Theta_m - w^* + \overline{v}_m - \mu \log q_m\right)\end{aligned}$$

Ce qui, après calculs (voir annexe B), donne

$$\widetilde{P}_{ij}(\eta_i, q, \ldots, q_N) = \exp\left(-e^{[S_{ij} - \Delta_{ij} - \eta_i]/\mu} - e^{(w^* - W_j)/\mu}\right) \tag{9}$$

avec

$$\begin{aligned} S_{i,j} &= \mu \log \textstyle\sum_{m, \kappa_j(m) \leq \bar{k}(j)} \frac{q_m}{q_i} e^{\Delta_{mj}/\mu} \\ W_{j,k} &= -\mu \log \textstyle\sum_{m, \kappa_j(m) > \bar{k}(j)} q_m e^{-[\Theta_m + \overline{v}_m]/\mu} \end{aligned}$$

Pour obtenir la probabilité que le poste soit pourvu conditionnellement au nombre de candidats potentiels de chaque quartier, il suffit d'intégrer $\widetilde{P}_{ij}(\eta_i, q, \ldots, q_N)$ sur les valeurs de η_i supérieures à $\Theta_i - w^* + \overline{v}_i - \mu \log q_i$. Cela donne :

$$\widetilde{P}_{ij}(q, \ldots, q_N) = \int_{\eta_i \geq \Theta_i - w^* + \overline{v}_i - \mu \log q_i} \widetilde{P}_{ij}(\eta_i, q_1, \ldots, q_N)\, d\eta_i$$

Comme nous le pouvons le constater, quand les coûts généralisés des déplacements entre i et j augmentent, l'indice d'isolement Θ_i augmente également,

22. Cela correspond à la situation $\max(\eta_i, -\Delta_{ij} - w^* - \mu \log q_i + \overline{v}_m + \theta_{mj}) = \eta_i$

23. Cela correspond à la situation où $\max(\eta_i, -\Delta_{ij} - w^* - \mu \log q_i + \overline{v}_m + \theta_{mj}) = -\Delta_{ij} - w^* - \mu \log q_i + \overline{v}_m + \theta_{mj}$

chose qui conduit au rétrécissement de l'intervalle sur lequel nous intégrons notre fonction. Et comme il s'agit là d'une fonction positive, cela conduit à la baisse de la valeur de l'intégrale [24].

En d'autres termes, si les coûts généralisés des déplacement entre i et j augmentent, la probabilité que le poste en j soit pourvu par un travailleur venant de i conditionnellement au nombre de candidats potentiels par quartier diminue. Cette probabilité s'écrit comme suit (démonstration en annexe B) :

$$\widetilde{P}_{ij}\left(q,\ldots,q_N\right) = \exp\left(\frac{\Delta_{ij}-Z_{ij}}{\mu}\right)\exp\left(-e^{\frac{w^*-W_j}{\mu}}\right)\left[1-\exp\left(-e^{-\frac{\theta_{ij}-Z_{ij}-w^*+\overline{v}_i-\mu\log q_i}{\mu}}\right)\right] \tag{10}$$

Où $Z_{ij} = \mu\log\left(e^{S_{ij}/\mu}+e^{\Delta_{ij}/\mu}\right)$.

3.3 Les firmes

Nous supposons que le nombre de postes vacants et de travailleurs au chômage est suffisamment élevé pour que le nombre de travailleurs résidant en i qui sont informés d'un même poste vacant en j suive une distribution de Poisson de paramètre $\lambda_{ij} = \frac{U_i}{V_j}$. Ainsi, nous obtenons l'enchainement des quatre résultats suivants :

— La probabilité que k_i travailleurs au chômage de i soient informés de l'existence d'un même poste en j est $\frac{e^{-\lambda_{ij}}\lambda_{ij}^{k_i}}{k_i!}$

— Sachant que le nombre de candidats potentiels conditionnellement au nombre d'informés suit une binomiale et que le nombre d'informés suit une loi de Poisson, le nombre de candidats potentiels suit une poisson de paramètre $\lambda_{ij}P_{ij}$.

