Forme Urbaine et Mobilité Quotidienne

Guillaume Pouyanne

▶ **To cite this version:**

Guillaume Pouyanne. Forme Urbaine et Mobilité Quotidienne. Economies et finances. Université Montesquieu - Bordeaux IV, 2004. Français. NNT : . tel-00071608

HAL Id: tel-00071608
https://theses.hal.science/tel-00071608

Submitted on 23 May 2006

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

UNIVERSITE MONTESQUIEU-BORDEAUX IV
DROIT, SCIENCES SOCIALES ET POLITIQUES
SCIENCES ECONOMIQUES ET DE GESTION

FORME URBAINE
ET MOBILITE QUOTIDIENNE

Thèse pour le Doctorat ès Sciences Economiques

présentée par

Guillaume POUYANNE

et soutenue publiquement
le 13 décembre 2004

Membres du Jury :

M. Roberto CAMAGNI
Professeur au Politecnico di Milano.

M. Maurice GOZE
Professeur à l'Université Michel de Montaigne-Bordeaux III.

M. Jean-Marie HURIOT
Professeur à l'Université de Bourgogne.

M. Guy JOIGNAUX
Directeur de Recherche à l'INRETS, ***rapporteur***.

M. Claude LACOUR
Professeur à l'Université Montesquieu-Bordeaux IV, ***directeur de thèse***.

M. Philippe MATHIS
Professeur à l'Université de Tours, ***rapporteur***.

Remerciements

Je tiens à remercier tout particulièrement Claude Lacour, qui m'a toujours accordé sa confiance et son soutien. Une thèse est une expérience personnelle ; je crois qu'il a su, en posant des questions plus qu'en apportant des réponses (et malgré le désir que j'en avais), m'accompagner à la découverte de moi-même.

Je remercie Guy Joignaux et Philippe Mathis pour avoir accepté d'être rapporteurs, ainsi que Roberto Camagni, Maurice Goze et Jean-Marie Huriot qui me font l'honneur de faire partie de mon jury.

J'adresse un remerciement particulier à Frédéric, pour avoir réussi à dompter, par son exceptionnelle sagacité, un pensée parfois un peu brouillonne.

Ceux qui m'ont accompagné depuis le D.E.A. sont devenus mes amis. Nous avons partagé nos doutes et nos jubilations, nos joies et nos peines. Marie, Jeanne et Stéphane, veuillez trouver ici le témoignage de mon amitié sincère.

J'ai partagé quelques moments inoubliables de ces quatre années avec les occupants du bureau E335, Stéphane (remember mérou-day), Carole et son rire, Stéphanie et sa gentillesse.

La relecture de mes épreuves en fut parfois une : merci à Nathalie et à Julie pour s'être attaquées aux chapitres les plus redoutables.

Merci à tous les membres de l'IFReDE, pour l'ambiance chaleureuse qu'ils ont su créer dans le laboratoire. Merci à eux pour m'avoir accepté et intégré, pour avoir initié le jeune chercheur que je suis à un métier qui ne s'apprend pas, enfin pour avoir stimulé ma pensée et ouvert mon esprit.

Merci à ceux qui n'ont jamais rien compris à ce que je faisais (peut-être aussi ne leur ai-je jamais expliqué ?), mais dont l'amitié est chère à mon coeur.

Mes parents et mes sœurs m'ont toujours soutenu. Ils m'ont, chacun dans son registre et souvent sans s'en rendre compte, aidé à mener ce travail à sa fin.

Enfin, qui dois-je remercier pour t'avoir rencontrée ? Quand je t'ai regardée pour la première fois, ma vieille liberté s'est mise à tituber… Depuis ce jour, ton amour m'a évité bien des découragements et m'a causé les plus grands bonheurs. C'est à toi que doit être dédiée cette thèse.

Un état bien dangereux : croire comprendre

Paul Valéry, *Choses Tues*

INTRODUCTION GENERALE

D'un relatif « oubli » des formes urbaines, les préoccupations de l'économie urbaine ont évolué vers leur « redécouverte ». En rencontrant le cadre du développement durable, ces nouvelles préoccupations ont abouti à la stigmatisation de l'étalement.

Un relatif « oubli » des formes urbaines

Un certain nombre d'approches en économie urbaine cherchent à comprendre comment l'objet « ville » peut être intégré dans la théorie économique. La ville peut être traitée sans épaisseur, sans dimension spatiale explicite.

Une acception possible de la ville est de la caractériser comme *le lieu de polarisation d'un ensemble de flux*. La concentration urbaine trouve sa justification économique dans le fait qu'elle permet l'articulation et l'interface d'un certain nombre de réseaux d'entreprise, de transport, de communication et d'information, enfin de socialisation, d'affinités et de pouvoir (Derycke, 1999).

Les évolutions récentes du système productif, caractérisées par l'importance croissante des flux de communication et d'information à l'origine de la formation d'un « capitalisme cognitif » (Ascher, 1999), expliquent le phénomène de polarisation cumulative des grandes villes. Celles-ci ont en effet la capacité d'amplifier les externalités de réseau (Black & Henderson, 1999). La ville « informationnelle » (Castells, 1989) est celle qui assure « l'organisation de la complexité » (Derycke, 1999) croissante du système productif.

Le succès du paradigme de la « ville en réseau » témoigne de l'intérêt grandissant accordé par l'économie urbaine à ces évolutions. La ville y est considérée comme le point nodal d'un ensemble de réseaux. L'accent est mis sur les relations horizontales entre pôles comparables, à l'opposé d'approches traditionnelles analysant les relations verticales entre un centre dominant et une périphérie. La traditionnelle structure hiérarchique du territoire laisse la place à une structure en réseau typique de « l'économie d'archipel » (Veltz, 1996). On cherche alors à préciser les relations entre les pôles, à comprendre leurs processus de spécialisation/diversification relatives. L'économie urbaine mobilise, pour expliquer ces processus, la notion d'économies d'agglomération différenciées par leur nature : intersectorielle, les économies d'urbanisation qui conduisent à la diversification des activités, ou intrasectorielle, les économies de localisation qui produisent de la spécialisation (e.g. Abdel-Rahman & Fujita, 1993).

En insistant sur l'analyse des flux, *le paradigme de la ville en réseau manifeste un certain oubli des lieux*. Le découplage entre vitesse et distance, permis par les moyens modernes de transport et de communication, atténuent la « tyrannie de la distance ». La « géographie complexe et paradoxale » (Veltz, 1996) issue de ce processus se caractérise par une relative négligence des phénomènes spatiaux. La notion de connexité, qui décrit la capacité d'un réseau à permettre la circulation (Mathis, 2003), semble plus pertinente que la proximité spatiale pour décrire les relations entre les lieux de la ville (Berroir *et alii*, 1995 ; Bordreuil, 1995). La figure du réseau peut rendre secondaire les caractéristiques morphologiques de la ville (De Roo, 1993).

Le paradigme de la ville en réseau a consacré un renouveau de la problématique de la métropolisation (Buisson, 1999) qui témoigne de l'intérêt porté aux fonctions et à la taille urbaines, conditions déterminantes de la capacité de la ville à émettre et à recevoir des flux.

La métropolisation se définit en termes de taille, mais pas seulement. Elle est aussi caractérisée par sa capacité à fournir des services rares et supérieurs, dans la tradition de la théorie des Places Centrales. Elle est, au sens étymologique le plus strict, la « ville-mère », la ville dominante. Depuis les « villes mondiales » de P. Hall dans les années 1960, la métropolisation se définit par la diversité de ses fonctions, dans une approche dérivée de la critériologie positive (pour une synthèse, voir Hall, 2001) ; l'I.N.S.E.E. définit une grille d'analyse des grandes villes à partir de onze « fonctions métropolitaines supérieures » caractérisées par un contenu décisionnel élevé et une contribution à l'image de marque de la ville où elles s'exercent (Julien, 2002).

La notion de « ville assurantielle » montre que la diversité qui caractérise les grandes villes permet aux firmes et aux individus de s'assurer contre le risque économique dans une « économie de la vitesse » qui accroît l'incertitude : risque de perte d'emploi, risques liés à l'externalisation, à la volatilité des marchés, etc. (Veltz, 1996).

Ainsi par la concentration d'activités et de population différenciées, par la fourniture de « fonctions pivot » (Lacour, 1999, p. 89), la métropolisation produit de l'efficacité économique. Elle est la « matrice » capable d'organiser les échanges et de les valoriser. On est tenté de mesurer le surcroît de productivité des grandes villes (Rousseau, 1998 ; Rousseau & Prud'homme, 1994), composant ainsi un « hymne à la taille urbaine ». La « théorie » de la taille optimale s'interroge sur la possibilité de maximiser le bénéfice net de l'urbanisation en jouant sur sa population (Richardson, 1978) ou la diversité des biens et services fournis. Cependant, elle néglige ce faisant les spécificités particulières à chaque ville (Capello, 1998).

Une des causes du succès de la métropolisation tient sans doute au fait qu'elle se présente comme la traduction spatiale de la mondialisation (Sassen, 1991 ; Bourdeau-Lepage & Huriot, 2002). Elle est « l'ensemble des processus qui privilégient les grandes dimensions urbaines marquées par les transformations du système productif, appréhendées au niveau national et mondial » (Lacour, 1999, p. 64). La métropolisation assure la coordination du phénomène de mondialisation, en servant de point d'appui à sa diffusion (on retrouve là la

vision en termes de réseaux), mais aussi en créant les codes, les valeurs, les normes uniformes du « village planétaire ». Dans les approches de ce type, les différences de forme urbaine sont négligées au profit de l'appréciation de la fonction de la ville dans le système économique et son évolution.

Ce dernier aspect fait cependant naître un paradoxe apparent. En effet la création de normes et de valeurs s'appuie souvent sur la récupération de traditions communes, de repères historiques qui composent « l'inconscient collectif ». Il s'agit souvent de la modernisation de valeurs ancrées dans un terroir, comme la typicité ou le savoir-faire artisanal. La métropolisation, traduction de la mondialisation, s'inscrit territorialement.

Cette inscription territoriale attire l'attention sur *les phénomènes spécifiquement spatiaux liés à la métropolisation*. A. J. Scott propose de substituer à la notion de *global city* celle de *global city-region*, qu'il définit comme « des formations sociales dont les caractéristiques et la dynamique locales subissent des transformations majeures dues aux impacts de la mondialisation » (Scott, 2001, p. 1). Il souligne ainsi la nécessaire prise en compte de la dimension locale dans l'association entre métropolisation et mondialisation. De même, C. Lacour (1993) souligne la nécessité de ne pas « oublier la ville » en la réduisant à un certain nombre d'attributs et de fonctions qui sont de toute manière en constante évolution.

On cherche également à comprendre les relations entre la métropolisation et *l'organisation interne* des villes. En effet « elle [la métropolisation] conduit à des organisations et à des recompositions territoriales nouvelles, tant au plan interne des ensembles urbains que sur celui des relations externes » (Lacour, 1999, p. 64). S. Sassen (1991) parle par exemple de *dual city* : seules *certaines parties* de la ville seraient « globales », le reste étant défini, en creux, comme un résidu incapable de s'intégrer au processus de mondialisation. Ce type d'approche fait resurgir la problématique de la ségrégation urbaine, pour laquelle l'intérêt des économistes urbains s'était récemment affaibli (Lacour, 2003 ; Gaschet & Gaussier, 2003).

La structure urbaine est aussi marquée par une *évolution des centralités*. La centralité est le principe organisateur qui « accueille les fonctions déterminantes de la ville : commandement, contrôle, coordination, création, qui structure et hiérarchise l'espace » (Gaschet & Lacour, 2002). Selon S. Sassen (2001), la mondialisation produit « de nouvelles formes de centralité » dans les villes. Son opinion est qu'aujourd'hui, « il n'y a plus une relation simple et directe entre la centralité et des entités géographiques telles que le centre historique (*downtown*) ou le centre des affaires » (p. 85). Le phénomène de déclin démographique (Le Jeannic, 1997) et économique (Tabourin, 1995) des centres historiques semble lui donner raison.

Cette disjonction entre le centre (le lieu) et la centralité (la fonction) amène de nouvelles questions : où et comment les nouveaux centres émergent-ils ? Quelles en sont les conséquences sur la structure interne de la ville ? La recomposition des centralités à l'échelle intra-urbaine porte l'attention sur les mutations de la forme urbaine.

Le renouveau de l'attention portée aux formes urbaines

L'analyse des formes urbaines par l'économie urbaine suppose, à l'inverse des approches développées ci-dessus, d'appliquer la théorie économique à l'objet « ville ». On ne s'intéresse pas aux fonctions de la ville, mais à son fonctionnement.

La ville justifie son existence par le fait qu'elle organise la proximité (Huriot, 1998), et pas seulement la complexité. La dimension spatiale est explicitement prise en compte afin de prendre acte et d'interpréter les transformations morphologiques de l'urbain.

Les réflexions sur la « Ville Emergente » soulignent la difficulté de cerner ces transformations. Une typologie est proposée, regroupant pas moins de six « figures » de l'urbain : ville mobile, ville-territoire, ville nature, ville polycentrique, ville au choix et ville vide (Dubois-Taine et Chalas, 1997).

Les mutations récentes de la forme urbaine se traduisent plus particulièrement par le *processus d'étalement urbain*. Les dynamiques démographiques se font à l'avantage de la périphérie et au détriment du centre historique (Bessy-Pietri, 2000), dessinant un « espace urbain en expansion » (Julien, 2000). L'étalement est polymorphe : simple extension (Antoni, 2002), croissance par contiguïté, linéaire, en « saut-de-mouton », etc. (e.g. Camagni *et alii*, 2002 ; Ewing, 1997). Les activités et les populations sont même parfois si dispersées que la ville étalée va « au-delà de la polycentralité » (Gordon & Richardson, 1996). Certaines de ces formes, telles que la « rurbanisation » (Bauer & Roux, 1976) et sa version moderne, la « métropolisation rurale » (Lacour & Puissant, 2004), posent la question de la spécificité de l'urbain par rapport au milieu rural[1]. La ville semble aujourd'hui « *unbounded* », sans limite définie.

Cette « dilution » de la ville dans l'espace rural a fait craindre, selon la fameuse formule de F. Choay (1994), la « mort de la ville » (voir aussi Glaeser, 1998). De cette crainte émerge la thématique du « renouvellement urbain » : la réflexion sur la ville doit s'adapter à ces évolutions qui rendent nécessaires un changement de notre vision de la ville (Sueur, 1999).

L'approche de la Ville Emergente insiste sur l'affirmation de nouvelles formes d'urbanité qu'il s'agit de comprendre. La « ville au choix » décrit une « américanisation » de la ville européenne, avec l'émergence de quartiers résidentiels à faible densité, ses grandes centres commerciaux et de loisir en périphérie, etc.

Cette évolution est notamment à rattacher aux *nouvelles conditions de la mobilité*. La « ville au choix » fait écho à l'automobilisation, qui a permis de passer, dans l'appropriation de l'espace urbain, du « menu » à la « carte » (Roncayolo, 1990).

Le cadre interprétatif de l'interaction entre la forme urbaine et les conditions de la mobilité est donné par la théorie des « trois âges » de la ville (Dupuy, 1995 ; Newman & Kenworthy, 1998, pp. 27 et suivantes ; Wiel, 1999 ; 2002, p. 46 ; Vijayan, 2002, p. 7). Celle-

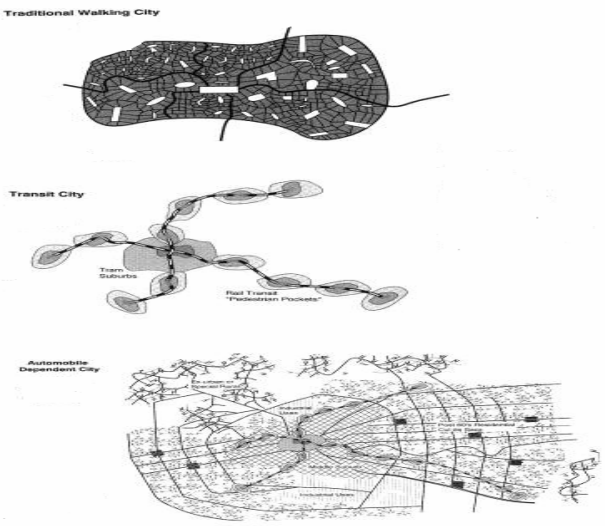
[1] Donnant une étrange réalité au mot d'Alphonse Allais, qui regrettait que les villes ne fussent pas à la campagne.

ci relie la forme de la ville et la technologie de transport disponible. On suppose un temps de déplacement constant de trente minutes, hypothèse fondée sur la « loi de Zahavi », régularité empirique robuste qui énonce la constance des durées de déplacement dans le temps et dans l'espace (Zahavi & Ryan, 1980 ; Joly, 2003 ; Purvis, 1994 ; Gordon, Richardson & Jun, 1991 ; Levinson & Kumar, 1997 ; Fouchier, 1997a). Sur cette base, les gains de vitesse permis par les progrès dans les transports vont *de facto* déterminer l'étendue et la structure de la ville (Von Hoffman & Felkner, 2002).

On peut alors distinguer trois types ou « âges » de la ville (cf. Figure 1) :

- **La Ville Pédestre traditionnelle (***Traditional Walking City***)**, très dense, s'étend sur un rayon maximum de 5 kilomètres. Emplois et résidences sont mêlés.
- **La Ville Radiale,** ou ville des transports en commun **(***Transit City***)** : l'avènement des transports en commun permet à la ville de s'étendre sur un périmètre de 30 kilomètres. Cette urbanisation se fait « en doigts de gant », le long des lignes de transport de masse. L'urbanisation se développe principalement autour des nœuds qui correspondent aux stations de transports en commun ;
- **La Ville Automobile (***Automobile Dependent City***)** : le gain de vitesse lié à l'usage de l'automobile étend le périmètre de la ville jusqu'à 40 kilomètres et plus. De plus, la souplesse et la flexibilité du mode automobile permet au développement urbain de s'affranchir des grandes voies de circulation, devenant « isotrope » (Tabourin, 1995). L'urbanisation procède par un « comblement des vides intersticiels » à faible densité (Bordreuil, 1995). L'automobile, en autorisant la « déplaçabilité des lignes de communication » (*Ibid.*), transforme la localisation des activités et des hommes d'une logique de ligne à une logique de zone.

Figure 1 – Les « trois âges » de la ville



Source : Newman & Kenworthy, 1998

Ce qui fait le propre d'une ville est qu'elle garde en mémoire les organisations spatiales précédentes : si les trois âges de la ville se sont succédés dans le temps, aujourd'hui ils coexistent, s'imbriquent pour former une ville à la fois comparable et toujours différente : « (…) la ville empile et stratifie des organisations de l'espace qui gardent en mémoire ce que furent les activités mais aussi les *possibilités de déplacement* des sociétés urbaines antérieures » (Wiel, 2002, p. 21 – souligné par nous).

L'attention portée aux formes urbaines a rencontré la littérature sur le développement durable pour déterminer une « forme urbaine durable », qui aboutit à la stigmatisation de l'étalement.

Forme urbaine et développement durable : la stigmatisation de l'étalement ?

La ville peut être une échelle pertinente pour l'application des principes du développement durable, entre autres parce qu'elle concentre une forte quantité d'activités et de populations sur un territoire restreint : c'est le « théorème de la localité » (Nijkamp & Pepping, 1998 ; Camagni & Gibelli, 1997, p. 6 ; Camagni *et alii*, 1998). Les villes seraient donc le lieu privilégié pour la mise en place de politiques de soutenabilité (Mitlin & Satterthwaite, 1996 ; Haughton, 1997 ; Satterthwaite, 1997).

Le développement durable constitue un cadre normatif, un ensemble de principes qui guide l'action autant que la réflexion (Hart, 2002). Il a surtout participé, du moins en sciences sociales, à un renouvellement des questionnements (Legrand, 2002). En rejoignant la thématique des formes urbaines, le développement durable pose la question de la « forme urbaine durable » (Jenks *et alii*, 1996), et remet au goût du jour la problématique des densités (Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement, 1999), suscitant un *glissement normatif dans la définition de l'étalement*.

L'étalement est une traduction spatiale de la croissance urbaine, caractérisée par un développement discontinu, dispersé, à faible densité. Il en vient peu à peu à être diabolisé, à rassembler tous les effets pervers de la croissance urbaine : surconsommation d'énergie pour les déplacements, consommation extensive de sols, congestion des infrastructures (Roseland, 1996). Ainsi A. Downs (1998) a-t-il « examiné toutes les critiques de l'étalement, et dérivé de manière inductive les caractéristiques qui le provoqueraient », ce qui revient à définir un phénomène par ses effets pervers.

Le thème est récupéré par les associations écologistes (*Sierra Club*, *Friends of the Earth*)[2]. Pour le Sierra Club (2002), « l'étalement suburbain est un aménagement

[2] Et religieuses, certaines faisant des économies d'énergie un thème moral : voir par exemple www.whatwouldjesusdrive.com, visité le 04/12/2002 – voir aussi *Courrier International*, 28/11/2002.

irresponsable et mal planifié qui détruit les espaces verts, augmente la circulation et la pollution de l'air, encombre les écoles et fait monter les taxes ». L'étalement n'est donc plus un effet mécanique du développement urbain aux caractéristiques plus ou moins identifiables, mais une façon d'aménager (ou de ne pas aménager) la ville qui provoque un fonctionnement urbain sous-optimal.

Enfin J. Cavailhès (2004), lorsqu'il traite dans un ouvrage de vulgarisation scientifique du processus de suburbanisation, conclut en ces termes : « les villes sont naturellement trop étalées » (p. 179), en raison des coûts sociaux liés à la mobilité, de l'éparpillement des services publics, et du gaspillage des terres agricoles.

Par contraste, la Ville Compacte est idéalisée. Elle constitue une forme « économe » de la croissance urbaine (Lévy, 1998), car elle consomme moins d'espace, moins de ressources, par opposition avec les approches en termes de coûts de l'étalement (e.g. Morlet, 2001 ; Sierra Club, 2000 ; P.U.C.A., 2001 ; Wiel, 2001)[3].

Dans ce débat, *l'attention est plus particulièrement portée sur la question de la mobilité*. On a vu en effet comment la forme urbaine pouvait être rattachée à l'évolution des conditions de la mobilité, et comment l'étalement urbain était le résultat de la formation d'une « Ville Automobile ».

Le mot d'ordre politique est aujourd'hui à la maîtrise de la place de l'automobile en ville, pour des raisons d'externalités négatives associées à son utilisation. Loin de « l'adaptation de la ville à l'automobile » voulue par le Président Pompidou dans les années 1960, les principes directeurs de la politique des transports s'orientent vers la promotion de l'accessibilité par les modes « doux »[4] (Merlin, 2001). Entre autres mesures, la L.A.U.R.E.[5] du 30/12/1996 oblige les agglomérations de plus de 100 000 habitants à se doter d'un document d'urbanisme, le plan de déplacements urbains (P.D.U), qui fixe les moyens mis en œuvre par les collectivités pour « assurer un équilibre durable entre les besoins en matière de mobilité et de facilité d'accès, d'une part, et la protection de l'environnement et de la santé d'autre part » (art. 14)[6]. Cette formulation est celle de la « *mobilité durable* », puisqu'elle vise à protéger l'environnement des atteintes des transports sans pour autant freiner les besoins de mobilité. L'orientation principale du P.D.U est « la diminution du trafic automobile », les cinq autres lui étant d'une certaine manière subordonnées - développement des transports collectifs, des modes doux et du covoiturage, organisation du stationnement, etc. (art. 14). Pour atteindre cet objectif, on cherche à « agir sur l'évolution de la morphologie

[3] On peut voir dans cette opposition Ville Compacte/Ville Etalée l'illustration de la distinction effectuée par I. Sachs (1995, p. 87), entre les villes « parasites » et les villes « génératrices ». Rappelons la parenté du développement durable avec le concept « d'éco-développement » promu par I. Sachs dès les années 1970.

[4] Ici et dans la suite du texte, les modes « doux » sont les modes alternatifs à l'automobile, par référence à leur impact sur l'environnement.

[5] Loi sur l'Air et l'Utilisation Rationnelle de l'Energie.

[6] La L.A.U.R.E. de 1996 modifie le contenu et les modalités du P.D.U., initié par la L.O.T.I. (Loi d'Orientation sur les Transports Intérieurs) de 1982. Notons que la loi S.R.U. (Solidarité et Renouvellement Urbain) de 1999 renforcera ces dispositions tout en donnant au P.D.U. une force juridique importante, puisqu'il devient opposable au tiers.

urbaine [pour] limiter le trafic automobile et sa croissance prévisible » (C.U.B., 2001, p. 31), action qui va vite s'orienter vers une maîtrise de l'étalement à travers la promotion du modèle de Ville Compacte.

Néanmoins l'adhésion au modèle de Ville Compacte, visible dans plusieurs documents émanant d'organismes supranationaux tels que l'O.C.D.E. (1994) ou la Commission Européenne (C.C.E, 1990), « frôle parfois la simplification et le dogmatisme » (Camagni *et alii*, 2002). V. Fouchier (1997a) voit dans le *Livre Vert sur l'Environnement Urbain* (C.C.E, 1990) un « plaidoyer apologétique » en faveur de la densification. Elle peut même être vue, sous des apparences de progrès dans la protection de l'environnement, comme une attitude passéiste fondée sur des jugements de valeur concernant l'évolution de la morphologie urbaine (Camagni *et alii*, 2002), visant à retrouver le fonctionnement villageois autonome d'autrefois, comme en attestent les réalisations du Nouvel Urbanisme (Steuteville, 2000) ou l'attention portée aux « villages urbains » (O.C.D.E., 1994).

De plus, l'opposition compacité/étalement « ne capte pas l'entière complexité de ce qui se passe » (Hall, 2003, p. 61). Les avantages comparatifs de la Ville Compacte en termes de mobilité sont à relativiser pour plusieurs raisons :

- Les fortes densités, en améliorant l'accessibilité moyenne, permettent de réduire la consommation d'énergie *per capita* pour les transports (Newman & Kenworthy, 1989a, 1998 ; Fouchier, 1997a). Néanmoins l'étalement facilite la localisation conjointe des actifs à proximité des emplois, et ne se traduit donc pas forcément par un surcroît de consommation énergétique (Levinson & Kumar, 1994 ; Gordon *et alii*, 1991 ; Wiel, 2003).
- Même si la Ville Compacte permet d'améliorer la soutenabilité globale en réduisant la consommation énergétique individuelle, elle fait néanmoins subir un surcroît de pollution à ses habitants (Nicolas *et alii*, 2001). De manière plus générale, la compacification ne correspond pas forcément à une évolution désirée de la part des habitants (Gordon & Richardson, 1997a).
- La compacification est un objectif de planification soit irréalisable, soit insoutenable. Vouloir enfermer la croissance urbaine dans un périmètre délimité se traduirait soit par un accroissement des prix fonciers (Dawkins & Nelson, 2002), soit par une urbanisation en « saut-de-mouton », dont les effets sur la mobilité pourraient être encore pires que sans intervention. Le risque est celui de « paralysie urbaine », ou syndrome BANANA - *Build Absolutely Nothing Anywhere Near Everyone* (Hall, 2003, p. 68).

Par l'exposé de ces limites, on comprend que la densité ne doit pas être la seule variable à être prise en compte (Pouyanne, 2004a) – de même, d'ailleurs, que la réduction de la dépendance automobile ne doit pas être le seul objectif de la planification urbaine (Camagni, 2001).

Il semble de plus nécessaire de se dégager de cette alternative compacité/étalement (ou fortes/faibles densités), qui semble un cadre d'analyse trop simpliste pour l'étude d'un phénomène complexe tel que la mobilité quotidienne.

Nous avons donc voulu étendre la problématique à la question de **l'influence de la forme urbaine sur la mobilité quotidienne**.

Démarche et plan de la thèse

La forme urbaine est ici appréhendée à l'échelle intra-urbaine, c'est-à-dire « la disposition dans l'espace des composants urbains, à l'image des pièces d'un échiquier qui dessinent une forme mais dont le sens est dans leurs interrelations » (Wiel, 2001, p. 22). La forme urbaine comprend deux dimensions principales : « la répartition des densités et [la] mixité sociale et fonctionnelle » (*Ibid.*), c'est-à-dire une dimension quantitative (la densité est un indicateur de masse ramené à l'unité de surface pour permettre les comparaisons), et une dimension plus qualitative (la mixité sociale et fonctionnelle renvoient à la nature des espaces, captée par les attributs des populations et des activités qui y sont localisées).

Notre démarche s'inspire de la double dimension de la forme urbaine. Pour J. Lévy (1998), ce qui caractérise une ville est la « diversité dense » ; la forme urbaine est donc la répartition dans l'espace urbain de ces deux éléments. Il nous a donc paru pertinent d'examiner l'influence de la forme urbaine sur la mobilité quotidienne à travers ces deux dimensions de densité et de diversité. Cette démarche revient à étudier dans un premier temps l'influence de la densité sur la forme urbaine, puis à réintégrer les composantes qualitatives de la forme urbaine dans l'analyse. Nous soulignons la nécessité de replacer la relation entre la forme urbaine et la mobilité au cœur d'interactions complexes qui compliquent la mise en évidence de liens de causalité. Ces interactions rendent nécessaire le développement d'une méthode statistique particulière, que nous appliquons au cas de l'agglomération bordelaise.

Dans une première partie, nous analysons *les rapports entre la densité urbaine et la mobilité quotidienne*.

Le premier chapitre est consacré à l'étude du processus d'étalement. Le modèle monocentrique standard de la microéconomie urbaine le rattache à des facteurs fondamentalement économiques, tels que l'évolution des coûts de transport et du revenu des ménages. Mais cette explication suppose un espace homogène et ne permet pas de prendre en compte certains phénomènes liés aux préférences portant sur les attributs respectifs des espaces. Sous l'hypothèse d'hétérogénéité de l'espace urbain, nous la complétons avec une analyse de l'étalement par les aménités, qui suppose soit une attraction pour les espaces périphériques, soit une répulsion envers la dégradation cumulative du centre-ville.

Nous intégrons ensuite, dans un deuxième chapitre, la prise en compte des comportements de mobilité, en nous intéressant au modèle de Ville Compacte. De manière

plus générale, nous retraçons les éléments de la controverse née du succès remporté par l'analyse de P. Newman et J. Kenworthy (1989a), à partir de l'exposé successif des avantages et des inconvénients de la Ville Compacte.

Enfin, nous menons dans un troisième chapitre une analyse empirique de l'interaction densité-mobilité dans le cas de six aires urbaines françaises. Nous verrons que si nos résultats confirment le sens général de cette relation, l'appréciation de ses modalités laisse planer des doutes sur sa validité. On sera alors conduit à approfondir la question de l'interaction entre forme urbaine et mobilité, à partir d'une caractérisation plus fine des différents usages du sol et de la prise en compte de la dimensions qualitative de la forme urbaine.

Dans une deuxième partie, nous étudions l'interaction entre forme urbaine et mobilité à l'échelle intra-urbaine. Celle-ci ne peut se faire de manière isolée et nécessite la prise en compte des caractéristiques socio-démographiques des individus, dont l'influence sur la mobilité est avérée. Notre objectif sera alors de *préciser la contribution de la forme urbaine à la détermination des pratiques de mobilité*.

Dans un quatrième chapitre, l'analyse de la forme urbaine par les densités, menée dans la première partie, est complétée par la prise en compte de l'émergence de centres périphériques et ses conséquences sur la structure urbaine. L'influence de la polycentralité sur les comportements de mobilité est ensuite étudiée. Celle-ci étant ambiguë, on sera conduit à caractériser finement la forme urbaine, notamment à partir d'attributs qualitatifs tels que la diversité dans l'usage des sols. Les principaux résultats empiriques sur l'interaction entre la forme urbaine et la mobilité sont ensuite étudiés.

Enfin, un cinquième chapitre sera dédié à une application empirique de la question du lien entre forme urbaine et mobilité à l'agglomération de Bordeaux. Celle-ci doit s'effectuer en prenant en compte l'influence des attributs socio-démographiques individuels sur les comportements de mobilité. Ce faisant, on est confronté à un ensemble d'interdépendances complexes entre les caractéristiques individuelles et de forme urbaine, et les pratiques de mobilité, auquel nous avons donné le nom « d'interaction triangulaire ». La prise en compte de ces interactions impose de développer une technique économétrique adaptée au contrôle statistique d'un ensemble de facteurs de la mobilité, afin de mettre en évidence l'interaction entre la mobilité et l'autre ensemble de facteurs. Nous présentons l'application de cette technique à l'agglomération bordelaise, qui permet dans la plupart des cas, de séparer l'effet localisation de l'effet socio-démographique.

PREMIERE PARTIE

DENSITE URBAINE ET MOBILITE QUOTIDIENNE

« *Un problème sans solution est un problème mal posé* »
Albert Einstein

Introduction de la première partie

La croissance urbaine s'est manifestée, dans ses phases les plus récentes, par un mouvement massif de déconcentration des populations. La traduction spatiale de ce processus est l'étalement, caractérisé par l'inclusion dans le périmètre urbanisé de zones périphériques à faible densité.

Le desserrement des populations s'est traduit par une évolution des comportements de mobilité quotidienne. Les distances parcourues se sont allongées, et la part de l'automobile dans les déplacements s'est accrue.

L'application du cadre du développement urbain durable à la problématique de la mobilité quotidienne met en avant le principe de « mobilité durable », qui vise à réduire les nuisances dues aux transports sans affecter les besoins de mobilité. Sous cette impulsion, l'étalement est stigmatisé en tant que forme urbaine « non durable ». Sa maîtrise et la réduction de la place de l'automobile dans les déplacements quotidiens s'affirment comme deux objectifs majeurs et complémentaires des politiques de planification urbaine.

L'étalement se manifestant par une baisse des densités, la densification se révèle être une action pertinente pour atteindre ce double objectif. Les politiques de densification se réfèrent au modèle de Ville Compacte, censé permettre une réduction des coûts de la mobilité, et en tant que telle forme « économe » de la croissance urbaine.

Si la stigmatisation du processus d'étalement est à l'origine de la mise en place de politiques de compacification, on peut légitimement s'interroger sur l'efficacité et le bien-fondé de ces mesures, dont l'influence sur la structure urbaine et sur les prix fonciers est loin d'être négligeable. L'interaction entre densité et mobilité est donc porteuse d'enjeux importants. Il s'agit de comprendre et de préciser les mécanismes reliant les densités urbaines et les pratiques de mobilité quotidienne.

Cette première partie est consacrée à l'étude du lien densité-mobilité en milieu urbain. Notre démarche peut se décomposer en trois étapes :

- Un premier chapitre est dédié au processus d'étalement résidentiel. Après avoir discuté de la définition et de la mesure de cette forme contemporaine de la croissance urbaine, nous présentons les mécanismes explicatifs du mouvement de déconcentration des ménages. Cette présentation est effectuée suivant deux axes : d'abord, en supposant l'espace homogène, dans le cadre théorique de la microéconomie urbaine ; ensuite, dans

un espace urbain hétérogène, en présumant des phénomènes d'attraction ou de répulsion pour certains lieux dûs à la perception de leurs attributs respectifs.

- Nous analysons ensuite, dans le deuxième chapitre, les conséquences de cette évolution sur la mobilité quotidienne. Plus généralement, ce chapitre est consacré au débat sur la Ville Compacte, à partir de la déclinaison de ses avantages comparatifs puis des critiques nées de sa formulation et de son application.
- Enfin, le troisième chapitre est voué à l'étude empirique du lien entre densité et mobilité dans le cas de six aires urbaines françaises. Cette analyse est menée en deux étapes : d'abord une appréciation du sens de cette relation, qui s'inscrit en cohérence avec les hypothèses découlant du Chapitre II ; ensuite, l'estimation de sa forme, qui amène à une remise en cause de l'interaction entre densité et mobilité.

Plan de la Première Partie

Chapitre I *L'étalement résidentiel, forme contemporaine de la croissance urbaine*
Chapitre II *Etalement et mobilité. Le modèle de Ville Compacte*
Chapitre III *Densités urbaines et mobilité dans six aires urbaines françaises*

CHAPITRE I

L'ETALEMENT RESIDENTIEL, FORME CONTEMPORAINE DE LA CROISSANCE URBAINE

Introduction

Le modèle de « cycle de vie urbain » présente la croissance urbaine comme une succession de quatre phases (Van den Berg, 1987) :

- L'urbanisation, caractérisée par une croissance soutenue de la population urbaine, au centre comme en périphérie ;
- La suburbanisation : la croissance des zones périphériques est plus élevée que celle du centre ;
- La désurbanisation, lorsque la population centrale diminue alors que celle des zones périphériques reste croissante ;
- La réurbanisation, qui voit le taux de croissance démographique du centre redevenir positif.

Cette séquence a permis de rendre compte de la succession historique des modalités prises par la croissance urbaine à partir de la comparaison des taux de croissance démographiques de la zone centrale et de la zone périphérique. Elle n'est cependant que descriptive et souffre d'un manque de fondements théoriques (Camagni, 1996, chap. 9).

Aujourd'hui les dynamiques intra-urbaines de population semblent plus complexes, plus difficiles à analyser et à classifier. La désurbanisation continue de caractériser certaines villes, tandis que les logiques de réurbanisation peinent à s'affirmer ; elles sont souvent sélectives, à travers la *gentrification* (London, 1980). Les différences entre villes européennes et villes américaines, et plus encore entre villes de pays développés et sous-développés font moins croire à la validité d'un schéma universel qu'à la multiplicité des trajectoires de l'urbanisation.

De plus, le modèle n'est spatial qu'en apparence : il ne fait que constater des dynamiques différentes de population. Les conséquences de ces évolutions démographiques sur l'occupation du sol urbain ne sont perceptibles qu'en filigrane. Le modèle du cycle de vie urbain doit être dépassé pour comprendre la forme prise par la croissance urbaine.

Ce chapitre est consacré à l'étude de l'étalement comme *forme contemporaine spécifique de l'urbanisation*. En insistant sur le terme « forme », nous n'entendons pas nous limiter à l'étude de différentiels de croissance comme dans le modèle de cycle de vie urbain ; notre ambition est d'examiner les conséquences de la croissance urbaine sur les modalités de l'occupation du sol. Autant dire que l'étalement est considéré comme une *traduction spatiale de la croissance urbaine*. Dans cette approche, l'étalement est héritier aussi bien des faubourgs du Moyen-Age que des villes nouvelles des années 1960, en passant par les banlieues industrielles et pavillonnaires du début du XX° siècle (Merlin, 1998).

La théorie de l'étalement urbain est une théorie de l'étalement résidentiel. C'est pourquoi nous nous limiterons dans ce chapitre à l'analyse des dynamiques de population et à leurs implications spatiales. L'étalement urbain doit avant tout être défini.

L'étalement, forme contemporaine de la croissance urbaine : précisions sémantiques

L'étalement urbain désigne, de manière très générale, l'extension de la superficie d'une agglomération sur le territoire avoisinant : c'est « l'urbanisation de terres rurales » (Nicot, 1996) ou de manière moins charitable, « couper des arbres pour en donner le nom à de nouvelles rues » (Barcelo, 2002). L'étalement est une forme contemporaine du processus de croissance urbaine.

La croissance urbaine française de l'après-guerre est alimentée à la fois par la croissance démographique, une forte immigration et l'exode rural. A partir de la fin des années 1960, si le taux d'urbanisation continue à augmenter, la croissance des communes périphériques commence à dépasser celle de la ville-centre ; la croissance centrale devient même souvent négative dans les années 1980[7] (Le Jeannic, 1997). La **suburbanisation** se définit alors comme le déversement de population et d'activités du centre vers la périphérie de la ville, comme le résume la métaphore du « volcan » (Lacour, 1996).

La suburbanisation est au départ analysée comme une simple **périurbanisation** – c'est-à-dire, au sens propre, l'urbanisation des zones périphériques. Mais la démocratisation de l'automobile rend accessibles de nouveaux territoires, très éloignés de l'agglomération proprement dite. La suburbanisation discontinue ou « en saut-de-mouton » (*leapfrog development*) « saute » les terrains vacants contigus à la ville (parfois laissés vacants pour des raisons spéculatives – Clawson, 1962 ; Archer, 1973) pour se déployer dans des zones relativement éloignées. La ville « s'éparpille », se « dilue » (Frankhauser, 1994), elle « éclate » (May *et alii*, 1998), produisant des espaces hybrides et rendant caduque la traditionnelle opposition ville/campagne. Elle est tellement « diffuse » (Secchi, 2002) qu'elle en devient « invisible » (F. Beaucire, cité *in* Orfeuil, 1997). Le terme de ***rurbanisation***[8] est forgé pour rendre compte de cette réalité souvent difficilement perceptible (Bauer & Roux, 1976).

On peut considérer que périurbanisation et rurbanisation sont deux formes différentes de suburbanisation, différenciées par leur degré de continuité avec l'agglomération existante[9]. Dans les deux cas, la traduction spatiale de ces nouvelles logiques de localisation est l'étalement urbain (Downs, 1998).

L'étalement est donc caractérisé par la diversité de ses formes. Il est une « cible mouvante » (Ewing, 1997, p. 108), un ensemble de modes d'extension urbaine « plus ou

[7] Phénomène à l'origine de la thèse du « déclin urbain » (Lacour, 1993, pp. 70-79).
[8] Néologisme formé par la contraction de *urbanisation* et *rural*. La rurbanisation peut toutefois être considérée comme une urbanisation périphérique (une périurbanisation) à condition d'adopter une vision suffisamment large de la « périphérie ».
[9] Nous sommes conscients que ces présupposés terminologiques ne sont qu'une convention. Les termes ici présentés ne faisant pas l'objet de définitions académiques, force est d'adopter ses propres hypothèses. La tendance actuelle en économie urbaine, que nous avons adoptée, semble être d'employer le mot *suburbanisation* comme terme générique (e. g. Boiteux & Huriot, 2002).

moins continues ou éparpillées », au point que « son usage peut devenir source de confusion » (Wiel, 2002, p. 56). Il semble alors nécessaire de préciser l'approche de l'étalement que nous retenons.

L'étalement peut aussi bien être appréhendé comme un état que comme un processus (Nicot, 1996). En tant qu'**état**, il renvoie à la question du degré d'étalement relatif de la ville, mesuré à partir de comparaisons synchroniques : on admet implicitement l'idée d'une « universalité » des tendances de suburbanisation, les différences inter-urbaines relevant alors des spécificités locales de l'urbanisation, qu'elles soient topographiques, culturelles, etc. La notion de **processus** relève plutôt d'une appréciation diachronique de l'étalement, c'est-à-dire du rythme et de l'intensité de l'étalement dans le temps.

Une première définition de l'étalement repose sur un critère morphologique, supposant que la ville se caractérise avant tout par un agrégat d'édifices contigus, un « amas de bâtisses » (Dupuy, 1995a)[10]. L'étalement est « l'extension spatiale des aires construites d'une ville à travers le temps ». Sa mesure se fait alors par l'observation de l'extension du périmètre construit d'une agglomération à différentes périodes (Antoni, 2002).

Cette approche présente cependant le défaut d'assimiler extension et étalement. L'extension est « l'action de développer, d'accroître les dimensions, l'étendue »[11] et consiste simplement en une augmentation du périmètre urbanisé, conséquence logique de tout processus de croissance urbaine (Merlin, 1998). L'étalement est un terme plus précis, qui fait plutôt référence à une diminution dans l'intensité de l'occupation du sol urbain : c'est « l'action d'étaler (« déployer, étendre, mettre à plat »), d'étendre sur une surface »[12]. Il renvoie donc à un processus *spécifique* de croissance urbaine, qui voit une extension du territoire urbanisé *supérieure à l'augmentation de la population*.