— La probabilité qu'il n'y ait aucune candidature pour le poste et donc que celui-ci reste vacant est

$$\pi_{0j}\left(\Lambda_j\right) = e^{-\bar{\lambda}_j}\sum_{(k_1,\ldots,k_N)\geq 0}\prod_i \frac{\left(\lambda_{ij}P_{ij}\right)^{k_i}}{k_i!}\overline{P}_{ij}\left(k_i\right)$$

où $\overline{P}_{ij}\left(k_i\right) = \exp\left(-k_i\exp\left(\frac{w^*-\overline{v}-\theta_{ij}}{\mu}\right)\right)$ est la probabilité qu'aucun des travailleurs informés de i ne se porte candidat pour le poste, $\Lambda_j = \left(\lambda_{1,j},\ldots,\lambda_{I,j}\right)$ et $\bar{\lambda}_j = \sum_i \lambda_{ij}P_{ij}$

— La probabilité non conditionnelle que le poste soit pourvu par un travailleur résidant en i s'écrit

$$\pi_{ij}\left(\Lambda_j\right) = e^{-\bar{\lambda}_j}\sum_{(k_1,\ldots,k_N)\geq 0}\prod_i \frac{\left(\lambda_{ij}P_{ij}\right)^{k_i}}{k_i!}\widetilde{P}_{ij}\left(k_1,\ldots,k_N\right)$$

24. La valeur de la fonction à intégrer diminue également très vraisemblablement avec les coûts des déplacement généralisés. Ceci renforce notre démonstration.

Puisque $\widetilde{P}_{ij}(k_1, \ldots, k_N)$ décroit avec les coûts généralisés des déplacements entre i et j, il en est de même pour$\pi_{ij}(\Lambda_j)$.

3.4 Les fonctions d'appariement

Pour obtenir la fonction d'appariement donnant le nombre de travailleurs résidant en i ayant été embauchés pour pourvoir un poste en j, il suffit de multiplier le nombre de postes vacants en j par la probabilité que celui-ci soit pourvu par un travailleur résidant en i. Cette fonction d'appariement s'écrit donc

$$M_{ij}(V_1, \ldots, V_N, U_1, \ldots, U_N) = V_j \pi_{ij}\left(\frac{U_1}{V_j}, \ldots, \frac{U_N}{V_j}\right)$$

Il est assez facile de montrer que M_{ij} est croissante pour tous les arguments V_i et U_i, concave, homogène de degré 1, et vérifie les conditions aux bornes, à savoir :

$$M_{ij}(V_1, ..., V_j = 0, ..., V_N, U_1, \ldots, U_N) = (V_1, \ldots, V_N, U_1, \ldots, U_i = 0, ..., U_N) = 0$$

qui traduit le fait que l'appariement est impossible dès lors qu'il n'existe aucun poste à pourvoir en j ou aucun travailleur au chômage dans i.

Par ailleurs, il est à noter que M_{ij} est une fonction croissante de π_{ij} et que celle-ci décroit quand les coûts des déplacements généralisés entre i et j augmentent. Ainsi M_{ij} décroit également quand ces coûts augmentent, ce qui signifie que l'amélioration de la qualité des liaisons entre deux quartiers améliore l'appariement entre les travailleurs au chômage résidant dans l'un et les postes à pourvoir localisés dans l'autre.

Pour obtenir le nombre de postes ayant été pourvus dans chaque quartier, nous pouvons procéder de deux manières : la première est de sommer M_{ij} sur l'ensemble des i ce qui donne la somme des travailleurs venant de chaque quartier, et la seconde est de multiplier le nombre de postes vacants par 1 moins la probabilité que le poste ne reçoive aucune candidature. Ainsi, le nombre de postes pourvu dans un quartier j s'écrit :

$$\begin{aligned} M_{.,j}(V_1, \ldots, V_N, U_1, \ldots, U_N) &= \sum_i M_{ij}(V_1, \ldots, V_N, U_1, \ldots, U_N) \\ &= V_j \left[1 - \pi_{0j}\left(\frac{U_1}{V_j}, \ldots, \frac{U_N}{V_j}\right)\right] \end{aligned}$$

Pour obtenir le nombre de travailleurs au chômage d'un quartier i ayant trouvé un emploi il suffit de faire la somme de M_{ij} sur tous les j. Cela donne la somme des postes pourvus par les travailleurs de i dans tous les quartiers de la ville. Ainsi, le nombre de travailleurs résidant dans un quartier i ayant été embauchés s'écrit :

$$M_{i,.}(V_1, \ldots, V_N, U_1, \ldots, U_N) = \sum_j M_{ij}(V_1, \ldots, V_N, U_1, \ldots, U_N)$$