C'est ainsi que B.-H. Nicot (1996) élabore une mesure originale de l'étalement, prenant en compte à la fois l'extension du périmètre urbanisé et la croissance de la population. La distance médiane (resp.[13] nonantane) correspond à la distance théorique en deça de laquelle réside 50% (resp. 90%) de la population cumulée. Les agglomérations françaises de plus de 100 000 habitants ont vu leur distance médiane augmenter davantage que leur population entre 1982 et 1990, ce qui suggère une tendance à l'étalement. La distance nonantane en revanche n'a quasiment pas varié sur la période : l'étalement se manifesterait donc à l'intérieur de cette distance[14].

---

[10] Approche retenue par l'INSEE pour définir les *unités urbaines*, basées sur la continuité de l'habitat : « ensemble d'une ou plusieurs communes dont le territoire est partiellement ou totalement couvert par une zone bâtie d'au moins 2000 habitants [où] les constructions sont séparées de leur voisine de moins de 200 mètres » (Le Jeannic, 1997).

[11] Dictionnaire de l'Académie Française, en ligne, http://www.atilf.atilf.fr

[12] *Ibid.*

[13] L'usage de l'abréviation *resp.* (respectivement) pourra être effectué fréquemment dans la suite du texte, afin de ne pas alourdir certaines tournures, notamment dans le commentaire de certains résultats empiriques.

[14] Un biais est cependant introduit par le fait que B.-H. Nicot utilise la nomenclature des ZPIU (Zones de Peuplement Industriel et Urbain), élaborée en 1962, qui en 1990 regroupent 96 % de la population française (Guerois & Paulus, 2002) : ce résultat n'est donc pas si surprenant.

La mesure de l'étalement : baisse des densités moyennes ou aplatissement du gradient de densité

Si l'étalement correspond à un accroissement du périmètre urbanisé supérieur à celui de la population, alors il se manifeste par une diminution des densités urbaines. De fait, l'étalement est souvent associé aux faibles densités (Beauchard, 1999 ; Bessy-Pietri, 2000 ; Ewing, 1997 ; Le Jeannic, 1997 ; Sierra Club, 2002), au point de servir à le définir : pour M. Barcelo, l'étalement est « une croissance contiguë à faible densité en périphérie » (Barcelo, 1999).

L'étalement peut donc se manifester comme **une diminution des densités sur l'espace de l'agglomération**. Cette évolution correspond à un différentiel de croissance entre la consommation de sols et la population à l'avantage de la première (Barcelo, 1993).

La mesure de l'étalement par les densités nécessite des précisions sur ce concept « souvent cité, rarement défini » (Fouchier, 1997a, p. 31), qui mesure l'intensité de l'occupation du sol par les activités humaines (Bailly *et alii*, 1994, p. 440). Les indicateurs de densité sont nombreux : comme tout ratio, la valeur qu'il prend est très dépendante du sous-ensemble de population retenu - au numérateur - comme du type d'espace habité - au dénominateur (Derycke, 1999b). Chacun correspond à un usage particulier : densité de construction ou d'habitation (approche urbanistique) ; brute ou nette (approche géographique) ; résidentielle ou d'emploi (approche économique)[15].

Dans la mesure de l'occupation du sol urbain par les activités humaines, un biais important provient de la spécialisation fonctionnelle des espaces, notamment entre activité résidentielle et emploi. A partir de la comparaison de trois quartiers parisiens, V. Fouchier (1997a) montre que pour un même COS brut[16] (3,2) – et donc une même intensité d'occupation du sol, de fortes distorsions peuvent survenir du fait du degré de mixité des espaces. Dans l'exemple qu'il prend, Chaussée d'Antin est un quartier de bureaux, Masséna plutôt résidentiel, et Montholon est relativement mixte (cf. Tableau I-1). Il propose donc, pour lisser ces différences et obtenir un indicateur significatif de l'occupation des sols, la notion de densité humaine, somme des densités résidentielle et d'emploi, relativement comparable pour les deux premiers.

Néanmoins, lorsqu'il s'agit de mesurer l'étalement d'une agglomération dans son ensemble, les densités moyennes sont un indicateur relativement grossier. La diversité et la grande taille de ce type d'espaces font que la mesure globale des densités « lisse » les différentiels de densités, parfois très importants, au sein d'une même agglomération. Il semble

[15] P.-H. Derycke cite une étude de Kilbridge, O'Block, & Teplitz (1970) qui montrèrent que l'on pouvait construire plus d'une centaine de mesures de la densité, « ayant chacune leur pertinence pour l'analyse ou la planification urbaine » (Derycke, 1999b, p. 2).

[16] Le COS (Coefficient d'Occupation des Sols) est le rapport entre la surface de plancher susceptible d'être réalisée sur un terrain et la surface de ce terrain.

donc judicieux d'inclure dans la mesure de l'étalement la répartition intra-urbaine des densités.

Tableau I-1. Comparaison de densités et tissus urbains parisiens

	Montholon	**Chaussée d'Antin**	**Masséna**
Surface totale	12 ha	20 ha	27 ha
dont : Voirie	28 %	28 %	26 %
Espaces verts	3 %	-	6%
Parcelles	69 %	72 %	68 %
C.O.S Brut	**3.2**	**3.2**	**3.2**
Densité de population	377 hab / ha	58 hab / ha	735 hab / ha
Densité d'emploi	376 empl / ha	975 empl / ha	237 empl / ha
Densité humaine	**753 hab+empl / ha**	**1033 hab+empl / ha**	**972 hab+empl / ha**

Source : Fouchier, 1997b

La Loi de Clark exprime la décroissance des densités avec la distance au centre (Clark, 1951)[17], fait considéré aujourd'hui comme universel, et que la théorie standard urbaine relie à la décroissance des valeurs foncières (cf. *infra*).

L'expression la plus commune du gradient de densité est la forme exponentielle :

$$D(x) = D_0.e^{-\alpha.x}$$

où *D(x)*, la densité en chaque point *x* de l'espace urbain, décroît à partir d'une valeur maximale (centrale) D_0 à un taux α : ce dernier est le gradient proprement dit, et se définit comme la mesure du rythme moyen de décroissance de la densité en fonction de la distance au centre.

Le gradient de densité présente l'avantage de pouvoir être utilisé pour décrire autant l'état que le processus d'étalement d'une ville, à partir respectivement d'une comparaison avec d'autres agglomérations (synchronique) ou de l'évolution du gradient dans le temps (diachronique).

La Loi de Clark a donné lieu à de multiples développements et à de nombreuses applications empiriques. L'examen de quelques-unes de ces études[18] montre bien la généralité du phénomène d'étalement dans les pays développés à travers l'aplatissement du gradient de densité. Celui-ci touche aussi bien les Etats-Unis (Mills, 1970, 1972 ; Mills & Lubuele, 1997 ;

[17] Même si des auteurs tels que H. Bleicher en 1892 ou J. Stewart en 1947 en ont suggéré l'idée avant C. Clark (Peguy, 2000) ; P.-H. Derycke (1999) cite également, parmi ces inconnus malchanceux, S. Korzybiski, qui étudia les gradients de Londres et de Paris (publication en 1952).

[18] Il n'est pas question d'en faire l'étude exhaustive mais on pourra consulter P.-H. Peguy (2000, pp. 94-96) ou P.-H. Peguy *et alii*, (2000, pp. 268-271).

Muth, 1969) qu'Israël (Alperovitch, 1995) ou la France (Peguy, 2000). Même si aujourd'hui les techniques de calcul se sont multipliées et utilisent des outils mathématiques de plus en plus sophistiqués (Derycke, 1999b), le constat n'est jamais fondamentalement remis en cause, à peine relativisé (Peguy, 2000). Les données pour la France montrent une tendance à l'étalement à travers la diminution des gradients de densité, tendance valable quelle que soit la taille de la ville, et surtout sensible sur la période 1982-1990 (cf. Tableau I-2).

Tableau I-2. Gradients de densité selon la taille de l'aire urbaine (*forme exponentielle*)

Taille des aires urbaines	1975	1982	1990	1999	*1975-82*	*1982-90*	*1990-99*
< 50.000	-0,1658	-0,1681	-0,1625	-0,1578	*1,4%*	*-3,3%*	*-2,9%*
[50.000 ; 100.000]	-0,1616	-0,1638	-0,1615	-0,1601	*1,4%*	*-1,4%*	*-0,8%*
[100.000 ; 150.000]	-0,1610	-0,1637	-0,1620	-0,1617	*1,6%*	*-1%*	*-0,2%*
[150.000 ; 300.000]	-0,1048	-0,1068	-0,1041	-0,1038	*1,9%*	*-2,5%*	*-0,3%*
[300.000 ; 500.000]	-0,1292	-0,1304	-0,1286	-0,1270	*1%*	*-1,4%*	*-1,3%*
> 500. 000	-0,1158	-0,1150	-0,1136	-0,1128	*-0,7%*	*-1,3%*	*-0,7%*
Ensemble	-0,1424	-0,1443	-0,1417	-0,1403	*1,4%*	*-1,8%*	*-1%*

Source : Péguy, 2000

L'évolution des densités de la ville, dans l'espace comme dans le temps, peut faire l'objet d'une interprétation qui aide à apprécier le processus d'étalement. P.-H. Derycke (1999, pp. 7-8) propose « une lecture spatio-temporelle de l'évolution des densités aux différents âges de la ville », qui rappelle le modèle de cycle de vie urbain :

- *Jeunesse* : la densité au centre s'élève rapidement ; le gradient de distance est élevé ; les densités déclinent vite à partir du centre.
- *Adolescence* : la densité au centre progresse vite ; le profil des densités devient plus plat ; l'urbanisation gagne la périphérie.
- *Maturité* : le centre présente une forme en cratère caractéristique ; le sommet de la courbe des densités se déplace vers la zone intermédiaire.
- *Vieillesse* : la densité au centre s'abaisse de plus en plus ; l'urbanisation se stabilise.

Problématique

L'étalement urbain n'est donc pas qu'une simple extension du périmètre urbanisé. Il est une traduction spatiale contemporaine du processus de croissance urbaine, caractérisée par un accroissement de la superficie de l'agglomération supérieure à celui de la population. On le mesure à partir des densités urbaines, par la diminution des densités moyennes ou l'aplatissement du gradient de densité.

On associe souvent à l'étalement des termes tels que « desserrement » (Delisle & Lainé, 1998) ou « déconcentration » (Fouchier, 1997a) pour signifier que dans la ville étalée, les individus ont un besoin moindre de se concentrer, d'être « serrés » les uns aux autres. Le processus d'étalement correspond donc à une **atténuation du besoin de concentration**.

L'étalement résidentiel est par définition le produit des logiques de localisation résidentielle. Dès lors, **expliquer l'étalement revient à analyser les facteurs de déconcentration des ménages**. On cherchera à préciser les mécanismes qui gouvernent ces nouveaux modes d'appropriation de l'espace à l'origine de l'étalement.

Expliquer l'étalement résidentiel revient à comprendre les logiques qui gouvernent un phénomène souvent qualifié d'universel, dépassant les spécificités locales (Gordon & Richardson, 1997b), mais qui pourtant opère à des degrés variables selon le contexte urbain (Wiel, 2000). Nous avons voulu tenir compte de ce double aspect en conduisant l'analyse de la déconcentration des ménages suivant deux axes : tout d'abord une interprétation à portée générale, fondée sur les mécanismes de la microéconomie urbaine. Ceux-ci découlent de l'hypothèse d'un espace homogène, où le seul élément de différenciation des localisations est la distance au centre. Ensuite, en relâchant cette hypothèse, nous serons amenés à considérer un territoire hétérogène, différencié par le niveau d'aménités produites. On peut alors expliquer l'étalement par l'intégration de ces différences dans les logiques de localisation des individus.

On notera que, ayant défini l'étalement comme la traduction spatiale de la croissance urbaine, son analyse repose sur deux approches différentes de l'espace. Dans la première, l'espace est homogène ; ce qui différencie les lieux est la *position*. Dans la seconde, l'espace est hétérogène ; les lieux se différencient par leurs *attributs*. En fonctionnant par analogie, cette présentation permet de retrouver les deux approches traditionnelles des déterminants de la rente foncière : la rente de situation de la tradition thünenienne et la rente liée à la fertilité du sol, dans la tradition ricardienne (Camagni, 1996, pp. 246-248 ; voir aussi Blaug, 1999, chap. 14)[19].

[19] On retrouve également la démarche de P. Miezskowski & E. S. Mills dans leur « *Causes of Metropolitan suburbanization* » (1993). D'après eux, la *suburbanization* serait due à un ensemble de facteurs « naturels » (*sic*), valables quels que soient le lieu et l'époque, et relatifs à l'évolution des prix et des revenus, qu'il faut compléter par des facteurs liés aux particularités locales (topographiques, législatives, culturelles, etc.).

SECTION I - L'ETALEMENT DANS LE CADRE DE LA VILLE MONOCENTRIQUE

La déconcentration des ménages peut être reliée à des facteurs tels que l'accroissement des revenus et la diminution des coûts de transport. Cette démonstration sera menée à partir du cadre théorique de la Nouvelle Economie Urbaine (par la suite, N.E.U)[20], pour plusieurs raisons :

- Nous avons défini l'étalement urbain comme la conséquence du phénomène de déconcentration des ménages. En supposant la localisation des emplois comme exogène, la N.E.U propose une description des logiques de localisation résidentielle, et s'affirme comme « une théorie de l'espace résidentiel » (Zoller, 1988, p. 73) ;
- Le modèle de la N.E.U, en supposant un espace homogène, permet d'expliquer la localisation des ménages à partir de facteurs spécifiquement économiques : l'évolution des revenus et des coûts de transport ;
- Enfin, le modèle de la N.E.U constitue un point de départ indispensable pour l'analyse des facteurs de déconcentration des ménages, pour laquelle il conserve une « puissance explicative forte » (Mills & Lubuele, 1997).

Le modèle de la N.E.U permet de comprendre aussi bien l'état d'étalement que le processus d'étalement. Il fournit donc non seulement un fondement théorique à la relation entre les densités et la distance au centre, mais il permet en plus d'appréhender le processus de diminution des densités dans le temps à partir des évolutions du revenu des ménages et des coûts de transport que ceux-ci supportent.

I - Les fondements théoriques de la relation densité-distance au centre

Après avoir indiqué les hypothèses fondant le modèle de base et après l'avoir formulé, nous présenterons les fondements théoriques de la loi de décroissance des densités avec la distance au centre en démontrant la correspondance théorique entre le gradient de rente et le gradient de densité.

[20] Nous adoptons le terme générique de « Nouvelle Economie Urbaine » pour désigner les travaux de microéconomie urbaine appliqués au modèle de ville monocentrique (e.g. Derycke, 1996).

A - Hypothèses et formulation du modèle de la N.E.U

Les modèles de la Nouvelle Economie Urbaine combinent les techniques marginalistes à une conception thünenienne de l'espace (Huriot, 1994) pour formaliser la notion d'*équilibre urbain*, dans la lignée des travaux de W. Alonso (1964), R. F. Muth (1969) et E. S. Mills (1972) notamment.

La Nouvelle Economie Urbaine s'attache à décrire la réalité urbaine des années 1960 : une ville qui polarise en un centre unique la grande majorité de l'activité économique de la ville. Le raisonnement s'appuie sur des hypothèses qui recoupent celles de la théorie économique standard[21].

L'espace est réduit à une seule dimension : la distance au centre[22]. La production et l'échange de biens sont concentrés en un lieu unique, situé au centre géographique de la ville, le Centre des Affaires (CBD, *Central Business District*). La focalisation sur l'équilibre résidentiel fait que l'on néglige l'analyse des phénomènes se déroulant à l'intérieur du CBD. L'attention est alors dirigée vers l'espace qui le jouxte, simplifié à l'extrême puisque seules y coexistent les activités de logement et de transport. La ville se présente donc comme « un disque perforé en son milieu » (Zoller, 1988, p. 65)[23]. Finalement, la N.E.U « demeure pour l'essentiel une théorie de l'espace résidentiel, et plus précisément même, une théorie de l'espace suburbain » (Zoller, 1988, p. 73).

Le sol est parfaitement homogène, et ce qui détermine sa valeur est alors la plus ou moins grande proximité au CBD (rente différentielle d'accessibilité), conformément à la tradition thünenienne. On néglige complètement les autres attributs de la localisation résidentielle[24].

Il n'existe qu'une seule catégorie d'agents, les ménages, dont les goûts sont homogènes et les revenus identiques. Ils sont de plus parfaitement mobiles, ce qui revient à dire qu'il n'y a ni coûts ni délais de réaffectation de l'espace : c'est l'hypothèse de « métropole instantanée » (Zoller, 1988, p. 66).

Toutes ces hypothèses sont surtout liées à des exigences mathématiques, et l'on peut extrapoler en disant à la suite de A. J. Scott (1976) que les critiques adressées à la N.E.U sont souvent les mêmes que celles adressées aux méthodes marginalistes[25].

---

[21] Un tableau synthétique du cadre théorique de la N.E.U (hypothèses, propositions, limites) pourra être trouvé dans J. Lajugie *et alii* (1985, pp. 728-729).

[22] On considère généralement qu'il s'agit de la distance euclidienne, mais le raisonnement est généralisable à toutes sortes de métriques : rectilinéaire, radio-concentrique, circumradiale, etc. - voir J. Lajugie *et alii* (1985, p. 662).

[23] L'espace étant unidimensionnel, on peut considérer que la ville est une ligne, un ruban, ou encore un demi-cercle (pour ce dernier cas, voir Mills, 1972, chap. 5).

[24] Et de manière générale tout ce qui constitue un effet externe pouvant influer sur la valeur foncière, assimilant celle-ci à une rente de localisation pure. L'absence d'externalités dans les modèles N.E.U est pour le moins gênante, puisqu'elle revient à « nier l'existence même de la ville » (Derycke, 1996, p. 74) : la ville justifie économiquement son existence par le concept d'économies d'agglomération (Davezies, 2000 ; Aguiléra-Bélanger & Gaschet, 2004).

[25] Pour une formulation de ces critiques, voir J. Sapir (2000, chap. 1). On peut par exemple faire le parallèle entre l'hypothèse de « métropole instantanée » et le postulat d'instantanéité des transactions dans les modèles d'équilibre général à la Arrow-Debreu.

Les ménages décident de leur localisation en arbitrant entre une force qui tend à les attirer vers le CBD (les coûts de transport, croissant avec la distance), et une force tendant à les en repousser (le coût du logement, déterminé par la rente d'accessibilité). L'équilibre est atteint par le biais d'un mécanisme d'enchères, suivant le principe de concurrence pour l'usage des sols, selon lequel la terre va au plus offrant.

Le concept central du modèle est la **rente offerte** (ou rente d'enchère), qui représente le montant maximum qu'un résident est prêt à débourser pour obtenir une unité de sol à une distance *x* du centre et pour un niveau d'utilité fixé $\overline{U}$:

$$\Re(x,\overline{U}) = \max \frac{Y - T(x) - Z}{L} \quad ss\ \hat{c}.U(Z,L) = \overline{U} \qquad (1)^{26}$$

où *Y* est le revenu, *T(x)* est le coût de transport (croissant avec la distance), *Z* la consommation d'un bien composite (qui réunit tous les biens sauf le logement et le transport), et *L* la quantité de sol par habitant.

Le théorème de l'enveloppe[27] nous donne la pente de la courbe de rente offerte :

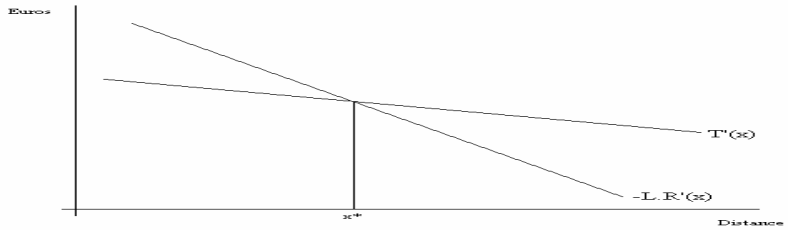
$$\frac{\partial \Re(x,\overline{U})}{\partial x} = -\frac{\partial T(x)/\partial x}{L\left[Y - T(x),\overline{U}\right]} \qquad (2)$$

où $L\left[Y-T(x),\overline{U}\right]$ est la quantité optimale de sol urbain par personne, obtenue à partir de (1). L'équation (2), exprimée sous la forme suivante,

$$\frac{\partial T(x)}{\partial x} = -\frac{\partial \Re(x,\overline{U})}{\partial x}.L\left[Y - T(x),\overline{U}\right] \qquad (2bis)$$

est un résultat central, appelé « condition de Muth » (Muth, 1969, chap. 2 ; cf. Figure I-1).

Figure I-1. La condition de Muth[28]



Source : Zoller, 1988

[26] La fonction de rente offerte est supposée continue et différentiable deux fois : $\frac{\partial \Re(x,\overline{U})}{\partial x} < 0 ; \frac{\partial^2 \Re(x,\overline{U})}{\partial x^2} > 0$.

[27] Le théorème de l'enveloppe donne la solution d'un problème de maximisation sous contrainte. Voir l'annexe mathématique de Y. Y. Papageorgiou (1990, p. 24).

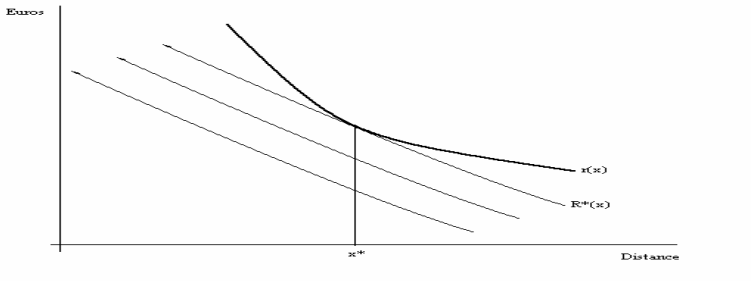
[28] La forme de la courbe de coût marginal de transport est empruntée à H. Zoller (1988). D'autres auteurs la représentent sous une forme plate (e.g. Camagni, 1996, p. 66).

En cas de « petit mouvement » vers la périphérie, l'économie réalisée sur la dépense de logement, $-\frac{\partial \Re(x,\overline{U})}{\partial x}.L\left[Y-T(x),\overline{U}\right]$, sera exactement compensée par l'accroissement des coûts de transport, $[\partial T(x)/\partial x]$, et inversement en cas de petit mouvement vers le centre. A l'équilibre, il y a donc bien « indifférence de localisation » : tant que la condition de Muth est respectée, peu importe au ménage sa localisation précise dans l'espace urbain, et il n'a plus aucune raison de se déplacer.

L'équilibre résidentiel s'établit à la tangence entre la courbe de rente offerte et la **courbe de rente effective**, fixée de manière exogène par des « propriétaires absents » (*absentee landlords*)[29], comme l'illustre la Figure I-2.

$$r(x) = \Re(x,\overline{U}) \qquad (3)$$

Figure I-2. L'équilibre spatial du consommateur



Source : Zoller, 1988

Cette représentation est tout à fait cohérente avec la condition de Muth et l'indifférence de localisation qui en découle, puisque les courbes de rente offerte peuvent être interprétées comme « des courbes d'indifférence entre rente et distance au centre » (Camagni, 1996, p. 159).

Deux conditions sont nécessaires pour « boucler le modèle » et déterminer le niveau d'utilité atteint à l'équilibre (et la courbe d'enchère correspondante) :

- La première indique la valeur de la rente à la limite externe de la ville, que l'on assimile par convention à la valeur des terrains dédiés à l'agriculture[30] :

$$r(x_{\max}) = r_a \qquad (4)$$

[29] Les conditions de convexité sont données par H. Zoller (1988, p. 75) : $0 < \partial^2 \Re(x,\overline{U})/\partial x^2 < \partial^2 r(x)/\partial x^2$. A la localisation d'équilibre, la fonction de rente effective est plus convexe que la fonction de rente offerte.

[30] L'idée est que le rayon de la ville (et par conséquent sa superficie, l'espace étant unidimensionnel) est déterminé par les conditions d'un arbitrage au niveau de l'usage du sol, entre usage urbain (résidentiel) et non urbain (agricole) – d'où la nécessité d'inclure dans le modèle la valeur de la rente agricole.

- La deuxième est une contrainte de population, et indique que tous les ménages doivent être logés :

$$N = \int_{x_0}^{x_{\max}} \frac{\Phi(x)}{L\left[Y - T(x), \overline{U}\right]} dx \qquad (5)$$

où N est la population urbaine totale, et $\Phi(x)\ dx$ la quantité de sol urbain destiné à l'usage résidentiel entre x et dx.

Ces deux conditions fournissent deux équations en x et en U. Elles permettent de déterminer la limite externe de la ville[31], et le niveau d'utilité atteint à l'équilibre : $\overline{U}$. La rente foncière en tout point de la ville s'exprime alors de la manière suivante :

$$\begin{aligned} r(x) &= \Re(x, \overline{U}) \qquad si\ x \le x_{\max} \\ r(x) &= r_a \qquad\qquad si\ x > x_{\max} \end{aligned} \qquad (6)$$

Le modèle nous a permis de déterminer les conditions de l'équilibre résidentiel, les variables endogènes étant l'étendue de la ville (*via* son rayon $x_{\max}$), le niveau d'utilité d'équilibre ($\overline{U}$) et la courbe de rente effective ($r(x)$).

La théorie de la localisation résidentielle développée par la N.E.U permet de fonder théoriquement la loi de décroissance des densités avec la distance au centre, à partir de l'établissement d'une correspondance entre les densités et la rente foncière dérivée des conditions de production des logements dans l'espace urbain.

B - La décroissance des densités avec la distance au centre : l'*état* d'étalement

La condition de Muth (éq. 2) implique forcément la décroissance du gradient de rente, les coûts de transport étant croissants avec la distance ($\partial T(x)/\partial x > 0$, L (.) > 0 par hypothèse ; voir Muth, 1969, p. 23). E. S. Mills (1972, chap. 5) démontre que :

$$\frac{N}{L}(x) = E.r(x)^{\alpha(1+\theta)} \qquad (7)$$

où E est une constante, α est la part de la rente dans le prix du logement, et θ l'élasticité-prix de la demande de logement. N / L est la densité résidentielle, variable en fonction de la distance au centre.

---

[31] Et par suite la taille de l'espace résidentiel : $\int_{x_0}^{x_{\max}} \Phi\ (x)\, dx$. En supposant que la totalité du sol urbain va à l'usage résidentiel, et si la ville est parfaitement circulaire, alors $\Phi(x)$ =2Π*x* (voir par exemple Mills, 1972).

Ainsi, en supposant la stabilité des paramètres α et θ, la densité est fonction de la rente en chaque point de l'espace urbain. En supposant d'autre part que le logement est un bien normal ($\theta < 0$), cette relation est positive. Et en posant $\theta = -1$ (E. S. Mills (1972) s'appuie sur des « études [empiriques] récentes »), alors la densité de population est directement proportionnelle à la rente foncière. Cette démonstration « fournit un lien entre théorie et observation » selon E. S. Mills lui-même (*Ibid*., p. 84), et nous permet d'expliquer de manière rigoureuse **la décroissance du gradient de densité dans l'espace urbain**.

Le fait que la quantité d'espace par personne soit proportionnelle à la rente (éq. 7) traduit bien l'idée que rente et densité évoluent de concert. La justification théorique fait appel aux conditions de production des logements, ce qui nécessite de découpler consommation de sol et consommation de logement par les ménages.

On modifie donc les variables décisives dans le choix de localisation individuel : ce n'est plus la consommation de sol urbain qui rentre en ligne de compte, mais la consommation d'espace habitable. Le sol urbain n'est alors plus qu'un *input*, dont le prix (la rente) détermine la quantité utilisée dans le processus de production, et par suite le montant d'*output* à travers une fonction de production d'espace habitable. Les conditions de production du logement sont supposées suivre une fonction Cobb-Douglas :

$$Q(x) = A.L(x)^{\alpha}.K(x)^{1-\alpha} \qquad (8)$$

où $Q(x)$ est la production de logements, A une constante et $K(x)$ le montant de capital utilisé dans la construction.

A l'équilibre, la valeur du produit marginal du sol est égale à son prix :

$$\frac{\alpha.p(x).Q(x)}{L(x)} = r(x) \qquad (9)$$

où $p(x)$ est le prix du bien logement[32]. En substituant dans (8), on démontre facilement que :

$$p(x) = \frac{i^{1-\alpha} r(x)^{\alpha}}{A\alpha^{\alpha}(1-\alpha)^{1-\alpha}} \qquad (10)$$

Dès lors, en supposant constants i, le taux de rémunération du capital (déterminé sur le marché national), et α, le paramètre qui indique la part de la rente dans le prix du logement, on obtient :

$$p(x) = B.r(x)^{\alpha} \qquad (10bis)$$

où B est une constante. Le prix du logement est donc moins que proportionnel à la rente ($0<\alpha<1$). En substituant dans (9) :

$$B.\alpha.\frac{Q(x)}{L(x)} = r(x)^{1-\alpha} \qquad (11)$$

[32] On peut aussi, sans modifier l'essence du raisonnement, considérer $Q(x)$ comme un flux de services résidentiels, incluant viabilisation du terrain, construction du bâtiment, raccordement aux réseaux, etc.

La production de logement par unité de sol $[Q(x)/L(x)]$ est directement proportionnelle à la rente du sol : dès lors, si la rente est élevée (à proximité du centre), la production par unité de surface est élevée[33], ce qui correspond bien *a priori* à un usage intensif du sol. Les étages se multiplient, et les densités augmentent. A. Frenkel (2004) montre par exemple la décroissance du nombre d'immeubles de haute taille (*high-rise buildings*, plus de 10 étages) avec la distance au centre dans l'agglomération de Tel-Aviv, ainsi que l'augmentation du nombre d'étages des immeubles dans le temps.

Cette démonstration repose sur l'hypothèse d'un bien « logement » homogène et indifférencié (la fonction de production étant unique). R. F. Muth (1969) montre cependant que, même en multipliant les conditions techniques de production de logement, le raisonnement précédent reste valable.

La théorie permet donc de retrouver élégamment un résultat très simple : plus le prix du sol est élevé, moins la production de logement utilise de sol (soit un ratio K/L élevé), et plus les densités (ou la consommation individuelle d'espace habitable) sont élevées. Il y a donc, d'un point de vue théorique, une **correspondance forte entre la décroissance de la rente et la décroissance de la densité**.

Le cadre théorique fixé par la N.E.U nous a permis de justifier théoriquement la décroissance des densités avec la distance au centre, et permet de saisir, à partir de la confrontation des arbitrages effectués par les ménages quant à leur localisation et des conditions de production des logements dans l'espace urbain, *l'état* d'étalement.

Le *processus* d'étalement est un phénomène de diminution des densités (ou d'aplatissement du gradient de densité) dans le temps. Le cadre théorique de la N.E.U permet de l'expliquer grâce aux évolutions combinées des revenus et des coûts de transport.

II - La décroissance des densités dans le temps : le *processus* d'étalement

Le caractère générique du modèle N.E.U invite à pratiquer un exercice de statique comparative pour analyser le processus d'étalement. W. Wheaton (1974) emploie une fonction log-normale d'utilité pour examiner quels effets une variation des variables exogènes peut avoir sur les variables endogènes du modèle[34]. Ses résultats fournissent une base pour relier le processus d'étalement à la variation des revenus et des coûts de transport :

$\frac{\partial U}{\partial N} < 0$ (a)	$\frac{\partial U}{\partial T} < 0$ (e)	$\frac{\partial U}{\partial Y} > 0$ (h)
$\frac{\partial x_{\max}}{\partial N} > 0$ (b)	$\frac{\partial x_{\max}}{\partial T} < 0$ (f)	$\frac{\partial x_{\max}}{\partial Y} > 0$ (i)

[33] En présence de rendements d'échelle constants, comme c'est le cas pour les fonctions Cobb-Douglas.
[34] Une présentation comparable peut être trouvée chez M. Fujita (1989).

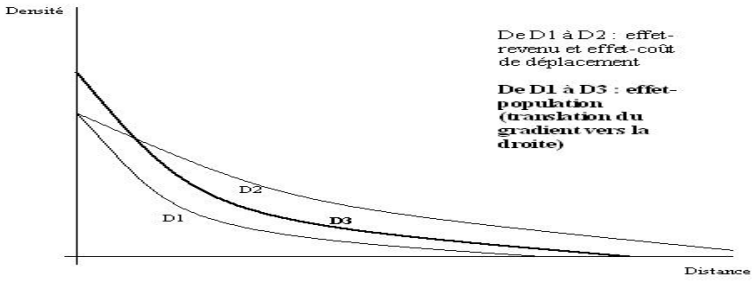
$\frac{\partial r}{\partial N} > 0$ (c)

$\frac{\partial L}{\partial N} < 0$ (d) $\frac{\partial L}{\partial T} < 0$ (g) $\frac{\partial L}{\partial Y} > 0$ (j)

Le modèle N.E.U suppose que la croissance démographique a un effet *a priori* neutre sur le degré d'étalement. Un afflux de population en ville ne modifie pas la forme des courbes de rente offerte, mais provoque une demande excédentaire d'espace pour loger les nouveaux arrivants. L'ajustement se fait par l'augmentation de la rente en tout point de l'espace urbain (c). L'équilibre sera alors rétabli par une diminution de l'utilité (a), une augmentation des densités (d)[35] et une expansion de l'espace résidentiel urbain (b). Ainsi l'accroissement de la population ne se traduit que par un accroissement des densités en tout point de la ville, autrement dit une translation du gradient de densité vers la droite (cf. Figure I-3) : l'effet de la croissance démographique sur l'étalement est neutre. Une preuve que croissance de la population et étalement ne sont pas indissolublement liés est que ce dernier se manifeste (bien que de manière affaiblie) dans les villes qui perdent des habitants (Bessy-Pietri, 2000 ; Julien, 2000).

On notera que ce raisonnement est tout à fait cohérent avec nos présupposés concernant la nature de l'étalement : celui-ci n'est qu'une *forme particulière* de la croissance urbaine, spécifique à notre époque.

Figure I-3. Effet de la croissance démographique sur le gradient de densité dans le modèle N.E.U



Source : Boiteux & Huriot, 2002

Dans le modèle de la N.E.U, l'aplatissement du gradient de densité est provoqué par l'accroissement du revenu et de la diminution des coûts de transport sur les comportements de localisation des ménages (cf. Figure I-3). Nous nous placerons, à la suite de la distinction devenue traditionnelle de Wheaton (1974), dans une ville fermée, où le niveau d'utilité est endogène et la population exogène (fixe).

[35] On suppose que *L*, la quantité de sol consommée par personne, peut être assimilée à l'inverse de la densité.

A - La diminution des coûts de transport

La diminution des coûts de transport correspond à un relâchement de la force centripète ; les avantages de l'agglomération deviennent moins prégnants, et l'on peut s'attendre à une dispersion de l'habitat. La diminution des coûts de transport devrait se solder par une augmentation de l'utilité (e), une extension du périmètre urbanisé (f), et une diminution de la densité (g).

Ce raisonnement est difficilement contestable, mais il nécessite d'approfondir la notion de coûts de transport, et les raisons de leur diminution. On rattache généralement l'étalement à la démocratisation de l'automobile. Pourtant l'automobile semble à première vue un mode de transport plus onéreux que les transports en commun ou la marche à pied. Si l'automobile a enchéri les coûts matériels, elle a par ses gains de vitesse fortement diminué les coûts temporels du déplacement. Ce n'est donc que si la diminution des derniers a été supérieure à l'augmentation des premiers que l'usage de l'automobile provoque la diminution des coûts de transport, et par conséquent accentue l'étalement urbain.

L'inclusion de la durée du trajet dans le coût de transport se fait à travers la notion de coût d'opportunité du transport. On valorise le temps de transport par la « valeur du temps » (salaire horaire, par exemple)[36]. Dans ces conditions, le coût de transport dépend non seulement de la distance au centre, mais aussi du revenu (e. g. Glaeser, 1998, p. 146).

S. F. LeRoy et J. Sonstelie (1983) modélisent l'apparition de l'automobile et ses conséquences sur l'occupation du sol urbain à partir d'un modèle N.E.U étendu pour tenir compte de la concurrence entre les modes. Les hypothèses habituelles du modèle N.E.U sont posées, en particulier celle de localisation exogène des emplois au CBD, qui permet de concentrer l'analyse sur le comportement des ménages.

Pour se rendre à leur lieu de travail, les ménages ont le choix entre deux modes de transport (l'automobile et le bus, indicés respectivement en *a* et *b*), dont les coûts s'écrivent :

$$T^a(x) = f^a + c^a x + Y.t^a x \qquad (12)$$
$$T^b(x) = f^b + c^b x + Y.t^b x \qquad (13)$$

avec x la distance au centre, Y le salaire, t^a, t^b le temps nécessaire pour parcourir une unité de distance, c^a, c^b les coûts variables de transport par unité de distance, f^a, f^b les coûts fixes de transport quotidiens (qui comprennent l'(éventuel) achat du véhicule, la dépréciation liée au temps, les frais d'assurance et de parking, etc.). L'automobile est le mode le plus rapide ($t^a<t^b$) mais aussi le plus onéreux ($f^a>f^b$ et $c^a>c^b$). Dans le cas le plus intéressant, où le salaire est suffisamment élevé pour que les agents ne soient pas « captifs » des transports en commun, le choix modal dépend de la distance.

[36] R. F. Muth (1969, p. 26), en distinguant revenus salariaux et non salariaux, aboutit à faire dépendre les coûts de transport des premiers, mais pas des seconds.

On définit une **distance-seuil de substitution des modes *x**** à laquelle le coût variable plus faible de l'automobile compense exactement son coût fixe plus élevé :

$$x^* = \frac{f^a - f^b}{c^a + Y.t^a - c^b - Y.t^b} \qquad (14)$$

Les fonctions de rente offerte conditionnelles au mode de transport s'écrivent :

$$\Re^{a,b}(x, Y, \overline{U}) = \max \frac{Y - T^{a,b}(x) - Z}{L} \qquad (15)$$
$$ss\ c.\quad U(L, Z) = \overline{U}$$

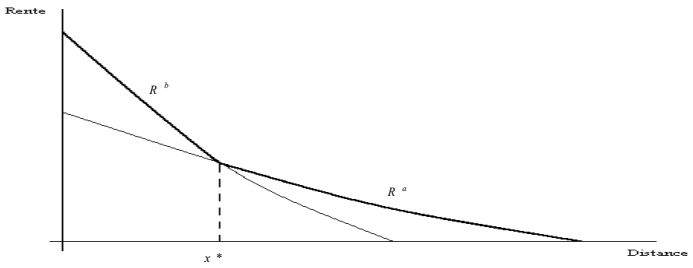
On aura $\Re(x, Y, \overline{U}) = \Re^a(x, Y, \overline{U})$ si $x>x^*$ et $\Re(x, Y, \overline{U}) = \Re^b(x, Y, \overline{U})$ si $x<x^*$ avec, d'après le théorème de l'enveloppe, le gradient de rente suivant :

$$\frac{\partial \Re(x, Y, \overline{U})}{\partial x} = -\frac{c^a + Y.t^a}{L} \text{ si } x>x^* \qquad (16a)$$

$$\frac{\partial \Re(x, Y, \overline{U})}{\partial x} = -\frac{c^b + Y.t^b}{L} \text{ si } x<x^* \qquad (16b)$$

où les numérateurs définissent le coût marginal de transport pour chaque mode. Les deux courbes de rente offerte conditionnelles se coupent au point *x**, où la structure des coûts incite à substituer un mode à un autre. La rente offerte globale présente donc un coude en *x** (cf. Figure I-4).

Figure I-4. Fonctions de rente conditionnelles au mode de transport



Note : le trait en gras représente la fonction de rente globale
Source : LeRoy & Sonstelie, 1983

On voit à partir de la Figure I-4 que la courbe de rente offerte globale est plus plate qu'en l'absence de l'automobile. Grâce à la diminution des coûts temporels du déplacement, l'urbanisation peut se faire à une plus grande distance du centre.

L'usage de l'automobile n'a pas seulement permis de réduire les coûts temporels du déplacement. Grâce à sa démocratisation, les coûts fixes et les coûts variables ont également pu être réduits :

- En devenant un produit massivement consommé, des économies d'échelle de production ont pu apparaître, révélées par exemple par l'organisation tayloriste du travail ;
- L'existence d'externalités positives liées à l'expansion du système automobile (Dupuy, 1999, 2002) correspond à une réduction des coûts pour l'automobiliste.

La démocratisation de l'automobile, par la réduction des coûts de transport subis par les ménages, a donc réduit la contrainte d'agglomération, permettant à la ville de s'étaler. Nous avons insisté sur ce point car il constitue le point de départ du raisonnement sur le modèle de Ville Compacte, et il nous semblait important d'évoquer comment la microéconomie urbaine envisage les mécanismes d'interaction entre l'étalement et la mobilité[37].

Dans l'analyse du processus d'étalement à partir du cadre théorique de la N.E.U, la diminution des coûts de transports doit être complétée par la prise en compte de l'accroissement du revenu des ménages.

B - L'accroissement du revenu net

Toujours selon les résultats obtenus par W. Wheaton (1974), l'augmentation du revenu des ménages se traduit par l'augmentation de l'utilité (h) et du périmètre urbanisé (i), tandis que les densités diminuent (j).

Le raisonnement peut être mené en termes analytiques, à partir de la condition d'équilibre donnée par l'éq. 2 : un accroissement du revenu net (des coûts de transport) des ménages, $Y\text{-}T(x)$, accroît la consommation individuelle de sol optimale, $L[Y\text{-}T(x), \overline{U}]$. La pente de la fonction de rente offerte est plus faible (en valeur absolue). Etant donnée l'équivalence entre le gradient de rente et le gradient de densité démontrée plus haut, le résultat final est bien un aplatissement du gradient de densité.

La conclusion selon laquelle un accroissement du revenu accroît la consommation individuelle d'espace et alimente l'étalement est renforcée par l'observation. Les centre-ville s'appauvrissent : aux Etats-Unis en 1989, le revenu médian d'un habitant de la banlieue était de 59% plus élevé que celui d'un habitant du centre. En 1996, l'écart est de 67% (Barcelo, 2002). L'accroissement du revenu est corrélé à l'étalement puisque l'étude de l'ensemble des *counties* américains permet à G.A. Carlino et E.S. Mills (1987) de mettre en évidence une influence négative du revenu médian sur la densité moyenne.

En France, à partir de l'étude des villes de plus de 100 000 habitants, F. Gaschet (2001, chap. 3) relève une relation positive significative entre le revenu fiscal des ménages et le taux

[37] Ils seront développés dans le Chapitre II.

de suburbanisation (mesuré comme la part de la population suburbaine dans la population de la ville-centre). A partir d'estimations portant sur 103 aires urbaines françaises, P.-Y. Péguy (2000, chap. 6) met en évidence une influence négative significative du revenu net moyen sur le gradient de densité, concluant à une corrélation significative entre le revenu moyen et le degré d'étalement.

La stricte équivalence entre l'augmentation du revenu des ménages et l'étalement résidentiel semble cependant constituer un raisonnement trop simpliste pour certains auteurs. Par exemple, M. Wiel (2001) met en exergue un probable effet non linéaire du revenu sur la périurbanisation à partir d'un raisonnement sur l'accession à la propriété : « *faible périurbanisation des ménages moins susceptibles d'être accédant d'une maison individuelle du fait de leurs revenus, forte périurbanisation des revenus intermédiaires qui peuvent accéder à la propriété mais à condition d'aller en deuxième couronne, moyenne périurbanisation des plus riches qui ont financièrement un choix plus ouvert de localisation suivant qu'ils préfèrent ou non une maison individuelle* » (Wiel, 2001, pp. 5-6). Cette analyse laisse supposer que des mécanismes plus complexes que ceux que l'on vient de relater sont en jeu.

L'intégration du temps de déplacement dans un coût de transport généralisé fait dépendre, on l'a vu, le coût du transport du revenu. Cela introduit une ambiguïté dans l'analyse de l'étalement : comme le soulignent A. Anas *et alii* (1998, p. 1437), l'augmentation du revenu des ménages donne beaucoup plus de valeur au temps de transport, et le coût de chaque trajet est renchéri d'autant. En plus de l'effet centrifuge de l'augmentation de la consommation d'espace par personne, l'augmentation des revenus réels des ménages provoque également un effet centripète lié au renchérissement de la valeur du temps, fonction directe des revenus. Quelle force prévaut alors ? La préférence pour l'espace est-elle susceptible de contrebalancer la désutilité du temps additionnel de trajet ? Il nous faut alors recourir à la modélisation pour déterminer *sous quelles conditions exactes l'augmentation du revenu provoque une baisse des densités*.

La formulation de ce raisonnement est empruntée à Y. Y. Papageorgiou (1990, pp. 136-139). Supposons que le temps de transport dépende du revenu : $T(x) \to T(x,Y)$ [38]. En dérivant la condition de Muth par rapport au revenu, on obtient :

$$\frac{\partial[\partial\Re(x,\overline{U})/\partial x]}{\partial Y} = -\frac{1}{L.Y}\frac{\partial T(x,Y)}{\partial x}(\xi_{T,Y} - \xi_{L,Y}) \qquad (17)$$

où $\xi_{T,Y}$ et $\xi_{L,Y}$ sont les élasticités-revenu respectivement du coût de transport et de la consommation d'espace.

[38] On suppose que les coûts de transport croissent à taux décroissant : $\frac{\partial T(x,Y)}{\partial Y} > 0$; $\frac{\partial^2 T(x,Y)}{\partial Y^2} < 0$

Ainsi, sachant que le coût marginal de transport est positif, on parvient à la condition suivante :

$$\frac{\partial[\partial\Re(x,\overline{U})/\partial x]}{\partial Y} < (=,>)\ 0 \Leftrightarrow \xi_{T,Y} > (=,<)\xi_{L,Y}$$

qui exprime la variation de la pente de la fonction de rente offerte en fonction des deux élasticités. Si $\xi_{T,Y} > \xi_{L,Y}$, les coûts de transport croissent plus vite que la consommation d'espace suite à une augmentation du revenu. La conséquence est un raidissement de la courbe de rente offerte, ce qui correspond à une augmentation des densités et une « contraction » de l'espace urbain. Inversement, si $\xi_{T,Y} < \xi_{L,Y}$, alors le désir d'espace l'emporte sur la friction liée à la distance : le gradient de densité est plus plat, et la ville s'étend.

La justification de l'étalement peut donc se faire à partir des arbitrages effectués par les ménages entre consommation d'espace et d'accessibilité : à la suite de l'accroissement de leur revenu, les ménages auraient préféré consommer davantage d'espace en se reportant sur les zones périphériques où celui-ci est à la fois plus abondant et moins onéreux, même au prix d'un accroissement des coûts de transport. On se situe dans le cas où l'élasticité-revenu de la consommation d'espace est supérieure (en valeur absolue) à l'élasticité-revenu des coûts de transport. L'étalement résidentiel provient du fait que les ménages ont opéré une « substitution entre logement et transport » (Gordon & Richardson, 1997a)[39].

Le cadre théorique de la N.E.U, « théorie de l'espace résidentiel », met l'accent sur les déterminants des logiques de localisation des individus. Il constitue donc un cadre théorique particulièrement adapté pour l'analyse des facteurs de déconcentration des ménages. Il permet non seulement de fonder théoriquement la loi de décroissance des densités avec la distance au centre (l'état d'étalement), mais aussi et surtout d'expliquer le processus d'étalement à partir de la diminution des coûts de transport et de l'augmentation des revenus.

Le modèle est fondé sur un ensemble d'hypothèses très restrictives, condition de « l'universalité » des mécanismes qui y sont décrits (Derycke, 1996). Cette généralité se fait toutefois au prix d'une perte d'informations, par exemple sur les caractéristiques des lieux. Une des hypothèses fortes du modèle N.E.U est celle d'homogénéité de l'espace. Le seul élément de différenciation entre les différentes localisations urbaines est la distance au centre. Or il semble plausible que l'étalement ait pu être causé (ou, à tout le moins, amplifié) par l'inclusion des attributs des lieux dans les décisions de localisation des ménages.

Il nous semble important de relâcher cette hypothèse et de supposer que l'espace urbain est hétérogène. L'espace, et plus particulièrement l'espace urbain, est une *production* humaine. Il n'est donc pas réductible à la seule distance au centre d'emplois. On va s'intéresser à ce qui différencie les territoires urbains, leurs attributs, leurs caractéristiques

[39] Nous montrons plus loin que ce raisonnement est dépendant des hypothèses faites sur les préférences des agents.

propres. Ces caractéristiques, ou *aménités*, influencent les comportements des ménages, déterminant leurs choix de localisation.

L'étalement peut alors être la conséquence d'un attrait pour les territoires périphériques de faible densité, ou inversement d'une répulsion pour les territoires centraux aux densités élevées. L'hypothèse d'hétérogénéité de l'espace urbain nous permet de proposer une explication de l'étalement fondée sur les aménités.

SECTION II - L'ANALYSE DE L'ETALEMENT PAR LES AMENITES URBAINES

La prise en compte des aménités à travers l'hypothèse d'hétérogénéité de l'espace définit une attirance (aménités positives) ou une répulsion (aménités négatives) envers certains territoires. Dans ce cadre, le processus de déconcentration des ménages peut être relié à l'attraction produite par les territoires périphériques et à la répulsion envers les zones centrales.

I - La perception socio-culturelle des aménités

Le résultat selon lequel une hausse des revenus a provoqué la déconcentration des ménages est fondé sur l'hypothèse de préférence pour l'habitat périphérique. Pourtant on peut également supposer aux agents une préférence pour le centre. Selon l'hypothèse de départ, la traduction spatiale du processus de croissance urbaine est indéterminée : étalement dans le premier cas, densification dans le second. On doit donc renverser la question et déduire la structure des préférences de la localisation effective des groupes de revenus. On proposera finalement une interprétation visant à montrer que ces préférences se fondent sur la perception socio-culturelle des aménités urbaines.

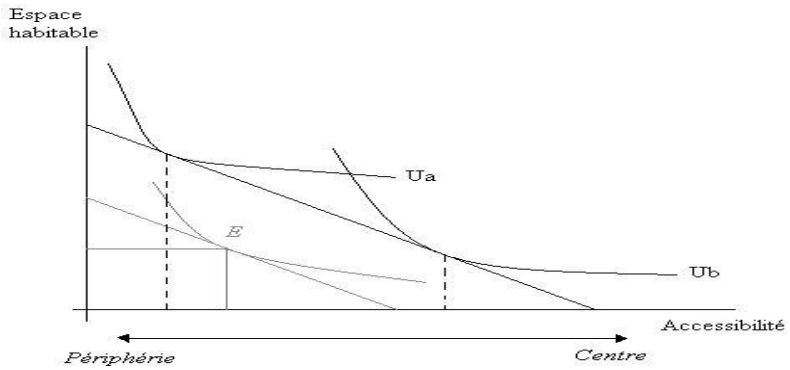
A - Etalement et revenu : la dépendance du modèle à la structure des préférences

La conclusion selon laquelle une augmentation du revenu a favorisé l'étalement repose, on l'a vu, sur l'hypothèse que pour les ménages, l'élasticité-revenu de la consommation d'espace est plus élevée que l'élasticité-revenu des coûts de transport. Le revenu supplémentaire a été consacré à l'acquisition d'espaces plus vastes, disponibles en périphérie.

Ce résultat est étroitement dépendant des hypothèses faites sur les préférences des ménages. On peut représenter l'arbitrage entre consommation d'espace et consommation de transport en se plaçant dans le cadre de la théorie standard du consommateur. Pour des raisons

de représentativité graphique, on ne considère pas la consommation de transport, car celle-ci est censée constituer une source de désutilité (un coût), mais son opposé, l'accessibilité. Le point d'équilibre pour un individu donné se situe à la tangence entre la droite de budget (l'ensemble des arbitrages que peut effectuer le ménage entre espace habitable et accessibilité, à revenu donné) et la courbe d'indifférence la plus haute. (cf. Figure I-5, le point d'équilibre initial est en E).

Figure I-5. La substituabilité entre accessibilité et espace habitable



Source : Camagni, 1996, p. 66

A la suite d'une augmentation de son revenu, le consommateur doit donc arbitrer entre un surcroît de consommation d'espace habitable et une augmentation de sa consommation d'accessibilité[40]. Deux cas de figure peuvent alors se présenter, qui dépendent de s*a structure de préférences* (cf. Figure I-5). Dans le premier cas (*Ub*), l'accessibilité est beaucoup plus valorisée que l'espace habitable, et l'augmentation du revenu des ménages se traduira par un rapprochement du centre. En revanche, les individus dont la courbe de préférence appartient à la famille *Ua* auront tendance à privilégier l'accroissement de l'espace habitable aux dépens de l'accessibilité[41].

Le lien de causalité habituellement postulé entre accroissement du revenu et étalement résidentiel est donc étroitement dépendant des hypothèses faites sur les préférences. Ce n'est que dans le deuxième cas que l'étalement résidentiel peut s'expliquer par les choix de localisation des ménages suite à un accroissement de leur revenu. On peut supposer à la source de tels choix une préférence des individus pour l'espace personnel (Levine, 1997, p. 280), pour la maison individuelle (Gordon & Richardson, 1997b), ou encore pour la présence de nature – parfois une aversion pour la ville, qui justifie la recherche d'une « urbanité rurale » (Lacour & Puissant, 2004).

[40] Ce raisonnement n'est qu'une transposition, dans un cadre un peu différent, de la condition de Muth (éq. 2).
[41] La première situation correspond au cas où l'élasticité-revenu des coûts de transport est supérieure (en valeur absolue) à l'élasticité-revenu de la consommation d'espace habitable, et la deuxième au cas inverse (Section I).

Ce modèle explicatif convient particulièrement bien aux processus de déconcentration des villes américaines, mais il est peut-être moins pertinent en Europe, où la localisation centrale possède un certain prestige. Il est tout à fait possible de retourner l'hypothèse d'une préférence pour l'espace et d'attribuer aux acteurs une inclination pour la centralité. Celle-ci peut se justifier par une proximité aux services supérieurs fournis par le centre (par exemple, les biens culturels), ou encore l'attrait pour le patrimoine culturel et historique du centre, ou pour les « lumières de la ville ». Dès lors, une solution consiste à introduire explicitement un facteur de préférence pour le centre dans la fonction d'utilité, qui renforce l'action de la force centripète (Beckmann, 1976)[42]. Cette hypothèse est cependant infirmée par les faits, puisque l'augmentation des revenus aurait dû se solder par un afflux de la population au centre (une verticalisation), et non sur de l'étalement.

Selon la nature des hypothèses faites sur les préférence des ménages, l'effet de l'augmentation du revenu sur la forme prise par la croissance urbaine est ambigu : dans le cas d'une préférence pour l'espace, la ville s'étale, alors que l'hypothèse d'une préférence pour le centre accroît les densités. Il est possible de sortir de cette impasse en inversant la question : on suppose alors que la répartition des revenus dans l'espace urbain est un révélateur indirect des préférences[43].

B - La répartition des revenus et l'occupation du sol urbain : un révélateur des préférences des ménages

La différenciation des ménages en fonction de leur revenu s'est effectuée de manière précoce dans les modèles N.E.U (voir Mills, 1972, chap. 5 ; Muth, 1969, chap. 4). Dans la mesure où l'on suppose que les riches, forts de leur pouvoir d'enchère et conformément au principe de concurrence des sols, choisissent leur localisation en priorité, l'examen de leur localisation effective (centrale ou périphérique) permet d'obtenir une indication sur les préférences de chaque classe.

Si l'on suppose la population constituée de classes aux niveaux de revenus différents, cela implique qu'il existe pour chaque classe une famille de courbes de rente offerte particulière. La rente d'enchère dépend du revenu :

$$\Re(x, \overline{U}) \rightarrow \Re(x, Y)$$

Le « test de la pente » (*slope test*), initié par D. Pines (1975), permet d'obtenir une indication sur la structure des préférences. Il indique « en quoi la variation de la pente avec le revenu procure une description de la façon dont les classes de revenu existantes sont distribuées spatialement » (Papageorgiou, 1990, p. 137). Dans ce cas, pour que les riches

[42] En termes techniques, on introduit dans la fonction d'utilité la préférence des individus pour une « interaction sociale à finalité culturelle et de loisir », supposée fonction inverse de la distance aux autres résidents urbains.
[43] Ce qui correspond également à une inversion méthodologique, d'une approche hypothético-déductive à une approche inductive.

vivent près du centre, il faudra que la pente de la fonction de rente offerte diminue lorsque le revenu augmente :

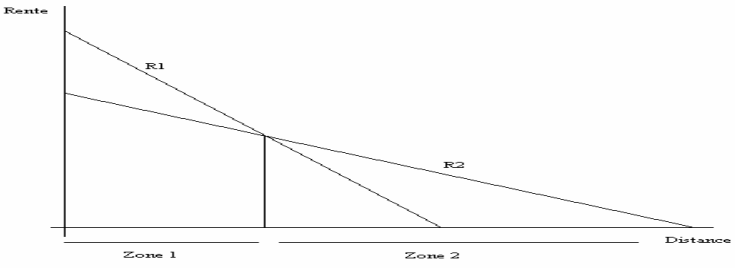
$$\frac{\partial[\partial \Re(x,Y)/\partial x]}{\partial Y} < 0$$

Inversement, les classes pauvres vivront près du centre si la pente de la fonction de rente offerte augmente avec le revenu :

$$\frac{\partial[\partial \Re(x,Y)/\partial x]}{\partial Y} > 0$$

La population urbaine est différenciée suivant son revenu. Les deux classes de revenu (1 et 2) ont une fonction de rente offerte différente (R1 et R2), qui détermine leur répartition spatiale (cf. Figure I-6). Cette répartition est le reflet de leurs préférences : ici (et sans préjuger du niveau de revenu de chaque classe pour ne pas enlever de sa généralité à l'analyse), la classe 1 a une préférence pour la localisation centrale, tandis que la classe 2 a une préférence pour l'espace.

Figure I-6. "Test de la pente" et ségrégation spatiale en fonction du revenu



Source : Pines, 1975

Le « test de la pente » permet de déduire la structure des préférences des ménages de leur fonction de rente offerte. Si la classe 1 est celle dont le revenu est le plus élevé, on est dans le cas de la ville européenne, au riche patrimoine historique et culturel, où la centralité est relativement valorisée. Inversement si la classe 2 est la classe riche, on est dans le cas de la ville nord-américaine, où la consommation d'espace importe davantage dans la décision de localisation.

La répartition intra-urbaine des classes de revenu est le reflet des préférences des individus, elles-même liées à leur perception des aménités : la vie en milieu urbain peut aussi bien être chargée de valeurs positives (centralité, diversité…) que négatives (insécurité, encombrement…), définissant par symétrie les valeurs associées à la vie en milieu rural : sens de la communauté, solidarité etc. (Lacour & Puissant, 2004). Le mouvement de déconcentration des ménages peut donc être relié à la perception socio-culturelle des aménités.

C - Les aménités urbaines et leur perception socio-culturelle

Lorsque J.-K. Brueckner, J.-F. Thisse et Y. Zénou se demandent « pourquoi le centre de Paris est-il riche et celui de Détroit pauvre ? » (1999), leur réponse fait appel aux différences d'aménités centrales et périphériques.

Les aménités naturelles (rivières, collines, présence de nature, etc.) et les aménités historiques (bâtiments, parcs, monuments, etc.) sont principalement exogènes, tandis que les aménités modernes (équipements culturels, sportifs, etc.) dépendent du niveau de revenu de la population. Les aménités exogènes peuvent être considérées comme un déterminant de la localisation des différentes classes de revenu de la ville, mais le raisonnement inverse prévaut pour les aménités endogènes : c'est la répartition intra-urbaine des classes de revenu qui détermine leur localisation. En se focalisant sur les aménités exogènes, on est en mesure d'expliquer la différence de peuplement des centre-ville de Paris et Détroit. Dans les deux villes, le niveau d'aménités naturelles augmente avec la distance au centre. Si à Détroit rien ne vient contrebalancer cette attirance vers les aménités périphériques, la beauté architecturale et la richesse historique du centre de Paris forment une force centripète pour la population. Le phénomène est renforcé par la présence d'aménités modernes, telles que les grands restaurants ou une riche activité culturelle[44].

J. Cavailhès *et alii* (2002) vont plus loin en endogénéisant les aménités naturelles, produit selon eux de l'interaction entre les ménages et les agriculteurs dans la « ville périurbaine » (qui entoure la « ville spécialisée [dans la fonction résidentielle] » où seuls les ménages résident). Le modèle permet de relier explicitement l'étalement à l'attirance des ménages pour les aménités naturelles. En effet, une de leurs conclusions est que « le périurbain s'étend plus loin que la ville spécialisée (…) puisqu'il contient à la fois des ménages et des agriculteurs » (p. 17).

Au-delà de la seule *présence* d'aménités, l'explication des différences structurelles d'urbanisation fait appel principalement à la *perception socio-culturelle des aménités*.

La perception des aménités peut tout d'abord être *sociale*. Elle dépend du milieu social d'appartenance et de la position dans le cycle de vie. T. Le Jeannic (1997) évoque l'attraction des communes périurbaines pour les familles avec enfants (voir aussi Levine, 1997). M. Wiel (2002, p. 7) confirme cette idée en montrant l'incidence du couple et du nombre d'enfants sur la périurbanisation, ainsi que celle de l'âge de la personne de référence du ménage.

Le milieu socio-culturel d'appartenance peut être associé à la préférence ou l'aversion pour une localisation centrale. Ainsi le centre-ville et sa vie culturelle et relationnelle intense seraient surtout recherchés par les professions intellectuelles (*yuppies*, professions libérales,

[44] La mesure des aménités n'est pas chose facile. Les études sur la mesure de la qualité de la vie portent généralement sur les agglomérations dans leur ensemble : il s'agit tout simplement de déterminer un indice synthétique agrégeant l'ensemble des aménités d'une aire urbaine déterminée, en général par la critériologie positive (Blomquist *et al*., 1988 ; Boyer et Savageau, 1985 ; Burnell & Glaster, 1992). Sans une application à l'échelle intra-urbaine, elles ne permettent pas d'expliquer les différentiels de structuration urbaine.

artistes, etc.), tandis que les classes à faible niveau de scolarité ou aux fortes attaches rurales (exode rural récent, jeunes venant faire leurs études « à la ville ») déterminent plutôt un style de vie périurbain (Camagni, 1996, resp. p. 61 et p. 165). L'augmentation du revenu n'implique donc pas *mécaniquement* l'étalement.

La perception des aménités peut également être *culturelle*. Nous l'illustrerons par les différences dans le processus d'étalement des villes européennes et nord-américaines.

Aux Etats-Unis, le mouvement de déconcentration des ménages a surtout été le fait d'une population eux revenus élevés, justifiant l'emploi de l'expression *bourgeois utopia* par l'historien R. Fishman pour qualifier la suburbanisation des villes américaines.

Un premier élément d'explication réside dans la forte valorisation de l'habitat isolé et de la propriété privée : « l'idéal de la résidence unifamiliale » (Von Hoffman & Felkner, 2002) fait partie intégrante du « rêve américain » (Carlisle, 1999). C. Ghorra-Gobain (1997) relie cet ensembles de valeurs typiquement américaines à la « philosophie de la prairie » : les terres en abondance du Nouveau Continent devaient être colonisées, repoussant toujours vers l'ouest l'intangible *frontier*.

Parallèlement, la vie urbaine est dévalorisée, comme symbole de séparation de l'homme et de la nature et de sa conséquente perversion. L'influence du *transcendantalisme*, porté par les œuvres d'écrivains comme R. W. Emerson ou H. D. Thoreau[45], a été forte dans le fonds culturel américain. Selon ce courant philosophique, la Nature représente une richesse spirituelle pour l'homme, sa présence le *transcende* (Ghorra-Gobain, 1997). Par la suite, les réalisations d'architectes tels que F. L. Olmsted ou C. Vaux, qui tentent d'intégrer parfaitement les résidences dans le paysage naturel et de réconcilier ainsi la ville et la nature, contribuèrent à muer cet idéal rural en idéal suburbain.

L'impulsion donnée par les classes riches à la déconcentration peut cependant être mise en doute. J. L. Wunsch (1995) s'oppose au *suburban cliche* qui porte à croire qu'une élite, imprégnée d'une culture hostile à la ville, aurait impulsé la suburbanisation en s'appropriant des localisations périphériques[46]. Il montre que ce ne sont pas les classes riches qui ont émigré les premières, mais les classes pauvres, exclues du centre par les prix fonciers. Ensuite, par l'augmentation séculaire des revenus, elles auraient façonné une culture et un idéal suburbains qui se seraient par la suite répandus dans le reste de la population. Finalement, l'erreur provient de « la confusion entre l'antériorité de l'idéal et la réalité de l'établissement ».

En Europe, les classes riches restent attachées à la localisation centrale. En France, la suburbanisation est relativement tardive (à partir des années 1970), et surtout le fait des

[45] R. W. Emerson, *Nature*, 1836 ; H. D. Thoreau, *Walden ou la vie dans les bois*, 1854.

[46] Un cliché véhiculé par les références de l'histoire de la suburbanisation américaine que sont J. R. Stilgoe (*Borderland. Origins of the American Suburb, 1820-1939*, New Haven, Yale University Press, 1988), R. Fischman (*Bourgeois Utopia. The rise and fall of Suburbia*, New York, Basic Books, 1987) et Kenneth T. Jackson (*Crabgrass Frontier. The suburbanization of the United States*, New York, Oxford University Press, 1985).

classes moyennes et hautes (Dézert *et alii*, 1991). Comme aux Etats-Unis, le milieu suburbain est porteur des valeurs de proximité à la nature, d'éloignement des nuisances centrales, d'accès à un mode de vie individualisé porté par une « idéologie du pavillonnaire » (Haumont, 1975) [47]. La différence réside dans le fait que le centre-ville reste une localisation prestigieuse : siège traditionnel des centres de pouvoir, le centre de la ville est l'avatar de « l'axe du monde » qui donne un sens à la destinée humaine (Eliade, 1965).

Pourtant, les études disponibles pour la France, déjà citées plus haut (Gaschet, 2001 ; Peguy, 2000), montrent que l'étalement est significativement corrélé au revenu moyen des ménages. Il n'y aurait donc pas une différence de nature mais une différence de degré dans les processus d'étalement américain et français : la préférence pour le centre a pu freiner le mouvement de déconcentration des ménages, mais ne l'a pas empêché.

L'hypothèse d'une préférence pour l'habitat périphérique dans l'explication de l'étalement résidentiel peut sembler une explication *ad hoc* (Boiteux & Huriot, 2002). Elle est de plus battue en brèche par des études qualitatives qui aboutissent à « démonter le rêve américain » (*taking apart the american dream*) : la préférence des ménages pour la possession d'une maison individuelle ne serait pas un but en soi, mais plutôt le moyen d'accéder à un quartier socio-économiquement valorisant, composé si possible de ménages blancs et riches (Schlay, 1986). Les processus de ségrégation de l'espace urbain peuvent aider en effet à comprendre l'étalement résidentiel, à travers des phénomènes de « fuite » d'un centre-ville dont la paupérisation est cumulative.

Expliquer l'étalement par la perception socio-culturelle des aménités revient à associer la déconcentration des ménages à une attirance pour certains lieux, résultats d'une structure de préférences particulière et des différentiels d'aménités présentes sur les différents territoires urbains. De manière relativement symétrique, on peut supposer que ce mouvement de déconcentration est dû à la présence d'aménités négatives qui constituent une force de répulsion envers le centre-ville. L'hypothèse de « fuite face à la rouille » permet d'analyser l'étalement comme le résultat d'un processus de fuite des zones centrales dégradées.

II - D'une localisation choisie à une localisation subie : l'hypothèse de « fuite face à la rouille »

Les mécanismes de ségrégation peuvent être à l'origine d'un étalement accru, par le biais de la formation de zones aux populations homogènes qui ont tendance à s'écarter l'une de l'autre. L'hypothèse de « fuite face à la rouille » (*flight from blight hypothesis*) suppose l'existence d'un processus cumulatif de dégradation des conditions économiques et sociales de certaines parties de la ville (souvent centrales). Ce processus produit la ségrégation de l'espace urbain : il est à l'origine du départ des classes riches des zones centrales. Nous

[47] Expression que l'on trouve également chez P. Chamoiseau dans *Texaco* (1992, Gallimard). Il l'oppose au « blockhaus infernal » des immeubles modernes.

proposons une analyse de l'étalement urbain à partir de la paupérisation cumulative du centre-ville. Celle-ci est surtout valable dans le cas des villes américaines, mais on pourrait l'étendre aux villes européennes dont le centre se paupérise.

A - Les facteurs de la « fuite face à la rouille »

La ségrégation de l'espace intra-urbain peut s'expliquer à partir de deux mécanismes auto-renforçants : l'existence d'externalités foncières locales et un processus de « filtrage » des populations.

Le mécanisme des externalités foncières locales (Kanemoto, 1980) joue dans le sens d'une accélération de la suburbanisation des classes de revenu élevé et d'un auto-renforcement de la ségrégation. La détérioration ponctuelle du cadre bâti initial, provoquée par l'obsolescence, la baisse de la population centrale ou la diminution du revenu moyen des habitants, peut très vite devenir générale par contagion. Le « délabrement [est] cumulatif » (Papageorgiou, 1990, p. 215). La valeur foncière étant en partie fonction de l'environnement bâti, un calcul économique rationnel peut justifier la décision de réduire ses dépenses d'entretien et de laisser se dégrader le bâtiment dont on est propriétaire (Brueckner, 1983).

Les mécanismes de ségrégation par le revenu ou l'ethnie sont généralement expliqués par les phénomènes de « vote avec les pieds », qui aboutissent à la formation de communautés homogènes en termes de préférences pour la fourniture de biens et services publics locaux (Mills & Lubuele, 1997).

Dans le modèle de C. M. Tiebout (1956), ces préférences sont révélées par le choix de localisation de l'agent, qui choisit sa commune de résidence en fonction du niveau de taxes et de fourniture de biens et services publics locaux. Les individus dont les préférences sont identiques ont tendance à se regrouper et à former des communautés homogènes en termes de revenus (théorie des clubs). C'est le principe du « vote avec les pieds ». Le comportement fiscal des collectivités locales constitue *in fine* une procédure de contrôle dans l'usage des sols, un « filtrage par le bas » (*filtering down*) des populations (Downs, 1998). On passe alors d'un regroupement en fonction des préférences, qui peut se justifier tant que chacun est libre de choisir sa commune d'appartenance, à une véritable ségrégation par le revenu, où les pauvres sont exclus d'emblée de pans entiers du marché résidentiel (Mills & Lubuele, 1997)[48]. La ségrégation n'est pas explicite, puisqu'aucun dispositif ne permet d'exclure légalement certaines catégories de populations, mais elle est parfois évidente, comme le montrent ces « villes forteresses » (*gated communities*) dont le principe est une sélection stricte des résidents et une fermeture totale à l'extérieur (Le Goix, 2003).

La concurrence entre collectivités locales, qui cherchent à accaparer la meilleure base fiscale en attirant les ménages les plus fortunés, produit de plus un mécanisme d'appauvrissement cumulatif de la population centrale. Face à la dégradation des conditions

[48] C'est d'ailleurs pour lutter contre cette tendance que, en France, des taux planchers de logements sociaux sont fixés par voie réglementaire (loi S. R. U de 1999).

économiques et sociales des ville-centre, ces dernières n'ont alors comme autre ressource pour éviter une aggravation de leur déficit que d'augmenter le niveau des taxes ou diminuer le niveau de biens et services publics fournis (Gilbert, 1996). Le phénomène s'auto-entretient puisque de telles mesures sont à l'origine de la fuite des classes riches[49].

La vérification empirique des phénomènes de « fuite face à la rouille » apporte des résultats contradictoires. Ainsi D. Bradford et H. Keledjian (1973) montrent-ils une influence des indicateurs de taux de criminalité, de niveau de taxation, et de composition ethnique sur le niveau de la suburbanisation (mesuré par la part de la population de la ville-centre dans la population totale de l'agglomération). G. A. Carlino et E. S. Mills (1987) peinent à trouver des variables dont l'influence sur la densité de population serait significative. Enfin, le test réalisé par E. S. Mills et R. Price (1984) ne trouve aucune variable de l'état de la ville-centre qui soit significative pour l'explication de la diminution des gradients de densité - excepté le pourcentage de non-blancs, ce qui tendrait à donner de la force à l'argument de la ségrégation ethnique comme explication de l'étalement.

Le phénomène de « fuite face à la rouille » consiste en un processus de fuite des populations riches des zones centrales au profit de localisations périphériques. Ce processus est cumulatif, en raison de la présence d'externalités foncières locales et de la ségrégation de l'espace urbain. En quoi, cependant, cette analyse peut-elle nous aider à analyser l'étalement urbain ? Nous allons voir qu'un processus de ségrégation cumulatif de l'espace urbain conduit à amplifier l'étalement, en raison de l'écartement entre des zones ségrégées.

B - La « fuite face à la rouille » et l'étalement urbain

La modélisation du phénomène de « fuite face à la rouille » revient à intégrer un facteur visant à rendre compte de la tension entre les deux zones ségrégées. L'étalement de la ville est amplifié par les stratégies de localisation résidentielles qui jouent en faveur d'un écartement entre des zones supposées homogènes.

La ségrégation par le revenu a été étudiée plus haut, à partir du « test de la pente ». On notera que cette analyse est généralisable à toute division de la population urbaine en deux groupes homogènes, que cette division se fasse sur la base du revenu ou de l'ethnie. Le test de la pente se contente cependant de constater la ségrégation de l'espace urbain. Nous franchirons une étape supplémentaire en prenant en compte l'interaction entre les groupes de population. Sous l'hypothèse que cette interaction est en fait une répulsion, nous montrerons qu'elle peut conduire à un étalement accru.

[49] Même si sous des hypothèses fortes, un équilibre à la Tiébout est considéré comme socialement efficient, de nombreux auteurs ont souligné le caractère profondément inégalitaire d'un tel équilibre : les collectivités locales qui ont la meilleure santé financière attirent les résidents fortunés. D'où la nécessité de mécanismes de compensation tels que la péréquation ou les EPCI (Etablissements Publics de Coopération Intercommunale), qui tentent de garantir par la voie réglementaire ou l'incitation une certaine équité entre villes-centre et villes périphériques.

Les travaux d'écologie urbaine de l'Ecole de Chicago ont montré l'importance du regroupement spatial par nationalités dans le Chicago des années 1920 (Park, Burgess & McKenzie, 1925). L'étude de C. Ghorra-Gobin (1997) sur Los Angeles témoigne également de « l'ethnicisation du fait urbain », et des procédures politiques mises en place pour ne pas l'ignorer[50]. Aussi la ségrégation peut s'analyser sur des critères ethniques, en supposant une certaine aversion au mélange. Il est d'usage pour analyser un tel phénomène de supposer la coexistence de deux groupes ethniques (« blancs » et « noirs », par exemple) et d'envisager quelles modalités dans l'occupation du sol urbain résulteront de leur tension sans cesse reconduite.

Une modélisation de la ségrégation raciale proposée par S. Rose-Ackerman (1975) permet de montrer que l'écartement entre les deux zones ségrégées amplifie l'étalement urbain[51]. Elle introduit dans un modèle N.E.U de base une externalité de « préjudice racial ». Le raisonnement se fait en termes de distance, introduisant dans la fonction d'utilité du ménage un argument censé prendre en compte la répugnance des « blancs » à habiter à proximité des « noirs ». La fonction d'utilité des ménages devient :

$$U(Z,L) \rightarrow U(Z,L,x-x_f)$$ [52]

où Z est un bien composite, L le bien sol, et x_f la distance au centre qui sépare les deux zones.

Supposons que la ville est déjà ségrégée : le quartier « noir » est au centre, le quartier « blanc » est à la périphérie. La frontière entre les deux est située à une distance x_f du centre. La condition de Muth devient :

$$\Re_x = -\frac{1}{L} T_x + \frac{U_{x-x_f} / U_z}{L} \qquad (18)$$

le deuxième terme de droite étant positif. Ainsi, dans le cas où les résidents « blancs » sont « racistes », les prix décroissent à un rythme plus lent dans la zone « blanche ». Ils sont en effet maintenus à un niveau artificiellement élevé pour évincer les résidents « noirs » du marché immobilier. Le terme $\frac{U_{x-x_f} / U_z}{L}$ peut s'interpréter comme une sorte de consentement à payer, supplément de prix que les résidents racistes attachent au fait d'exclure les « noirs » de leur quartier, ou encore comme la capitalisation dans les prix fonciers des bénéfices liés à des écoles de bonne qualité, à la sécurité, etc. (e.g. Mills & Lubuele, 1997).

Dans cette « ville raciste », les logiques de regroupement des deux groupes sociaux provoquent une tension spatiale entre les deux zones d'habitat « blanche » et « noire ». Les

[50] Comme en témoigne la procédure du *redistricting*, qui prévoit de modifier le découpage électoral d'après les résultats du recensement, et qui « repose sur l'idée qu'un groupe ethnique donné qui s'octroie un territoire urbain peut à la fois affirmer son identité et acquérir une légitimité politique ». (Ghorra-Gobain, 1997, p. 107).
[51] Une modélisation équivalente, mais plus complexe, est proposée par Y. Y. Papageorgiou (1990, chap. 9).
[52] Avec évidemment : $U_{x-x_f} > 0$

deux zones se repoussent, et la ville est par conséquent plus étendue qu'en l'absence de préjudice.

Le phénomène de ségrégation est de plus cumulatif, comme nous l'avons vu plus haut. Les zones contiguës à la zone « rouillée » tendent à se déprécier par une sorte « d'effet d'ombre », étendant la zone « noire » et repoussant la zone « blanche » vers l'extérieur de l'aire urbaine : ainsi par le simple jeu des localisations/relocalisations, et même sans variation de la population, la ville ségrégée est relativement plus étalée.

Conclusion

Ce chapitre a été consacré à l'étude de l'étalement résidentiel, appréhendé en tant que traduction spatiale de la croissance urbaine. L'étalement se manifeste par une baisse des densités ou un aplatissement du gradient de densité.

Défini ainsi, l'étalement correspond à une diminution du besoin de concentration. Il est donc logique de l'expliquer à partir de l'analyse des facteurs de déconcentration des ménages. Nous avons mené cette démonstration en suivant deux axes principaux. Le premier axe constitue la mise en exergue des ressorts généraux de l'étalement, appréhendés à partir du modèle de la ville monocentrique développé par la N.E.U. Dans ce cadre théorique qui suppose un espace homogène, la déconcentration des ménages est due à la diminution des coûts de transport, qui permet à l'urbanisation de se réaliser à une plus grande distance du centre, et à l'accroissement des revenus, qui a conduit les individus à substituer du logement à de l'accessibilité. Nous fixons les conditions analytiques dans lesquelles ce dernier mécanisme peut prendre place. Cependant, le résultat de l'accroissement du revenu sur la forme prise par l'urbanisation dépend des hypothèses faites sur les préférences des agents.

Le second axe suppose que les structures de préférences dépendent de la perception socio-culturelle des aménités produites par les différents lieux urbains. On est alors conduit à relâcher l'hypothèse d'homogénéité de l'espace et à considérer que l'espace urbain est hétérogène, les lieux se différenciant par leur niveau d'attributs. Dès lors, l'étalement résidentiel peut s'analyser à partir de l'attirance pour les espaces périphériques de faible densité, ou d'un phénomène de répulsion de deux zones ségrégées, dont le niveau de ségrégation est cumulatif.

L'exposé détaillé de ces mécanismes de déconcentration nous a semblé important à effectuer, car le processus d'étalement résidentiel est au cœur de l'interaction entre densité et mobilité. Dans une ville de moins en moins dense, de plus en plus dispersée, les comportements de mobilité s'orientent vers l'usage de l'automobile. Ce constat a amené à formuler le modèle de Ville Compacte, référence des politiques de lutte contre l'étalement, caractérisé par des densités élevées et associé à la mobilité durable.

CHAPITRE II

ETALEMENT ET MOBILITE. LE MODELE DE LA VILLE COMPACTE

Introduction

L'analyse du mouvement de déconcentration des ménages, menée dans le chapitre précédent, a permis de mettre en évidence le rôle de la démocratisation de l'automobile[53] dans le processus d'étalement, à travers la diminution des durées de déplacement.

Cette analyse peut être complétée en considérant que la diffusion de l'automobile et l'étalement résidentiel sont deux phénomènes en interaction, liés entre eux par une causalité circulaire (e.g. Muth, 1971).

D'un côté l'automobile, en tant que technologie de transport économisant sur les coûts et les temps de déplacement, a permis l'urbanisation de nouveaux territoires, accroissant ainsi l'étalement[54]. Avec une nuance toutefois : l'automobile a *permis*, et non *initié* le processus de déconcentration des ménages, phénomène complexe soumis à conditions et résultant de la conjonction de plusieurs facteurs (Bass Warner Jr., 1972, p. 114 ; cf. chapitre I). La diffusion de l'automobile est donc une condition nécessaire, mais non suffisante à l'étalement.

De l'autre côté, l'allongement des distances et la dispersion des activités consubstantiels à l'étalement ont rendu l'automobile indispensable pour de nombreux déplacements, comme l'illustre le concept de « dépendance automobile »[55]. La dépendance automobile est consécutive à l'entrée dans le *système automobile*, composé notamment d'un ensemble de routes et d'équipements dédiés[56] facilitant l'usage de l'automobile (Dupuy, 1999, 2002). Or l'étalement et ses faibles densités peut être assimilé à la traduction dans l'espace urbain de l'expansion du système automobile. La dépendance automobile est « une situation dans laquelle une ville se développe sur l'hypothèse selon laquelle l'usage de l'automobile prédominera, de sorte que priorité lui est donnée en ce qui concerne les infrastructures et la forme du développement urbain » (Newman & Kenworthy, 1998, p. 60). Dans les zones les moins denses de la ville, la configuration du bâti est telle que l'automobile y est devenue « une nécessité, et non plus un choix » (Newman & Kenworthy, 1998, p. 28).

---

[53] Nous préférons, comme P. Merlin (2001), utiliser le terme de « démocratisation » ou de « diffusion » de l'automobile plutôt que de « généralisation » ou de « banalisation », comme il nous a été parfois donné d'entendre. En effet, de profondes inégalités subsistent dans l'accès à l'automobile. On pourra parler également, comme G. Dupuy (2002), *d'automobilisation*, terme plus général que celui de motorisation, qui renvoie à l'état de développement du système automobile, et donc à l'usage de l'automobile.

[54] Cette idée est déjà ancienne : en 1919, Paul Meuriot remarquait « [qu'] un des caractères du développement de la grande ville moderne est le dépeuplement de ses parties centrales et le peuplement progressif de sa périphérie (…). C'est le progrès des moyens de transport qui provoque et accentue cette révolution dans le peuplement urbain » (Meuriot, 1919, cité *in* Paquot & Roncayolo, 1992).

[55] Là encore, l'idée n'est pas récente. J. K. Galbraith, lorsqu'il analyse au début des années 1960 cette « ère de l'opulence » où la production est dépendante de l'extension (parfois artificielle) des besoins de la population, mentionne l'automobile : « Il y a bien plus de chances, au point où nous en sommes, que nous ayons du mal à nous débarrasser de la conviction que les voitures nous sont indispensables et font partie de notre vie, leur nécessité étant renforcée encore par *un type de vie où il nous est difficile de nous en passer*. » (Galbraith, 1961, p. 161, souligné par nous).

[56] Ces équipements vont de la station-service aux *drive-in*.

L'automobile est devenu sans conteste le mode dominant des déplacements quotidiens. Le bilan de 25 ans d'enquêtes de mobilité dans les grandes agglomérations françaises effectué par le CERTU (Guidez, 2001) montre que la « part de marché » de l'automobile[57] s'accroît continûment, passant d'environ 65% à la fin des années 1970 à quelque 85% à la fin des années 1990 (à l'exception de Paris, qui passe de 55% à 65%). Parallèlement, la part des modes alternatifs à l'automobile baissait continuellement.

Si l'étalement urbain et l'usage de l'automobile sont en interaction, alors il doit être possible de mener une action conjointe sur les deux phénomènes. Les politiques de contrôle de la forme urbaine visant à restreindre le processus d'étalement ont pour justification majeure la maîtrise de la croissance du trafic automobile. Le P.D.U[58] de Bordeaux, par exemple, estime qu'il faut « agir sur l'évolution de la morphologie urbaine [pour] limiter le trafic automobile et sa croissance prévisible » (C.U.B., 2001, p. 31). L'évolution démographique de l'agglomération bordelaise est « inégalement répartie : croissance démographique relativement forte dans les secteurs périphériques et périurbains tandis que le centre de l'agglomération stagnait ou perdait même de la population. (…) Ce développement urbain s'est essentiellement basé sur l'utilisation prépondérante de l'automobile, à la fois cause et conséquence de cette évolution » (*Ibid.*, p. 12). L'interaction réciproque entre l'étalement urbain et l'usage de l'automobile semble donc pouvoir se renverser, et une politique de maîtrise de l'étalement pourrait se traduire par une moindre utilisation de l'automobile. Cette idée très générale est à l'origine du modèle de Ville Compacte.

La Ville Compacte a été formulée en réaction à l'étalement. Le terme « compact » se dit « d'un objet dont les parties sont étroitement reliées ensemble »[59]. Appliquée à la ville, la compacité sous-entend une urbanisation continue, à l'opposé d'une diffusion urbaine dans les espaces périphériques (du type rurbanisation) qui, on l'a vu, découle des logiques de déconcentration des ménages permises par les performances de l'automobile et produisant de l'étalement (cf. Chapitre I). La Ville Compacte peut donc se définir comme l'opposé de la ville étalée. Pour P. Gordon et H. Richardson (1997a), la compacité est « l'antonyme » de l'étalement. M. Breheny (1995, p. 82) définit la compacité comme « un raccourci (*shorthand*) pour une variété d'approches de la planification des villes qui insiste sur les mérites de la rétention urbaine (*urban containment*) », c'est-à-dire le contrôle de l'étalement. La Ville Compacte peut donc être caractérisée par des densités élevées, à la fois résultat de la maîtrise de l'étalement et condition pour une réduction de la place de l'automobile en ville.

[57] Proportion des déplacement mécanisés effectués en automobile. A différencier de la « part modale » de l'automobile, ou proportion des déplacements effectués en automobile.
[58] Plan de Déplacements Urbains, document de planification urbaine recensant sur les cinq années à venir toutes les actions intéressant les modes de déplacement à mettre en œuvre sur un territoire donné. La LAURE (loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie) du 30/12/1996 impose à toutes les agglomérations françaises de plus de 100 000 habitants de se doter d'un P.D.U. Le P.D.U de Bordeaux a été élaboré par la C.U.B. (Communauté Urbaine de Bordeaux).
[59] Dictionnaire de l'Académie Française, en ligne, http://www.atilf.atilf.fr

Le modèle de Ville Compacte représente une manière originale de prendre en compte les coûts sociaux de la mobilité en agissant directement sur la forme urbaine. Le raisonnement est le suivant : une forme urbaine étalée est la résultante des arbitrages des agents, et plus particulièrement de la seule prise en compte dans leurs calculs de la composante privée des coûts de la mobilité. L'intégration des coûts sociaux dans ces calculs accroîtrait le coût du déplacement, notamment automobile, et produirait une ville plus compacte. Comme cette intégration n'est que fictive, une manière de la réaliser est l'action directe sur les densités à travers les politiques de compacification.

La Ville Compacte, en mettant l'accent sur les avantages de la densité en termes de mobilité, s'inscrit dans une controverse plus générale sur les mérites comparés des fortes et des faibles densités. Cette controverse est à la fois ancienne et récurrente (Fouchier, 1997a) : ancienne, parce qu'elle reprend des arguments dont la plupart sont bien connus des spécialistes de la ville ; récurrente, car elle resurgit à l'occasion des enjeux de l'époque, tel qu'aujourd'hui le développement urbain durable (Guérois, 2003). La question est alors de savoir si la Ville Compacte est une « forme urbaine durable (*a sustainable urban form*) » (Jenks, Burton & Williams, 1996).