Enfin, pour obtenir la fonction d'appariement donnant le nombre de postes vacants ayant été pourvus dans toute la ville, qui est également le nombre de travailleurs ayant été embauchés, il suffit de sommer $M_{\cdot,j}$ sur tous les j ou $M_{i,\cdot}$ sur tous les i. Ainsi, la fonction d'appariement pour toute la ville s'écrit

$$\begin{aligned} M_{\cdot,\cdot}\left(V_1,\ldots,V_N,U_1,\ldots,U_N\right) &= \sum_j M_{\cdot,j}\left(V_1,\ldots,V_N,U_1,\ldots,U_N\right) \\ &= \sum_j V_j\left[1-\pi_{0j}\left(\frac{U_1}{V_j},\ldots,\frac{U_N}{V_j}\right)\right] \end{aligned}$$

Et comme $M_{\cdot,j}$, $M_{i,\cdot}$ et $M_{\cdot,\cdot}$ sont des agrégation de M_{ij}, elles vérifient toutes les propriétés de croissance, de concavité et de d'homogénéité de M_{ij}.

Ainsi, il parait immédiatement que

— L'amélioration de la qualité des infrastructures de transport conduit à un meilleur appariement entre les postes vacants et les travailleurs au chômage à l'échelle de la ville.

— L'amélioration de l'accessibilité d'un quartier permet aux travailleurs résidant dans ce quartier de mieux s'insérer dans le marché du travail et aux firmes qui s'y localisent de mieux attirer les travailleurs pour occuper les postes vacants dont elles disposent.

3.5 Relations déquilibre du chômage et des postes vacants

Notons E_i et V_i respectivement le nombre d'emplois occupés et le nombre d'emplois vacants au quartier i en début de période et L_i et U_i respectivement le nombre de travailleurs en poste et le nombre de travailleurs au chômage résidents en i en début de période.

Supposons par ailleurs qu'à chaque période, chaque travailleur en poste a une probabilité δ non conditionnée ni à son quartier de résidence ni à son quartier de travail de se retrouver au chômage et que le poste qu'il occupe devienne vacant.

Ainsi, à chaque période et dans chaque quartier i il se produit :

— δE_i postes occupés deviennent vacants et $M_{\cdot,i}$ et postes vacant sont pourvus

— δL_i travailleurs en poste se retrouvent au chômage et $M_{i,\cdot}$ travailleurs au chômage sont embauchés.

A l'équilibre statique, les flux entrants et sortant de l'emploi et du chômage dans chaque quartier i se compensent. Ceci donne la relation d'équilibre du chômage du quartier i :

$$\delta L_i = M_{i,}$$

Par ailleurs, les flux de postes vacants et de postes pourvus dans chaque quartier i se compensent. Ceci donne la relation d'équilibre des postes vacants du quartier i :

$$\delta E_i = M_{.,i}$$

A l'échelle de la ville, le nombre total de poste occupés qui deviennent vacants est égale au nombre de travailleurs en poste qui se retrouvent au chômage. Ceci donne :

$$\delta \sum_i L_i = \delta \sum_i E_i$$

A l'équilibre statique, la compensation entre les différents flux entrant et sortant à l'échelle de la ville donne :

$$M_{.,.} = \delta \sum_i L_i = \delta \sum_i E_i$$

Notons que puisque $M_{i,.}$, $M_{.,i}$ et $M_{.,.}$ remplissent les propriétés de croissance, de concavité et de d'homogénéité d'une fonction d'appariement standard, les équilibres caractérisés ci-avant existent.

4 Conclusion

A travers un nombre assez important de papiers, l'économie urbaine évoque avec beaucoup d'insistance les différents rôles, plus ou moins importants, que les transports urbains jouent dans le bon fonctionnement des différents mécanismes sous-jacents à l'activité économique dans une ville. Cependant, cette littérature manque cruellement de papiers théoriques modélisant de façon détaillée ne serait-ce qu'un de ces rôles.

C'est sur ce point que porte notre contribution. En effet, celle-ci s'intéresse au rôle des infrastructures et des services de transport urbains dans le processus d'appariement entre les travailleurs au chômage à la recherche d'emploi et les postes vacants que les firmes désirent pourvoir. Pour ce faire, nous abandonnons l'hypothèse de la ville monocentrique en faveur d'une décomposition en plusieurs quartiers reliés par les transports urbains. Dans ce cadre géographique, nous recourons à un processus de recherche micro-fondé pour construire une série de fonctions d'appariement : la première donnant le nombre de travailleurs résidant dans un quartier i ayant pourvu un poste localisé dans un quartier j, la seconde donnant le nombre total de postes pourvus dans un quartier, la troisième donnant le nombre de travailleurs résidant dans un quartier ayant été recrutés et la quatrième donnant le nombre total de postes ayant été pourvus dans l'ensemble de la ville [25].