C'est cette controverse que nous avons voulu retracer ici. Nous présentons les arguments de part et d'autre de manière objective, en essayant de les vider de leur contenu passionnel. En effet, le débat s'est caractérisé par des échanges d'arguments, mais aussi de mots. P. Gordon et H. W. Richardson (1989, p. 344) vont ainsi accuser P. Newman et J. Kenworthy, qui proposent la mise en place de politiques de compacification, de « recommander une pékinisation des villes américaines pour renforcer leurs méthodes de planification maoïstes ». J. A. Gomez-Ibanez (1991, p. 376) émet quant à lui ce jugement définitif : « la grande contribution du livre [de P. Newman et J. Kenworthy (1989a)] est la base de données, et non l'analyse des causes de la dépendance automobile ». De l'autre côté, R. Ewing (1997, p. 107) accuse P. Gordon et H. W. Richardson de « s'être constitué un fonds de commerce (*a cottage industry*) en contestant la croyance bien établie des planificateurs en un développement compact », et P. Newman *et alii* (1995, p. 53) leur conseillent de « sortir davantage de chez eux ».

La controverse se structure autour de l'hypothèse de l'existence « d'économies de compacité » permettant, par l'adoption de politiques de compacification, de réduire les coûts de l'étalement, notamment en termes de mobilité. Les opposants à la Ville Compacte retournent l'argument en faisant valoir que la compacité, elle aussi, est à l'origine de coûts.

La présentation des arguments du débat sur la Ville Compacte se fera sous la forme suivante : dans une première section, nous présentons les avantages comparatifs de la Ville Compacte sur la ville étalée, en insistant plus particulièrement sur les avantages liés à la mobilité. La deuxième section est consacrée à l'étude des critiques du modèle de Ville Compacte, qui sont de deux sortes : la mise en évidence des inconvénients des fortes densités et le doute quant à la faisabilité des mesures de compacification.

SECTION I - LES AVANTAGES COMPARATIFS DE LA VILLE COMPACTE : LA NOTION D'ECONOMIES DE COMPACITE

Le principal avantage comparatif de la Ville Compacte sur une forme étalée se décline en termes de mobilité. Plus précisément, le lien empirique entre la densité urbaine et la consommation d'énergie due aux déplacements peut se justifier par un double effet de la densité, d'abord sur l'accessibilité, ensuite sur la compétitivité-temps relative des modes de transport. Les fortes densités sont théoriquement à l'origine d'autres avantages, qui traduits en termes économiques constituent une réduction des coûts liés à l'étalement et fondent l'idée « d'économies de compacité ».

I - Le lien empirique entre densité urbaine et consommation d'énergie due aux déplacements

Le lien empirique entre la densité urbaine et la consommation d'énergie due aux déplacements quotidiens est issu de la courbe de P. Newman et J. Kenworthy (1989a), dont la confirmation empirique est réalisée au niveau intra-urbain comme au niveau inter-urbain.

A - La courbe de P. Newman et J. Kenworthy

Des densités urbaines élevées permettent des économies substantielles dans la consommation d'énergie. Cette assertion découle de la courbe de P. Newman et J. Kenworthy (cf. Figure II-1), parue initialement en 1989 dans leur ouvrage *Cities and Automobile Dependence* (1989a) et reprise la même année dans un article du *Journal of the American Planning Association* (1989b). A partir d'une comparaison de 32 grandes villes dans le monde (données 1980), ceux-ci établissent empiriquement l'existence d'une relation inverse entre la densité résidentielle et la consommation annuelle d'énergie *per capita* pour les transports.

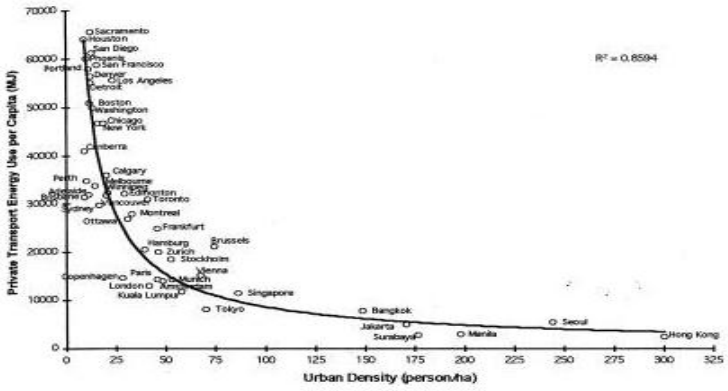
Selon P. Newman et J. Kenworthy (1989a, 1989b, 1998), les différences de consommation énergétique pour les déplacements sont pertinemment décrites par les différences culturelles ou historiques dans l'urbanisation. Les villes américaines sont caractérisées par de faibles densités et une forte proportion de déplacements automobiles ; les villes européennes et asiatiques, plus denses, sont marquées par des comportements de mobilité plus économes en énergie[60].

La pertinence de telles comparaisons internationales est mise en doute, en raison du caractère incommensurable des comportements. Ainsi les comportements de mobilité sont mieux décrits par les revenus ou les styles de vie que par l'usage du sol (Gomez-Ibañez,

[60] On retrouve dans ce raisonnement l'hypothèse d'une différence significative des processus d'étalement américain et européen, analysée dans le Chapitre I.

1991). Pourtant P. Newman et J. Kenworthy prennent la précaution de normaliser leurs données en appliquant aux villes de leur échantillon les valeurs américaines d'élasticités de la consommation de carburant par rapport à son prix et au revenu des individus, ainsi qu'en ajustant les données par rapport à l'efficacité des véhicules[61]. Néanmoins, cette correction « ignore le fait que les élasticités varient largement pour differentes fourchettes de prix, différents comportements de consommateurs, et différents niveaux de prix relatifs » (Gordon & Richardson, 1989, p. 342). Il semble en effet discutable d'uniformiser, par l'application de simples coefficients, les modes de vie ou l'attitude face à l'automobile de quatre contintents. C'est pourquoi les études ultérieures utiliseront plutôt un échantillon composé de villes d'un même pays ou mèneront l'analyse au niveau intra-urbain.

Figure II-1. Densité et consommation individuelle d'énergie pour 46 villes dans le monde (données actualisées 1990)[62]



Source : Newman & Kenworthy, 1998

B - Le lien densité-consommation d'énergie à l'échelle inter-urbaine

La consommation d'énergie individuelle est une résultante directe des comportements de mobilité. On peut la mesurer directement, ou encore l'approcher avec une certaine fidélité par la distance parcourue en automobile par personne (Van Diepen & Voogd, 2001). Cette dernière variable est le produit de deux variables issues des enquêtes sur les transports : les distances moyennes parcourues par déplacement (ou par personne) et le partage modal. C'est pourquoi la problématique de l'influence de la densité sur la consommation d'énergie individuelle pour les transports peut se ramener à l'examen de l'interaction entre la densité et les comportements de mobilité.

[61] *Efficiency*, c'est-à-dire la consommation unitaire moyenne, qui varie selon la distribution du parc automobile.
[62] Cette figure est la réactualisation de la courbe originelle de P. Newman et J. Kenworthy (1989a,b) à partir de données pour l'année 1990. Le nombre d'observations a été porté de 32 à 46 villes (Newman & Kenworthy, 1998).

Au niveau inter-urbain, plusieurs études corroborent la corrélation inverse entre densité urbaine et consommation d'énergie pour les transports.

P. Naess (1996) relève un lien positif entre l'espace urbain par personne[63] et l'énergie consommée annuellement par habitant pour 22 villes nordiques, ainsi que pour 67 villes suédoises.

L'analyse par classes de densité permet de lisser la distribution exponentielle des densités, à l'origine de biais dans les résultats issus de techniques linéaires. Aux Etats-Unis, l'exploitation des données du *NPTS* 1990 (*Nationwide Personal Transportation Survey*) révèle une corrélation négative significative entre la densité résidentielle et les distances parcourues en automobile et en transports en commun (Levinson & Kumar, 1997).

La technique de l'analyse par classes de densité est également utilisée par une étude britannique (qui exploite les données du *National Travel Survey* de 1985, citée *in* Breheny, 1995) qui montre une relation inverse entre densité résidentielle et distances parcourues par personne pour l'ensemble des villes anglaises. La ventilation des distances parcourues par mode et par personne procure un tableau contrasté : si le lien inverse avec la densité est conservé pour les déplacements automobiles, il devient positif pour les modes alternatifs : transports collectifs et marche à pied (cf. Tableau II-1).

Tableau II-1. Distances parcourues par personne par semaine et par mode, et densité de population

Classes de densité (hab./ha)	Tous modes	Automobile	Bus	Rail	Marche
<1	206,3	159,3	5,2	8,9	4,0
[1 ; 5[	190,5	146,7	7,7	9,1	4,9
[5 ; 15[	176,2	131,7	8,6	12,3	5,3
[15 ; 30[	152,6	105,4	9,6	10,2	6,6
[30 ; 50[	143,2	100,4	9,9	10,8	6,4
>50	129,2	79,9	11,9	15,2	6,7
Total	159,6	113,8	9,3	11,3	5,9

Note : les déplacements de moins de 1,6 km sont exclus
Source : ECOTEC, 1993, reproduit in *Breheny, 1995*

Dans les villes où la densité est relativement plus élevée, les comportements sont davantage tournés vers une mobilité durable. Les données du *NPTS* 1995 permettent à C. L. Ross et A. E. Dunning (1997) d'associer les fortes densités à de plus faibles distances de déplacement, de moindres distances parcourues annuellement par personne et un usage accru des modes alternatifs à l'automobile (transports collectifs, marche et deux-roues). L'interaction entre densité et mobilité est valable aussi bien à l'origine qu'à la destination du

[63] C'est-à-dire l'inverse de la densité, considérée comme un indicateur pertinent de l'intensité de l'occupation du sol par l'homme (Bailly *et alii*, 1992, p. 440).

trajet, puisque les mêmes données servent à D. G. Chatman (2003) à montrer que la densité autour du lieu de travail influence négativement les distances parcourues par véhicule.

La critique sur l'incommensurabilité des comportements de mobilité à l'échelle internationale est prise en compte dans un article récent de I. Cameron *et alii* (2003). Pour justifier la pertinence de comparaisons internationales, ils combinent l'analyse systémique et l'analyse dimensionnelle.

- Leur hypothèse de départ est l'assimilation d'une ville à un système. On est alors autorisé à les comparer, car elles partagent cette propriété systémique qui fait selon eux l'essence même de l'urbain : « malgré le passage du temps et les différences géographiques et culturelles, toutes les villes ont un certain comportement systématique (*systematic behavior*) qui est l'essence d'une aire urbaine » (p. 268)[64].
- L'analyse dimensionnelle (*dimensional analysis*) est utilisée pour la compréhension d'un système dont on connaît les paramètres de contrôle sans avoir de modèle sous-jacent. L'utilisation de ratios sans dimension (*dimensionless ratios*), indépendants des unités de mesure, permet de préciser la forme fonctionnelle reliant entre eux les paramètres du modèle, sous l'hypothèse que la mobilité urbaine est déterminée par le comportement systématique des villes.

Ils obtiennent, à partir de données sur 46 villes dans le monde (l'actualisation de la base de P. Newman et J. Kenworthy en 1989), une relation non linéaire décroissante entre la densité et le nombre de véhicules-kilomètres par personne. Cette étude permet donc de confirmer, de manière plus robuste, la courbe de Newman et Kenworthy. Le taux de motorisation, selon eux une mesure des différentiels de richesse, a pour effet d'accroître la pente de la courbe. Le fait que cette forme structurelle explique plus de 85% de la variance pour les années 1960, 1970, 1980 et 1990 avec seulement de faibles changements dans les paramètres renforce l'hypothèse de départ : « malgré le passage du temps et les différences culturelles, géographiques et sociales, il y a une caractéristique systématique inhérente des aires urbaines qui influence la mobilité automobile » (pp. 275-276). Cette « caractéristique systématique » fait référence à la densité.

Le fait qu'un phénomène soit reproductible à plusieurs échelles spatiales lui confère une grande robustesse. Le lien inverse entre densité urbaine et consommation d'énergie pour les transports est également valable au niveau intra-urbain.

[64] Cet appel à la notion de système pour effacer les différences de contexte urbaine est critiquable : « de nombreuses explications [basées sur la théorie des systèmes] pourront être fondées par référence à un espace et à un moment donné, sans pour autant être valables pour d'autres espaces et à d'autres époques » (Lajugie *et alii*, 1985, p. 751)

C - Le lien densité-consommation d'énergie à l'échelle intra-urbaine

La confirmation du lien entre densité et consommation d'énergie à l'échelle intra-urbaine peut se faire directement grâce aux densités ou indirectement, à partir de la distance au centre-ville, avec laquelle la densité est fortement corrélée (loi de Clark).

1 - L'interaction densité et mobilité à l'échelle intra-urbaine à partir d'un découpage fonction de la distance au centre

P. Newman et J. Kenworthy (1989b) divisent la région métropolitaine de New York en quatre cercles concentriques de taille croissante et observent des écarts de 1 à 5 pour la consommation individuelle d'énergie entre les zones extrêmes de densité.

En France, certaines applications des travaux menés par l'INRETS et l'ADEME au milieu des années 1990 ont également permis de confirmer le lien entre densité et consommation d'énergie pour les transports. L'objet était la formulation d'une méthodologie de calcul des coûts environnementaux dus aux transports, le B.E.E.D (Budget Energie Environnement Déplacements). Celui-ci se compose de la somme de la consommation énergétique et des émissions de polluants dus aux déplacements quotidiens, calculée pour un individu ou un ménage pendant une journée de semaine ordinaire (Gallez & Hivert, 1998). Les études menées sur plusieurs grandes villes françaises concluent toutes à un accroissement significatif du B.E.E.D individuel avec la distance au centre. A titre d'exemple, dans l'agglomération bordelaise, le B.E.E.D peut varier du simple au double entre les zones centrales et les zones les plus éloignées du centre (Hivert, 1998).

Grâce à une méthode très précise de calcul des émissions des véhicules particuliers[65], J.-P. Nicolas *et alii* (2001) montrent que les émissions individuelles de polluants sont moitié moindres au centre que dans la deuxième couronne de l'agglomération de Lyon.

Les comportements de mobilité sont déterminés par la distance au centre de l'origine comme de la destination : une étude des comportements de mobilité des employés de six compagnies à Oslo montre que la consommation d'énergie *per capita* est positivement associée à la distance du lieu de travail au centre-ville, et ce quel que soit le lieu de résidence (Naess & Sandberg, 1996).

Si l'effet de la densité sur la mobilité à l'échelle intra-urbaine semble empiriquement vérifié à travers un découpage en couronnes selon la distance au centre, il est néanmoins indispensable de tester directement la validité de cet effet.

[65] Plus précise que la méthode du B.E.E.D, puisqu'elle prend par exemple en compte le surcroît de pollution lié aux démarrages à froid, au temps moyen d'attente aux feux, etc.

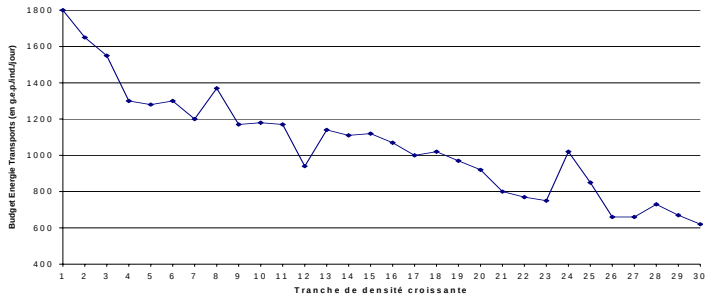
2 - L'interaction entre densité et mobilité à l'échelle intra-urbaine à partir d'un découpage fin et d'attributs de densité

D. M. Levinson et A. Kumar (1997) constatent une relation inverse entre densité et distances parcourues en automobile au niveau intra-urbain pour Chicago, Indianapolis et New York.

Pour l'ensemble des communes d'Ile-de-France, V. Fouchier (1997a) relie explicitement la consommation d'énergie due aux transports à différents critères de densité. Il utilise l'analyse par classes de densité. Ses résultats montrent :

- L'existence d'un lien inverse entre la densité et la consommation d'énergie liée aux transports, mesurée par le B.E.T (Budget Energie Transport, ancienne version du B.E.E.D - cf. Graphique II-1) ;
- Des résultats tout à fait comparables selon le critère de densité adopté : densité humaine ou simplement résidentielle, densité brute ou densité nette.

Graphique II-1. Budget énergie-transports selon la densité humaine nette en Ile-de-France (données 1990)



Source : Fouchier, 1997

On cherche à justifier cette tendance de la densité à économiser les dépenses d'énergie pour les transports par l'étude de *l'interaction entre densité et comportements de mobilité* à l'échelle intra-urbaine. Ce champ de recherches se développe considérablement dans les années 1990 : R. Ewing et R. Cervero (2001) recensent pas moins de cinquante études empiriques traitant de ce sujet. Il n'est pas question de les citer toutes, d'autant qu'elles concernent le plus souvent des agglomérations américaines et qu'elles utilisent parfois les mêms données. De plus, leurs résultats sont largement convergents et confirment pour la plupart l'influence de la densité. Celle-ci est :

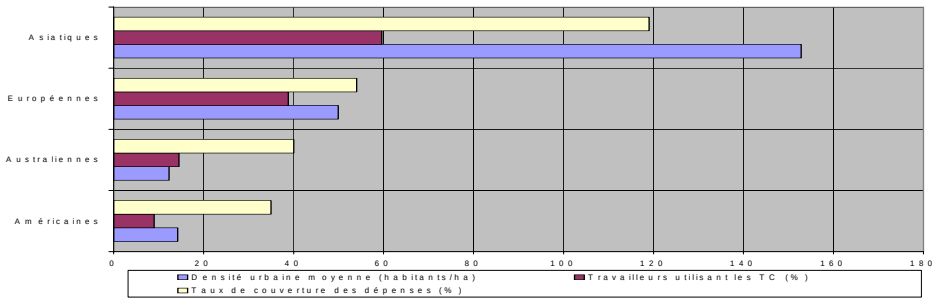
- Négative sur les distances parcourues par personne ou par déplacement (Cervero & Kockelman, 1997, pour 50 ménages de la *San Francisco Bay Area* (données 1990) ; Frank *et alii*, 2000, pour 1 680 ménages de Seattle) ;
- Négative sur la part modale de l'automobile et positive sur la part modale des transports collectifs et de la marche à pied (Frank & Pivo, 1994, pour 1 680

ménages de Seattle ; Rajamani *et alii*, 2003, pour 369 ménages de Portland, (Oregon), mais seule la part modale des TC est significative ; Cervero & Kockelman, 1997, mais uniquement pour les trajets non professionnels[66]).

On peut préciser l'impact de la densité sur l'offre de transports en commun, qui passe par une influence :

- Sur la desserte. Grâce aux données du *NPTS* 1995, C. L. Ross et A. E. Dunning (1997) mettent en évidence une corrélation positive entre la densité résidentielle d'une part, et la disponibilité du service de transports en commun et la distance du domicile à l'arrêt le plus proche d'autre part ;
- Sur leur usage. E. Burton (2000) relate la corrélation positive entre la densité et l'usage des transports en commun par les employés à bas revenu pour 25 villes moyennes anglaises. P.-H. Emangard (1994) montre à partir de l'analyse des villes françaises de plus de 100 000 habitants que la densité est positivement reliée au coefficient de remplissage des véhicules, au nombre de voyages par habitant desservi par an, au nombre de voyageurs par véhicule-kilomètre et à la densité du réseau ;
- Sur la rentabilité. J. Kenworthy et F. Laube (1999) constatent que plus les densités sont fortes, plus le taux de couverture des dépenses de fonctionnement des transport en commun[67] est élevé (cf. Graphique II-2).

Graphique II-2. Densité urbaine et efficacité des transports en commun



Source : Kenworthy & Laube, 1999

L'influence négative de la densité sur la consommation d'énergie pour les transports est empiriquement avéré, aussi bien au niveau inter-urbain qu'intra-urbain. Ce lien prend sa source dans l'interaction entre la densité et les comportements de mobilité, et plus particulièrement les distances parcourues et le choix modal. Les mécanismes qui président à de telles interactions doivent être précisés.

[66] C'est-à-dire les déplacements autres que domicile-travail.
[67] Dérivé des coûts d'exploitation et des bénéfices d'exploitation, ce taux n'inclut pas les dépenses en capital ni le service de la dette (données 1990).

II - Les justifications théoriques d'une interaction entre densité urbaine et comportements de mobilité

La justification théorique de l'influence de la densité sur la mobilité passe par deux mécanismes en interaction : l'accessibilité et la congestion (Fouchier, 1997a, p. 164). Avec les mots de D. M. Levinson et A. Kumar (1997, p. 148) : « Clairement, plus la densité est élevée (et plus on est proche du centre de la région [métropolitaine]), plus il y a de destinations possibles à atteindre à distance donnée. La densité et la congestion vont tout aussi clairement de pair, conduisant à des vitesses [de déplacement] plus faibles, au moins en automobile ».

A - Densité et accessibilité

La densité et l'accessibilité sont liées mécaniquement, à travers les effets de la concentration. Cependant, la distinction entre les concepts de proximité et de connexité peut remettre ce lien en cause.

1 - Concentration, densité et accessibilité

L'accessibilité se définit comme « une mesure locale de la facilité d'accéder, à partir d'une origine donnée, à un ensemble de destinations » (Bonnafous & Masson, 1999 ; voir aussi Koenig, 1975). Elle se mesure par le nombre de possibilités de déplacement pondéré par une fonction inverse de la distance (Huriot & Perreur, *in* Bailly *et alii*, 1992).

La concentration urbaine est une condition d'amélioration de l'accessibilité. Toutes choses égales par ailleurs, plus la concentration est forte, plus les opportunités de déplacement à distance donnée sont nombreuses, et donc plus les distances de déplacement sont, en moyenne, courtes (Fouchier, 1997a).

La densité, en tant qu'indicateur de masse par unité surfacique, renvoie à la notion de concentration. Elle en est la traduction formelle. Or la concentration constitue l'essence même de la ville en tant que maximisation des interactions sociales (Claval, 1981) : « la densification urbaine, la concentration qui en découle, sont avant tout la recherche d'une maximisation des proximités » (Berroir *et alii*, 1995, p. 45).

L'argument selon lequel la densité accroît l'accessibilité et/ou réduit les distances de déplacement a donc toute l'apparence d'un truisme. Il paraît évident que plus les individus et les activités sont concentrés, plus la proximité entre eux est grande. On retrouve la force centripète principale des modèles d'économie urbaine : l'économie sur les coûts de transport.

Le lien entre densité et accessibilité est donc un lien robuste, qui résulte de la concentration géographique des origines et des destinations. Notons tout de même que ce lien n'est valable que toutes choses égales par ailleurs, comme nous avons eu le soin de le

préciser. La composition qualitative des espaces, par exemple, est un facteur important de la distance aux opportunités de déplacement (cf. Chapitre IV).

Une autre limite du lien entre densité et accessibilité est liée à la dissociation entre proximité et connexité.

2 - Une limite : la dissociation entre proximité et connexité

Dans la définition de l'urbain selon P. Claval (1981), la ville justifie son existence dans le fait qu'elle permet la maximisation des interactions sociales. Cet objectif peut être atteint par deux moyens différents : par la proximité physique, fondant ainsi la ville en tant que lieu de concentration des individus et des activités ; mais aussi par la connexité, en concevant la ville comme polarisation de flux de déplacement (Berroir *et alii*, 1995)[68]. Cette deuxième approche a une pertinence certaine : selon G. Dupuy (1995a, p. 129), « aujourd'hui, la ville s'affirme davantage comme réseau de circulation que comme amas de bâtisses ».

La connexité est la capacité d'un réseau à établir une liaison entre des objets ou des lieux, de permettre l'échange et la circulation (Pumain & Saint-Julien, 1997, p. 92)[69]. En Théorie des Graphes, un graphe est dit connexe s'il existe un chemin entre n'importe quelle paire de sommets (Mathis, 2003), ce qui est le cas d'un réseau de circulation intra-urbain. La connexité résume donc la capacité de deux lieux à être en relation.

La disjonction entre proximité physique et connexité remet en cause la relation entre densité et accessibilité.

- Dans une logique de proximité physique, l'accessibilité est essentiellement régie par la distance. Les agents ont tendance à se regrouper spatialement pour minimiser la distance qui les sépare et faciliter les interactions sociales. Dans ce cas, l'analyse menée plus haut sur la correspondance entre densité et accessibilité, qui passe par la notion de concentration spatiale, est valide ;
- L'automobile « casse » la correspondance entre distances de déplacement et durée du trajet : avec elle, un trajet de même durée peut être effectué sur des distances très différentes. Le principe de proximité spatiale est alors disjoint du principe de proximité temporelle (Emangard, 1998). Le principe de proximité temporelle correspond à une logique de connexité, en exprimant la capacité de chaque lieu de l'urbain à être mis en relation avec les autres lieux en un temps donné.

En déterminant l'accessibilité à partir des temps de déplacement, on aboutit à dissocier densité et accessibilité. La concentration urbaine, et la densité qui en est la manifestation,

[68] Ces deux approches possibles de l'urbain se retrouvent dans les définitions officielles de l'INSEE : ainsi l'unité urbaine est-elle définie par la continuité du bâti, tandis que l'aire urbaine se définit par les flux de déplacements (cf. Encadré III-1)

[69] A distinguer de la *connectivité*, qui exprime le fait qu'il y ait plusieurs chemins possibles pour parcourir le réseau.

permettent toutes choses égales par ailleurs le rapprochement *physique* des origines et des destinations, pas obligatoirement un rapprochement *temporel*. Dès lors, la densité n'est plus une condition d'amélioration de l'accessibilité. On peut même aller plus loin, en supposant que les densités résidentielles et les densités d'échanges se repoussent.

Les conséquences de la distinction entre logique de proximité physique et logique de connexité sur les principes de formation de la ville définissent l'*hyperurbanité* (Bordreuil, 1995) : alors que les densités résidentielles et les densités d'échanges avaient auparavant tendance à coïncider, elles tendent aujourd'hui à s'écarter. Les logiques de localisation résidentielle tendent en effet de plus en plus à privilégier les zones éloignées des axes lourds de transport et de leurs nuisance, bruit et pollution notamment (Mille, 2002). Dès lors, non seulement la disjonction entre proximité physique et connexité ne fait plus correspondre la densité et l'accessibilité, mais en plus elle tend à les opposer. On peut ainsi remettre en cause le lien entre densité et accessibilité, que l'on a défini dans le paragraphe précédent comme une relation positive robuste due à la concentration des origines et des destinations – mais qui peut se révéler en fait être une opposition.

Les distances moyennes (ou par personne) de déplacement sont un déterminant direct de la consommation d'énergie pour les transports. Elles en sont aussi un déterminant indirect *via* leur effet sur le choix modal. Plus la distance à parcourir est faible, moins le gain de temps (absolu) lié à l'usage de l'automobile est grand : les modes alternatifs (transports en commun et marche à pied) n'ont plus qu'un faible différentiel absolu de compétitivité-temps. En acceptant l'hypothèse selon laquelle le temps de transport est le déterminant essentiel des comportements de mobilité, les faibles distances de déplacement issues des fortes densités provoquent un transfert modal de l'automobile vers les modes alternatifs (Kockelman, 1996).

En plus de cet effet indirect, les fortes densités, à travers la congestion des infrastructures de transport qu'elles provoquent, ont également un effet direct sur le choix modal.

B - Densité et congestion

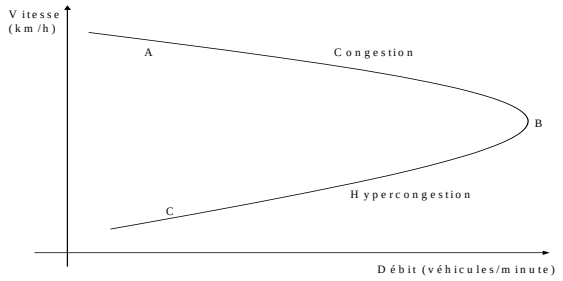
L'exposé des déterminants de la compétitivité-temps des modes de transport urbains permet de comprendre le mécanisme de report modal dû à la densité. Les fortes densités accroissent la congestion routière et diminuent ainsi la vitesse de déplacement automobile. Le gain en compétitivité-temps des modes alternatifs à l'automobile augmente alors leur usage.

1 - L'influence de la densité sur le niveau de congestion intra-urbain

L'association entre densité urbaine et niveau de congestion routière est assez triviale. L'explicitation du mécanisme de formation de la congestion permet de préciser cette assertion et d'en saisir les conséquences.

La congestion routière est une externalité née d'une consommation excessive du réseau viaire et qui se traduit par une baisse de la qualité (Kolm, 1968). Elle est illustrée par la relation vitesse-débit, de forme parabolique (cf. Figure II-2) : le trafic est fluide lorsque le nombre d'usagers est faible (point A), mais la vitesse moyenne diminue au fur et à mesure que le débit augmente. A partir d'un point d'inflexion (en B), le débit comme la vitesse régressent, traduisant une baisse de qualité du service. La portion de la courbe entre B et C est une situation appelée « hypercongestion », où un même débit pourrait être obtenu avec une vitesse bien supérieure.

Figure II-2. La relation vitesse-débit



Source : Gérondeau, 1969

Si la relation vitesse-débit est issue d'observations sur les autoroutes, elle est aisément transposable au milieu urbain (Derycke, 1997, p. 67)[70]. A capacité viaire et niveau de motorisation donnés, la densité urbaine est un déterminant direct du nombre de véhicules empruntant une voie donnée - c'est pourquoi les zones les plus denses sont les plus congestionnées. On peut donc extrapoler et assimiler la relation vitesse-débit à une relation vitesse-densité urbaine : une augmentation de la densité accroît le nombre de véhicules en circulation et la congestion. La vitesse de circulation diminue.

La diminution de la vitesse due à la congestion sape la compétitivité-temps relative de l'automobile. Comme le temps de déplacement constitue une variable-clé dans la détermination des comportements de déplacement, les agents sont fortement incités à utiliser les modes de transport alternatifs à l'automobile.

[70] On peut d'ailleurs l'assimiler à une relation vitesse – *densité* de véhicules (Derycke, 1997, pp. 75-76).

2 - *Congestion et compétitivité-temps : l'explication du report modal dû à la densité par la réciproque de la conjecture de Mogridge*

Le lien entre densité et congestion se heurte à une objection : jusqu'où le niveau de congestion croît-il ? Si la densité semble bien liée positivement au niveau de congestion, il semble que ce lien ne soit pas linéaire. La réciproque de la conjecture de Mogridge nous permet d'établir que, sous certaines conditions et en raison même du transfert modal qu'il provoque, le niveau de congestion reste constant malgré l'augmentation des densités.

La conjecture de Mogridge (Mogridge, 1980) suppose que toute augmentation de la capacité du réseau viaire ne se traduit à long terme que par un accroissement du débit et non par un accroissement de la congestion, en raison de la concurrence entre modes de tansport. Ainsi le niveau de congestion reste constant, et les gains de vitesse et donc de temps de déplacement sont nuls (Clément, 1995). Pour les besoins de notre argumentation nous présentons la réciproque de la conjecture de Mogridge, en partant d'hypothèses inversées.

Le point de départ de la réciproque de la conjecture de Mogridge est une diminution des capacités du réseau viaire (par exemple la mise en place d'une ligne de TCSP[71]). On peut lui assimiler l'augmentation de la densité résidentielle, qui toutes choses égales par ailleurs accroît le trafic à longueur du réseau et niveau de motorisation inchangés. L'effet à court terme est un accroissement de la congestion. Dès lors, le temps de déplacement en automobile augmente, la compétitivité des transports collectifs s'accroît par comparaison, et on assiste à un report modal vers ceux-ci. L'augmentation de la demande provoque une amélioration de l'offre et donc une diminution des temps de déplacements en transports en commun : un cercle vertueux en faveur des modes « doux » est enclenché. Celui-ci ne s'arrêtera que lorsque le report modal aura suffisamment diminué la densité de véhicules, et donc le temps moyen de transport en automobile. Les deux diminutions conjointes se poursuivent jusqu'à s'égaliser, « se caler » l'une sur l'autre. A long terme, l'effet sur le niveau de congestion et la vitesse moyenne de déplacement en automobile est nul, mais les temps de déplacement des transports en commun ont légèrement diminué et leur fréquentation s'est accrue. *Les fortes densités, par leur effet sur la compétitivité-temps relative des modes de transport, sont un facteur de report modal en défaveur de l'automobile*.

Les fortes densités accroissent le niveau de congestion des infrastructures de transport. Cet argument a souvent été utilisé par les détracteurs du modèle de Ville Compacte, pour montrer qu'il est une source de gaspillage (Theys & Emalianoff, 1999), la congestion représentant une perte de temps et d'énergie par rapport à l'état idéal de fluidité du trafic (Derycke, 1997). Cependant, le mécanisme de la conjecture de Mogridge montre que l'accroissement de la congestion dû à la densité représente en fait un avantage de la compacité, car l'incitation à l'usage des modes alternatifs à l'automobile s'accroît. L'inconvénient lié à des densités élevées se révèle en fait être un avantage.

[71] Transports en Commun en Site Propre.

Le lien empirique entre densité urbaine et consommation d'énergie est théoriquement justifié par un double mécanisme : le lien entre densité et accessibilité d'une part, et le lien entre densité et congestion d'autre part. Ainsi, les distances de déplacement sont-elles d'autant plus faibles, et le partage modal est d'autant plus en faveur des modes « doux » que les densités sont élevées. Les économies d'énergie induites par de fortes densités urbaines constituent un avantage comparatif majeur de la compacité, même si la Ville Compacte présente d'autres avantages sur une ville étalée.

III - Autres avantages comparatifs de la Ville Compacte

En plus de l'économie d'énergie liée aux déplacements, les avantages comparatifs de la Ville Compacte se déclinent en : économie de terres non urbanisées, économie sur les coûts du développement urbain, enfin avantages en matière d'accès plus équitable aux ressources urbaines. Ils permettent de poser l'hypothèse de l'existence « d'économies de compacité ».

A - L'économie de terres non urbanisées

L'étalement, on l'a vu, est une forme de la croissance urbaine caractérisée par une urbanisation à faible densité. Un tel mode de croissance suppose une consommation extensive des sols entourant la ville, et peut être considéré comme une source de coûts environnementaux. L'avantage des densités élevées est de permettre l'économie de terres non urbanisées, puisque la Ville Compacte, par définition même de la densité, consomme moins d'espace pour une même population. Des densités élevées permettent alors :

- La préservation de sols cultivables.

L'étalement est à l'origine de la perte d'espaces cultivables. A long terme, la conjonction d'une consommation extensive de sols cultivables et de projections démographiques fixant à 50% l'accroissement de la population mondiale d'ici à 2050 nourrit la crainte d'une crise de subsistance généralisée (Sierra Club, 2002)[72]. Cet argument est toutefois sujet à discussion. D'abord, l'étalement ne contribue que pour 26% de la diminution des surfaces cultivées, les 74% restants étant causés par des facteurs économiques, notamment la rentabilité relative (Carlisle, 1999). Ensuite, des projections optimistes quant à l'évolution de la production agricole (accroissement de la production à l'hectare due aux évolutions technologiques et de productivité) éloignent le spectre d'une crise alimentaire mondiale (Gordon & Richardson, 1997a).

[72] *United Nations Population Information Network*, POPIN, http://www.un.org/popin, site visité le 16/02/2003. Soulignons l'inspiration clairement malthusienne de cet argument.

- La préservation de paysages et d'espèces.

L'étalement est responsable d'atteintes à l'environnement diverses telles que l'occultation de paysages (Breheny, 1995) auxquels ceux qui en jouissent attribuent pourtant une valeur économique (Dachary-Bernard, 2004), ou l'extinction d'espèces liée à la disparition de leur habitat naturel (Fulford, 1996). Le paradigme du développement durable, en soulignant la nécessité d'évaluer les coûts environnementaux de l'étalement, donne un relief particulier à ces atteintes que la compacité permet dans une certaine mesure de réduire.

Au-delà de la préservation de sols non urbanisés, la Ville Compacte permet de réaliser des économies sur des dépenses effectivement réalisées, les coûts du développement urbain.

B - Economie sur les coûts du développement urbain

Le deuxième avantage concerne les coûts du développement urbain en termes de dépenses effectivement réalisées[73]. L'idée est que pour l'ensemble des réseaux (gaz, électricité, voirie, etc.), la diminution des densités causée par l'étalement provoque un allongement des distances et donc un gonflement des coûts de construction et d'entretien.

Suite au renouveau de la problématique des densités dans les années 1990 (Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, 1999), la recherche s'interroge sur le lien entre la densité et les coûts de fourniture de certains services publics. Cependant, les résultats sont contradictoires et ne permettent pas de dégager de véritable consensus à ce propos. Nous exposerons l'influence de la densité sur les coûts de construction et de fonctionnement des logements puis aux coûts liés à la fourniture de biens et services publics locaux.

1. Les fortes densités étant obtenues par la prédominance des logements collectifs[74], des différences dans les coûts de construction des logements individuels et collectifs peuvent aboutir à la formation d'économies ou de déséconomies de compacité.

Les coûts de construction des logements neufs au m^2 sont supérieurs pour l'habitat collectif [75]. Ce résultat est obtenu à partir de données sur 17 opérations réalisées entre 1998 et 1999, et d'une enquête auprès de constructeurs et de promoteurs concernant 33 opérations. On a cherché à maintenir constant le niveau de prestations des logements (Morlet, 2001).

Deux études apportent des conclusions contradictoires quant à la relation entre type et coût de fonctionnement des logements, notamment pour le chauffage. V. Fouchier (1997a) arrive à la conclusion que ces coûts sont moindres pour le logement collectif, en raison de phénomènes de diffusion de la chaleur et d'un plus faible volume à chauffer. Inversement, O.

[73] Par opposition aux coûts sociaux de l'urbanisation, dans lesquels sont inclus notamment les coûts de la mobilité.
[74] Même si V. Fouchier (1997a) montre que les formes urbaines peuvent varier largement pour une même densité, nous supposons que les logements collectifs sont associés à des densités élevées.
[75] Les coûts de construction comprennent le prix des travaux et les honoraires divers (architecture, ingénierie, contrôle technique et assurance dommage ouvrage).

Morlet (2001), à partir de données exhaustives (l'ensemble du parc de logements français), montre qu'il n'y a pas de différence significative de consommation énergétique pour le chauffage pour les logements individuels et collectifs construits après 1975. Des réglementations thermiques plus exigeantes et le développement de modes de chauffage plus économes peuvent expliquer ce résultat.

La mise en place de solutions énergétiques novatrices à moindre coût peut dépendre de la densité. La cogénération (ou *CHP – Combined Heat and Power*) est une technique de récupération des pertes de chaleur (jusqu'à 60% de la production) dans les centrales électriques et de redistribution *via* un réseau de canalisations (Nijkamp & Perrels, 1994). Des densités élevées sont une condition suffisante à la réduction des coûts de mise en place et d'entretien de ce réseau (Nijkamp & Pepping, 1998).

2. En ce qui concerne les coûts d'investissement et de fonctionnement des biens et services publics locaux, les conclusions sont contrastées et dépendent de la nature du bien ou du service étudié.

A partir d'un échantillon de 247 comtés américains et de la technique de la régression « par morceaux » (*piecewise regression*), H. Ladd (1992) teste empiriquement le lien entre la densité et différentes variables de dépenses publiques locales[76]. Les dépenses courantes par tête sont liées à la densité par une courbe en « U » dont le minimum s'établit à 250 hab./*mile* carré ; les dépenses en capital ne suivent pas une relation dont la forme est clairement établie, sans aucun coefficient significiatif au seuil de 5% ; enfin, les dépenses de sécurité (*public safety*) par tête adoptent elles aussi une forme en « U », avec un minimum à 750 hab./*mile* carré. Cette approche « va à l'encontre de la vue de l'ingénieur selon laquelle des densités élevées sont associées à de moindres coûts de fourniture des services publics. » (p. 292). L'explication réside sans doute dans le fait que les densités élevées fournissent « un environnement plus hostile (*harsher*) (…) qui nécessite davantage d'*inputs* publics pour un niveau donné de service » (p. 293).

La mesure de l'impact de la densité sur les coûts de l'urbanisation passe par une évaluation économétrique des charges des communes (Guengant, 1998). On opère dans les budgets locaux une distinction entre les dépenses en infrastructures (voirie, eau, assainissement, électricité), sensibles aux effets de réseau, et les dépenses de superstructures (écoles, piscines, parcs…), sensibles à des effets de congestion à partir de certains seuils de densité (Guengant *et alii*, 1995). Si les premiers peuvent être sensibles de manière plutôt linéaire aux densités, le montant des seconds dépendrait plutôt de la population totale, adoptant une forme en escalier selon des seuils de saturation qui obligent à fournir des équipements supplémentaires.

Les résultats obtenus par A. Guengant (1992) dans une étude sur les communes périurbaines de Rennes ne confirment pas ces hypothèses : les coûts de développement par logement des infrastructures comme des superstructures sont croissants avec la densité.

[76] Elle prend soin de contrôler les taux de variation de la population, dont l'influence sur le niveau de dépenses est notable.

Toutefois, la correction des effets de gamme (des disparités d'équipements de superstructure offerts) fait disparaître cette relation croissante et laisse plutôt supposer une absence de relation avec la densité.

L'exemple du lien entre la densité et le coût de la collecte des ordures ménagères est représentatif de l'incertitude quant à l'effet de la densité urbaine sur le coût de fourniture des biens et services publics locaux : d'un côté ces coûts peuvent décroître avec la densité car les distances à parcourir sont plus faibles et le centre de collecte moins éloigné en milieu dense (SOFRES-Conseil, 1997) ; de l'autre ils peuvent croître, car la capacité de stockage est plus importante en habitat individuel, donc la fréquence de collecte est moins élevée et les coûts plus faibles (Prud'Homme & Yatta, 1995, pour 230 communes d'Ile-de-France).

Symptomatique également de l'incertitude concernant les effets des densités résidentielles sur les coûts de l'urbanisation, deux études utilisant les mêmes données arrivent à des résultats différents. L'étude de la R.E.R.C. (1974) conclut à une influence négative de la densité résidentielle sur une variable de coûts de l'urbanisation agrégée (comprenant les coûts de fourniture et d'entretien des infrastructures et des superstructures (écoles, routes, etc.), la construction de logements et les impacts environnementaux (pollution non automobile, consommation d'eau, etc.)). Cinq ans plus tard, D. Windsor (1979) reprend les mêmes données mais, en raison de l'emploi d'une méthodologie différente, nuance fortement les résultats de la R.E.R.C.

Le troisième avantage de la Ville Compacte est qu'elle permet un accès plus équitable à un certain nombre de biens et services urbains.

C - Un accès plus équitable aux ressources urbaines

E. Burton (2000) se propose de tester cette proposition sur 25 villes moyennes de Grande-Bretagne (80 000 à 200 000 habitants) à travers l'examen du lien entre la densité urbaine et l'accès aux équipements, aux espaces verts, à l'emploi, au transport public, à l'espace domestique, à la santé, à la sécurité et au logement.

Selon la conception rawlsienne de la justice sociale[77], savoir si la compacité garantit un accès plus étendu aux différentes ressources urbaines revient à répondre à la question « La Ville Compacte [est-elle] juste ou juste compacte ? » (du titre de l'article de E. Burton (2000), tiré de son travail de thèse à l'Ecole d'Architecture d'Oxford). Il s'agit alors de savoir si la densité a un impact sur l'accès aux ressources urbaines.

Les résultats obtenus ne sont pas entièrement convaincants, certains confirmant l'effet attendu de la densité, d'autres les infirmant.

[77] Brièvement rappelée, celle-ci définit l'équité (*fairness*) par la répartition égale entre les individus de « biens sociaux primaires », que l'on décline en droits, libertés, possibilités offertes à l'individu, revenu et richesse. On les distingue des « biens naturels premiers » (santé vigueur, intelligence, imagination, etc.), par nature inégalement répartis (Cournarie & Dupond, 1998).

- D'un côté, la densité facilite l'accès aux transports en commun, réduit la ségrégation sociale (i.e. accroît le niveau de mélange des populations)[78], et réduit l'offre de logements abordables (*affordable housing*), ce qui confirme les hypothèses de départ.
- De l'autre, des densités élevées sont associées à une plus grande criminalité (mesurée par le montant des primes d'assurance-logement) et de moindres possibilités d'usage de la marche et de la bicyclette (mesurée par la part modale), ce qui les contredit.
- Enfin, il est impossible de conclure quant à l'influence de la densité sur l'accès aux infrastructures, aux espaces verts, à l'emploi, à l'espace habitable et la santé.

Cette étude aborde de front un aspect peu étudié de la compacité. Mais ses résultats sont fragiles, en raison de la difficulté d'aborder une telle problématique par une méthode exclusivement quantitative.

L'exposé des avantages comparatifs de la Ville Compacte, menée dans cette première section, permet de formuler l'hypothèse de l'existence d'*économies de compacité*. L'influence de la densité sur la consommation d'énergie pour les transports, mais aussi sur la consommation de sols non urbanisés, les coûts de fourniture des biens et services publics locaux, enfin sur la répartition des ressources urbaines met en exergue les coûts de l'étalement, et *a contario* les bénéfices associés à la compacité. Les économies de compacité se définissent alors, au sens propre du mot « économie », comme *la réduction des coûts liée à l'adoption d'une forme compacte*.

Nous adoptons ici une notion large des coûts de l'urbanisation, dans le sens des coûts de la localisation urbaine (Capello, 1998), et entendus aussi bien comme dépenses effectivement réalisées, par exemple les coûts du développement urbain, que comme coûts sociaux, liés à la mobilité ou la préservation d'espaces cultivables. Ceci nous permet de poser que les économies de compacité trouvent leur source aussi bien dans la manifestation d'économies internes ou d'échelle (une réduction des coûts effectivement supportés) que d'économies externes (une réduction des coûts sociaux liés à l'urbanisation).

Le débat sur la Ville Compacte oppose partisans et opposants aux fortes densités. Son analyse ne serait pas complète si l'exposé des avantages comparatifs de la compacité ne se doublait pas d'une critique de la Ville Compacte.

[78] Mesurée par des indices de dissimilarité de Duncan, portant sur : l'appartenance ethnique, le statut d'occupation du logement, la non-motorisation, le revenu, etc.

SECTION II - CRITIQUE ET APPLICATION DU MODELE DE VILLE COMPACTE

La critique du modèle de Ville Compacte se fait à un double niveau : d'abord, la mise en évidence de « déséconomies de densité », dérivées des inconvénients de trop fortes densités ; ensuite, l'émission de doutes quant à la faisabilité des politiques de compacification[79].

La mise en évidence des inconvénients de la Ville Compacte incite à une approche en termes de densité optimale, fruit de la confrontation entre économies et déséconomies de densité, et définie par la maximisation du bénéfice net de la densité.

I - La ville « judicieusement compacte »

L'existence d'économies de compacité suppose que les fortes densités sont associées à une réduction des coûts. Cependant, une question se pose : jusqu'où aller dans la compacification ? La minimisation des coûts de l'urbanisation est-elle obtenue dans une ville verticale ? La réponse est sans doute négative. Comme l'étalement, la compacité est un concept relatif. On ne peut pas caractériser le degré de compacité ou d'étalement d'une ville sans la comparer à d'autres. Pour reprendre les termes de R. Ewing (1997, p. 108) : « l'étalement est une question de degré ».

La mise en évidence des inconvénients de la compacité, qui sont à l'origine de déséconomies de densité, laisse supposer qu'il existe un niveau de compacité qui maximise le bénéfice net de l'urbanisation. Ce degré de compacité, par analogie avec la théorie de la taille urbaine, est dit *optimal* et justifie la quête d'une ville « judicieusement compacte » (Camagni & Gibelli, 1997 ; Camagni *et alii*, 2002).

A - Les inconvénients de la compacité

Nous verrons dans cette partie que la Ville Compacte s'oppose aux préférences des agents : elle n'est pas une forme urbaine désirée. Nous montrerons ensuite les effets pervers des fortes densités sur le bien-être lorsque celles-ci sont perçues comme de l'entassement. Enfin, nous évoquerons les contradictions du modèle de Ville Compacte.

[79] Cette approche des critiques de la compacité reprend, en la complétant sur certains aspects, celle de M. Breheny (1997) pour qui la compacification pose des problèmes « d'acceptabilité » (du fait de l'existence des inconvénients de la densité) et de « faisabilité » (liés à la mise en place de politiques de compacification).

1 - Compacité et préférences des individus

La compacification s'oppose aux préférences des consommateurs et entend leur imposer une idéologie environnementaliste qu'ils ne partagent pas forcément. L'exposé des facteurs de la déconcentration des ménages (cf. chapitre I) a montré que le choix de la suburbanisation est un choix volontaire, résultant d'une structure de prix favorable à cette évolution, d'une augmentation rapide du revenu, et d'une préférence (supposée ou réelle) pour le mode de vie périurbain ; que la possibilité pour les ménages d'accéder à la propriété d'une maison individuelle dans les territoires périphériques a été un déterminant majeur de l'étalement.

Il y a une impossibilité logique à conformer les densités élevées à l'idéal de la maison individuelle. La compacification reviendrait donc à imposer des choix non désirés aux consommateurs, ce qui est rejeté par certains auteurs comme étant un *diktat* insupportable : « L'idée de planificateurs chamboulant nos vies à la poursuite d'un objectif tenace est aussi horrible qu'un *alien* » (Gordon & Richardson, 1997a, p. 342). Aucune politique ne saurait s'opposer longtemps aux préférences spontanées des consommateurs et se révèlerait un jour ou l'autre inefficace et perverse (Breheny, 1997).

Il est difficile d'aller contre un tel argument. On peut rejeter le postulat de base, la préférence supposée pour la maison individuelle, mais l'argumentation n'est pas toujours convaincante (Schlay, 1986). On peut également nier « l'inévitabilité historique » du lien entre augmentation du revenu et augmentation plus que proportionnelle de la demande pour l'espace : P. Newman *et alii* (1995) opposent Los Angeles et Zürich en tant qu'idéaux-types de la ville américaine et de la ville européenne. Ils montrent que dans la ville européenne, une augmentation du revenu n'est pas automatiquement associée à une baisse des densités ni à une fuite du centre[80]. Selon eux, tout dépend de différences culturelles dans la forme urbaine, qui tient à une acceptabilité différente des fortes densités.

2 - La compacification : densifier ou entasser ?

La désirabilité de la compacité relève de l'attitude de l'homme face aux fortes densités. Les travaux de psychologues et de sociologues, à l'origine d'une « psychologie de l'entassement » (du titre du livre de P. Insel et H.-C. Lindgren en 1978), permettent d'éclairer rapidement l'enjeu de l'acceptabilité de la compacité[81]. Les fortes densités auraient des conséquences néfastes, autant sur les relations sociales que sur la santé physique. La notion de densité perçue vient relativiser ces assertions.

C'est dans la pensée hygiéniste, qui naît au début du XIX^{è} siècle, qu'apparaît pour la première fois l'idée selon laquelle l'entassement des hommes dans les villes est responsable

[80] Cet argument revient à nier l'étalement des villes européennes. De manière moins tranchée, nous avons supposé que les processus d'étalement américain et européen diffèrent davantage par leur degré que par leur nature (cf. Chapitre I).
[81] Le terme « entassement » est la traduction de l'anglais *crowding*, dont le sens est péjoratif.

de l'insalubrité dont découlent épidémies et mortalité (Clément & Guth, 1995). En 1822, le médecin C. Lachaise écrit : « (…) il semble en général que la mortalité soit en raison directe de l'étroitesse des rues, de l'élévation des maisons et de l'encombrement des ménages » (*Topographie médicale de Paris*, cité *in* Fijalkow, 1995). Les grandes modifications urbanistiques de la fin du XIX° siècle et du début du XX° siècle, dont les exemples emblématiques sont Paris et Barcelone, avaient d'ailleurs une motivation hygiéniste.

De fait, des études épidémiologiques ont montré que la promiscuité due à l'entassement est responsable, bien qu'indirectement, de la transmission de pathologies virales, infections respiratoires ou gastro-intestinales. De plus, le manque d'espace dû au surpeuplement induit un manque d'intimité. Or l'intimité permet de réguler nos interactions sociales, en fournissant une possibilité d'isolement et d'apaisement. Son absence produit des tensions familiales qui peuvent aller jusqu'à la dépression (Le Bras, 1995 ; Moch *et alii*, 1995).

Le surpeuplement a comme conséquence de dégrader les relations sociales. La célèbre expérience des rats de Calhoun en 1962 avait interprété le surcroît d'agressivité de rats confrontés à l'entassement par la *territorialité*, notion qui avait été étendue à l'homme. E. Goffman (1973) définit ainsi les « territoires du moi » par les droits qu'une personne exerce (ou croit exercer) sur un champ d'objets dont elle surveille et défend les limites. Ils constitueraient un ensemble de cercles concentriques de taille croissante autour de l'individu dont la violation exige réparation (excuses, gestes de recul, etc.). Or l'entassement et la promiscuité physique rendent plus probable l'intersection des « territoires du moi ».

Ce supplément d'aggressivité se traduit par un accroissement des comportements déviants : délinquance et criminalité (Insel & Lindgren, 1978). Plus généralement, le surpeuplement est à l'origine d'un *stress* diffus qui conduit à attribuer une image négative aux autres. Il en résulte de l'agressivité et une stratégie d'évitement des contacts de la part de l'individu. Celui-ci met alors en place un ensemble de mécanismes sélectifs et de barrières psychologiques (répondeur, interphone, regard absent dans les transports en commun…) qui produisent le paradoxe apparent de la « foule solitaire » de D. Riesman.

Les effets des fortes densités sur la santé physique et psychique ne sont pas forcément liés à un niveau élevé de densité bâtie. Du point de vue de ses effets sur le comportement humain, c'est avant tout la densité *perçue* qui importe, en raison du caractère subjectif de la relation de l'homme avec son environnement. Une étude montre ainsi que des ménages, interrogé sur leurs nouvelles conditions de vie mentionnent une détérioriation de la qualité de vie et des relations à l'autre, alors que les quartiers d'origine et de destination sont de même densité et ne diffèrent que par le type d'habitat, l'un étant constitué principalement de maisons individuelles et l'autre de logements collectifs (Knight, 1996).

De manière plus générale, la *densité perçue*, telle qu'elle est théorisée par A. Moch *et alii* (1995), dépend de caractéristiques personnelles (facteurs de personnalité, rythmes et modes de vie, spécificités culturelles) et de caractéristiques de situation (qualité des rapports sociaux, contraintes de l'environnement et accès visuel).

La densité réelle n'est donc qu'une influence parmi d'autres dans la détermination de la densité perçue. La densité réelle est une condition nécessaire, mais non suffisante, pour provoquer un sentiment de forte densité (Fouchier, 1997a). Ainsi les politiques de compacification ne sont pas forcément remises en cause par les effets néfastes de la densité sur les comportements, à partir du moment où il est possible d'augmenter la densité bâtie sans accroître la densité perçue[82].

Un troisième élément de la critique de la Ville Compacte fait référence aux contradictions nées de sa formulation.

3 - Les contradictions de la Ville Compacte

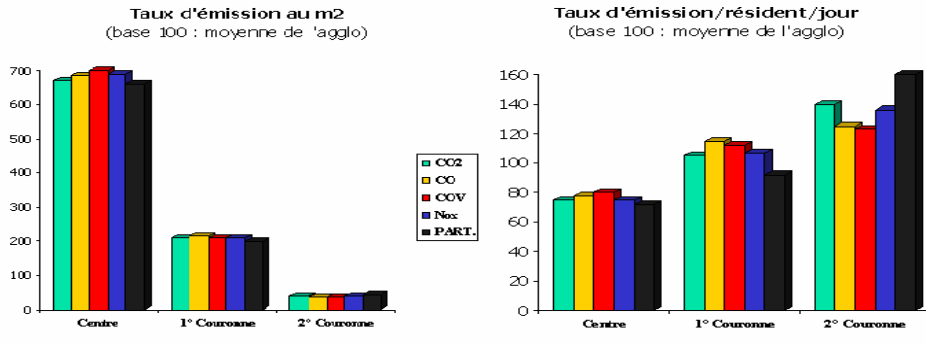
Des densités élevées font naître plusieurs paradoxes :

- L'impossibilité de concilier la demande sociale pour une présence accrue de « nature » en ville et les fortes densités (Spector & Theys, 1999) ;
- Vouloir densifier la ville peut nécessiter la suppression des espaces libres, dont la rareté même incite les individus à quitter les fortes densités (Fouchier, 1997b).

Une dernière contradiction porte sur la distinction entre pollutions émises et pollutions subies. Si les zones les plus denses émettent en proportion moins de nuisances par individu, en revanche le calcul de « densités de nuisances » montre une relation positive avec la densité résidentielle. Pour reprendre l'expression de V. Fouchier (1997a, p. 221), « la ville dense est moins polluante, mais plus polluée que sa périphérie peu dense ». Les données pour Lyon montrent une tendance identique à « l'inéquité face à la pollution » due à la localisation (Nicolas *et alii*, 2002) : les individus des zones centrales sont à la fois ceux qui polluent le moins (moitié moins en moyenne qu'un habitant de la deuxième couronne) et ceux qui subissent le plus les pollutions - avec une densité de polluants centrale jusqu'à 15 fois supérieure à la densité de polluants en deuxième couronne (cf. Figure II-3). Cet état de fait est paradoxal, car la densité permet de réduire l'usage des ressources non-renouvelables par personne, mais la concentration de nuisances à laquelle elle est associée repousse les individus vers les zones de faible densité (Capello & Camagni, 2000 ; Camagni *et alii*, 1998).

[82] On trouve d'ailleurs dans le guide *Vers des collectivités viables* du groupement québécois *Vivre en ville*, qui entend défendre « des idées novatrices en termes d'environnement et d'urbanisme », neuf conseils pour atténuer la densité perçue par les habitants, qui vont de « ne pas être entouré de bâtiments uniformes » à « ne pas entendre les voisins à travers les murs » en passant par « être à l'abri des regards indiscrets », etc. (*Vivre en ville. Regroupement Québécois pour le développement urbain, rural et villageois viable*, http://www.vivreenville.org/, site visité le 28/02/2004).

Figure II-3. Taux d'émission global et par résident à Lyon



Source : Nicolas et alii*, 2001*

L'exposé des inconvénients de la compacité montre le côté ambivalent des fortes densités. Si celles-ci sont à l'origine de la formation d'économies de compacité, elles pourraient également provoquer des *déséconomies de compacité*. Cette approche en termes de coûts/avantages conduit à chercher un juste équilibre entre les deux, qui est le point de densité optimale. On ne cherchera pas alors à justifier la compacification, mais à chercher quel est le niveau de densité de la ville « judicieusement compacte » (Camagni & Gibelli, 1997 ; Camagni *et alii*, 2002).

B - La question des densités optimales

Le modèle de Ville Compacte se justifie par l'existence d'économies de compacité. On vient de voir cependant que la compacité est associée à un certain nombre d'inconvénients, qui peuvent se traduire en termes de coûts. Sans les coûts de la compacité, il n'y aurait aucun frein aux avantages de la densification et la maximisation du bénéfice net serait obtenu dans une ville tellement compacte qu'elle en deviendrait verticale.

La comparaison des coûts et des bénéfices de la compacité permet d'adopter une approche en termes de densité optimale. Par analogie avec la théorie de la taille urbaine (Richardson, 1978, pp. 322-327 ; Camagni, 1996, pp. 42-48), la densité optimale serait au point d'égalité entre les coûts et les bénéfices marginaux de la densité.

La formulation d'économies de compacité semble pertinente : lorsqu'il traite de la théorie de la taille urbaine, H. W. Richardson (1978, pp. 322-327) fait plusieurs fois référence au fait que certains coûts et bénéfices de l'urbanisation seraient davantage liés à la densité qu'à la taille urbaine. Les économies de compacité répondent de plus à un besoin de la recherche : J.-F. Raze (2004, p. 198) regrette que dans les analyses sur les coûts de la croissance urbaine, « la dimension spatiale (l'étalement urbain) semble avoir été particulièrement délaissée ».

On suppose que l'on peut tracer les fonctions de coûts et de bénéfices marginaux de la densité. L'existence du point de densité optimale est reliée à l'existence d'une intersection entre les deux courbes. Elle nécessite donc de poser l'hypothèse de rendements décroissants de la ville avec la densité (i.e. les coûts croissent plus vite que les bénéfices).

La forme de la courbe de P. Newman et J. Kenworthy (1989a, 1989b, 1998), qui s'aplatit de plus en plus au fur et à mesure que les densités augmentent (cf. Figure II-1), suggère l'existence d'un seuil au-delà duquel les gains d'efficacité énergétiques dûs à la densité s'épuisent. Cet effet de saturation de la densité permet de fonder empiriquement l'hypothèse des rendements décroissants de la compacité. P. Newman et J. Kenworthy (1989a, p. 29) en déduisent une densité optimale de 12 personnes à l'acre.

Inversement, il peut aussi exister des seuils en deça desquels les économies de compacité n'opèrent pas. Ce n'est qu'à partir d'un certain seuil de densité que la compétitivité-temps des modes alternatifs est comparable à celle de l'automobile, seuil à partir duquel s'opère le transfert modal (Levinson & Kumar, 1997, p. 149). Notons d'ailleurs que, étant donnée sa vitesse médiocre, la valeur de ce seuil est plus élevée pour la marche à pied que pour les transports en commun (Salomon, 2001).

L'observation empirique permet à P. Newman et J. Kenworthy (1989a) de fixer un plancher de densité au-delà duquel le transfert modal est facilité. L'association écologiste *Friends of the Earth* donne elle aussi une estimation de densités optimales pour atteindre le développement urbain durable[83] (cf. Tableau II-2). Et lorsque R. Camagni parle de ville « judicieusement compacte », c'est d'une compacité optimale dont il est question : elle « renvoie à une morphologie urbaine garantissant les *meilleurs résultats* en termes de : limitation de la consommation des ressources territoriales, réduction des déplacements automobiles [etc.] » (Camagni *et alii*, 2002, p. 111, *souligné par nous*).

Tableau II-2. Densités urbaines existantes et optimales

	Densité résidentielle brute	Densité résidentielle nette	Source
Melbourne	16,4	49,2	*Newman & Kenworthy (1989a)*
Los Angeles	20	60	*Ibid.*
Toronto	39,6	118,8	*Ibid.*
Transports collectifs	**30 - 40**	**90 - 120**	***Ibid.***
Paris	48,3	144,9	*Ibid.*
Londres	56	168	*Ibid.*
Marche à pied	**100**	**300**	***Ibid.***
Agglomération durable		**225 - 300**	***Friends of the Earth***
Tokyo	105,4	316,2	*Newman & Kenworthy (1989a)*
Centre ville durable		**< 370**	***Friends of the Earth***
Hong Kong	293	879	*Newman & Kenworthy (1989a)*

Source : Fulford, 1996

Evidemment, l'approche en termes de densité optimale est critiquable, avec les mêmes arguments que la théorie de la taille optimale.

[83] Nous n'avons pas de précision sur la méthode employée.

- La difficulté d'évaluer les fonctions de coûts et de bénéfices ramène selon H. W. Richardson (1978, p. 322) la théorie de la taille urbaine à un « jeu, car c'est amusant, même si cela ne mène nulle part » ;
- Les villes sont différentes et offrent des productions spécifiques. Il existe un optimum différent pour chaque ville (Capello, 1998).

L'approche en termes de densité optimale n'a pas donné lieu à un foisonnement d'études comparables à la théorie de la taille optimale dans les années 1970. Elle est plutôt utilisée pour justifier la mise en œuvre de politiques de compacification, qui visent à profiter des avantages de la compacité en se dirigeant vers une ville « judicieusement compacte ».

La mise en évidence des avantages de la Ville Compacte doit se doubler d'une analyse des inconvénients des fortes densités. La confrontation des deux fonde l'approche en termes de densités optimales, qui suppose qu'il existe un niveau de densité permettant de maximiser le bénéfice net de l'urbanisation. Les politiques de compacification visent à atteindre cet idéal de la ville « judicieusement compacte » et à profiter des avantages comparatifs de la Ville Compacte sur une forme plus étalée. Cependant, la faisabilité de ces politiques est mise en doute, constituant une deuxième catégorie de critiques de la compacité.

II - La faisabilité des politiques de compacification

L'étude de la faisabilité des mesures de compacification suppose dans un premier temps d'analyser les modalités de leur mise en œuvre.

A - La mise en œuvre du modèle de Ville Compacte : les politiques de compacification

Après avoir défini les objectifs généraux des politiques de compacification, nous verrons qu'elles utilisent deux sortes de moyens : une action directe sur le niveau des densités, et une action sur l'accessibilité qui n'accroît les densités que de manière indirecte.

1 - Objectifs des politiques de compacification

Les politiques de compacification se rejoignent sur les points suivants :

- Leur objectif principal est de réaliser des économies de compacité, et plus spécifiquement d'augmenter les densités urbaines et diminuer l'usage de l'automobile. Dans la mesure du possible, elles ne doivent pas contraindre les besoins de déplacement (C.U.B, 2001) ;
- La volonté d'intégration des politiques d'aménagement et de transport urbains découle directement de cet objectif (e.g. Camagni & Gibelli, 1997 ; Welkers, 1997 ; Breheny, 1995 ; Spector & Theys, 1999).

L'action sur les densités dans le but de limiter l'usage de l'automobile s'inspire directement des préconisations de P. Newman et J. Kenworthy. Ceux-ci dessinent l'idéal-type d'une *low-transportation energy city*. Pour y tendre, il faut « augmenter les densités urbaines ; renforcer le centre-ville ; utiliser plus intensivement la partie déjà bâtie de l'agglomération » (1989b, p. 28). Plus généralement, il s'agit « d'augmenter l'intensité de l'activité urbaine à l'intérieur de l'aire urbaine présente plutôt que de continuer à [la] pousser vers des territoires ruraux » (*Ibid.*, p. 33).

Les politiques de compacification peuvent être décidées au niveau local ou national. En Norvège, le gouvernement a décidé, par le décret du 20/08/1993, que la densification serait un objectif général pour le développement urbain (Fouchier, 1995) ; en Grande-Bretagne, la P.P.G. 13 de mars 1994[84] mentionne la nécessité de « réduire le besoin de se déplacer, spécialement en automobile ». La densification autour des nœuds de transport en commun, la fixation de planchers de densité visant à maintenir les densités existantes, et éventuellement à les augmenter sont parmi les mesures retenues pour atteindre ces objectifs (Breheny, 1995, p. 87 ; Fouchier, 1998).

Au niveau local, les agglomérations peuvent décider elles-mêmes de s'orienter vers la densification : pionnier, le schéma directeur d'Helsinki propose en 1992 de « développer la structure urbaine vers une forme urbaine plus compacte en orientant la nouvelle croissance dans les centres existants plutôt que des sites vierges » (cité *in* Fouchier, 1995). De nombreuses difficultés entraveront cette volonté affichée. Une de ces difficultés est l'opposition de la population à la densification, qu'elle assimile à la construction de grands ensembles verticaux. Cette difficulté est également sensible en France. Ainsi le P.D.U de Bordeaux ne mentionne-t-il jamais la notion de densification et rarement celle de densité, tout en défendant une politique de lutte contre l'étalement (C.U.B, 2001, p. 12).

On peut distinguer deux grands types de politiques de compacification : d'une part, des politiques de compacification directe, visant soit à inciter à la densification (politiques dites de « renouveau urbain »), soit à circonscrire tout développement à l'intérieur des frontières de l'agglomération (politiques dites de « rétention urbaine »), ce qui revient à densifier l'espace urbain existant ; d'autre part, des politiques visant à améliorer l'accessibilité des modes alternatifs à l'automobile, dont la densification n'est qu'un objectif direct ou secondaire. Nous présenterons ces deux types de politiques en les illustrant à partir de quelques exemples.

2 - Influencer directement les densités : rétention et renouveau urbains

Un premier ensemble de politiques de compacification consiste à agir de façon directe sur l'occupation du sol, en promouvant un développement dense. Ce type de mesures utilise soit l'incitation, soit la coercition, recoupant ainsi le dyptique traditionnel de l'interventionnisme économique.

[84] *Planning Policy Guidance*, note d'orientation pour la planification, publiée par le gouvernement.

Les politiques de **renouveau urbain**, de « reconstruction de la ville sur elle-même » ou encore de « remplissage urbain » (*urban infilling*), consistent à « combler les espaces intersticiels et réutiliser les friches urbaines » (C.D.U., 1998). Elles s'appuient principalement sur **l'incitation**.

La crainte de voir les centre-ville progressivement délaissés, vidés de leur substance démographique et économique face au processus d'étalement est une préoccupation relativement ancienne. Les politiques de « revitalisation urbaine » (*urban revitalization*), dont l'objectif est de contrer cette tendance et d'encourager l'établissement de populations et d'emplois à l'intérieur du périmètre central de l'agglomération, datent de la fin des années 1970 aux Etats-Unis (Rosenthal, 1980). Le modèle de Ville Compacte leur donne aujourd'hui un nouveau relief.

Il s'agit d'accompagner le mouvement de retour au centre, souvent porté par les classes de revenu élevé (phénomène de *regentrification* – London, 1980), mais aussi de l'amplifier en l'étendant à d'autres catégories de population. La cible des politiques de « renouveau urbain » est le réaménagement des « terres délaissées » (*derelict lands*) qui restent sans utilisation à l'intérieur du périmètre bâti. A leur sujet, K. Williams *et alii* (1996) distinguent deux cas de figure :

- Soit ils font l'objet d'un usage informel (espace de jeu, dégagement de la vue), auquel cas leur réhabilitation provoquerait une perte d'aménités pour les habitants du quartier ;
- Soit au contraire leur prolifération affecte négativement la qualité de vie des citadins.

Les friches urbaines sont principalement de deux types : les logements centraux et les établissements industriels. La désindustrialisation des centres-villes a laissé un grand nombre de terrains plus ou moins faciles à réhabiliter techniquement, qui constituent une véritable opportunité pour le renouveau urbain. Le renouveau des logements centraux s'est quant à lui imposé face à la périurbanisation de la population, qui a provoqué l'abandon et parfois la dégradation de plusieurs parties du centre-ville.

Les modalités d'action des politiques de renouveau urbain sont multiples, et vont des subventions apportées à l'installation dans le périmètre urbanisé (comme dans l'Oregon – Carlisle, 1999) à la construction de quartiers entiers, comme pour les Z.A.C[85]. On peut également agir sur les plafonds légaux de densité, en les augmentant soit de manière globale, soit de manière ciblée (cf. l'exemple de Hong-Kong *in* Fouchier & Merlin, 1994).

Les politiques de **rétention urbaine** constituent le deuxième volet des mesures de compacification. De type **coercitif,** elles visent à stabiliser le « front » de l'urbanisation et complètent d'une certaine manière les précédentes. Les politiques de rétention urbaine

[85] Zone d'Aménagement Concerté, dispositif légal permettant à une collectivité de conduire une opération d'urbanisme sur un périmètre précis en partenariat avec des opérateurs privés. La Z.A.C permet d'intervenir sur l'habitat, la voirie, l'assainissement, le développement économique, les équipements de proximité, etc.

consistent à limiter l'étalement en interdisant le développement urbain au-delà d'une limite précisément définie, généralement appelée « frontière de la croissance urbaine » (*UGB, Urban Growth Boundary*). Les autorités utilisent en général le zonage réglementaire. Aujourd'hui près du quart des métropoles américaines ont adopté un tel dispositif *anti-sprawl* (Dawkins & Nelson, 2002).

De manière symétrique, il est possible de fixer des planchers de développement à l'intérieur d'une zone préalablement limitée. Le gouvernement de Grande-Bretagne a fixé dans son *Livre Blanc sur le Logement* en 1995 des objectifs nationaux de compacification : à l'horizon 2005, 50% de tout nouveau développement résidentiel devra être construit à l'intérieur du périmètre urbanisé (cet objectif sera révisé à 60% un an plus tard – Breheny, 1997).

Les mesures de renouveau urbain et de rétention urbaine visent à une action directe sur l'intensité de l'occupation du sol, c'est-à-dire sur le niveau des densités. Les politiques de compacification peuvent également agir sur l'accessibilité ; l'influence sur les densités est alors indirecte.

3 - Les politiques basées sur l'accessibilité : une influence indirecte sur les densités

Nous avons vu dans la première section l'interaction entre la densité et l'accessibilité. De fait, l'étalement peut être défini par un faible niveau d'accessibilité (Ewing, 1997). Les politiques visant à le juguler cherchent alors à améliorer l'accessibilité, la densification n'étant qu'une conséquence *indirecte* de ces mesures.

La politique la plus emblématique est celle de « l'ABC » mise en place aux Pays-Bas dès le début des années 1990 (Welkers, 1997). Fondée sur le mot d'ordre « *the right business at the right place* », la politique de l'ABC consiste à mettre en adéquation les propriétés des lieux de la ville en termes d'accessibilité et les potentialités des bâtiments à implanter en termes de déplacements émis ou reçus. Une note (A, B, C) est attribuée à chaque activité à qui l'on propose un choix de localisations adaptées. Cette politique encourage *de facto* la densification, notamment à proximité des lignes de transport en commun (van der Walk, 2002).

Dans l'Etat de Floride, les lois *anti-sprawl* ont adopté comme principal indicateur de l'étalement non pas la densité, mais l'accessibilité (Ewing, 1997). La même approche est adoptée par le *Maryland Smart Growth Initiative*, qui encourage le développement urbain à proximité d'infrastructures existantes ; la densification n'est alors qu'une conséquence de cette obligation (Southworth, 2001).

A partir de cette présentation des politiques de compacification à travers leurs objectifs et leurs moyens, il est possible de décliner une deuxième catégorie de critiques de la Ville

Compacte. L'accent est mis sur les conséquences négatives de leur mise en œuvre, en termes d'efficacité et d'équité.

B - Les critiques des politiques de compacification

La question de la faisabilité des politiques de compacification renvoie à celle de leur efficacité économique. Ce faisant, on est ramené à une controverse beaucoup plus large concernant le mode de régulation optimal des actions économiques. Enfin, nous verrons que l'effet de la compacification sur les prix fonciers peut se révéler pervers en termes d'équité.

1 - L'efficacité économique des politiques de compacification en question

Un premier questionnement concerne l'objectif des politiques de compacification : la minimisation de la consommation énergétique pour les transports est-elle un objectif efficient ? L'objectif traditionnel des politiques économiques est plutôt la maximisation du bien-être social, ce qui requiert un système de prix reflétant la valeur exacte de tous les biens, notamment le prix du carburant qui doit intégrer les atteintes à l'environnement que sa combustion produit (e.g. Gordon & Richardson, 1997a). Au-delà de critiques théoriques à adresser au *corpus* de l'économie du bien-être (Wolfelsperger, 1995), cet argument du « atteignons juste le bon prix » (*just get the price right*) peut être écarté sur une triple base : la difficulté technique de monétariser les atteintes à l'environnement (C.G.P., 2001) ; la difficulté politique d'intégrer ces atteintes dans les prix, notamment celui du carburant, sujet politiquement sensible (Dessus, 2001) ; enfin les problèmes d'équité que pose une action sur les prix.

Dans le même d'ordre d'idées, les politiques de revitalisation des centres peuvent être vues comme un gaspillage avéré. Selon plusieurs auteurs, le montant des sommes investies ne justifie pas toujours un mouvement de retour au centre des populations parfois sporadique, les quelques cas de succès de *downtown revival* ne pouvant masquer l'immense majorité des échecs (Gordon & Richardson, 1997a,b). La *regentrification* serait un épiphénomène, plutôt de nature qualitative, mais qui ne révèle en aucun cas un mouvement de fond du type réurbanisation.

Les politiques de revitalisation des centres risquent de conduire à une muséification des centres. Les politiques de renouveau urbain se traduisent généralement par une mise en valeur du patrimoine historique de la ville, dans le but de profiter des opportunités du tourisme urbain mais aussi d'amplifier la *regentrification*. La muséification, on le verra, pose des problèmes en termes d'équité[86].

La notion de déclin du centre sous-tend le postulat d'une opposition entre le centre et la périphérie : c'est l'hypothèse de substituabilité entre centre et périphérie, justifiée par

[86] « Europe, ville et nature », entretien avec A. Lipietz paru dans *Urbanisme* n° 314, sept.-oct. 2000.

l'apparition dans la ville monocentrique de rendements décroissants (Anas *et alii*, 1998). Une autre approche consiste à voir dans l'aire métropolitaine une entité globale, et de considérer que le centre et la périphérie ne sont pas substituts mais compléments. La périurbanisation n'est pas à proprement parler un « déversement » du centre vers la banlieue, si l'on constate une croissance parallèle du centre et des zones périphériques. Les terrains laissés vacants ne sont qu'une externalité négative de la périurbanisation, qu'il appartient aux autorités planificatrices de corriger (Ewing, 1997).

Ce débat sur l'efficacité économique des mesures de compacification est élargi à la question de l'efficacité des interventions planificatrices sur l'espace urbain. La controverse porte alors sur le mode de régulation optimal des actions économiques

2 - La controverse sur le mode optimal de régulation des actions économiques

Les mesures de compacification impliquent un degré élevé d'interventionnisme sur l'espace de la ville, comme le montrent les politiques de renouveau urbain et surtout de rétention urbaine. Cet interventionnisme se fait parfois à l'encontre des préférences individuelles, et la plupart du temps à l'encontre des forces de marché. Il fait donc resurgir le débat déjà ancien sur l'efficacité comparée de la planification et du recours au marché[87].

Il n'est heureusement pas question de retracer ici les éléments du débat. Nous nous contenterons de caractériser les deux logiques qui s'affrontent, et qui semblent irréductibles l'une à l'autre : le positionnement d'un côté de la controverse ou de l'autre semble être affaire de conviction personnelle plutôt que de démonstration logique.

La prise de position sur le mode optimal de régulation des actions économiques implique un jugement de valeur sur l'étalement. R. Camagni *et alii* (2002) distinguent l'approche « néo-libériste », caractérisée par « une opinion positive et un jugement optimiste sur les phénomènes de dispersion urbaine », de l'approche « néo-réformiste » qui considère « indésirables [les] coûts actuels [de la ville diffuse] et, surtout, ses coûts futurs destinés à croître de manière exponentielle en l'absence d'interventions correctrices » (p. 109).

Chaque approche implique une conséquence logique en termes d'intervention publique. L'approche « néo-libériste » prône le libre jeu du marché, au nom de son optimalité sociale et de la possibilité de corriger les externalités négatives par le mécanisme des prix. Cette approche est notamment représentée par P. Gordon et H. W. Richardson. Ils en appellent à la dérégulation des marchés fonciers, au nom « des traditions américaines d'individualisme et de liberté de choix »[88], et insistent sur l'inefficacité prévisible des politiques de compacification

[87] Débat bien connu des économistes, sur le mode de coordination des actions économiques. Les contributions de E. Barone, L. Von Mises, O. Lange, C. Bettelheim, et surtout de F. von Hayek ont été essentielles. Cette controverse, née dans les années 1930, devait resurgir dans les années 1970 mais être abandonnée peu après : la fin du système soviétique a consacré aux yeux de beaucoup la supériorité de la coordination marchande (Sapir, 2000, chap. 2).

[88] Interview donnée à CNN le 07/10/2000, http://www.cnn.com, site visité le 03/04/2002.

(Gordon & Richardson, 1997a)[89]. Leur conclusion est que la densification n'est une option acceptable que si les forces du marché (c'est-à-dire les individus) le commandent.

Dans les termes du débat sur la Ville Compacte, les représentants de cette approche mettent systématiquement l'accent sur les échecs de la planification causés par un manque d'information ou une information biaisée en raison de l'absence de prix servant de signal aux agents, et la nécessité afférente de « laisser faire » le marché sans imposer de contrainte à son fonctionnement. M. Pennington (1999) fournit un cadre théorique à cette approche du *free market environmentalism*, constitué des apports de l'Ecole Autrichienne (Hayékienne), de la théorie des Choix Publics et de R. H. Coase sur les droits de propriété.

L'approche « néo-réformiste » met au contraire l'accent sur les échecs de marché, que seule la planification du développement urbain par des autorités conscientes de l'intérêt collectif peut corriger. L'argumentation est simple : face aux conséquences écologiques de l'utilisation généralisée de l'automobile dans les déplacements, et face au constat que cette évolution est précisément due au libre jeu du marché, la planification s'impose comme une solution pour corriger cette tendance. Il appartient à la recherche de trouver les outils les plus adéquats pour cela. Toute argumentation visant à défendre les mécanismes auto-correctifs du marché s'apparente alors à du « cynisme » (Newman *et alii*, 1995).

La distinction entre les deux approches donnée par R. Camagni *et alii* (2002) rejoint la distinction opérée par M. Breheny (1996) entre *centrists* et *decentrists*[90]. Celui-ci rajoute une troisième catégorie, intermédiaire entre ces deux pôles : les *compromisers* (adeptes du compromis). Il s'agit non pas de prendre position dogmatiquement mais de se demander de manière pragmatique si la densification est souhaitée ou non. Cette approche est illustrée par l'apport de R. Cervero (1998). Il part du constat que la planification urbaine a toujours existé. Le débat sur les avantages comparés de la planification et du marché est donc un faux débat. Ce qui a changé n'est pas tant le *degré* d'intervention de la puissance publique que les *principes* qui président à cette intervention. On serait passé selon lui de principes « d'automobilité »[91] à des principes « d'accessibilité » (voir aussi Handy, 2002b). Il oppose point par point la nouvelle logique à l'ancienne : la première suppose la construction d'autoroutes et l'expansion de la capacité viaire tandis que la seconde défend une planification raisonnée de l'usage du sol, orientée vers un développement compact, afin d'encourager la marche et les transports en commun.

La controverse sur les avantages comparés de la planification et du recours au marché montre que le débat sur la Ville Compacte s'est cristallisé sur des positions relevant pour partie de la conviction. Ces arguments n'apportent que peu d'éléments nouveaux au débat sur

[89] On retrouve dans les écrits de H. W. Richardson (1978), à propos de la théorie de la taille optimale, les mêmes convictions : il regrette que « elle [soit] devenue un enjeu concret de planification », car « les politiques de restriction de la taille urbaine ne sont pas basées sur un examen scientifique des preuves, mais sur des jugements de valeur » (p. 325).
[90] Littéralement, centralisateurs et décentralisateurs. On peut traduire par densificateurs et dédensificateurs.
[91] Non pas au sens d'Illich (1974), mais au sens d'encouragement à l'usage de l'automobile.

la compacité. En revanche, l'effet mécanique de la compacification sur les prix fonciers pourrait avoir des effets pervers en termes d'exclusion de certaines parties de la population urbaine.

3 - Compacification et prix du sol

Un problème central des politiques de compacification est celui de l'exclusion due à l'augmentation des prix fonciers. La *regentrification* en est d'ailleurs un signe pour les politiques de renouveau urbain ; celles de rétention urbaine ont comme conséquence logique, si l'on maintient le périmètre urbanisé constant alors que la population augmente, d'accroître les prix fonciers. Une étude internationale sur ce type de politiques conclut ainsi à l'inflation des prix du logement, quelle que soit la manière dont elles sont menées (Dawkins & Nelson, 2002). Formellement, si l'offre est contrainte en quantité, la hausse du prix des logements dépend :

- Du degré de segmentation du marché, et de l'élasticité de la demande de logements par rapport aux prix sur chaque segment ;
- Des conditions de production de logements neufs et anciens ;
- Des modalités de propriété des sols.

Ainsi la compacification, par le jeu de l'évolution des prix fonciers, pourrait exclure du territoire urbanisé les populations les moins favorisées. Elle aboutit *de facto* à la définition, notamment pour les politiques de rétention urbaine, d'un « dedans » et d'un « dehors » : ceux qui sont dans le périmètre urbanisé font partie de la communauté urbaine, ceux qui sont dehors en sont exclus. L'inclusion dans la communauté se fait non seulement au nom d'une idéologie environnementaliste, le développement urbain durable, mais aussi sur le critère du revenu, laissant craindre la formation à terme d'une « ville compacte frangée de pourriture » (*a compact city within a doughnut of decay* - Smyth, 1996)[92].

Les politiques de rétention urbaine ont pour effet d'enfermer la ville dans son périmètre bâti. Ainsi la Ville Compacte « évoque une ville médiévale intense, dont les limites sont clairement visibles, et où l'agitation (*hubbub*) de la vie quotidienne est confinée à l'intérieur des murs de la ville » (Thomas & Cousin, 1996, p. 54). La rétention urbaine est centrale dans les politiques de compacification, car elle est la seule garantie que l'étalement ne s'aggravera pas : le fait d'utiliser la contrainte la rend complémentaire à l'incitation (des politiques de renouveau urbain) pour contrer la tendance spontanée des ménages et des firmes à se localiser en périphérie.

Pourtant, même dans les villes médiévales, le développement urbain débordait les remparts : c'est l'origine des faubourgs (Merlin, 1998). On peut donc craindre que les politiques de rétention urbaine n'arrivent pas à confiner le développement futur dans les

[92] De nombreux romans d'anticipation s'inspirent de cette évolution en l'amplifiant et en la caricaturant. Voir par exemple J.-C. Rufin, *Globalia*, Paris, Gallimard, paru en 2004.

« limites de la croissance urbaine » (*Urban Growth boundaries*) : celles-ci ne constitueraient, à long terme, que des barrières temporaires. Les possibilités offertes par l'automobile autorisent des localisations extrêmement lointaines. Un des effets pervers des politiques de rétention urbaine serait le développement d'une urbanisation « en saut-de-mouton » qui « sauterait » les barrières mises en place. Les distances de déplacement augmenteraient encore plus que dans le cas d'une simple croissance urbaine par contiguïté, ce qui rentrerait en contradiction avec les objectifs de la compacification. De plus, de grosses difficultés de mise en œuvre sont à attendre au niveau politique, en raison de la concurrence des collectivités locales pour attirer une base fiscale (cf. Chapitre I). Finalement, dans une vision à long terme, la planification serait impuissante face au processus d'étalement : « il revient au même d'intervenir sur l'espace urbain en compacifiant sans être vraiment capable d'empêcher la ville de s'étendre, ou de laisser faire le marché qui amplifie l'étalement quitte à remplir les espaces vacants plus tard » (Levine, 1997, p. 282).

Conclusion

A la suite du travail pionnier de P. Newman et J. Kenworthy (1989a, 1989b), de nombreuses études empiriques ont montré que les fortes densités résidentielles sont associées à une moindre consommation énergétique individuelle pour les transports. La robustesse de cette corrélation a été renforcée par des justifications théoriques portant sur le lien entre densité et accessibilité d'une part, et le lien entre densité et compétitivité-temps des différents modes d'autre part.

Le modèle de Ville Compacte est principalement fondé sur ces résultats. Constitué en réaction à l'étalement, il se caractérise par de fortes densités. L'objectif des politiques de compacification qui s'en inspirent est notamment de réduire la place de l'automobile dans les déplacements, ou du moins son impact sur l'environnement.