Les différentes fonctions obtenues montrent qu'une amélioration des infrastructures et des services de transport conduit à un meilleur appariement entre les travailleurs et les firmes, que ce soit au niveau du quartier qu'au niveau de la ville dans son entièreté. Et comme toutes les fonctions obtenues remplissent les conditions de croissance et d'homogénéité d'une fonction d'appariement standard et qu'elles vérifient les conditions aux bornes, il est possible de caractériser

25. Qui est également le nombre de travailleurs qui y ont été recrutés.

les équilibres de chômage et d'emplois vacants au niveau de chaque quartier ainsi qu'au niveau de toute la ville.

Par ailleurs, n'ayant imposé aucune restriction sur la forme de la ville, les fonction obtenues peuvent être utilisées même pour des villes dont les structures sont complexes.

Enfin, notons que dans le modèle présenté ici, nous traitons de façon détaillée un aspect très souvent négligé dans la littérature relative au Spatial Mismatch et aux appariements dans le marché du travail, à savoir la concurrence pour les emplois et pour les travailleurs. L'amélioration des infrastructures de transport permet certes aux travailleurs d'élargir leur périmètre de recherche d'emploi et de considérer des opportunités qui n'étaient pas dans le champs de leur possibles jusqu'alors, mais de cet élargissement ils entrent et se retrouvent en concurrence pour les emplois avec un nombre plus importants de travailleurs qu'auparavant. Du côté des firmes, le fait que les travailleurs puissent considérer un plus grand nombre d'opportunités les poussent à fournir un effort de rémunération supplémentaire pour éviter que les meilleurs d'entre eux soient embauchés par des firmes concurrentes.

Ainsi, au sortir de ce processus de sélection plus concurrentiel et plus rude, les paires travailleurs-firmes formées sont de meilleure qualité et de ce fait, leur productivité est meilleure. A terme, cela est susceptible d'engendrer la création de nouveaux emplois et d'aboutir à un équilibre emploi-chômage meilleur que celui que l'amélioration de l'appariement seule induit.

Pour conclure, le travail entrepris dans ce chapitre est le premier d'une série de travaux à venir visant à le compléter. Nous envisageons notamment d'étudier l'impact des infrastructures et des services de transport sur le choix des lieux de résidence des travailleurs et sur leurs salaires de réserve. Ainsi, nous obtiendrons un ensemble cohérents fait de modèles imbriqués les uns dans les autres permettant d'étudier une grande part des implications qu'induirait des modifications dans les transports urbains sur le marché du travail et sur le marché immobilier urbains.

Annexe A : Quelques propriétés de la loi de Gumbell

Soit $\{\{\mu_1\ ,\ ...\ ,\ \mu_I\}\}$ un ensemble de variables aléatoires tel que pour tout i, $\mu_i = a_i + \epsilon_i$ avec a_i une valeur déterministe et ϵ_i une variable aléatoire tirée d'une distribution de Gumbell de paramètre μ. Les trois propriétés suivantes sont vérifiées :

1. $\max_i(\mu_i) = L_a + \eta$ avec :
   (a) $L_a = \mu \log\left(\sum_i \mathrm{e}^{\frac{a_i}{\mu}}\right)$.
   (b) η est un terme aléatoire tirée d'une Gumbell de paramètre μ.
2. $\Pr\{\mu_i = \max_j(\mu_j)\} = \exp\frac{a_i - L_a}{\mu}$
3. Conditionnellement au fait que $\mu_i = \max_j(\mu_j)$, $\mu_i = \exp\frac{a_i - L_a}{\mu} + \eta$ avec η un terme aléatoire tiré d'une Gumbell de paramètre μ

Preuve de 1 :

Principe : Si nous prouvons que $\Pr(\epsilon < x) = \exp\left(-e^{-\frac{x-a}{\mu}}\right)$ cela équivaut à prouver que $\epsilon - a = \eta$ suit une Gumbell de paramètre μ