La Ville Compacte va être à l'origine d'un renouvellement du débat sur les avantages respectifs des fortes et des faibles densités. La controverse sur la Ville Compacte, que nous avons retracée ici, met en évidence que les avantages de la compacité se doublent d'inconvénients. Une approche en termes de densité optimale se justifie : l'action sur la forme urbaine va viser l'atteinte de l'idéal d'une ville « judicieusement compacte ». Cette action est cependant à la source d'une deuxième catégorie de critiques, portant sur la faisabilité des mesures de compacification ; à cet égard, particulièrement significatif de la tournure idéologique du débat est le glissement vers la question de la légitimité économique de l'intervention publique.

Le débat sur la Ville Compacte pourrait difficilement déboucher sur un consensus. Au vu des arguments et des contre-arguments, la réaction naturelle est celle de R. Crane (1997,

p. 279) : « Devrions-nous compacifier les villes ? Je ne sais pas. Et je ne pense pas que quiconque le sache. »

Cette impasse relative justifie donc de se concentrer sur l'argument central fondant le modèle de Ville Compacte : l'économie d'énergie due aux déplacements. C'est un point sur lequel il semble exister un consensus assez général (Ewing, 1997, p. 107). La capacité de la compacité à réduire les atteintes environnementales de l'automobile *via* son action sur les distances de déplacement et le partage modal, déduite *a contrario* de l'interaction entre étalement et automobile, étayée par de nombreuses études empiriques, et expliquée par des mécanismes théoriques liant l'intensité de l'usage du sol et les comportements de mobilité, semble bien établie dans la littérature.

Cependant, la problématique de l'interaction densité-mobilité a été peu étudiée dans le cas français. Une seule étude à notre connaissance, celle de V. Fouchier (1997a, 1997b) sur la Région Parisienne, a mis explicitement en relation la densité urbaine et les comportements de mobilité. Cette rareté des études empiriques est paradoxale, car le modèle de Ville Compacte fonde un certain nombre de politiques de lutte contre l'étalement. La recherche appliquée sur les avantages comparatifs de la compacité en termes de mobilité est comporte donc d'importants enjeux. Une analyse empirique de l'interaction entre densité et mobilité dans le cas de grandes villes françaises représenterait un apport intéressant, tant pour la recherche que pour la planification urbaine.

CHAPITRE III

DENSITES URBAINES ET MOBILITE DANS SIX AIRES URBAINES FRANCAISES

Introduction

Le modèle de Ville Compacte est à l'origine d'un certain nombre de politiques d'aménagement urbain. Elle constitue, plus qu'un slogan, un modèle auquel se réfèrent les politiques de lutte contre l'étalement, considéré comme une forme dispendieuse de la croissance urbaine.

Le chapitre précédent a montré en quoi la compacité est associée à une réduction des coûts de l'urbanisation, plus particulièrement ceux liés aux déplacements quotidiens. La compacité est à l'origine d'une diminution des distances de déplacement, grâce à son action mécanique sur l'accessibilité, et d'un transfert modal de l'automobile vers les modes alternatifs, grâce à la diminution des distances de déplacement mais aussi à un effet sur la compétitivité-temps relative des différents modes de transport. Cet ensemble d'effet est résumé par l'économie sur la consommation d'énergie pour les transports, dans la lignée des travaux fondateurs de P. Newman et J. Kenworthy (1989a, 1989b).

L'effet de la compacité sur les comportements de mobilité constitue la pierre angulaire de l'argumentation sur les avantages comparatifs de la Ville Compacte. Il est la justification principale des politiques de compacification qui en sont issues. Aussi est-il important, avant d'aller plus loin dans l'étude de l'interaction entre forme urbaine et comportements de mobilité, de **tester la validité de la relation entre densité et consommation énergétique pour les transports**.

Il nous a semblé pertinent de tester cette relation dans le cas de la France, car à notre connaissance la seule étude reliant explicitement la densité urbaine et les comportements de mobilité dans le cas français est celle de V. Fouchier (1997a, 1997b) pour la Région Parisienne. Celui-ci avait obtenu des résultats qui permettaient de confirmer l'hypothèse d'avantages comparatifs de la Ville Compacte en termes de mobilité : la densité a une influence négative sur les distances de déplacement et sur l'utilisation de l'automobile, se traduisant finalement par une influence négative sur la consommation énergétique individuelle (cf. Graphique II-1). Notre étude s'en différencie cependant sur plusieurs aspects :

- L'échantillon : notre étude a porté sur six grandes villes de province (Bordeaux, Dijon, Lyon, Grenoble, Saint-Etienne et Aix-Marseille) ;
- Les données : au lieu de données issues des enquêtes transport du type E.G.T. (Paris) ou Enquêtes Ménages Déplacements (grandes villes de province), nous avons utilisé les données du RGP 1999 (Recensement Général de la Population), dont l'avantage est d'être exhaustives. Leur niveau de détail suffisait amplement pour l'objet de cette étude ;
- Les méthodes d'estimation utilisées.

Les techniques statistiques habituellement employées dans l'étude de l'interaction densité-mobilité se concentrent sur le *sens* de cette relation. Il s'agit de connaître le *signe* du coefficient unissant la densité et différentes variables de mobilité (e.g. Levinson & Kumar, 1997 ; Ross & Dunning, 1997 ; Cervero & Kockelman, 1997 ; Frank & Pivo, 1994).

Aucune étude à notre connaissance ne s'intéresse à la *forme* exacte de cette relation, c'est-à-dire à l'examen de la courbe résumant le nuage de points formé par le croisement de la densité et d'une variable de mobilité. Dans le but de prendre en compte explicitement ces deux aspects, nous avons donc utilisé deux techniques d'estimation complémentaires : l'analyse par classes de densité, qui permet à l'instar de V. Fouchier (1997a, 1997b) de déterminer le sens de la relation densité-mobilité ; l'estimation de fonctions *spline* cubiques, dont l'objet est d'en évaluer la forme.

Ce chapitre est centré autour de l'étude empirique de l'interaction entre densité et consommation énergétique pour les transports, plus précisément des comportements de mobilité qui la déterminent directement. Elle sera menée en deux étapes. Nous analyserons dans un premier temps le sens de la relation densité-mobilité, afin de vérifier la pertinence de l'hypothèse des avantages comparatifs de la Ville Compacte posée dans le chapitre précédent. Nous tenterons ensuite de dépasser une simple analyse de sens pour privilégier l'étude de la forme de l'interaction entre densité et mobilité. Celle-ci nous permettra de mettre en évidence des phénomènes que la précédente analyse ignorait, et qui conduisent à une remise en cause limitée de l'interaction supposée entre densité et mobilité.

SECTION I - LE SENS DE LA RELATION DENSITE-MOBILITE

La première étape de l'exploration des liens entre densité et consommation énergétique pour les transports consiste à tester le *sens* de la relation entre la densité et les comportements de mobilité. Nous chercherons notamment à savoir si les avantages comparatifs de la compacité en termes de mobilité peuvent se vérifier, à travers un effet négatif de la densité sur les distances de déplacement et l'utilisation de l'automobile, et un effet positif sur l'usage des modes « doux ». Après avoir présenté le cadre d'analyse fixant les interactions à l'œuvre ainsi que les données utilisées, nous explorerons la question du sens de la relation densité-mobilité à travers une analyse par classes de densité.

I - Présentation des données et du cadre théorique d'analyse

Cette partie est un préalable à l'étude empirique proprement dite : la présentation des données et des observations statistiques constituant la population étudiée, et la formulation d'un cadre théorique.

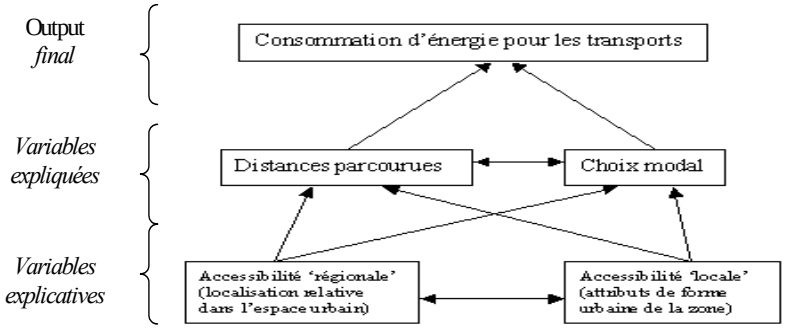
A - Cadrage théorique et hypothèses testées

Le chapitre II a déjà détaillé les mécanismes par lesquels la densité influence la consommation énergétique pour les transports. L'application empirique à partir des données du RGP 1999 nécessite quelques précisions sur le cadre théorique que nous comptons utiliser, qui détermine les interactions en jeu et les hypothèses que nous serons amenés à tester.

Nous ne considérons dans ce chapitre que l'interaction entre la densité et la mobilité. Nous négligerons donc les déterminants socio-démographiques de la mobilité, réintégrés dans l'étude plus détaillée de la mobilité à Bordeaux (cf. Chapitre V).

La cadre dans lequel peut s'effectuer le test empirique du lien entre densité et consommation d'énergie pour les transports à partir des données du RGP 1999 est donné par la Figure III-1.

Figure III-1. Cadre théorique simplifié des déterminants de la consommation d'énergie pour les transports en milieu urbain



L'*output* final du processus d'interaction entre mobilité et usage du sol, la consommation d'énergie pour les transports, n'est pas mesurée directement. Elle est supposée être le résultat direct des distances moyennes de déplacement et du partage modal[93].

On a vu dans le chapitre précédent les connexions existant entre la densité et l'accessibilité. Ici, la densité est supposée être un indicateur de l'accessibilité *absolue* ou *locale* de la commune, c'est-à-dire une mesure à la fois de la facilité de se déplacer et des opportunités de déplacement disponibles.

Cependant, l'accessibilité doit également se mesurer en termes relatifs. Il semble nécessaire de *situer* chaque commune, c'est-à-dire de la replacer dans le contexte de son aire urbaine d'appartenance. Il s'agit alors de mesurer l'accessibilité *relative* d'une zone à l'ensemble des autres zones. Nous avons supposé qu'un indicateur pertinent de l'accessibilité *régionale* est la distance au centre, qui mesure la position relative de chaque commune par

[93] Ce qui suppose de poser certaines hypothèses sur la composition du parc automobile, l'homogénéité du débit sur le réseau, etc. (cf. note n° 143). Notre hypothèse est que la consommation énergétique varie *essentiellement* selon les distances parcourues et le choix modal, les autres facteurs étant supposés marginaux.

rapport au principal pôle d'emploi, la commune-centre. L'idée est que plus une commune est éloignée de la commune-centre, plus l'accessibilité de ses habitants à l'ensemble des opportunités de déplacement offertes par l'aire urbaine est faible.

Ce choix est pertinent pour les six aires urbaines de l'échantillon, car celles-ci sont monocentriques par construction (Péguy, 2000, p. 163 ; cf. Encadré III-1). Une approche alternative eût consisté à calculer une variable d'accessibilité de type gravitaire, où le nombre d'emplois de chaque commune est pondéré par une fonction inverse de la distance au centre. Bien que nous ne disposions pas des données d'emplois, celles-ci auraient pu être dérivées des destinations des déplacements, puisqu'il s'agit uniquement de déplacements domicile-travail. Cependant, cette approche risquait de biaiser le modèle en le rendant redondant, puisque certaines variables expliquées et la variable explicative auraient été construites à partir des mêmes données de distance et des mêmes données de déplacement[94].

La Figure III-1 peut se lire de deux façons :

- Dans une lecture « verticale », les distances parcourues et le choix modal dépendent tous deux de l'accessibilité régionale et de l'accessibilité locale[95]. Ce chapitre est dédié au test de ces hypothèses, avec une prédilection pour la densité comme variable explicative. Nous serons ainsi en mesure d'infirmer ou pas, pour cet échantillon de six aires urbaines, les avantages comparatifs de la compacité.
- Une lecture « horizontale » permet de constater l'existence d'interactions supposées entre variables. En ce qui concerne les variables explicatives, les deux types d'accessibilité sont interdépendantes, en vertu de la loi de Clark qui établit un lien inverse entre la densité et la distance au centre (cf. chapitre I). Ce lien demande à être testé pour notre échantillon, mais si la loi de Clark est vérifiée, il sera impossible d'effectuer des tests de l'influence conjointe de ces deux variables sur la mobilité. Nous serons contraints d'effectuer des tests séparés, ce qui nous interdit de déterminer quelle est la part de chaque type d'accessibilité dans l'explication de la mobilité. Les variables expliquées sont également en interaction : les distances de déplacement influencent le choix modal comme, sans doute, le choix modal influence les distances de déplacement. Cependant nous n'explorerons pas plus avant cette question, puisque nous mènerons des régressions séparées pour chaque variable expliquée : leur interaction n'est donc pas gênante techniquement.

La présentation de ce cadre conceptuel nous a permis de fixer les hypothèses que nous serons amené à tester pour l'analyse des liens entre densité et mobilité. Avant de mener cette

[94] Ce problème est celui de la corrélation entre variable explicative et résidu : la variable explicative est alors endogène. Dans ce cas, l'estimateur des moindres carrés est biaisé et nécessite l'adoption de variables instrumentales exogènes au modèle (Greene, 2000, 9.5).
[95] Cette distinction entre accessibilité régionale et locale comme déterminants de la mobilité est inspirée de K. Krizek (2003).

analyse, nous présentons les données utilisées et les six aires urbaines constituant notre population.

B - Présentation et cadrage des données utilisées

Les données utilisées proviennent du Recensement Général de la Population (RGP) de 1999. Après avoir présenté les variables disponibles et quelques données de cadrage pour les six aires urbaines étudiées, nous apprécierons leur degré d'étalement par l'estimation de fonctions de densité.

1 - Sources de données

Le RGP fournit depuis 1990 certains renseignements sur les pratiques de mobilité de la population française. On dispose ainsi de l'inventaire de l'ensemble des trajets domicile-travail commune par commune, ainsi que du mode utilisé.

L'analyse est ici limitée à six grandes aires urbaines : Bordeaux, Dijon, Lyon, Grenoble, Saint-Etienne et Aix-Marseille. Le choix de grandes agglomérations se justifie par le fait que les différences de densité y sont plus marquées, augmentant la probabilité de constater des comportements de mobilité significativement différents selon la densité. De plus, l'offre de transports en commun y est suffisante pour assurer une alternative performante à l'automobile. Enfin, l'analyse de grandes agglomérations permet d'aborder le problème du lien entre densité et mobilité à deux échelles différentes : d'abord globalement, puis aire urbaine par aire urbaine. Le choix de ces six aires urbaines en particulier a été effectué pour des raisons de disponibilité de données.

L'analyse se concentre explicitement sur des aires urbaines de province. A notre connaissance, l'analyse de l'interaction entre densité et mobilité n'a en effet jamais été effectuée pour les grandes agglomérations françaises. Nous avons écarté Paris, pour des raisons d'incommensurabilité des résultats bien sûr, mais surtout parce que cette étude a déjà été menée, à partir de données plus complètes et d'une analyse très approfondie par V. Fouchier (1997a, 1997b). Ses résultats, obtenus grâce à la technique des classes de densité, établissent avec clarté la relation inverse entre densité urbaine[96] et consommation énergétique individuelle pour les transports (cf. Chapitre II).

L'unité spatiale est la commune, le périmètre d'observation est l'aire urbaine 1990. La densité calculée est une densité résidentielle brute, obtenue en faisant le ratio de la population (sans doubles comptes) à la superficie de la commune. Pour les six aires urbaines, l'ensemble des navettes commune par commune représente 1 810 838 déplacements pour plus de 50 000 liaisons différentes (seuls sont comptabilisés les déplacements domicile-travail). La synthèse des données fournit, pour chaque commune, les parts modales et le kilométrage total effectué

[96] Il teste plusieurs indicateurs de densité (densité humaine et résidentielle, brute ou nette), pour finalement obtenir des résultats extrêmement comparables quel que soit l'indicateur retenu.

par ses habitants. Ce dernier s'obtient à partir des distances euclidiennes de commune à commune auxquelles on applique un facteur de 1,3 pour tenir compte du détour moyen dû au tracé du réseau viaire[97]. Le kilométrage total a été ensuite ramené à la population, ce qui donne un kilométrage moyen par habitant de la commune à l'origine du déplacement, et au nombre total de trajets, ce qui donne une distance moyenne par déplacement.

Encadré III-1. Le zonage en aires urbaines

Le zonage en aires urbaines est fondé sur un double critère, de masse (nombre d'emplois) et d'échanges (proportion des migrations alternantes). Il distingue l'espace à dominante rurale de l'espace à dominante urbaine. Ce dernier est constitué d'aires urbaines et de communes multipolarisées.

Une **aire urbaine** est « un ensemble de communes, d'un seul tenant et sans enclave, constitué par un pôle urbain, et par des communes rurales ou unités urbaines (couronne périurbaine) dont au moins 40 % de la population résidente ayant un emploi travaille dans le pôle ou dans des communes attirées par celui-ci ».

Le **pôle urbain** est « une unité urbaine offrant au moins 5000 emplois et qui n'est pas située dans la couronne périurbaine d'un autre pôle urbain ». La couronne périurbaine est l'ensemble des communes de l'aire urbaine à l'exclusion de son pôle urbain.

La définition de **l'unité urbaine** repose sur l'idée de continuité de l'habitat : « ensemble d'une ou plusieurs communes dont le territoire est partiellement ou totalement couvert par une zone bâtie d'au moins 2000 habitants [où] les constructions sont séparées de leur voisine de moins de 200 mètres ». Si l'unité urbaine s'étend sur plusieurs communes, l'ensemble de ces communes forme une agglomération multicommunale ou agglomération urbaine. Si l'unité urbaine s'étend sur une seule commune, elle est dénommée ville isolée.

Une **commune multipolarisée** est située à l'interface des aires urbaines. Ce sont des « communes rurales et unités urbaines situées hors des aires urbaines, dont au moins 40 % de la population résidente ayant un emploi travaille dans plusieurs aires urbaines, sans atteindre ce seuil avec une seule d'entre elles, et qui forment avec elles un ensemble d'un seul tenant. »

Le zonage en aires urbaines succède aux Z.P.I.U. (Zones de Peuplement Industriel et Urbain), élaboré en 1962 sur des critères comparables, mais qui en 1990 regroupait 96% de la population française, lui enlevant de sa pertinence pour distinguer le rural de l'urbain (Guérois & Paulus, 2003). A titre de comparaison, les aires urbaines regroupaient à la même date 75% de la population, 29% de la superficie totale et 35% des communes françaises.

Sources : Le Jeannic, 1997 ; site internet de l'INSEE, www.insee.fr ; Péguy, 2000

[97] Détour moyen que l'on calcule en comparant la distance à vol d'oiseau et la distance effective ; à partir d'une enquête par questionnaire portant sur cent cyclistes de l'agglomération lillois, F. Héran (2003) estime le détour moyen à 26,1%, ordre de grandeur comparable à celui que nous avons retenu.

Les données du RGP 1999 nous permettent donc de disposer, pour les 753 communes appartenant aux six aires urbaines citées (cf. Annexe 1), de **cinq variables expliquées** (deux variables de distances parcourues : kilométrage individuel et distance moyenne de déplacement[98], et les trois principales parts modales : voiture particulière – VP, marche à pied – MAP, et transports en commun urbains – TCU), et de **deux variables explicatives** : la densité (accessibilité locale) et la distance au centre (accessibilité régionale)[99].

L'exposé de données de cadrage permet de mieux cerner les similitudes et les différences entre les six aires urbaines qui constituent notre échantillon d'étude.

2 - Données de cadrage

La comparaison des aires urbaines met en exergue leurs différences (cf. Tableau III-1), autant en termes de taille (la population va du simple au quintuple, le rayon maximal du simple au double), de découpage interne (nombre de communes) ou d'intensité dans l'occupation du sol (les densités vont du simple au quadruple).

Dans les six aires urbaines étudiées, le choix modal est largement en faveur de l'automobile : elle représente systématiquement plus de 60% des déplacements. La part de la marche à pied s'établit en moyenne à 8-9%, avec un minimum à Bordeaux (5,3%) et un pic à Saint-Etienne, l'aire urbaine la plus dense, à 13,2%. La part des transports en commun s'établit entre 10,7% et 12,8%, à l'exception de faibles valeurs à Bordeaux (7,8%) et à Grenoble (8,8%).

Il est intéressant de constater qu'à première vue, il n'y a pas de relation évidente entre la densité et le partage modal, contrairement aux résultats avancés par exemple par P. Newman et J. Kenworthy (1989a ; cf. Chapitre II) : même si Saint-Etienne, la ville la plus dense, est aussi celle où la part de l'automobile est la plus faible, un contre-exemple est donné par Dijon, la ville la moins dense, où pourtant la part de l'automobile est une des plus faibles.

La structure du parc de logement est un élément de la forme urbaine « visible ». Il peut participer à la compréhension de l'utilisation de l'espace, à partir des comportements résidentiels des agents, et à son lien avec la mobilité. On constate ainsi qu'à Bordeaux la plus forte proportion de logements individuels (56,7%) s'accompagne de la part modale de la VP la plus élevée (73,7%).

[98] Ces deux variables ont été regroupées sous le même terme de « distances parcourues » (par déplacement ou par individu) en raison de leur fort niveau de comparabilité (le coefficient de corrélation de Pearson s'établit à 0,92).

[99] Notre analyse étant centrée sur l'interaction densité-mobilité, c'est volontairement que nous ne distinguons pas les déplacements suivant le type de laison (centre-centre, centre-périphérie par exemple), comme le font A. Aguiléra et D. Mignot (2003).

Tableau III-1. Données de cadrage pour les six aires urbaines étudiées

	Bordeaux	Dijon	Lyon	Grenoble	Saint-Etienne	Aix-Marseille
Population sdc 1999 (*id.*, 1990)	882.156 (830.466)	312.199 (298.984)	1.597.662 (1.507.356)	504.849 (477.142)	307.697 (330.539)	1.398.146 (1.344.685)
Taux de variation annuel de la population 1990-1999	+0,67%	+0,48%	+0,65%	+0,63%	-0,79%	+0,43%
Taux d'activité (%)	56,7	56,7	57,4	56	51,6	52,3
Taux de chômage (%)	14,5	10,7	11,5	12,2	14,8	20
Nombre de communes	149	163	239	101	34	67
Densité moyenne (hab./km^2)	309	187	630	421	672	642
Commune la plus éloignée (km)	Le Tuzan (43,629)	Pagny-le-Château (32,948)	Trept (38,714)	Treffort (30,563)	Rozier-Côtes- d'Aurec (23,795)	Jouques (43,925)
Part modale de la VP[100] (en % du total des déplacements)	73,7	65,6	65,8	67,8	62,6	66,6
Part modale de la MAP[6] (en % du total des déplacements)	5,3	8,4	8,1	7,7	13,2	8,9
Part modale des TCU[6] (en % du total des déplacements)	7,8	10,7	12,8	8,8	12,3	11,7
Proportion des résidences principales situées dans un bâtiment de :						
1 logement	56,7%	41,2%	31,6%	30,2%	25,8%	32,1%
2 à 9 logements	17,3%	19,4%	13,9%	16,4%	27,1%	26,3%
10 logements ou plus	26%	39,5%	54,5%	53,4%	47,1%	41,6%

Source : RGP, 1999 ; site internet de l'INSEE, http://www.insee.fr

[100] VP : Véhicule particulier ; MAP : marche à pied ; TCU : transports en commun urbains.

Les analyses de P. Newman et J. Kenworthy (1989a, 1989b, 1998) supposent que la relation densité-mobilité est valable quelle que soit la ville (voir aussi Cameron *et alii*, 2003). Les critiques sur l'incomparabilité de villes de pays ou de continents différents (Gomez-Ibañez, 1991) ont amené les études ultérieures à ne retenir que des villes d'un même pays. C'est l'approche que nous avons privilégiée ici, en étudiant ces six aires urbaines françaises. En supposant que la relation densité-mobilité est valable quelle que soit la ville (ce que tend d'ailleurs à montrer la quasi-unanimité des études sur le lien densité-mobilité), nous avons réuni l'ensemble des 753 communes dans un *échantillon global*.

Il était également intéressant de considérer la relation densité-mobilité pour chaque aire urbaine prise séparément. Nous avons donc complété le test des hypothèses sur l'échantillon global par un test *par aire urbaine*, afin de savoir en quoi la relation densité-mobilité diffère selon l'aire urbaine considérée.

Le cadrage général des aires urbaines qui vient d'être effectué peut être complété par l'appréciation du degré de compacité de chaque aire urbaine, à travers l'estimation de fonctions de densité.

3 - Apprécier le degré de compacité : l'estimation de fonctions de densité

Le gradient de densité, obtenu par l'estimation de fonctions de densité, est une mesure du rythme de décroissance de la densité avec la distance au centre. Par extension, il est un indicateur du degré d'étalement relatif de l'agglomération, ou à l'inverse « une mesure du degré de compacité des villes » (Péguy, 2000, p. 171). La forme fonctionnelle la plus simple et la plus utilisée est la traditionnelle fonction exponentielle, qui s'écrit :

$$D(x) = D_0.e^{-\alpha.x} \qquad (19)$$

avec *D(x)*, la densité à une distance *x* du centre, D_0 la densité centrale et α le gradient de densité, défini comme le rythme de décroissance de la densité avec la distance au centre. Une transformation logarithmique permet de l'exprimer linéairement et donc de l'estimer au moyen d'une régression linéaire par les MCO (moindres carrés ordinaires) :

$$\ln D(x) = \ln D_0 - \alpha.x + \varepsilon \qquad (19bis)$$

les hypothèses habituelles sur les résidus étant posées (ils sont indépendants et identiquement distribués suivant une loi d'espérance nulle et de variance σ^2).

L'estimation de fonctions de densité permet d'apprécier à la fois l'état et le processus d'étalement. La comparaison de gradients de villes différentes pour une même année mesure l'état relatif d'étalement, tandis que l'examen du gradient à différentes dates (nous ne disposons ici que des années 1990 et 1999) nous permet d'appréhender le processus

d'étalement pour une ville donnée. Les résultats de ces estimations sont présentés dans le Tableau III-2.

Tableau III-2. Estimation de la fonction exponentielle négative par les MCO pour les six aires urbaines étudiées, 1990 et 1999

	$D_{0,90}$	α_{90}	R^2	$D_{0,99}$	α_{99}	R^2	N	$D_{0,90\text{-}99}$	$\alpha_{90\text{-}99}$
Bordeaux	14,702 (16,492)	-0,122 (-15,680)	0,626	15,831 (17,347)	-0,122 (-16,004)	0,636	149	*+7,7%*	*0*
Dijon	3,158 (5,901)	-0,118 (-10,902)	0,421	3,515 (6,519)	-0,118 (-11,024)	0,430	163	*+11,3%*	*0*
Lyon	16,577 (18,530)	-0,105 (-14,482)	0,469	17,549 (19,909)	-0,0966 (-14,533)	0,471	239	*+5,9%*	*-8%*
Grenoble	7,783 (7,799)	-0,124 (-7,711)	0,375	8,207 (8,197)	-0,117 (-7,454)	0,359	101	*+5,4%*	*-5,6%*
Saint-Etienne	17,253 (7,088)	-0,212 (-6,199)	0,539	15,658 (7,290)	-0,193 (-5,944)	0,525	34	*-9,2%*	*-9%*
Aix-Marseille	24,829 (8,770)	-0,106 (-7,526)	0,466	26,154 (9,379)	-0,101 (-7,564)	0,468	67	*+5,3%*	*-4,7%*

Source : RGP 1990 et 1999, et calculs de l'auteur ;

Les t de Student sont entre parenthèses (ici, tous les coefficients sont significatifs à 1%).

Ces résultats appellent un certain nombre de commentaires :

- La qualité de l'ajustement est remarquable, surtout pour Bordeaux (R^2>0,6), un peu moins pour Grenoble (R^2<0,4). Les coefficients estimés sont tous significatifs à 1%. La qualité de ces estimations montre que, pour notre échantillon de six aires urbaines, la loi de Clark est vérifiée. Ceci confirme l'hypothèse formulée lors de la présentation du cadrage théorique, nous empêchant de mener des régressions incluant la densité et la distance au centre comme variables explicatives conjointes.
- En ce qui concerne **l'état** d'étalement, Saint-Etienne apparaît comme la ville la plus compacte (c'est aussi l'aire urbaine avec la densité moyenne la plus élevée). Ce phénomène est peut-être dû à sa taille, beaucoup plus réduite. Cette interprétation serait cohérente avec les résultats de P.-Y. Péguy (2000), qui relève une diminution du gradient moyen avec la taille (en habitants) pour l'ensemble des aires urbaines françaises : « les petites aires urbaines seraient ainsi davantage polarisées que les grandes aires urbaines » (p. 172). On notera d'ailleurs que les aires urbaines les plus étalées sont aussi les plus peuplées, Lyon et Marseille.
- En ce qui concerne le processus **d'étalement**, le gradient de densité diminue entre 1990 et 1999 pour chaque aire urbaine étudiée, à l'exception de Dijon et Bordeaux, pour lequel il est constant. L'aplatissement de la fonction de densité manifeste une tendance à la continuation du processus d'étalement. Ce constat est d'autant plus robuste que l'analyse est faite à périmètre constant, et n'est donc pas faussée par l'agrandissement du zonage d'étude et l'annexion de communes périphériques à faible densité. Selon P.-Y. Péguy (2000), la tendance à l'affaiblissement du gradient est, à quelques exceptions près, sensible depuis 1982 pour la plupart des aires urbaines françaises.

- La densité centrale moyenne suit une évolution inverse à celle du gradient : elle augmente entre 1990 et 1999 pour l'ensemble des aires urbaines étudiées à l'exception de Saint-Etienne (qui est la seule aire urbaine à perdre de la population entre ces deux dates). Ce constat va à l'encontre de la tendance au déclin démographique des centres-ville, puisque la population augmente pour quatre des aires urbaines étudiées (Bordeaux : +2,66% ; Dijon : +1,44% ; Lyon : +7,28% et Villeurbanne : +6,22% ; Grenoble : +1,45%), à l'exception de Saint-Etienne (-8,95%) et Marseille (-0,08%). Ainsi l'étalement ne s'accompagne-t-il pas forcément d'un déclin du centre (Mignot *et alii*, 2004).

Après avoir défini le cadre théorique dans lequel prend place notre étude du lien entre la densité et la consommation énergétique des transports et apporté des précisions sur les données utilisées et les aires urbaines retenues, une première étape de cette étude empirique consiste à analyser le sens de la relation entre densité et mobilité, à partir d'une analyse par classes de densité.

II - Mobilité quotidienne et classes de densité

La distribution statistique des densités résidentielles est caractérisée par une dispersion très hétérogène. Les communes de faible densité sont sur-représentées : pour une étendue de 97, 301 observations sur 753 ont une densité inférieure à 1 hab./km^2. Cette distribution particulière risquait de biaiser les résultats, en donnant plus de poids aux communes de faible densité.

Afin de corriger ce biais, et suivant la suggestion de V. Fouchier (1997a), nous avons utilisé la technique des classes de densité[101]. Cette technique consiste à stratifier l'effectif global en classes d'égale amplitude. Il s'agira ensuite de classer les observations par ordre de densité croissante et d'analyser les valeurs que prennent les variables de mobilité pour chaque classe.

Le choix de l'amplitude s'est porté sur une valeur de 0,5 - justifiée par la nécessité de trancher le dilemme suivant : d'un côté chercher à construire le plus de classes possible (c'est-à-dire multiplier les individus statistiques pour augmenter la significativité), de l'autre éviter d'avoir trop de classes uni-renseignées ou tout simplement non renseignées.

On obtient donc, pour l'échantillon global de 753 communes, 50 classes d'amplitude égale à 0,5 hab./km^2, à l'exception des quatre dernières, pour lesquelles le faible nombre d'observations nous a contraint à adopter une amplitude de 5 hab./km^2. La dernière classe est un peu particulière, puisqu'elle regroupe quasiment toutes les communes–centre. L'analyse de chaque variable expliquée va nous permettre de constater que, si l'influence sur la mobilité

[101] Une autre solution serait d'utiliser la technique des moindres carrés pondérés. Elle ne nous a pas semblé pertinente. En effet, la variable explicative (la densité) est fortement liée à la variable de pondération.

semble avérée aux deux extrémités de l'intervalle des variables explicatives, les classes intermédiaires posent un certain nombre de questions.

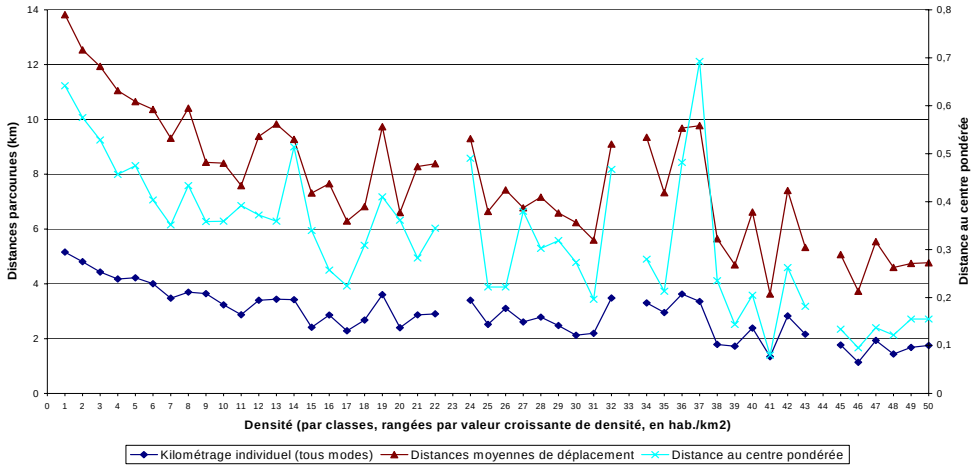
Les résultats par aire urbaine (cf. Annexe 2) aideront à commenter les tendances observées pour l'échantillon global. Nous verrons que si le lien entre densité et distances parcourues est bien conforme à celui attendu, l'analyse des parts modales soulève la question de la pertinence d'une opposition fortes densités/faibles densités pour décrire le lien entre densité et choix modal.

A - Le lien négatif entre la densité et les distances parcourues

Les distances parcourues décroissent avec la densité (cf. Graphique III-1). La tendance est claire, malgré quelques irrégularités (« creux » ou « bosses ») au centre de la distribution. La courbe des distances individuelles semble plus plate, mais il ne s'agit que d'un effet de l'échelle (les distances individuelles étant en moyenne plus faibles que les distances de déplacement). Une rupture dans la pente de la courbe apparaît à partir de la tranche n°31. Notons que c'est dans les classes supérieures que sont concentrées le plus grand nombre de tranches uni-renseignées, induisant une moindre significativité des résultats.

Le lien entre distances parcourues et classes de densité est continûment décroissant, avec une forte décroissance pour les classes de faible densité qui s'amenuise ensuite pour les classes de densité plus élevée. On notera à quel point la courbe de distance au centre pondérée « suit » les deux courbes de distances parcourues, laissant supposer que la distance au centre explique au moins aussi bien les distances parcourues que la densité.

Graphique III-1. Distances parcourues et distance au centre pondérée par classe de densité résidentielle brute



L'analyse par aire urbaine (cf. Annexe 2) confirme la tendance observée pour l'échantillon global : les distances moyennes de déplacement décroissent avec la densité. L'écart entre les points d'aires urbaines différentes semble assez faible, suggérant que l'effet de la densité sur les distances parcourues est comparable dans chaque agglomération. Cette observation soulève la possibilité d'un effet autonome de la densité sur la mobilité, autonome au sens « d'universel », indépendant des différences de taille et de structure urbaines, hypothèse que l'on trouve par exemple chez I. Cameron *et alii* (2003) : nous testerons par la suite la validité d'un effet différencié de la densité dans les aires urbaines de notre échantillon (cf. *infra*).

En complétant l'analyse des distances parcourues par celle des parts modales, on est en mesure de constater que l'opposition entre fortes densités et faibles densités n'est peut-être pas la plus pertinente pour décrire l'influence de la densité sur le choix modal.

B - Les parts modales : l'opposition fortes densités/faibles densités en question

Dans l'échantillon global, l'analyse par classes n'infirme pas l'influence supposée de la densité sur les parts modales : négative sur la VP, positive sur la MAP et les TCU. Nous avons pris soin de rappeler à chaque fois, brièvement, les mécanismes régissant l'interaction entre la densité et les parts modales (par ailleurs détaillés dans le Chapitre II).

L'analyse de l'interaction entre pratiques de transport et d'usage du sol a fait correspondre l'étalement et l'utilisation de l'automobile. Le lien empirique entre densité et choix modal passe par un double effet en lien avec la densité : l'amélioration de l'accessibilité, et l'aggravation de la congestion. L'usage de l'automobile est plus faible en milieu dense, au profit des modes alternatifs. Poussé plus loin, ce raisonnement associe les faibles densités et la dépendance automobile : certains usages du sol sont si peu intensifs que l'usage de l'automobile pour ses déplacements y devient une nécessité plus encore qu'un choix. On les désigne sous le nom de *car-dependent land use patterns* (Newman & Kenworthy, 1998).

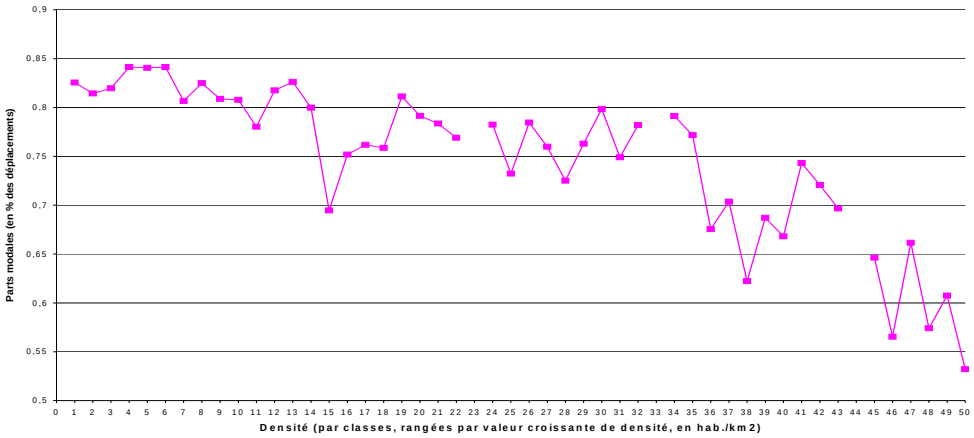
La forme générale de la courbe reliant les **parts modales de la VP** pour chacune des classes de densité est globalement décroissante, confirmant les attendus théoriques (cf. Graphique III-2). Son analyse détaillée montre l'existence de trois « moments » dans la relation entre densité et part modale de la VP :

- Pour les communes appartenant aux classes de faible densité (de la tranche n°1 à la tranche n°15), la part modale de la VP s'établit entre 80% et 85% avec de faibles variations. Les deux variables semblent indépendantes ;
- Le même phénomène est perceptible pour les communes appartenant aux classes intermédiaires (de la classe n°15 à la classe n°35), avec de faibles variations des parts modales de la VP, s'établissant cette fois entre 75% et 80% ;

- Pour les communes appartenant aux classes de densité élevée, le lien entre densité et part de la VP est clairement décroissant.

Ce résultat est à rapprocher d'une interprétation très commune dans la littérature sur le lien entre densité et mobilité, qui oppose deux types de formes urbaines : les zones périphériques, de faible densité, où les distances à parcourir sont élevées et l'usage de l'automobile très répandu, et les zones de forte densité, où les distances à parcourir sont plus faibles et l'usage des modes alternatifs plus répandu. L'opposition ville compacte/ville étalée est basée sur cette dichotomie.

Graphique III-2. Part modale de la VP par classe de densité résidentielle brute



Arrivés à ce point du raisonnement, l'attention se porte sur les communes appartenant aux tranches intermédiaires de densité, situées entre les deux extrémités de la dichotomie traditionnelle. Dans ces communes en effet, l'interaction entre densité et mobilité ne présente pas de tendance claire. Elles sont par définition inclassables dans l'alternative fortes/faibles densités, et le lien entre densité et comportements de mobilité n'y est pas spécifiquement défini. Il y est pourtant différent des deux autres types de zones.

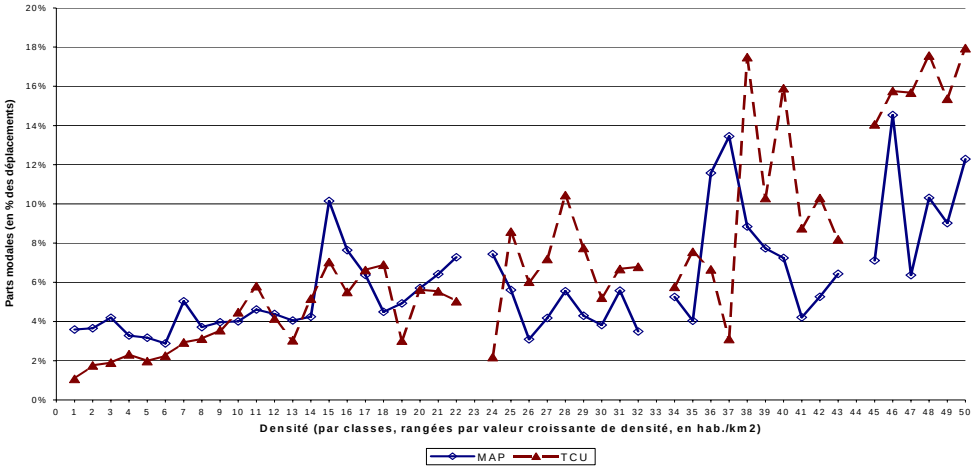
Ce résultat nous conforte dans la nécessité de dépasser la dichotomie qui oppose zones centrales, où la densité est élevée, et zones périphériques, où la densité est faible. L'analyse dichotomique présente en effet certains dangers, en enfermant la pensée dans un cadre binaire où n'existe qu'une alternative, définie en termes négatifs : ce qui n'est pas une densité élevée est une densité faible. Le danger est celui du glissement normatif, car l'alternative oui/non peut se transformer, par négligence ou volonté délibérée, en une alternative bon/mauvais[102]. La conjonction de l'analyse dichotomique qui oppose fortes densités-faible consommation d'énergie et faibles densités-consommation d'énergie élevée, et d'un cadre normatif tel que le

[102] La « stigmatisation » de l'étalement, évoquée en introduction générale, nous semble issue d'une telle transformation.

développement durable est sans doute un élément d'explication de la radicalisation du débat sur la ville compacte (cf. Chapitre II).

L'interaction entre densité et mobilité doit être approfondie dans les zones de densité moyenne. La nécessité d'aller au-delà d'une vision dichotomique du lien entre densité et mobilité implique en effet l'adoption d'une vision au moins ternaire, afin d'analyser la validité de ce lien là où il est le moins clairement mis en évidence, c'est-à-dire dans les zones de densité moyenne. Un cadre de pensée binaire doit être dépassé pour être fécond : « *Chaque fois que nous entendrons dire : de deux choses l'une, empressons-nous de penser que, de deux choses, c'est vraisemblablement une troisième.* » (J. Rostand, *Esquisse d'une histoire de la biologie*).

Graphique III-3. Parts modales de la MAP et des TCU par classe de densité résidentielle brute



La relation entre la **part modale des TCU** et la densité est croissante (cf. Graphique III-3). Ceci est conforme aux attendus, puisque la relation supposée entre densité et part modale des TCU fait appel aux mêmes justifications que pour les autres modes. Les mécanismes d'accroissement de l'accessibilité et de la congestion dus aux fortes densités jouent du côté de la demande et sont à l'origine d'une fréquentation accrue. Le report modal est encore amplifié par l'influence de la densité sur l'offre de transports en commun, plus particulièrement sur la desserte et la rentabilité (cf. Chapitre II).