Démonstration :

$$\begin{aligned}
\Pr\{\max(\mu_1\ ,\ ...\ ,\ \mu_I) \leq v\} &= \Pr\{\max(a_1 + \varepsilon_1,\ ...\ ,\ a_I + \varepsilon_I) \leq v\} \\
&= \Pr(a_1 + \varepsilon_1 < v)\Pr(a_2 + \varepsilon_2 < v)...\Pr(a_I + \varepsilon_I < v) \\
&= \Pr(\varepsilon_1 < v - a_1)\ ...\ \Pr(\varepsilon_I < v - a_I) \\
&= \exp\left(-e^{-\frac{v-a_1}{\mu}}\right)\ ...\ \exp\left(-e^{-\frac{v-a_I}{\mu}}\right) \\
&= \exp\left(-e^{-\frac{v}{\mu}}\left(e^{\frac{a_1}{\mu}} +\ ...\ + e^{\frac{a_I}{\mu}}\right)\right) \\
&= \exp\left(-e^{-\frac{v-L_a}{\mu}}\right)
\end{aligned}$$

Ainsi, $\eta = \max(\mu_1\ ,\ ...\ ,\ \mu_I) - L_a$ est une variable aléatoire tiré d'un Gumbell de paramètre μ.

Par conséquent, $\max(\mu_1\ ,\ ...\ ,\ \mu_I) = L_a + \eta$.

Preuve de 2 :

Sans perte de généralité nous calculons $\Pr(\max(u_2, ..., u_I) = u_1)$.

Nous posons $L_1 = \mu \log\left(\sum_{k=2}^{I} e^{\frac{a_k}{\mu}}\right)$.

$$\begin{aligned}
\Pr\left\{\max\left(u_2,...,u_I\right)=u_1\right\} = & \Pr\left\{\max\left(u_2,...,u_I\right)<u_1<v\right\}\\
= & \Pr\left\{\mu L_1+\eta<a_1+\epsilon_1<v\right\}\\
= & \Pr\left\{\eta<\epsilon_1+a_1-\mu L_1 \text{ et } \epsilon_1<v-a_1\right\}\\
= & \int_{\epsilon_1=-\infty}^{v-a_1}\int_{\eta=-\infty}^{\epsilon_1+a_1-\mu L_1} f\left(\epsilon_1\right) f\left(\eta\right) d\epsilon_1 d\eta\\
= & \int_{\epsilon_1=-\infty}^{v-a_1} f\left(\epsilon_1\right) F\left(\epsilon_1+a_1-L_1\right) d\epsilon_1\\
= & \frac{1}{\mu}\int_{\epsilon_1=-\infty}^{v-a_1} e^{-\frac{\epsilon_1}{\mu}}\exp\left(-e^{-\frac{\epsilon_1}{\mu}}\right)\exp\left(-e^{-\frac{\epsilon_1+a_1-L_1}{\mu}}\right)d\epsilon_1\\
= & \frac{1}{\mu}\int_{\epsilon_1=-\infty}^{v-a_1} e^{-\frac{\epsilon_1}{\mu}}\exp\left(-e^{-\frac{\epsilon_1}{\mu}}\left(1+e^{-\frac{a_1-L_1}{\mu}}\right)\right)d\epsilon_1\\
= & \frac{1}{\mu}\int_{\epsilon_1=-\infty}^{v-a_1} e^{-\frac{\epsilon_1}{\mu}}\exp\left(-e^{-\frac{\epsilon_1}{\mu}}\left(1+e^{-\frac{a_1}{\mu}}e^{\frac{L_1}{\mu}}\right)\right)d\epsilon_1\\
= & \frac{1}{\mu}e^{\frac{a_1}{\mu}-L_a}\int_{\epsilon_1=-\infty}^{v-a_1} e^{-\frac{\epsilon_1}{\mu}}e^{L_a-\frac{a_1}{\mu}}\exp\left(-e^{-\frac{\epsilon_1}{\mu}}\left(1+e^{-\frac{a_1}{\mu}}e^{\frac{L_1}{\mu}}\right)\right)d\epsilon_1\\
= & \frac{1}{\mu}e^{\frac{a_1}{\mu}-L_a}\int_{\epsilon_1=-\infty}^{v-a_1} e^{-\frac{\epsilon_1}{\mu}}e^{-\frac{a_1}{\mu}}\left(e^{\frac{a_1}{\mu}}+e^{\frac{L_1}{\mu}}\right)\exp\left(-e^{-\frac{\epsilon_1}{\mu}}\left(1+e^{-\frac{a_1-L_1}{\mu}}\right)\right)d\epsilon_1\\
= & \frac{1}{\mu}e^{\frac{a_1}{\mu}-L_a}\int_{\epsilon_1=-\infty}^{v-a_1} e^{-\frac{\epsilon_1}{\mu}}\left(1+e^{-\frac{a_1-L_1}{\mu}}\right)\exp\left(-e^{-\frac{\epsilon_1}{\mu}}\left(1+e^{-\frac{a_1-L_1}{\mu}}\right)\right)d\epsilon_1\\
= & e^{\frac{a_1-L_a}{\mu}}\exp\left(-e^{-\frac{v-a_1}{\mu}}\left(1+e^{-\frac{\sum_{k=2}^{n}a_1-a_k}{\mu}}\right)\right)\\
= & e^{\frac{a_1-L_a}{\mu}}\exp\left(-e^{-\frac{v}{\mu}}\left(e^{\frac{a_1}{\mu}}+e^{\frac{a_1}{\mu}}e^{\frac{\sum_{k=2}^{n}a_k-a_1}{\mu}}\right)\right)\\
= & e^{\frac{a_1-L_a}{\mu}}\exp\left(-e^{-\frac{v}{\mu}}\left(e^{\frac{\sum_{k=1}^{n}a_k-a_1}{\mu}}\right)\right)
\end{aligned}$$

$\Pr\left\{\max\left(u_2,...,u_n\right)<u_1\right\} = \Pr\left\{\max\left(u_2,...,u_n\right)<u_1<+\infty\right\} = e^{\frac{a_1-L_a}{\mu}} = \frac{e^{\frac{a_1}{\mu}}}{\sum_{k=1}^{n-1}e^{\frac{a_k}{\mu}}}$.

Annexe B : Démonstrations de quelques résultats dans le chapitre

Preuve de l'équation 4 :

Supposons que, dans chaque quartier i, il y a q_i candidats potentiels. La rémunération de chacun ces candidats s'écrit :

$$w_{ij}^k = w^* - \Theta_i + \theta_{ij} + \eta_i^k$$

où η_i^k est la valeur du terme aléatoire pour le candidat $k = 1, \ldots, q_i$

Pour trouver la rémunération du candidat potentiel le plus productif du quartier il suffit de calculer $\max_k\left(w^* - \Theta_i + \theta_{ij} + \eta_i^k\right)$.

D'après la propriété (1) de l'annexe A nous avons :

$$\max_k\left(w^* - \Theta_i + \theta_{ij} + \eta_i^k\right) = \mu\log\left(\sum_k \mathrm{e}^{\frac{w^*-\Theta_i+\theta_{ij}}{\mu}}\right) + \eta_i$$

$$= \mu\log\left(q_i\mathrm{e}^{\frac{w^*-\Theta_i+\theta_{ij}}{\mu}}\right) + \eta_i$$

$$= \mu \text{log} q_i + w^* - \Theta_i + \theta_{ij}$$
$$= w^* + \Delta_{ij} + \mu \log q_i + \eta_i$$

Avec $\Delta_{ij} = \theta_{ij} - \Theta_i$.

Preuve de l'équation 9 :

$$\begin{aligned}
\widetilde{P}_{ij}(\eta_i, q, \ldots, q_N) &= \prod_{m\ ,\ \kappa_j(m) \leq \bar{k}(j)} \mathbf{Pr}\left(\eta_m < \Delta_{ij} - \Delta_{mj} + \mu \log(q_i/q_m) + \eta_i\right) \\
&\times \prod_{m\ ,\ \kappa_j(m) > \bar{k}(j)} \mathbf{Pr}\left(\eta_m < \Theta_m - w^* + \overline{v}_m - \mu \log q_m\right) \\
&= \prod_{m\ ,\ \kappa_j(m) \leq \bar{k}(j)} \mathbf{exp}\left(-e^{-\frac{\Delta_{ij} - \Delta_{mj} + \mu \log(q_i/q_m) + \eta_i}{\mu}}\right) \\
&\times \prod_{m\ ,\ \kappa_j(m) > \bar{k}(j)} \mathbf{exp}\left(-e^{-\frac{\Theta_m - w^* + \overline{v}_m - \mu \log q_m}{\mu}}\right) \\
&= \exp\left(-\textstyle\sum_{m, \kappa_j(m) \leq \bar{k}(j)} e^{-\left[\Delta_{ij} - \Delta_{mj} + \mu \log(q_i/q_m) + \eta_i\right]/\mu} - \sum_{m, \kappa_j(m) > \bar{k}(j)} e^{-\left[\Theta_m - w^* + \overline{v}_m - \mu \log q_m\right]/\mu}\right) \\
&= \exp\left(-e^{-\left[\Delta_{ij} + \eta_i\right]/\mu} \textstyle\sum_{m, \kappa_j(m) \leq \bar{k}(j)} \frac{q_m}{q_i} e^{\Delta_{mj}/\mu} - e^{w^*/\mu} \sum_{m, \kappa_j(m) > \bar{k}(j)} q_m e^{-\left[\Theta_m + \overline{v}_m\right]/\mu}\right) \\
&= \exp\left(-e^{\left[S_{ij} - \Delta_{ij} - \eta_i\right]/\mu} - e^{\left(w^* - W_j\right)/\mu}\right)
\end{aligned}$$