La relation entre densité et **part modale de la MAP** semble moins robuste que pour la part de la VP et des TCU. L'analyse graphique montre une très faible variabilité au moins pour les 45 premières classes, avec des valeurs situées entre 4% et 8%, si l'on excepte les pics des classes n°36 et 37, qui sont uniobservées, et de la classe n°15 (cf. Graphique III-3). Ceci suggère que la part modale de la MAP est indépendante de la densité lorsque celle-ci est

faible. En revanche, pour les six dernières classes, la part modale de la MAP est beaucoup plus élevée, se situant entre 7% et 14%. D'où l'idée que la relation postulée entre densité et part de la MAP ne serait valable qu'à partir d'un seuil assez élevé de densité (du moins plus élevé que pour les TCU – Salomon, 2001). Cette idée est tout à fait conforme aux approches en termes de densité optimale développées dans le chapitre II (cf. Tableau II-2). Il conviendra alors de tester le lien entre densité et part de la MAP à un niveau infra-communal, avec un découpage plus fin des zones centrales permettant d'infirmer ou non cette relation différenciée avec le niveau de la densité, et l'existence éventuelle d'un effet de seuil[103].

L'exploration du sens de la relation entre densité et mobilité à partir d'une analyse par classes de densité visait à corriger la sur-représentation des communes de faible densité. Cette analyse reste cependant fruste et ne permet pas l'utilisation de techniques statistiques autorisant l'emploi de l'inférence statistique pour tester nos hypothèses et la robustesse des interactions mises en évidence. La deuxième étape de ce travail propose d'approfondir ces résultats en analysant, à partir de techniques économétriques plus avancées, la *forme* prise par la relation entre densité et mobilité.

SECTION II - LA FORME DE LA RELATION DENSITE-MOBILITE

L'analyse de la forme de la relation densité-mobilité nécessite une estimation très fine des nuages de points obtenus, que nous effectuerons au moyen de l'estimation des fonctions *spline* cubiques. Après avoir détaillé la méthode d'estimation, nous présenterons les principaux résultats obtenus. Ceux-ci nous amènerons à une remise en cause limitée de l'interaction entre densité et mobilité. Nous conclurons cette section par un test de l'hypothèse de similitude des relations densité-mobilité obtenues pour chaque aire urbaine.

I - La méthode des fonctions *spline* cubiques

Les fonctions *spline* sont particulièrement adaptées pour décrire des comportements discontinus et non linéaires. Par construction, elles ajustent un nuage de points avec une précision remarquable. Cette méthode nous a semblé particulièrement adaptée au problème, car il s'agit dans cette section d'analyser précisément la *forme* prise par la conjonction entre la densité et la mobilité, sans préjuger de celle-ci. Le principe général est de découper l'axe des abscisses en plusieurs intervalles au sein desquels on estime des fonctions articulées par des « nœuds » (cf. Encadré III-2).

[103] Cette analyse sera menée dans le Chapitre V, dans le cadre de l'étude des déterminants de la mobilité dans l'agglomération bordelaise.

Les fonctions *spline* sont en revanche inadaptées à l'extrapolation : la précision de l'ajustement est compensée par une plus faible possibilité de généralisation. De plus, elles sont sensibles à la distribution des observations. La régression sera plus efficace lorsque les données sont distribuées uniformément sur l'intervalle considéré ; dans le cas contraire, l'absence d'uniformité « réduit la discipline et la fonction est libre de se tordre et de se tortiller (*twist and squirm*) à travers les parties éparses des données et de produire une courbure fausse (*spurious curvature*) » (Suits *et alii*, 1978, p.139).

Encadré III-2. Les fonctions *spline* cubiques

Les fonctions *spline* servent à ajuster très finement un nuage de points sur la forme duquel on n'a pas d'hypothèse particulière. Initiées dans les années 1970, elles ont surtout été utilisées pour décrire très précisément la relation entre la densité urbaine et la distance au centre (e.g. Alperovich, 1995 ; Anderson, 1982 ; Baumont, Ertur & LeGallo, 2004). Elles sont bien évidemment généralisables à toute forme de comportement discontinu (e.g. Peng, 1997).

Une fonction *spline* est une fonction définie sur plusieurs intervalles, et admettant différentes valeurs de paramètres pour chaque intervalle (Alperovitch, 1995, p. 1542). Le principe est de diviser le segment de la variable explicative en plusieurs sous-segments à partir de valeurs-seuils appelées « nœuds » (*knots*). L'ajustement du nuage de points est extrêmement précis car les *spline* autorisent retournement et modifications de pente *à l'intérieur* des intervalles (Anderson, 1982, p. 156).

On estime, pour chaque intervalle, un polynôme de degré 3[104] que l'on assemble pour obtenir la fonction globale ajustant au mieux le nuage de points. Cette fonction globale s'écrit, pour trois intervalles :

$$\begin{aligned} Y_n = &\left[a_1 + b_1(X_n - X_0) + c_1(X_n - X_0)^2 + d_1(X_n - X_0)^3\right]M_1 \\ &+ \left[a_2 + b_2(X_n - X_1) + c_2(X_n - X_1)^2 + d_2(X_n - X_1)^3\right]M_2 \\ &+ \left[a_3 + b_3(X_n - X_2) + c_3(X_n - X_2)^2 + d_3(X_n - X_2)^3\right]M_3 + u_n \end{aligned} \qquad (20)$$

où Y_n est la valeur de la variable expliquée pour l'observation *n*, X_n la valeur de la variable explicative pour l'observation *n*, les u_n sont des résidus sous les hypothèses habituelles (ils sont indépendants et identiquement distribués selon une loi d'espérance nulle et de variance σ^2). Sur chaque segment *i* les a_i, b_i, c_i, d_i sont des paramètres que l'on cherche à estimer ; les X_i sont les nœuds qui définissent les trois intervalles de régressions $I_1 : [X_0; X_1[$, $I_2 : [X_1; X_2[$ et $I_3 : [X_2; X_{\max}[$. Enfin, les M_i sont des variables muettes qui prennent la valeur 1 pour les observations telles que $X_{i-1} \leq X_n < X_i$, et 0 sinon.

Afin d'obtenir une fonction globale, qui sera valable pour tout *X*, il est nécessaire d'assurer la continuité de la fonction en chacun des nœuds. On impose notamment les contraintes suivantes

[104] Il existe aussi des fonctions *spline* exponentielles, utilisées par exemple par G. Alperovich (1995).

sur les paramètres, qui assurent l'égalité des valeurs estimées de *Y* à droite et à gauche de chaque nœud :

$$\begin{aligned} a_2 &= a_1 + b_1(X_1 - X_0) + c_1(X_1 - X_0)^2 + d_1(X_1 - X_0)^3 \\ a_3 &= a_2 + b_2(X_2 - X_1) + c_2(X_2 - X_1)^2 + d_2(X_2 - X_1)^3 \end{aligned} \quad (21)^{105}$$

En pratique cependant, il est plus facile d'estimer la fonction *spline* cubique sous une forme équivalente, qui permet en plus de généraliser à un nombre quelconque d'intervalles. On pose d'abord $M_i^* = 1 \Leftrightarrow X_n \geq X_i$. On montre ensuite (Suits *et alii*, 1978, 134) que l'équation (20) est équivalente à :

$$\begin{aligned} Y_n &= a_1 + b_1(X_n - X_0) + c_1(X_n - X_0)^2 + d_1(X_n - X_0)^3 \\ &+ (d_2 - d_1)(X_n - X_1)^3.M_1^* + (d_3 - d_2)(X_n - X_2)^3.M_2^* + u_n \end{aligned} \quad (22)$$

Cependant, cette transformation n'est valable que si et seulement si l'amplitude des intervalles est la même. Dès lors, on obtient une expression assez simple, qui revient à expliquer la variable *Y* à partir de cinq variables composées. On peut la généraliser au cas de $k+1$ intervalles :

$$Y_n = a_1 + b_1(X - X_0) + c_1(X - X_0)^2 + d_1(X - X_0)^3 + \sum_{i=1}^{k} (d_{i+1} - d_i)(X - X_i)^3.M_i^* \quad (23)$$

En pratique, cette fonction globale peut être décomposée en autant de polynômes de degré 3 (au maximum) qu'il y a d'intervalles. Les fonctions *spline* présentent l'avantage de ne pas nécessiter la pré-spécification du degré du polynôme, ce qui les assimile, selon les mots de D. Suits *et alii* (1978, p. 139), à un « idéal statistique ».

En effet la fonction estimée à partir de la densité simple adoptait parfois une « *spurious curvature* » due à la non uniformité de la distribution des données, notamment pour des valeurs élevées de densité relativement isolées (voir *supra* le problème de la sur-représentation des communes de faible densité). Il a donc semblé judicieux de ne pas utiliser la densité comme variable explicative mais son logarithme naturel, qui permet d'homogénéiser la distribution des densités, en dilatant les intervalles où la densité est faible et en contractant ceux où elle est élevée (François *et alii*, 1995). Afin de respecter le cadre

[105] Les systèmes (21') et (21'') permettent d'assurer la continuité des derivées respectivement premières et secondes :

$$\begin{aligned} b_2 &= b_1 + 2c_1(X_1 - X_0) + 3d_1(X_1 - X_0)^2 \\ b_3 &= b_2 + 2c_2(X_2 - X_1) + 3d_2(X_2 - X_1)^2 \end{aligned} \quad (21')$$

$$\begin{aligned} c_2 &= c_1 + 3d_1(X_1 - X_0) \\ c_3 &= c_2 + 3d_2(X_2 - X_1) \end{aligned} \quad (21'')$$

théorique posé au départ, nous utiliserons également la distance au centre normalisée de l'aire urbaine comme variable explicative des comportements de mobilité[106].

Ces précisions sur la méthode des fonctions *spline* ayant été effectuées, nous pouvons exposer les principaux résultats de leur estimation pour les six aires urbaines étudiées. Nous montrerons qu'il est possible, dans certains cas, de remettre en cause le lien entre la densité et la mobilité quotidienne

II - Les résultats de l'estimation de fonctions *spline* cubiques : vers une remise en cause limitée du lien densité-mobilité

L'estimation de fonctions *spline* cubiques apprécie de manière extrêmement précise la forme prise par la relation entre les variables de mobilité (distances parcourues et parts modales) et les variables d'accessibilité (densité et distance au centre). L'examen de la forme des fonctions nous permet dans un premier temps de confirmer les résultats obtenus avec la méthode des classes de densité, et concernant le *sens* du lien entre densité (ou distance au centre) et mobilité. Cependant, deux éléments viennent remettre en cause cette relation : d'abord, l'indépendance entre le choix modal et l'accessibilité ; ensuite, la mise en évidence de comportements de sectorisation.

A - La confirmation du sens de la relation densité-mobilité

L'estimation de fonctions *spline* cubiques requiert impérativement le partage du segment des variables explicatives en intervalles d'amplitude identique. La modification de l'amplitude eût pourtant permis de tester la validité et la robustesse d'hypothèses concernant l'existence d'effets de seuils. Nous avons donc mené des estimations à partir d'un découpage en trois et en cinq intervalles[107]. Les régressions par aire urbaine (cf. Annexe 3) permettent d'éclairer les résultats obtenus à partir de l'échantillon global[108].

L'appréciation de la qualité de l'ajustement obtenue avec les fonctions *spline* cubiques appelle quelques remarques liminaires.

[106] On utilise une distance au centre normalisée pour maîtriser l'effet de l'étendue de l'aire urbaine. La distance au centre brute ne signifie pas la même chose, en termes de forme urbaine associée, dans l'aire urbaine d'Aix-Marseille dont le rayon est de plus de 40 km, et celle de Saint-Etienne, dont le rayon est deux fois plus faible (soit une étendue 12 fois plus grande). La distance au centre normalisée est calculée comme le rapport entre la distance au centre de la commune considérée et la distance au centre de la commune la plus éloignée (cf. Tableau III-1). Elle peut s'interpréter comme la position de la commune sur le rayon du cercle trigonométrique virtuel formé par l'aire urbaine d'appartenance, ou plus simplement comme la position *relative* (en pourcentage) de la commune dans l'aire urbaine d'appartenance.

[107] Un nombre supérieur d'intervalles aurait menacé la robustesse des résultats, le nombre d'observations pour chaque intervalle étant d'autant plus faible que les intervalles sont nombreux.

[108] Dans les tests par aire urbaine, Saint-Etienne et Aix-Marseille ont dû être écartées en raison du faible nombre d'observations, qui mettait en question la significativité des résultats.

- L'ajustement des nuages de points est de très bonne qualité, comme le montre le niveau élevé des R^2 (cf. Tableau III-3 et Tableau III-4) ;
- Si les R^2 varient lorsque l'on passe d'un découpage en trois intervalles à un découpage à cinq intervalles, l'examen graphique montre que les courbes sont quasiment confondues. Bien qu'il soit plus précis, il ne semble donc pas que le découpage en cinq intervalles apporte un supplément d'information significatif[109].

Un premier examen de la forme des courbes permet de confirmer les résultats obtenus dans la section précédente, concernant le sens des relations entre densité et variables de mobilité. On constate ainsi que les distances parcourues (par déplacement et par personne) sont en relation inverse avec la densité (cf. Graphique III-4), de même que la part modale de la VP (cf. Graphique III-6). Inversement, les parts de la MAP et des TCU croissent avec la densité (cf. Graphique III-8).

La forme des courbes est comparable (à la symétrie près) quelle que soit la variable explicative retenue. Le constat effectué au paragraphe précédent peut donc être répété, à l'inverse, en ce qui concerne la distance au centre (cf. Graphique III-5, Graphique III-7 et Graphique III-9). Ce constat n'a rien d'étonnant, dans la mesure où, dans les six aires urbaines, la loi de Clark reliant la densité et la distance au centre est vérifiée avec une précision remarquable (cf. *infra*).

Dans les deux tableaux de résultats (cf. Tableau III-3 et Tableau III-4), il apparaît que le signe des coefficients de régression de la part modale de la VP est à chaque fois opposé aux signes des coefficients des deux autres modes. Il paraît donc clair que, au moins en ce qui concerne la question de l'influence de la densité sur le choix modal, *l'automobile et les modes « doux » sont substituts*. De plus, la pente de la courbe de la part des TCU est beaucoup plus marquée que pour la part de la MAP, quelle que soit la variable explicative. La part des TCU semble donc plus sensible à la densité (ou la distance au centre). On peut y voir sans doute la conséquence du double effet de la densité sur l'offre et la demande de transports en commun (cf. chapitre II).

Nous sommes donc en mesure, à partir de cet examen rapide de la forme prise par la relation densité-mobilité, de confirmer les résultats obtenus à partir de la technique des classes de densité. Les avantages comparatifs de la compacité, au moins pour notre échantillon de six aires urbaines, semblent bien vérifiés.

Cependant, un examen plus précis des courbes conduit à remettre en cause le lien densité-mobilité, tout d'abord parce que le choix modal semble indépendant de la densité pour une grande majorité des communes de l'échantillon, ensuite parce que la connexion entre densité et distances parcourues disparaît pour les communes les moins denses, phénomène que nous expliquerons par l'hypothèse de sectorisation.

[109] C'est pourquoi nous n'avons retenu dans la présentation graphique que les fonctions *spline* à trois intervalles. Ce choix présente l'avantage d'être cohérent avec les résultats obtenus dans la section précédente, qui ont souligné la pertinence d'une remise en cause de la dichotomie fortes densités/faibles densités au profit d'une distinction ternaire.

Graphique III-4. Estimations de fonctions *spline* cubique pour la relation entre distances parcourues et logarithme naturel de la densité

Supprimé : <sp>

Graphique III-5. Estimations de fonctions *spline* cubique pour la relation entre distances parcourues et distance au centre pondérée

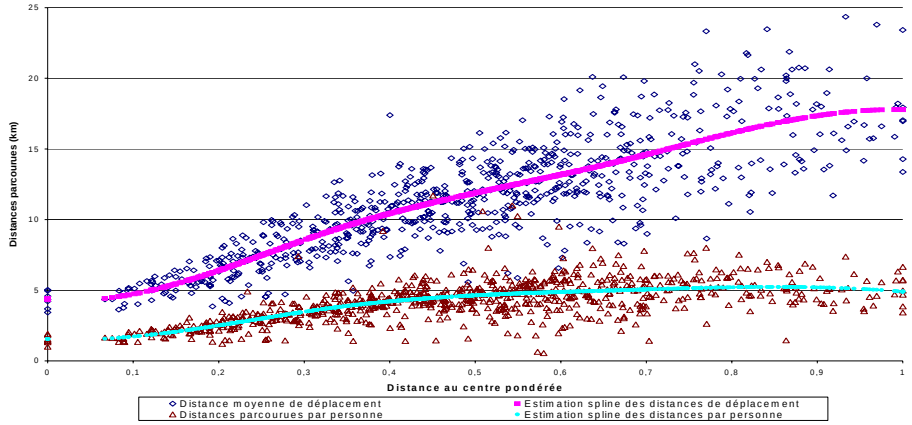


Tableau III-3. Estimation de *spline* cubiques par les MCO pour 3 et 5 intervalles du logarithme naturel de la densité

	3 intervalles					5 intervalles				
	Distances de déplacement	Distances individuelles	VP	MAP	TCU	Distances de déplacement	Distances individuelles	VP	MAP	TCU
a_1	19,410***	5,938***	0,437***	0,288***	0,574E-3***	15,902	5,668	0,473	0,283	-0,281E-1
	(11,140)	(9,103)	(12,230)	(13,637)	(0,038)	(0,515)	(0,402)	(0,449)	(0,498)	(-0,051)
b_1	-3,358	0,504	0,491***	-0,292***	-0,408E-2	21,282	4,504	0,473	-0,431	0,221
	(-1,519)	(0,609)	(10,824)	(-10,884)	(-0,212)	(0,376)	(0,174)	(0,244)	(-0,413)	(0,219)
c_1	1,117	-0,440	-0,199***	0,111***	0,379E-2	-19,549	-3,969	-0,216	0,249	-0,198
	(1,182)	(-1,243)	(-10,249)	(9,720)	(0,461)	(-0,564)	(-0,251)	(-0,182)	(0,390)	(-0,322)
d_1	-0,185	0,570E-1	0,258E-1***	-0,140E-1	-0,468E-3	4,472	0,892	0,342E-1	-0,479E-1	0,475E-1
	(-1,452)	(1,198)	(9,898)	(-9,087)	(-0,422)	(0,646)	(0,282)	(0,144)	(-0,376)	(0,386)
(d_2-d_1)	0,323**	-0,632E-1	-0,332***	0,178E-1	0,615E-3	-5,326	-1,063	-0,231E-1	0,478E-1	-0,608E-1
	(2,002)	(-1,045)	(-10,025)	(9,058)	(0,437)	(-0,734)	(-0,321)	(-0,093)	(0,358)	(-0,471)
(d_3-d_2)	-0,644***	-0,553	0,153E-1***	-0,154E-1***	0,782E-2***	1,004	0,197	-0,208E-1	0,137E-2	0,214
	(-4,299)	(-0,985)	(4,962)	(-8,457)	(5,989)	(1,311)	(0,564)	(-0,796)	(0,097)	(1,568)
(d_4-d_3)	-	-	-	-	-	-0,166	0,466E-3	0,106E-1	-0,163E-2	-0,112E-1**
						(-0,645)	(0,004)	(1,207)	(-0,342)	(-2,433)
(d_5-d_4)	-	-	-	-	-	0,580**	0,221*	0,188E-1**	-0,724E-4	-0,602E-2
						(2,115)	(1,764)	(2,010)	(-0,014)	(-1,235)
R^2	**0,515**	**0,480**	**0,580**	**0,544**	**0,801**	**0,707**	**0,674**	**0,800**	**0,511**	**0,821**

Note : les *t* de Student sont indiqués entre parenthèses.
Significativité des coefficients : * p<10% ; ** p<5% ; ***p<1%.

Commentaire [i1] : Il s'agit des régressions MCO pondérées par le nombre de déplacements

B - L'indépendance du choix modal et de la densité

La courbe de la part de la VP s'aplatit en deça d'un seuil situé entre 0,5 et 0,6 pour la densité (cf. Graphique III-6), et au-delà d'un seuil situé entre 0,3 et 0,4 pour la distance au centre (cf. Graphique III-7). La part de la VP devient ensuite relativement insensible aux variations des variables expliquées (comme le suggère d'ailleurs la forte significativité de la constante), s'établissant à un peu plus de 80% des déplacements.

Supprimé : <sp>

Graphique III-6. Estimations de fonctions *spline* cubique pour la relation entre part modale de la VP et logarithme naturel de la densité

Supprimé : <sp>

Graphique III-7. Estimations de fonctions *spline* cubique pour la relation entre part modale de la VP et distance au centre pondérée

De même, en ce qui concerne la MAP et les TCU, la relation postulée entre densité (ou distance au centre) et usage des modes doux n'est valable que pour les communes de forte densité (ou centrales). La significativité des coefficients (cf. Tableau III-3 et Tableau III-4) et la forme des courbes (cf. Graphique III-8 et Graphique III-9) montre clairement qu'en deça d'un certain seuil de densité (au-delà d'une certaine distance au centre), le choix modal devient indépendant de la densité (de la distance au centre).

On peut en déduire que le lien entre la densité et les parts modales n'est valable que pour les communes de forte densité ; *pour une partie des communes de l'échantillon, le choix modal devient indépendant de la densité.*

L'aplatissement des différentes courbes est confirmé par les régressions par aire urbaine (cf. Annexe 3), conférant une certaine robustesse à l'hypothèse d'indépendance entre choix modal et densité (ou distance au centre) pour une partie des communes de l'échantillon.

Il y aurait donc *possibilité d'un transfert modal depuis l'automobile grâce à la densification, mais seulement à partir d'un certain seuil de densité* ; si l'on reste en deça, les gains liés à la densification pourraient être quasiment nuls, le choix modal n'étant pas modifié. On peut interpréter ce résultat de la manière suivante :

- Pour 80% des communes de l'échantillon, la forme plate de la courbe montre que le choix modal n'est pas dépendant de la densité. On peut y voir une manifestation de la dépendance automobile, en définissant celle-ci comme une utilisation quasi-systématique de l'automobile pour les déplacements : quasi-systématique signifie ici indépendante de tout facteur exogène (notamment la forme urbaine). Le fait que cette dépendance automobile se manifeste dans les communes de faible densité est conforme à l'hypothèse de modalités d'usage du sol propices à la dépendance automobile (*car-dependent land use patterns* – Newman &

Kenworthy, 1998). Les densités sont en fait à un niveau si faible que leurs variations n'ont plus d'effet sur le choix modal. On est conduit à ce paradoxe apparent : l'utilisation de l'automobile et la densité sont indépendantes, et pourtant les faibles densités sont un facteur de dépendance automobile ;

- Ce type de résultats a été utilisé pour justifier l'inefficacité des politiques de compacification. A quoi servirait en effet la densification si elle ne produit pas de report modal de l'automobile vers les modes doux ? Plusieurs auteurs soutiennent en effet que le report modal occasionné par la densification ne serait que marginal, sans commune mesure en tous cas avec les dépenses engagées pour sa mise en œuvre (e.g. Gordon & Richardson, 1997b).

De même que le constat de l'indépendance entre densité (ou distance au centre) et choix modal, l'hypothèse de sectorisation remet en cause le lien entre densité et mobilité.

Tableau III-4. Estimation de *spline* cubiques par les MCO pour 3 et 5 intervalles de la distance au centre pondérée

	3 intervalles					5 intervalles				
	Distances de déplacement	Distances individuelles	VP	MAP	TCU	Distances de déplacement	Distances individuelles	VP	MAP	TCU
a_1	4.502***	1.545***	0.539***	0.124***	0.179***	4.491***	1.539***	0.538***	0.124***	0.179***
	(53.725)	(32.705)	(161.926)	(80.792)	(89.056)	(53.662)	(32.552)	(164.853)	(82.876)	(90.329)
b_1	-7.266***	-2.484*	1.419***	-0.854***	-0.454***	1.419	0.691	2.578***	-1.401***	-1.018***
	(-2.726)	(-1.653)	(13.385)	(-17.540)	(-7.117)	(0.239)	(0.504)	(11.125)	(-13.141)	(-7.217)
c_1	120.124***	52.134***	-1.726***	2.757***	-0.326	33.262	10.404	-13.380***	8.306***	5.292***
	(7.623)	(5.870)	(-2.755)	(9.575)	(-0.864)	(0.603)	(0.334)	(-6.218)	(8.388)	(4.040)
d_1	-174.791***	-79.431***	-0.350	-2.681***	1.409***	25.757	17.056	26.958***	-15.810***	-11.646***
	(-7.637)	(-6.157)	(-0.385)	(-6.410)	(2.572)	(0.206)	(0.214)	(5.529)	(-7.047)	(-3.924)
(d_2-d_1)	281.444***	126.750***	4.264***	2.110***	-3.009***	-257.455	-125.856	-40.344***	20.254***	18.814***
	(7.259)	(5.800)	(2.766)	(2.977)	(-3.243)	(-1.430)	(-1.237)	(-5.747)	(6.270)	(4.402)
(d_3-d_2)	-246.910***	-124.244***	-10.09***	2.356*	2.808*	538.633***	252.710***	30.866***	-10.342***	-14.720***
	(-3.510)	(-3.133)	(-3.607)	(1.833)	(1.668)	(4.751)	(3.946)	(6.984)	(-5.086)	(-5.472)
(d_4-d_3)	-	-	-	-	-	-568.195***	-284.019***	-34.629***	12.996***	13.524***
						(-3.928)	(-3.476)	(-6.142)	(5.009)	(3.940)
(d_5-d_4)	-	-	-	-	-	414.009	235.059	31.631***	-14.610***	-11.679*
						(1.443)	(1.450)	(2.827)	(-2.838)	(-1.715)
R^2	**0.783**	**0.815**	**0.800**	**0.645**	**0.760**	**0.786**	**0.635**	**0.810**	**0.661**	**0.767**

Note : les *t* de Student sont indiqués entre parenthèses.
Significativité des coefficients : * p<10% ; ** p<5% ; ***p<1%.

Commentaire [i2] : MCO pondérés par le nombre de déplacement

C - L'hypothèse de sectorisation comme limite au lien densité-mobilité

Si la forme des courbes issues de la régression entre distances parcourues et densité (ou distance au centre) est *globalement* décroissante (croissante), ce constat n'est pas valable pour l'ensemble des communes. La courbe semble en effet s'aplatir, voire s'inverser, pour les valeurs les plus faibles (les plus élevées) de la densité (de la distance au centre), phénomène que nous interpréterons à partir de l'hypothèse de sectorisation.

Les distances parcourues semble atteindre un seuil pour une valeur du logarithme de la densité située entre 7 et 8 (s'établissant respectivement à un minimum de 2 kilomètres par déplacement, et de 5 kilomètres par personne – cf. Graphique III-4). L'aplatissement de la courbe à partir de ce seuil est confirmé par le fait que le coefficient de régression soit significatif à 1% pour cet intervalle (cf. Tableau III-3). On peut y voir une saturation de l'effet de la densité sur les distances parcourues pour les communes les moins denses.

La tendance à l'aplatissement est encore plus accentuée pour la distance au centre (cf. Graphique III-5), constat renforcé par le fait que tous les coefficients sont significatifs (cf. Tableau III-4). L'affaiblissement de la pente pour les communes les plus éloignées de la commune-centre est *beaucoup plus accusé pour les distances individuelles que pour les distances de déplacement* : les distances individuelles sont constantes dans toute la moitié externe de l'aire urbaine. La pente de la courbe de distances individuelles semble même s'inverser pour les communes les moins denses (les plus éloignées), à partir d'un seuil situé entre 0,8 et 0,9 – mais l'examen par aire urbaine ne permet de confirmer cette inversion que pour Dijon.

La relation quasi-linéaire avec comportement asymptotique obtenue à partir de l'échantillon global est confirmée pour les aires urbaines prises séparément : à Lyon comme à Bordeaux, Grenoble ou Dijon on constate la même tendance à l'aplatissement pour les toutes dernières observations (cf. Annexe 3).

Cet ensemble d'observations peut s'expliquer de deux manières :

- Le fait de ramener le kilométrage total parcouru au *nombre d'habitants* et non au nombre de déplacements fait apparaître une inflexion dans la régression sur la distance au centre. On peut supposer que l'apparition de cette inflexion est due à une moindre mobilité individuelle (un nombre plus faible de déplacements par personne) dans les communes situées au-delà d'une certaine distance au centre. Comme il s'agit uniquement de déplacements domicile-travail, cela revient à supposer que le taux d'activité est inférieur dans ces communes, ou que les types d'emploi nécessitant peu de déplacements (télétravail) y sont davantage représentés. Les données dont nous disposons ne nous permettent pas de tester une telle hypothèse.
- Une deuxième interprétation repose sur l'idée « d'autonomie » spatiale. Les habitants des communes de la frange urbaine, si celles-ci sont incluses dans la définition de l'aire urbaine du fait de seuils pré-déterminés, pourraient n'avoir que peu de rapports

avec la zone centrale de l'aire urbaine. L'autonomie se définit ici en termes d'association résidences-emplois de la part des communes les plus éloignées de la ville-centre, dans une analogie gravitaire implicite : tout se passe comme si, au-delà d'un certain seuil de distance au centre, variable selon les aires urbaines, les communes de la frange « échappaient » à l'influence du pôle d'emploi central et pouvaient fonctionner de manière relativement autarcique.

Cette dernière interprétation rejoint *l'hypothèse de sectorisation* proposée notamment par M. Wiel (2001, 2003). Pour optimiser leurs temps de transports, à partir d'un certain niveau de distance au centre-ville qui ampute leur accessibilité régionale, on suppose que les individus ont tendance à localiser leur lieu de résidence dans le même secteur géographique que leur lieu d'emploi. Tout se passe donc comme si, à partir d'une certaine distance du centre, certaines zones adoptaient un fonctionnement « autonome » en termes de déplacements domicile-travail – au sens où une part significative des résidents y travaillent. Ainsi est-il compréhensible que les distances individuelles de déplacement diminuent avec la distance au centre au-delà d'un certain seuil.

D'autres études sur la mobilité confirment l'existence d'une courbe en « U » renversé pour les distances de déplacement : J.-P. Orfeuil et M.-H. Massot (1995, p. 28) en offrent une interprétation dans des termes proches des nôtres : « distances faibles pour les résidents de la ville-centre, du fait de l'abondance d'emplois, faible dans le périurbain, *du fait d'un fonctionnement en bassin d'emploi 'autonome'* » (souligné par nous).

Les seuils à partir desquels l'aplatissement de la courbe devient manifeste sont d'autant plus faibles que la ville est de grande taille. Les seuils sont de 25 kilomètres à Dijon, et seulement de 15 kilomètres à Bordeaux et à Lyon. Ce paradoxe apparent trouve son explication dans le fait que la formation de centres périphériques servant de « relais » au centre traditionnel facilitent les comportements de sectorisation ; or ces centres périphériques sont directement liés à la taille urbaine, car ils constituent une réponse aux rendements décroissants de la ville monocentrique (Anas *et alii*, 1998). Il semble donc logique que le changement de forme de la courbe de distances parcourues se fasse à une moindre distance du centre pour des aires urbaines de plus grande taille et dont la structure est davantage polycentrique. Ceci pose la question de l'influence du polycentrisme urbain sur la mobilité, qui sera examinée dans le chapitre suivant.

En ce qui concerne les parts modales, *l'inversion de la pente de la courbe est sensible pour la VP et la MAP*.

La relation entre densité et part de la VP est croissante pour les communes les moins denses (décroissante pour les communes les plus éloignées) : l'interaction entre la densité (la distance au centre) et l'usage de l'automobile y est donc inverse au lien théorique supposé (cf. Graphique III-6). De même, la part de la MAP décroît avec la densité (croît avec la distance au centre) pour les communes les moins denses (les plus éloignées). Aucun phénomène de ce genre n'est perceptible pour la part des TCU (cf. Graphique III-8), ce qui trouve une explication dans le fait que ces communes sont peu ou pas desservies par le réseau de transports en commun de l'agglomération.

Graphique III-8. Estimations de fonctions *spline* cubique pour la relation entre part modale de la MAP et des TCU et logarithme naturel de la densité

Supprimé : <sp>

Graphique III-9. Estimations de fonctions *spline* cubique pour la relation entre part modale de la MAP et des TCU et distance au centre pondérée

Supprimé : <sp>

Le retournement des courbes peut être là aussi expliqué à partir de l'hypothèse de sectorisation dans les communes les plus éloignées du centre de l'aire urbaine (les moins denses). Certes, l'explication est fragile, car l'inversion de la tendance dans l'échantillon global n'est valable que pour un petit nombre d'observations, enlevant de la fiabilité à l'interprétation. Pourtant, elle renforce la pertinence d'une explication en termes de sectorisation déjà avancée pour les distances parcourues.

L'analyse par aire urbaine confirme le retournement des courbes. La différence essentielle provient des seuils à partir desquels celui-ci intervient : pour la densité, entre 2 et 3 pour Grenoble, entre 3 et 4 pour Lyon et Dijon, et entre 4 et 5 pour Bordeaux. Autrement dit, si le retournement de la courbe est effectif pour chaque aire urbaine, il n'intervient pas pour les mêmes valeurs de densité, ce qui suppose à la fois « l'universalité » du phénomène et une différenciation en fonction de la structure propre de chaque agglomération ou de la répartition de sa population.

Ces résultats incitent à se demander dans quelle mesure l'effet de la densité sur la mobilité est comparable pour chaque aire urbaine, question à laquelle nous tenterons de répondre au moyen de techniques appropriées.

III - Eléments de comparaison des aires urbaines

L'estimation séparée de fonctions *spline* cubiques pour chacune des aires urbaines a permis d'illustrer les résultats issus de l'échantillon global. Nous avons plusieurs fois soulevé, au cours de cette analyse, la question de la similitude de l'effet de la densité sur la mobilité dans chaque aire urbaine. Il semble donc intéressant, après avoir examiné les tendances d'un point de vue global, de comparer les aires urbaines entre elles.

Même si la réponse est vouée à rester de l'ordre du constat (car nous ne disposons pas d'éléments suffisants pour expliquer d'éventuels résultats), la question de la différenciation de l'effet de la densité sur la mobilité se pose.

Chercher à répondre à cette question revient à tester un certain nombre d'hypothèses sur les fonctions *spline* cubiques estimées pour chaque aire urbaine. Ces hypothèses sont un ensemble de restrictions linéaires à imposer au modèle global, visant à égaliser les coefficients entre eux. S'ils sont égaux, l'effet de la densité sur la variable de mobilité

considérée est identique dans les aires urbaines comparées ; dans le cas contraire, l'effet est différent (Greene, 2000, 7.2.).

D'un point de vue technique, ce type de test revient à comparer un modèle contraint (où tous les coefficients sont égaux entre eux) à un modèle non contraint. La significativité des contraintes est ensuite testée et permet de statuer sur la différence ou la similitude de l'effet de la densité (cf. Encadré III-3). Cette technique revient à tester la « stabilité structurelle » des fonctions estimées.

Nous avons mené au moyen de cette technique un ensemble de comparaisons deux à deux des aires urbaines constituant l'échantillon global.

Comme les *spline* à trois et cinq intervalles sont pratiquement confondues, et afin de ne pas alourdir les résultats, nous n'avons effectué de tests de stabilité structurelle que sur les *spline* à trois intervalles. Ce choix présentait l'avantage de rentrer en cohérence avec les résultats obtenus à partir de l'analyse par classes de densité, qui ont fait ressortir l'intérêt de dépasser une analyse binaire opposant fortes et faibles densités, au profit d'un schéma explicatif au moins ternaire, l'attention étant portée surtout sur les communes de densité moyenne.

Encadré III-3. La technique des tests de stabilité structurelle pour les fonctions *spline* cubiques

Pour des fonctions spline cubiques, rappelons que le modèle global testé est :

$$\begin{aligned} Y_n &= a_1 + b_1(X_n - X_0) + c_1(X_n - X_0)^2 + d_1(X_n - X_0)^3 \\ &+ (d_2 - d_1)(X_n - X_1)^3.M_1^* + (d_3 - d_2)(X_n - X_2)^3.M_2^* + u_n \end{aligned} \quad (22)$$

dans le cas de trois intervalles (cf. Encadré III-2 pour les définitions de variable).

On limite l'échantillon d'étude à deux aires urbaines. On suppose que (22) ne concerne que deux aires urbaines, par exemple Bordeaux (B) et Lyon (L) (tests deux à deux). En différenciant selon l'aire urbaine (22) devient :

$$\begin{aligned} Y_n &= \left[\begin{aligned} &a_{1,B} + b_{1,B}(X_n - X_0) + c_{1,B}(X_n - X_0)^2 + d_{1,B}(X_n - X_0)^3 \\ &+ (d_{2,B} - d_{1,B})(X_n - X_1)^3.M_1^* + (d_{3,B} - d_{2,B})(X_n - X_2)^3.M_2^* \end{aligned}\right].D_B \\ &+ \left[\begin{aligned} &a_{1,L} + b_{1,L}(X_n - X_0) + c_{1,L}(X_n - X_0)^2 + d_{1,L}(X_n - X_0)^3 \\ &+ (d_{2,L} - d_{1,L})(X_n - X_1)^3.M_1^* + (d_{3,L} - d_{2,L})(X_n - X_2)^3.M_2^* \end{aligned}\right].D_L + u_n \end{aligned} \quad (24)$$

où D_B et D_L sont des variables muettes permettant de différencier les observations selon leur appartenance aux aires urbaines étudiées : D_B (resp. D_L) prend la valeur 1 pour les communes appartenant à l'aire urbaine de Bordeaux (resp. Lyon), et 0 tout autre cas ; les coefficients sont également indicés en fonction de l'aire urbaine, dans la mesure où ils peuvent être différents. Ce

modèle est appelé *modèle non contraint*.

On cherche à savoir si l'effet de la variable explicative (X_n, la densité) sur la variable expliquée (Y_n, une des variables de mobilité) est le même dans les deux aires urbaines. On est donc amené à tester l'égalité des coefficients deux à deux. Techniquement, ceci revient à imposer des contraintes linéaires aux coefficients du modèle non contraint.

L'ensemble des contraintes s'écrit : $\begin{cases} a_{1,B} = a_{1,L} \\ b_{1,B} = b_{1,L} \\ c_{1,B} = c_{1,L} \\ d_{1,B} = d_{1,L} \\ d_{2,B} = d_{2,L} \\ d_{3,B} = d_{3,L} \end{cases}$

On montre facilement, en développant (24), que si ces coefficients sont égaux entre eux, ils sont également égaux à leurs correspondants dans l'équation (22). Par conséquent, en imposant le système de contraintes ci-dessus, on obtient le modèle de départ. C'est pourquoi celui-ci est appelé *modèle contraint*.

Afin de savoir si ces contraintes sont pertinentes, on va donc comparer les deux modèles. La statistique du test s'écrit (Greene, 2000, 7.4., pp. 282-283) :

$$G(a,b) = \frac{\left[\sum_n \left(u_{n,MC}\right)^2 - \sum_n \left(u_{n,MNC}\right)^2\right] \Big/ a}{\sum_n \left(u_{n,MNC}\right)^2 \Big/ b}$$

où $u_{n.MC}$ sont les résidus du modèle contraint, et $u_{n.MNC}$ sont les résidus du modèle non contraint (on pose les hypothèses habituelles sur ces résidus, ils sont indépendants et identiquement distribués suivant une loi d'espérance nulle et de variance σ^2). De plus, *a* est le nombre de contraintes linéaires imposées au modèle, et *b* le nombre de degrés de liberté du modèle contraint, soit le nombre d'observations auquel on retranche le nombre de paramètres à estimer et le nombre de contraintes linéaires imposées au modèle.

Si G est supérieure à la valeur de F à 5%, alors on rejette le modèle contraint, c'est-à-dire l'hypothèse d'un effet identique de la densité dans les deux aires urbaines considérées. Au contraire, si G est inférieure à la valeur de F à 5%, on ne peut rejeter le modèle contraint.

Notons que pour les besoins de l'analyse (les fonctions *spline* cubiques nécessitent des intervalles de même amplitude), il a été nécessaire de normaliser les valeurs du logarithme de la densité, en les ramenant à des valeurs comprises entre 0 et 1.

Les résultats des tests de stabilité structurelle deux à deux pour les quatre aires urbaines étudiées sont présentés dans le Tableau III-5. On peut leur associer les commentaires suivants :

- Les parts modales de la VP et de la MAP réagissent de manière sensiblement identique à la densité dans les aires urbaines de Bordeaux et de Dijon. On avait déjà noté dans ces deux villes, malgré des différences de taille, une certaine comparabilité de la forme urbaine (structure du parc de logement - Tableau III-1 - et gradients de densité - Tableau III-2) ;
- La comparaison Bordeaux/Grenoble montre que l'effet de la densité sur la part des TCU y est à peu près le même. Ces deux aires urbaines sont comparables quant aux parts modales (la part des TCU y est la plus faible, inférieure à 10% - cf. Tableau III-1), et leur gradient de densité est sensiblement le même (cf. Tableau III-2) ;
- Enfin, la comparaison de Dijon, Lyon et Grenoble montre une régularité fort intéressante : pour ces trois aires urbaines, la part de la VP *et* les distances de déplacement réagissent de manière sensiblement identique aux variations de la densité. Ce résultat est cohérent, dans la mesure où l'on a supposé que les distances de déplacement sont liées au choix modal (cf. Figure III-1). Pour ces trois aires urbaines, on ne peut rejeter l'hypothèse que l'effet de la densité sur les distances de déplacement et l'utilisation de la VP est différent. Il est cependant difficile de l'expliquer, car si certains éléments sont comparables (la structure du parc de logements, les gradients de densité de Dijon et Grenoble), d'autres sont différents (la population de Lyon est double de celle des deux autres réunies), sans que l'on soit en mesure de rattacher cette similitude à aucun.

Tableau III-5. Test de stabilité structurelle pour les aires urbaines prises deux à deux

		Dijon	Lyon	Grenoble
Bordeaux	Distances de déplacement	G (6,300) = 3,970 Proba = 0,08%	G (6,376) = 3,653 Proba = 0,15%	G (6,237) = 2,879 Proba = 1%
	Distances individuelles	G (6,300) = 3,312 Proba = 0,36%	G (6,376) = 2,382 Proba = 2,85%	G (6,237) = 2,233 Proba = 4,08%
	VP	**G (6,300) = 1,224** **Proba = 29,38%**	G (6,376) = 44,689 Proba = ε	G (6,237) = 4,542 Proba = 0,02%
	MAP	**G (6,300) = 1,228** **Proba = 29,19%**	G (6,376) = 23,409 Proba = ε	G (6,237) = 3,608 Proba = 0,19%
	TCU	G (6,300) = 6,185 Proba = ε	G (6,376) = 65,466 Proba = ε	**G (6,237) = 1,709** **Proba = 11,94%**
Dijon	Distances de déplacement		**G (6,389) = 1,368** **Proba = 22,63%**	**G (6,251) = 1,700** **Proba = 12,14%**
	Distances individuelles		G (6,389) = 3,079 Proba = 0,59%	**G (6,251) = 1,494** **Proba = 18,06%**
	VP		**G (6,389) = 0,621** **Proba = 71,35%**	**G (6,251) = 0,945** **Proba = 46,37%**

	MAP		G (6,389) = 4,034 Proba = 0,06%	G (6,251) = 2,816 Proba = 1,14%
	TCU		G (6,389) = 2,868 Proba = 0,96%	G (6,251) = 4,009 Proba = 0,07%
Lyon	Distances de déplacement			**G (6,237) = 0,976** **Proba = 44,15%**
	Distances individuelles			G (6,237) = 2,768 Proba = 1,22%
	VP			**G (6,237) = 1,533** **Proba = 16,65%**
	MAP			G (6,237) = 2,254 Proba = 3,80%
	TCU			G (6,237) = 5,959 Proba = ε

Note : les valeurs de G supérieures au niveau de 5% sont marquées en gras

Conclusion

L'étude empirique menée dans ce chapitre avait pour but d'analyser l'interaction existant entre la densité et la consommation d'énergie pour les transports, résultante des comportements de mobilité. Cette analyse a été menée à partir des données exhaustives du RGP 1999, pour six aires urbaines de province, Bordeaux, Dijon, Lyon, Grenoble, Saint-Etienne et Aix-Marseille.