Avec

$$\begin{aligned}
S_{i,j} &= \mu \log \textstyle\sum_{m, \kappa_j(m) \leq \bar{k}(j)} \frac{q_m}{q_i} e^{\Delta_{mj}/\mu} \\
W_{j,k} &= -\mu \log \textstyle\sum_{m, \kappa_j(m) > \bar{k}(j)} q_m e^{-\left[\Theta_m + \overline{v}_m\right]/\mu}
\end{aligned}$$

Démonstration de l'équation 10 :

$$\begin{aligned}
\widetilde{P}_{ij}(q_1..q_I) &= \mu^{-1} \int_{\eta_i \geq \Theta_i - w^* + \overline{v}_i - \mu \log q_i} \exp\left(-e^{\left[S_{ij} - \Delta_{ij} - \eta_i\right]/\mu} - e^{\left(w^* - W_j\right)/\mu}\right) e^{-\eta_i/\mu} \exp\left(-e^{-\eta_i/\mu}\right) d\eta_i \\
&= \mu^{-1} \exp\left(-e^{\left(w^* - W_j\right)/\mu}\right) \int_{\eta_i \geq \Theta_i - w^* + \overline{v}_i - \mu \log q_i} e^{-\eta_i/\mu} \exp\left(-e^{\left[S_{ij} - \Delta_{ij} - \eta_i\right]/\mu} - e^{-\eta_i/\mu}\right) d\eta_i \\
&= \mu^{-1} \exp\left(-e^{\left(w^* - W_j\right)/\mu}\right) \int_{\eta_i \geq \Theta_i - w^* + \overline{v}_i - \mu \log q_i} e^{-\eta_i/\mu} \exp\left(-\left(1 + e^{\left(S_{ij} - \Delta_{ij}\right)/\mu}\right) e^{-\eta_i/\mu}\right) d\eta_i \\
&= \mu^{-1} \exp\left(-e^{\left(w^* - W_j\right)/\mu}\right) \int_{\eta_i \geq \Theta_i - w^* + \overline{v}_i - \mu \log q_i} e^{-\eta_i/\mu} \exp\left(-e^{-\left(\eta_i - Z_{ij} + \Delta_{ij}\right)/\mu}\right) d\eta_i \\
&= \mu^{-1} \exp\left(-e^{\left(w^* - W_j\right)/\mu}\right) e^{\left(\Delta_{ij} - Z_{ij}\right)/\mu} \\
&\times \int_{\eta_i - Z_{ij} + \Delta_{ij} \geq \theta_{ij} - Z_{ij} - w^* + \overline{v}_i - \mu \log q_i} e^{-\left(\eta_i - Z_{ij} + \Delta_{ij}\right)/\mu} \exp\left(-e^{-\left(\eta_i - Z_{ij} + \Delta_{ij}\right)/\mu}\right) d\eta_i \\
&= \exp\left(-e^{\left(w^* - W_j\right)/\mu}\right) e^{\left(\Delta_{ij} - Z_{ij}\right)/\mu} \left[1 - \exp\left(-e^{-\left(\theta_{ij} - Z_{ij} - w^* + \overline{v}_i - \mu \log q_i\right)/\mu}\right)\right]
\end{aligned}$$

Où $Z_{ij} = \mu \log\left(e^{S_{ij}/\mu} + e^{\Delta_{ij}/\mu}\right)$.

Références bibliographiques

1. Ben-Akiva, M., Lerman, S. R., (1987) Discrete Choice Analysis Theory and Application to Travel Demand, The MIT Press
2. Brueckner, J., K., Martin, R., W., (1997)Spatial mismatch : An equilibrium analysis, Regional Science and urban economics 27
3. Brueckner, J., K., Zenou, Y. (2003) Space and unemployment : the labor-market effects of spatial mismatch, Journal of Labor Economics, 21, pp. 242–266.
4. Coulson, E., Laing, D., Wang, P. (2001) Spatial mismatch in search equilibrium, Journal of Labor Economics, 19, pp. 949–972.
5. Duguet, E., L'Horty, Y., Sari, F. (2009) Sortir du chômage en Ile-De-France : Disparités territoriales, spatial mismatch et segregation résidentielle, Revue économique, Vol. 60, 979-1010.
6. Fujita, M., (1989) Urban Economic Theory, Cambridge University Press.
7. Fujita, M., Thisse, J.-F., Zenou, Y. (1997) On the endogenous formation of secondary employment centers in a city, Journal of Urban Economics, 41, pp. 337–357.
8. Gobillon, L., Magnac, T., Selod, H., (2011) The effect of location on finding a job, Journal of Applied Econometrics, pp 1079-1112.
9. Gobillon, L., Selod, H., Zenou, Y. (2007) The mechanisms of spatial mismatch, Urban studies, Vol. 44, No. 12, 2401-2427, November 2007 .
10. Ihlanfeldt, K. (1997) Information on the spatial distribution of job opportunities within metropolitan areas, Journal of Urban Economics, 41, pp. 218–242.
11. Kain, J., F. (1968) Housing segregation, negro employment, and Metropolitan decentralization, Quarterly Journal of Economics, 82, pp. 175-197.
12. Jayet, H., Paty, S., (2006) Capital indivisibility and tax competition : Are there too many business areas when some of them are empty ? , Journal of Urban Economics, 399-417.
13. Lippman, S., A., McCall, J., J., (1976) The economics of job search, Economic Inquiry, Vol. XIV. June 1976.
14. Mortensen, D., T., (1986) Job search and labor market analysis, Handbook of Labor Economics, Volume II, p . 849-919.
15. Mortensen, D., T., Pissarides, C., A., (1999) New developments in models of search in the labor market, Handbook of Labor Economics, pp. 2567-2627.
16. Ong, P., Miller, D. (2005) Spatial and transportation mismatch in Los Angeles, Journal of Planning Education and Research, 25, pp. 43–56.
17. Petrongolo, B., Pissarides, C., A., (2001) Looking into the Black Box : A survey of the Matching Function, Journal of Economic Literature, pp. 390-431

18. Pissarides, C., A., (1979) Job matchings with state employment agencies and random search, The Economic journal, pp. 818-833.
19. Pissarides, C., A., (200) Equilibrium unemployment theory Second edition, The MIT Press
20. Smith, T., Zenou, Y. (1997) Dual labor markets, urban unemployment and multicentric cities, Journal of Economic Theory, 76, pp. 185–214.
21. Smith, T., Zenou, Y. (2003) Spatial mismatch, search effort and urban spatial structure, Journal of Urban Economics, 54, pp. 129–156.
22. Smith, T., Zenou, Y. (2003) A discrete-time stochastic model of job matching, Review of Economic Dynamics 6, 54, pp. 129–156.
23. Stigler, G., J., (1961) The economics of information, Journal of Political Economy, Vol. 69, No. 3 Jun., 1961, pp. 54-79.
24. Stigle, G., J., (1962) Information in the labor market, Journal of Political Economy, Vol. 70, No. 5, Part 2 : Investment in Human Beings (Oct., 1962), pp. 94-105.
25. Suhong, Z., Zhidong, W., Luping, C (2012) The impact of spatial mismatch in low-income housing neighbourhoods : A study of Guangzhou Metropolis, China , Urban Studies, 50(9) 1817-1835, July 2013.
26. Wasmmer, E., Zenou, Y. (2002) Does city structure affect job search and welfare ?, Journal of Urban Economics, 51, pp. 515–541 .
27. Zatersky, M., A., Coughlin, C., C., (1995) An introduction to the theory and estimation of job-search model, Federal Reserve Bank of St. Louis.
28. Zenou, Y., (2009), Urban Labor Economics, Cambridge University Press.
29. Zenou, Y., Boccard, N. (2000) Labor dicrimination and and redlining in cities, Journal of Urban Economics, 48, pp. 260-285 .