Les résultats empiriques présentés dans ce chapitre peuvent être résumés selon trois points principaux, chaque technique utilisée correspondant à un questionnement différent :

1. Les comportements de mobilité par classes de densité de la commune de résidence ont été étudiés dans le but de déterminer le **sens** de la relation densité-mobilité en résolvant le problème de la sur-représentation des communes de faible densité. Les résultats sont conformes aux attendus théoriques :
   - Les distances parcourues et la part de la VP décroissent avec la densité. On est donc en mesure, pour cet échantillon de six aires urbaines, de *confirmer les avantages comparatifs de la compacité*.
   - La part des modes « doux » est croissante avec la densité. On décèle des rythmes de croissance différents entre les TCU et la MAP, la dernière démarrant sa croissance plus tard mais de manière plus soutenue. La présence d'*effets de seuil* différenciés n'est pas à rejeter.

- L'irrégularité de la relation entre densité et distances parcourues pour les zones de densité moyenne d'une part, la détermination de trois « moments » dans la relation entre part de la VP et classes de densité d'autre part, incitent à *approfondir l'opposition binaire entre fortes et faibles densités* pour la détermination des comportements de mobilité.

2. L'estimation de fonctions *spline* cubiques pour déterminer la **forme** précise des nuages de points permet de retirer les enseignements suivants :

- Les relations attendues entre les densités (ou la distance au centre) et les variables de mobilité sont à nouveau corroborées.
- Pour la grande majorité des observations, le choix modal semble indépendant de la densité. Ce constat corrobore l'hypothèse de *dépendance automobile* associée aux faibles densités (Newman & Kenworthy, 1998), et implique que les avantages de la compacité en termes de report modal ne sont valables qu'à partir d'un certain seuil de densité, ou pour une certaine partie de l'agglomération. L'efficacité des politiques de compacification est donc mise en doute.
- Les distances parcourues deviennent indépendantes de la densité pour les communes les moins denses ou les plus éloignées. Parfois même, la relation attendue s'inverse, constat également valable pour les parts modales. Nous avons suggéré l'hypothèse de *sectorisation*, selon laquelle les ménages localisent leur résidence dans le même secteur géographique que leur lieu d'emploi, pour interpréter ce résultat.
- Enfin, l'effet de la taille urbaine sur ces comportements est sensible : le seuil est d'autant plus faible que la ville est peuplée. Ce résultat peut s'expliquer par le phénomène de déconcentration de l'emploi, que certaines analyses (e.g. Anas *et alii*, 1998) relient à la taille et aux effets de congestion sur le sol et les infrastructures centraux que son augmentation provoque. Cet aspect des choses nous amènera à étudier l'impact de la décentralisation des emplois, et plus particulièrement l'émergence d'une structure urbaine polycentrique, sur les comportements de mobilité quotidienne (cf. Chapitre IV).

3. Enfin, nous avons voulu savoir si l'effet de la densité sur les comportements de mobilité sont différenciés suivant l'aire urbaine. Les tests de stabilité structurelle permettent de savoir si l'hypothèse d'égalité des coefficients des fonctions *spline* cubiques par aire urbaine doit être rejetée ou non. Pour Lyon, Grenoble et Dijon, on ne peut pas rejeter l'hypothèse d'un effet différencié de la densité sur les distances de déplacement et la part modale de la VP. Cependant nous nous trouvons dans l'impossibilité d'expliquer rigoureusement ce résultat par des particularités de forme urbaine ou de population. Notre attention est alors portée sur l'ensemble des déterminants de la mobilité, et plus particulièrement sur la contribution relative de la forme urbaine dans l'ensemble de ces facteurs.

Conclusion de la première partie

La rencontre du développement durable et de la littérature sur les formes urbaines a produit une stigmatisation de l'étalement et, par contraste, une idéalisation du modèle de Ville Compacte. L'aspect quelque peu idéologique de cette évolution pose question quant à la validité de l'interaction densité-mobilité.

L'étalement peut être considéré comme une forme contemporaine de la croissance urbaine, résultat du processus de déconcentration des ménages. Ce dernier peut s'expliquer par des évolutions telles que l'accroissement des revenus ou la diminution des coûts de transport, qui permettent aux ménages de se déployer en périphérie. L'attirance pour les aménités présentes dans les espaces périphériques, ou la répulsion entre zones ségrégées socialement, produit une explication complémentaire de l'étalement, liée aux préférences des agents.

Défini comme un processus d'urbanisation discontinue et à faible densité, l'étalement s'est traduit par un accroissement des distances parcourues et un usage accru de l'automobile, conduisant à une consommation accrue d'énergie pour les transports, comme le montre l'étude séminale de P. Newman et J. Kenworthy (1989a). La formulation du modèle de Ville Compacte découle de cette interaction entre étalement et mobilité : des densités élevées et une urbanisation contenue doivent permettre une inflexion une inflexion des comportements de déplacement en direction d'une « mobilité durable ».

Le débat sur les avantages et les inconvénients de la compacification ne remet en cause que de manière limitée, les avantages comparatifs de la Ville Compacte en termes de mobilité. La plupart des études empiriques concluent en effet à une influence significative de la densité sur les distances parcourues et le choix modal. Cette influence peut de plus être justifiée d'un point de vue théorique par des mécanismes liant la densité et l'accessibilité d'une part, et la densité et la congestion d'autre part.

Nous analysons l'interaction densité-mobilité pour six aires urbaines françaises. Les résultats obtenus quant au sens de cette interaction confirment les études antérieures : les fortes densités, par leur effet sur les pratiques de mobilité, permettent une réduction significative de la consommation énergétique individuelle pour les transports. Il est donc possible de corroborer, pour les six aires urbaines étudiées, les avantages comparatifs de la Ville Compacte en termes de mobilité.

Néanmoins, certains résultats obtenus quant à la forme de la relation densité-mobilité relativisent la portée des avantages de la compacification.

D'une part, la densité et le choix modal sont indépendants pour 80% des communes étudiées, ce qui tendrait à signifier que les mesures de compacification ne peuvent avoir qu'un effet limité.

D'autre part, l'aplatissement, voire l'inversion des courbes de distances parcourues suggère l'existence d'une saturation de l'effet de la densité à partir d'un certain seuil. Nous avons interprété ce résultat à partir de l'hypothèse de sectorisation, qui décrit un certain type de logiques de localisation de la part des ménages et « l'autonomisation » du fonctionnement des bassins d'emploi en lisière des agglomérations.

Enfin, au-delà d'une remise en cause du lien densité-mobilité, nous avons souligné l'intérêt de s'intéresser aux densités moyennes : celles-ci sont inclassables dans l'opposition fortes densités/faibles densités, et pourtant les comportements de mobilité y sont sensiblement différents. On peut alors poser l'hypothèse que *d'autres facteurs d'usage du sol* agissent sur les comportements de mobilité.

Parce que « les petits faits inexpliqués contiennent toujours de quoi renverser toutes les explications des grands faits »[110], nous sommes conduits, au vu de ces résultats, à vouloir approfondir le lien densité-mobilité. Ne recouvre-t-il pas d'autres mécanismes liant, plus généralement, les modalités d'usage du sol et la mobilité quotidienne ? La réflexion est alors tournée vers une caractérisation plus précise de la forme urbaine et l'appréciation de ses interactions avec la mobilité quotidienne.

[110] Paul Valéry, *Choses Tues*, Paris, Gallimard, 1932.

DEUXIEME PARTIE

DES DENSITES AUX FORMES URBAINES : UNE APPROCHE PAR LES DETERMINANTS DE LA MOBILITE QUOTIDIENNE

« *Comprendre, c'est compliquer. C'est enrichir en profondeur.*
C'est élargir de proche en proche. C'est mêler à la vie »
Lucien Febvre

Introduction de la deuxième partie

Le lien densité-mobilité est une régularité empirique robuste, renforcée par les mécanismes théoriques suivants : d'une part, l'impact de la densité sur la compétitivité-temps relative de chaque mode de transport pèse sur le choix modal ; d'autre part, les fortes densités permettent toutes choses égales par ailleurs d'améliorer l'accessibilité et de réduire les distances moyennes de déplacement.

Cette dernière justification a toute l'apparence d'un raisonnement circulaire. La densité caractérise la concentration ; la concentration améliore l'accessibilité ; l'amélioration de l'accessibilité est assimilable à une diminution des distances de déplacement ; de faibles distances de déplacement caractérisent la concentration, etc. L'argument revient à affirmer que la concentration permet une économie sur les coûts de transports. Il nous a paru intéressant de dépasser ce raisonnement.

L'appréciation du lien entre la forme urbaine et la mobilité est donc pour nous le motif d'un nouveau questionnement : quels sont, *au-delà de la densité*, les éléments de la forme urbaine qui influencent les comportements de mobilité ?

Répondre à cette question nécessite d'appréhender les usages du sol non pas seulement par leur *intensité* (définition de la densité chez Bailly *et alii*, 1994), mais aussi par leur *nature*. Il s'agit donc de caractériser la forme urbaine dans sa dimension qualitative.

Les comportements de mobilité découlent de la localisation relative des origines et des destinations, qui détermine les distances parcourues et le choix modal. La forme urbaine peut être définie comme la résultante de la disposition dans l'espace des différents composants urbains, et détermine cette localisation relative autant qu'elle est déterminée par elle. Nous nous fixons comme objectif de préciser les modalités de cette double détermination. La présence de centres périphériques d'emploi et leurs conséquences sur l'organisation de l'espace métropolitain, ou encore les processus de spécialisation fonctionnelle des espaces, sont autant de pistes pour caractériser plus précisément la forme urbaine et en saisir l'impact sur les comportements de mobilité.

Vue sous cet angle, la question de l'interaction entre forme urbaine et mobilité suppose de raisonner à *l'échelle intra-urbaine*, seule adaptée à une caractérisation qualitative des usages du sol. Cette exigence fait écho à une des conclusions de notre analyse empirique sur

le lien densité-mobilité dans six aires urbaines françaises, où nous n'avions pas pu, faute de renseignements supplémentaires, expliquer les différences significatives entre aires urbaines (cf. Chapitre III).

Les pratiques de mobilité ne sont pas seulement la résultante de la forme urbaine, elles sont aussi déterminées par un ensemble de caractéristiques propres aux individus. Le revenu, par exemple, pèse sur l'accès à l'automobilisation. L'analyse de l'interaction entre la forme urbaine et la mobilité quotidienne ne peut donc se faire de manière isolée : les influences socio-démographiques doivent être prises en compte sous peine de biaiser le raisonnement. L'objectif de l'analyse est donc de déterminer *quelle est la part due à la forme urbaine dans l'ensemble des déterminants de la mobilité quotidienne.*

Cette deuxième partie vise à comprendre l'influence de la forme urbaine sur les pratiques de mobilité à travers une approche par les déterminants de la mobilité.

- Nous analysons dans un premier chapitre les mécanismes qui fondent l'hypothèse d'une interaction entre forme urbaine et mobilité. Les conséquences de l'émergence d'une structure polycentrique sur la mobilité sont ambigües : d'un côté elle génère des déplacements périphériques qui peuvent s'effectuer des distances plus longues que les traditionnels mouvements pendulaires ; de l'autre, elle peut faciliter les mouvements de relocalisation des ménages à proximité de leur lieu d'emploi. Cette ambiguïté incite à caractériser plus finement la forme urbaine, notamment à partir de la notion de diversité dans l'usage des sols, et à analyser son influence sur la mobilité quotidienne.
- Le chapitre suivant constitue une application empirique à l'agglomération bordelaise, où nous cherchons à déterminer la part de la forme urbaine dans l'explication des comportements de mobilité. Nous formulons dans un premier temps un cadre théorique permettant l'intelligibilité des interdépendances complexes auxquelles nous sommes confrontés. Nous construisons ensuite une méthode statistique originale, adaptée à notre objet, que nous appliquons au cas de l'agglomération bordelaise.

Plan de la Deuxième Partie

Chapitre IV De la polycentralité aux formes urbaines. Le modèle de « Ville Cohérente »

Chapitre V Les déterminants de la mobilité quotidienne : une application à l'agglomération bordelaise

CHAPITRE IV

DE LA POLYCENTRALITE AUX FORMES URBAINES : LA « VILLE COHERENTE »

Introduction

L'interaction entre la densité urbaine et les comportements de mobilité semble assez rigoureusement établie, tant d'un point de vue théorique, par les justifications auxquelles elle fait appel, que d'un point de vue empirique, car les études disponibles fournissent des résultats largement convergents. Notre propre analyse empirique atteste de la robustesse de ce lien pour six aires urbaines françaises : les fortes densités sont associées à de plus faibles distances de déplacement et un partage modal en faveur des modes alternatifs à l'automobile.

La loi de Clark établit une relation entre la densité et la distance au centre. Cette correspondance n'est stricte que dans le modèle monocentrique, où la concurrence pour l'accessibilité aux emplois centraux produit un gradient de rente négatif, que l'on relie ensuite au gradient de densité, également négatif (cf. Chapitre I).

Dans la ville monocentrique, la situation centrale des emplois implique un type de déplacement particulier : le déplacement dit radial (ainsi nommé parce qu'il s'effectue sur le rayon du cercle figurant la ville). C'est le modèle du déplacement pendulaire, où la distance au centre se confond avec la distance de déplacement. Dans ce cadre, l'interaction densité-mobilité est presque un truisme : l'étalement et la baisse des densités sont à l'origine d'un accroissement de la distance moyenne au centre et, partant, des distances radiales. La ville monocentrique constitue le cadre idéal de vérification de l'interaction densité-mobilité.

Une localisation périphérique des emplois, en modifiant la répartition des fonctions entre centre et périphérie, est donc de nature à remettre en cause l'influence de la densité sur la mobilité. L'effet de l'émergence de concentrations périphériques d'emplois sur le lien densité-mobilité est double :

- Pour les déplacements *internes* au pôle, l'effet de la concentration sur les comportements de mobilité correspond à une amélioration de l'accessibilité et, éventuellement, à un accroissement de la congestion du réseau viaire (Cervero, 1989a) qui produit, à l'instar de la densité, un double effet de diminution des distances parcourues et de trasfert modal. Toutefois les centres périphériques ne se caractérisent pas forcément par des densités plus élevées (McDonald, 1987).
- La détection de centres périphériques passe par l'appréciation du partage de l'occupation du sol entre emplois et résidences (Standback, 1991 ; Cervero, 1989a, 1989b) : une sur-représentation des emplois dans une zone indique la présence d'un centre périphérique. Au point de vue des déplacements *externes* à la zone, les centres périphériques polarisent la réception des déplacements tout comme, à l'inverse, les zones à dominante résidentielle sont émettrices de déplacements.

Plus généralement, la question sous-jacente est celle de l'influence de la nature des espaces sur la mobilité. A densité égale, certains usages du sol produisent davantage de

déplacements que d'autres (Fouchier, 1997b) : ce sont les « générateurs de déplacements » (surfaces commerciales, équipements scolaires, sportifs, culturels, etc.). Leur répartition dans l'agglomération sera un déterminant important de la distribution des déplacements à l'échelle intra-urbaine.

Il paraît donc nécessaire de caractériser la forme urbaine plus précisément que par les densités. La forme urbaine doit également être considérée sous un angle qualitatif : il ne va plus s'agir simplement de mesurer le *nombre* d'habitants et/ou d'emplois sur une superficie donnée, mais également d'appréhender la *nature* des populations et/ou des emplois présents dans une zone donnée.

Une possibilité de rupture dans l'interaction entre densité et mobilité apparaît à la suite de l'émergence d'une structure polycentrique. La première section analyse les conséquences de la polycentralité sur les comportements de mobilité quotidienne à l'échelle intra-urbaine. Ces considérations générales nous amènent, dans une deuxième section, à présenter les résultats empiriques issus de la littérature sur l'interaction entre forme urbaine et mobilité quotidienne à l'échelle intra-urbaine.

SECTION I - LA POLYCENTRALITE URBAINE ET SES CONSEQUENCES SUR LA MOBILITE QUOTIDIENNE

Après avoir décrit et expliqué les modalités de l'émergence de centres périphériques, les conséquences de cette nouvelle structuration de l'espace urbain sur la mobilité quotidienne seront précisées, en mettant l'accent sur leur ambiguïté.

I - La polycentralité urbaine : l'émergence d'une structure urbaine originale

L'émergence d'une structure urbaine polycentrique est à rattacher au comportement spatial des firmes. Celui-ci correspond à une « décentralisation concentrée ». L'interprétation théorique de la polycentralité se fait à partir des hypothèses de complémentarité et de substituabilité des centres périphériques et de la ville-centre.

A - La « décentralisation concentrée »

Les logiques de localisation des firmes se traduisent par une « décentralisation concentrée » des emplois, produisant ainsi une forme urbaine polycentrique. Les firmes quittent le centre pour la périphérie. Mais contrairement aux ménages, elles ne se diffusent

pas dans l'espace urbain. Elles ont plutôt tendance à se regrouper, à se « concentrer » au sein de pôles d'emplois périphériques. Il y a donc bien un double mouvement de fuite du centre (décentralisation) et de recréation de la concentration.

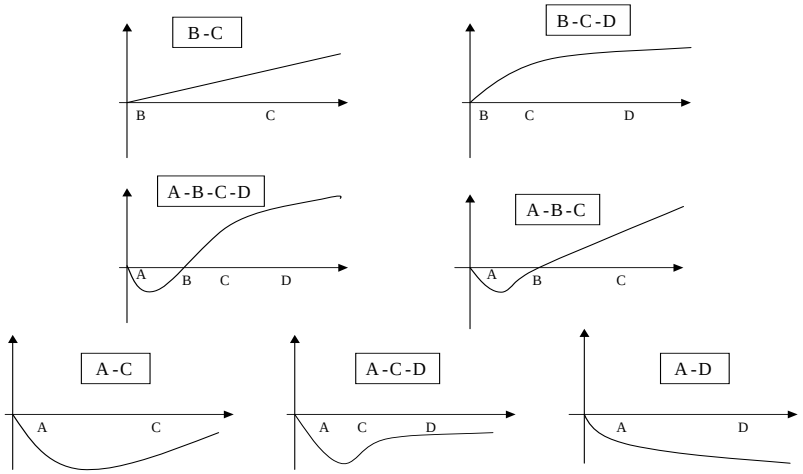
L'analyse des transferts intercommunaux d'établissements[111] permet de mettre en évidence la décentralisation des firmes (Delisle & Lainé, 1998). Pour la période 1989-1992, les taux de solde migratoire des établissements sont à l'avantage des banlieues (+1,4%) et surtout des couronnes périurbaines (+2,1%), les pôles urbains enregistrant des taux de solde négatifs (-1,5%)[112]. Les taux de solde sont d'autant plus élevés que l'aire urbaine est de grande taille, suggérant que le mouveemnt de décentralisation des emplois est notamment dû aux rendements décroissants de la taille urbaine (cf. *infra*).

Les logiques de décentralisation des firmes peuvent être reliées à la nature de leur activité. Les taux de mobilité des établissements[113] montrent des écarts significatifs entre les secteurs, de moins de 1% (hôtels, cafés restaurants) à presque 16% (construction électrique et électronique). A partir du modèle de croissance urbaine de René Bussière appliqué aux emplois entre 1975 et 1990[114], E. Tabourin (1995) identifie la décentralisation comme la « logique dominante du développement urbain » (p. 38), avec toutefois quelques nuances selon le secteur d'activité (cf. Figure IV-1) :

- Croissance des effectifs au centre comme en périphérie (séquences B-C et B-C-D). La croissance se fait alors par « concrétion » : il s'agit principalement d'activités du tertiaire telles que le commerce de détail de grande taille, les banques, assurances, hôtels, services marchands aux entreprises, la santé marchande, etc.
- Décroissance des effectifs au centre et croissance en périphérie (séquences A-B-C-D et A-B-C). La croissance s'accompagne d'une « altération centrale », comme pour les activités à fort besoin d'espace (commerce de gros, transports), les grands services publics qui se sont décentralisés (sécurité sociale, administration générale), et d'activités qui ont suivi la population (commerce automobile, service aux ménages).
- Décroissance au centre comme en périphérie (séquences A-C et A-C-D). Cette situation est celle de la majorité des activités industrielles, mais aussi du commerce de détail de proximité et des postes et télécommunications.

[111] On entend par transferts intercommunaux d'établissements le déplacement géographique d'un établissement d'une entreprise d'une commune à une autre. Sont exclues les créations *ex nihilo*, les reprises et les réactivations d'établissements (Delisle & Lainé, 1998).
[112] Le découpage utilisé est le zonage en aires urbaines (cf. Encadré III-1).
[113] Le taux de mobilité sectorielle est le rapport entre le nombre total de transferts d'établissements et le nombre moyen d'établissements en cours de période.
[114] Le modèle de croissance urbaine de René Bussière s'appuie sur la relation entre population cumulée et distance au centre (Bonnafous, 1993 ; Péguy, 2000).

Figure IV-1. Les 7 séquences de l'étalement des firmes
(en abscisses : la distance au centre ; en ordonnées : la population cumulée des firmes)



Source : Tabourin, 1995

L'explication de la décentralisation des emplois est fondée, à la suite de G. Alperovitch et E. Katz (1988, p. 244), sur la détermination de quatre grands facteurs principaux :

- L'augmentation de la taille urbaine et les effets de congestion sur le sol qui y sont associés, qui concernent la rente et les densités ;
- La disponibilité d'infrastructures de transport, et plus généralement les logiques d'accessibilité ;
- La suburbanisation de la force de travail ;
- La suburbanisation de la clientèle.

Les deux derniers motifs renvoient à la problématique de l'interaction entre suburbanisation de la population et des emplois, popularisée par la question : *do 'people follow jobs' or 'do jobs follow people'* ? (Steinnes & Fischer, 1974 ; Steinnes, 1977, 1982 ; Mills & Price, 1984 ; Carlino & Mills, 1984 ; Boarnett, 1994 ; Gaschet, 2001). Les effets de congestion sur le sol, à l'origine d'une élévation de la rente et des densités, incitent d'autant plus les firmes à se déconcentrer que leur rentabilité est faible ou leur consommation d'espace élevée (Camagni, 1996, pp. 60 et suivantes). Enfin, l'accessibilité revêt une grande importance dans les logiques de localisation des firmes (e.g. Aguiléra *et alii*, 1999). La disponibilité d'infrastructures de transport périphériques permet alors d'expliquer le mouvement de décentralisation des emplois (White, 1976).

Pourtant la décentralisation des emplois ne se fait pas de manière diffuse, mais concentrée au sein de pôles d'emploi périphérique, donnant ainsi naissance à une structure

urbaine polycentrique. Les logiques de regroupement des firmes découlent de l'existence d'externalités d'agglomération.

A moins d'hypothèses *ad hoc*, les modèles N.E.U sont impuissants à expliquer la polycentralité, pour la simple raison qu'ils reposent sur l'hypothèse de concentration des emplois en un lieu unique (le centre est l'unique « nœud de transbordement » (Mills & Lubuele, 1997), le « noeud du réseau de transport » (Glaeser, 1998, p. 144) permettant l'exportation des marchandises) et qu'ils ne considèrent pas explicitement la présence d'externalités d'agglomération (Derycke, 1996). Le cadre théorique de la Nouvelle Economie Géographique (N.E.G) est donc préféré à celui de la N.E.U pour justifier le mouvement de concentration périphérique des emplois.

L'explicitation des facteurs de formation des centres périphériques repose sur un jeu de forces contraires, centrifuges ou de dispersion, et centripètes ou d'agglomération (Duranton, 1997). Les modélisations proposées par le courant de la N.E.G proposent d'expliquer l'émergence de centres périphériques à partir du degré de sensibilité des agents aux deux forces de sens opposé et de la recréation, dans des espaces périphériques, d'économies d'agglomération habituellement attribuées au CBD.

Pour qu'émerge un pôle d'emploi en un lieu périphérique donné, celui-ci doit être capable de générer des économies d'agglomération. On distingue, dans une typologie classique due à Hoover, les économies de localisation, externes aux firmes mais internes au secteur d'activité, qui résultent des avantages de coûts découlant de la taille du secteur dans l'économie urbaine, et les économies d'urbanisation, externes aux firmes et au secteur, qui sont fonction de la taille de l'agglomération. Les économies d'agglomération se justifient par l'existence de deux types d'externalités : les externalités informationnelles découlent de l'intensité des contacts professionnels ; les externalités pécuniaires sont issues des économies d'échelle permises par la diversité (Fujita & Thisse, 2000).

L'analyse de l'émergence des centres périphériques peut se faire à partir de deux hypothèses, de substituabilité ou de complémentarité avec la ville-centre (Gaschet, 2001).

- Un premier type d'analyse suppose que les centres périphériques se *substituent* au centre ancien, répliquant l'ensemble des fonctions exercées par le CBD. Cette théorie des *edge cities* (villes-lisières) a connu un certain succès à la suite de la parution de l'ouvrage de J. Garreau (1991). Elle suppose que les espaces périphériques se dirigent avec le temps vers plus d'indépendance et d'autonomie.
- L'hypothèse de *complémentarité* se subdivise en deux propositions. On peut d'abord supposer que seules certaines activités se délocalisent vers la périphérie ; les fonctions économiques exercées par le CBD et les pôles périphériques sont complémentaires. Ensuite, la complémentarité peut également jouer entre les centres périphériques. Ceux-ci adoptent une spécialisation sectorielle spécifique, en fonction de la rencontre entre les besoins des firmes et la capacité des espaces à répondre à ces besoins.

Ces deux approches consituent une grille de lecture pertinente pour expliquer l'émergence d'une structure urbaine polycentrique. Elles seront présentées successivement, à partir d'outils théoriques issus aussi bien de l'économie spatiale que de l'économie industrielle. Ces deux approches constituent en effet des points de vue différents sur la décentralisation concentrée des firmes et ses modalités, et permettent d'embrasser de manière plus globale cette évolution.

B - L'hypothèse de substituabilité : expliquer l'émergence de centres périphériques concurrents de la ville-centre

L'hypothèse de substituabilité suppose l'émergence de centres périphériques dont les activités sont concurrentes de celles du CBD. Il est possible d'en proposer une explication théorique à partir de l'hypothèse de génération d'externalités d'agglomération centrales dans certains espaces périphériques, à partir des modèles de la N.E.G. La théorie des « Nouveaux Espaces Industriels » en constitue une interprétation alternative, qui met davantage l'accent sur les mutations du système productif.

1 - Les **edge cities** *et les modèles de la Nouvelle Economie Géographique*

L'émergence de centres périphériques concurrents de la ville-centre est représentée par la théorie des *edge cities*. Les *edge cities* sont des espaces distincts du CBD, en lisière de ville, définis par les critères suivants :

- Elles contiennent au minimum 5 000 000 pieds carrés de bureaux locatifs ;
- La surface d'espaces locatifs à but commercial doit dépasser 600 000 pieds carrés ;
- Elles doivent contenir plus d'emplois que de logements ;
- Elles doivent être perçues par les habitants comme une vraie ville, aux fonctions diverses (achats, loisirs, travail) ;
- Ce sont des villes « nouvelles », qui ont émergé *ex nihilo* dans les trente dernières années (Garreau, 1991).

Ces critères permettent à l'auteur d'identifier environ 200 *edge cities*, la plus symbolique étant Tyson Corner, dans la banlieue de Washigton D.C., la septième plus grande concentration d'emplois des Etats-Unis.

Les seuils très élevés utilisés par J. Garreau pour caractériser les *edge cities* montre bien que celles-ci ont vocation à se substituer aux anciens CBD, que l'auteur dénonce comme mal adaptés aux conditions économiques contemporaines. La capacité des *edge cities* à recréer les économies d'agglomération propres au CBD (Anas *et alii*, 1998) leur permet de capter toutes sortes d'activités, notamment celles qui sont traditionnellement localisées dans les centres traditionnels, comme le tertiaire supérieur. La diversité des activités présentes dans

les *edge cities* leur permet d'acquérir un fonctionnement autonome, et révèle une tendance de ces espaces à l'indépendance croissante vis-à-vis de l'ancien CBD.

De manière très générale, on peut expliquer l'émergence de centres périphériques concurrents du CBD par une disjonction entre centre et centralité (Gaschet & Lacour, 2002). Le centre n'est plus forcément le lieu de la centralité. La capacité de certains espaces à recréer les conditions économiques qui prévalent au CBD renvoie à une *séparation entre le lieu et la fonction*. La théorie s'attache à expliquer cette évolution.

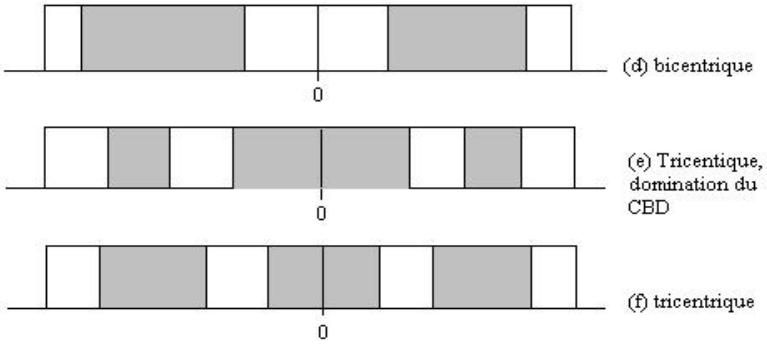
Dans le cadre théorique de la N.E.G, l'émergence de centres périphériques indifférenciés s'explique à partir d'un modèle à interaction spatiale (Imai, 1982 ; Fujita & Ogawa, 1982). La force d'agglomération est une interaction informationnelle entre les firmes[115]. Les externalités informationnelles ont en effet une dimension spatiale importante, car les échanges d'information sont affectés négativement par la distance, que ce soit en termes de coûts de transfert ou de qualité de l'information. Le besoin d'échanger les informations est donc une force d'agglomération puissante (Hägerstrand, 1967). Symétriquement, la ville est l'organisation spatiale qui permet le meilleur accès à l'information (Guillain & Huriot, 2000 dénombrent cinq effets pour corroborer cette thèse).

L'interaction informationnelle est modélisée à travers la distance inter-firmes, sous l'hypothèse de rendements croissants de proximité (Imai, 1982). De manière un peu plus générale, H. Ogawa et M. Fujita (1982) utilisent une fonction d'accessibilité généralisée aux emplois. Dans ce système urbain, les *outputs* de chaque site de production sont interdépendants *via* leur localisation relative. La force de dispersion du modèle est représentée par le coût des migrations domicile-travail. La configuration d'équilibre obtenue (le degré de diversité entre emplois et habitats) dépend du rapport entre le coût unitaire de transport (τ) et un facteur α qui mesure l'intensité de l'influence de l'augmentation de la distance sur la réduction de l'avantage retiré par une firme de ses interactions avec une autre firme.

En passant d'une fonction d'accessibilité de type linéaire ou concave à une fonction d'accessibilité convexe, H. Ogawa et M. Fujita (1982) montrent que la ville peut évoluer vers une structure polycentrique. Le polycentrisme naît de l'émergence d'économies d'agglomération localisées. Pour α donné, une forme convexe suppose que l'avantage lié à la proximité décroît à taux croissant (en valeur absolue) avec la distance : les entreprises sont très sensibles à l'accessibilité aux autres firmes dans un même sous-centre, mais cette sensibilité devient faible pour toutes les autres firmes. Plusieurs configurations sont possibles (cf. Figure IV-2), bicentrique (dans le cas par exemple de deux villes réunies dans la même agglomération) ou tricentrique (avec ou sans domination du centre historique).

[115] Le caractère *ad hoc* de cette hypothèse étant critiquable (Krugman, 1991), on pourra lui préférer, sans changer les conclusions du modèle, une interaction de marché : la préférence pour la variété. La différenciation des biens et services intermédaires au sein d'un espace génère des rendements croissants liés à la concentration. Cette approche constitue une généralisation du modèle de concurrence monopolistique de Chamberlin énoncé en 1933, formulée pour la première fois par Dixit et Stiglitz en 1977.

Figure IV-2. Configurations polycentriques d'équilibre (Ogawa & Fujita, 1982)



A. Anas et I. Kim (1996) complètent cette approche en modélisant la concentration périphérique des activités dédiées à la consommation finale. Ils introduisent une externalité de congestion endogène comme force de dispersion : le temps nécessaire à un individu pour traverser la zone *i* dépend du flux total de déplacements transitant par cette zone pondéré par la capacité d'écoulement de la zone. La force d'agglomération est la préférence pour la variété des ménages, modélisée à travers des économies d'échelle de consommation : plus le centre de production est important, plus la quantité de biens consommée est importante (indépendamment des effets de prix).

Les résultats du modèle permettent non seulement d'expliquer la formation de centres périphériques à but commercial, mais de prévoir leur nombre et leur taille en fonction de la valeur des paramètres du modèle. Ainsi, plus le niveau de la force d'agglomération est élevé par rapport au niveau de la force de dispersion (resp. faible), plus les centres périphériques sont rares et de grande taille (resp. nombreux et de petite taille).

Les modèles à interaction spatiale fondent l'explication de la polycentralité sur l'existence d'économies d'agglomérations générées localement dans certains espaces. Il nous a paru judicieux de compléter cette analyse par la prise en compte de facteurs qui s'expriment au niveau global et leurs conséquences sur l'organisation interne de la ville. La théorie des « Nouveaux Espaces Industriels » analyse les conséquences du point de vue spatial des récentes mutations du système productif.

L'émergence de Nouveaux Espaces Industriels constitue une explication de la polycentralité urbaine complémentaire de celle de la N.E.G, qui nous a semblé pertinente à analyser pour deux raisons. D'une part, elle apporte des fondements théoriques différents à la sensibilité des firmes à la distance : ce ne sont pas des externalités informationnelles ou une préférence pour la variété, mais le montant des coûts de transaction. D'autre part, elle relie explicitement l'émergence de centres concurrents du CBD aux évolutions du système productif et des principes organisationnels des firmes.

2 - *La théorie des « Nouveaux Espaces Industriels »*

La théorie des « Nouveaux Espaces Industriels » (*NIS, New Industrial Spaces*) est basée sur l'économie des coûts de transaction spatialisée (ECTS). Celle-ci suppose que le choix de l'organisation spatiale d'une firme, et par conséquent de ses choix de localisation, découlent de la nécessité de minimiser ses coûts de transaction, qui sont par hypothèse sensibles à la distance aux autres firmes (cf. Encadré IV-1). L'arrangement institutionnel optimal est alors la concentration urbaine (Capellin, 1988).

Encadré IV-1. L'économie des coûts de transaction spatialisée

L'économie des coûts de transaction spatialisée se propose de décliner les conséquences au niveau spatial d'une analyse en termes de coûts de transaction, posant que « pour expliquer la taille des villes et la structure du système urbain d'un pays il est nécessaire d'examiner (…) les procédures organisationnelles adoptées par les firmes pour gérer leurs ressources internes et les différents types de relations qui relient les firmes entre elles » (Capellin, 1998, p. 262).

L'économie des coûts de transaction est assise sur l'hypothèse de rationalité limitée qui suppose la recherche des informations pertinentes nécessaires à l'échange. Toute transaction, tout échange est un contrat entre deux parties. Or, tout contrat implique un échange d'informations :

- *Ex ante*, sur la planification, la négociation et la définition des contrats initiaux ;
- *Ex post*, sur leur exécution, ceux-ci étant par nature incomplets (Williamson, 1985).

En amont, chaque partie devra supporter des coûts de recherche pour trouver le partenaire le plus à même de satisfaire ses exigences.

L'accès à l'information n'étant ni gratuit ni immédiat, chaque transaction s'accompagne d'un certain nombre de coûts, monétaires (achat de l'information) ou non monétaires (temps passé à chercher l'information). Ce sont les coûts de transaction[116].

Dans le cadre d'analyse ainsi défini, chaque agent cherche, toutes choses égales par ailleurs (notamment son niveau de production ou d'utilité), à minimiser le montant de ses coûts de transaction. Ceci implique pour la firme le choix d'une structure institutionnelle (*governance structure*) c'est-à-dire d'une organisation interne, d'une gamme de produits, d'une forme de relations contractuelles avec les autres firmes, etc. mais aussi, au niveau de l'organisation spatiale, le choix d'une concentration géographique ou au contraire d'une dispersion des établissements (Capellin, 1988).

Une transaction se caractérise par sa fréquence, l'incertitude quant à son résultat, et son degré de spécificité. Ces trois attributs sont sensibles à la distance, car :

- Des transactions fréquentes (pourvu qu'elles portent sur des biens matériels) requièrent une certaine proximité pour minimiser les coûts de transport ;
- L'incertitude et la possibilité de comportements opportunistes sont réduites par la

[116] P. Veltz (1996) les définit comme les « coûts d'usage du fonctionnement du marché » : recherche d'informations, négociation, établissement de contrats, assurance contre l'incertitude.

proximité entre l'acheteur et le vendeur. La réduction de l'incertitude inhérente à toute transaction explique le besoin de rapprochement entre donneur d'ordre et sous-traitant relevé par J.-F. Thisse et T. Ypersele (1999, p. 22)[117], et plus généralement la fonction « d'assurance contre le risque » que P. Veltz attribue aux métropoles (Veltz, 1996) ;

- La spécificité d'une transaction unit chaque partie par des liens de confiance réciproque, confiance qui a plus de chances de se concrétiser si les deux parties sont proches géographiquement et/ou culturellement.

On aboutit ainsi à l'idée très générale que l'agglomération n'obéit pas seulement à des impératifs de production (la minimisation des coûts de production), mais aussi à des impératifs organisationnels. Les agents qui ont à faire face à des coûts de transaction élevés chercheront donc à se regrouper de manière à profiter des avantages de la proximité. De manière générale, plus une transaction est fréquente, incertaine ou complexe, et spécifique, plus une organisation centralisée est efficace. La concentration urbaine est dans ce cas « l'arrangement institutionnel » optimal (Cappellin, 1988, p. 267).

L'intégration des évolutions structurelles récentes du système productif permet à l'ECTS d'offrir un cadre original à l'explication de l'émergence de centres périphériques substituts du CBD. Les principes d'organisation et de coopération interf-firmes, en se modifiant à la suite des mutations du système productif, ont permis la création *ex nihilo* d'espaces qui recréent les conditions traditionnellement attribuées au centre-ville. A. J. Scott (1988) théorise l'émergence de ces *NIS* dissociés du CBD traditionnel.

A l'origine de cette évolution est le passage d'un régime d'accumulation fordiste à un régime d'accumulation flexible (Piore & Sabel, 1984). A. J. Scott mobilise les outils de l'Ecole de la Régulation pour souligner l'émergence de nouvelles formes de production, beaucoup plus flexibles que par le passé, et qui se caractérisent par une capacité à modifier très rapidement les processus et les produits. L'inévitable contrepartie de cette flexibilité dans l'organisation de la production est la flexibilité du marché du travail. Les rapports de travail tendent à glisser du modèle de l'emploi salarié à durée indéterminée à une régulation conjoncturelle fine des effectifs grâce au développement du temps partiel ou à l'externalisation des risques vers d'autres firmes *via* le développement de la sous-traitance. A. J. Scott s'appuie explicitement sur les apports de O. E. Williamson pour montrer que l'exigence de flexibilité, notamment lorsqu'elle passe par la désintégration verticale, s'accompagne d'une augmentation des coûts de transaction entre firmes : le développement de la sous-traitance s'accompagne d'un enchérissement des coûts de surveillance (*monitoring costs*) pour le donneur d'ordre (Veltz, 1996 ; Thisse & Ypersele, 1999). Dès lors, les firmes ont tendance à s'agglomérer car la concentration spatiale est un moyen de réduire ces coûts (Cappellin, 1988 ; Scott, 1988).

[117] Peut-être est-il utile de souligner l'externalisation croissante des activités en œuvre depuis le début des années 1980, provoquée par le besoin de se recentrer sur certaines « activités-cœur », résumé par le slogan du « *Small is beautiful* » (Schumacher, 1978).

Ces évolutions ne sont pas forcément favorables à une concentration accrue, c'est-à-dire aux métropoles. La question se pose de savoir où cette concentration survient, car il n'est pas certain que les centres traditionnels aient conservé leur attractivité. A l'instar des *edge cities*, la constitution de *NIS* en périphérie des villes permettrait d'expliquer l'émergence de centres périphériques concurrents du CBD.

Peut-être même, au contraire, la centralité traditionnelle devient-elle un repoussoir pour les nouvelles activités : si les grosses agglomérations ont été la traduction spatiale « naturelle » du régime fordiste (consacrant la « nécessaire gémellité » entre urbanisation et industrialisation – Lacour, 1999, p. 80 ; voir aussi Teboul *et alii*, 2000), les centres anciens constitueraient des « *hostile milieux* » pour les firmes post-fordistes (Scott, 1988, p. 178). Le niveau de syndicalisation des travailleurs constitue un obstacle à la flexibilité de la main-d'œuvre, et les centres urbains traditionnels deviennent des repoussoirs pour les firmes post-fordistes, qui recherchent des localisations « non contaminées par une précédente expérience historique de production industrielle à large échelle et par des relations de travail fordistes » (Scott, 1988, p. 178).

Les *NIS* sont donc le résultat d'une double évolution : d'un côté, la tendance à la concentration dans le but de diminuer les coûts de transaction. De l'autre, la tendance à éviter le milieu hostile du centre traditionnel. Cette double évolution conduit à l'élaboration de milieux favorables à l'accumulation flexible, qui soit constituent des enclaves dans les agglomérations existantes, soit émergent *ex nihilo* (Scott, 1988)[118]. Cette deuxième catégorie comprend les « milieux innovateurs » que sont la Silicon Valley, la Troisième Italie, le corridor M4 entre Londres et Reading en Angleterre, l'Arc Jurassien ou la Cité Scientifique du sud de l'Ile-de-France.

Ces espaces « ultrapériphériques » constituent des agglomérations de firmes qui profitent des avantages de la ville (possibilité de face-à-face fréquents, proximité aux infrastructures, etc.) sans en subir les inconvénients (congestion, pollution, prix foncier élevés…)[119]. Ainsi émergent des concentrations périphériques de firmes caractérisées par la réplication, en mieux, des avantages de l'agglomération du CBD.

La théorie des « nouveaux espaces industriels » marie les apports de l'ECTS et le passage à un régime « d'accumulation flexible » pour expliquer l'émergence d'espaces ultrapériphériques qui recréent les avantages de l'agglomération du traditionnel CBD sans être dépendants des irréversibilités nées de son développement historique.

L'émergence de centres périphériques concurrents du CBD a été analysée à partir de deux théories complémentaires fondant l'hypothèse de substituabilité sur l'existence d'économies d'agglomération localisées pour l'une, et sur l'inadaptation des centres anciens à

[118] Pour une critique du concept de *NIS* de A. J. Scott, voir N. Henry (1992).

[119] C'est le phénomène dit du *court-circuit* : « le milieu innovateur (M.I.) réalise un court-circuit entre les caractéristiques générales qu'il partage avec la ville (agglomération, accessibilité, interaction) et leur résultante spécifique, l'innovation, réduisant la complexité du processus complet du développement urbain et son degré élevé de circonvolution (…) » (Camagni, 1999, p. 594).

l'évolution des principes organisationnels des firmes pour l'autre. Elles permettent d'endogénéiser la formation des centres périphériques. Mais une question majeure reste celle de la différenciation économique de ces centres. L'hypothèse de complémentarité entre le CBD et les centres périphériques constitue une approche concurrente de celle de substituabilité.

C - L'hypothèse de complémentarité : expliquer la spécialisation relative des centres périphériques

L'hypothèse de complémentarité des centres périphériques et du CBD se décline en deux propositions. Dans un premier temps, on considère que les centres périphériques sont indifférenciés entre eux. On cherche alors à mettre en évidence les mécanismes de répartition des activités entre le CBD et les centres périphériques. Dans un second temps, on analyse les mécanismes de spécialisation relative des centres périphériques.

1 - Spécialisation relative du CBD et des centres périphériques

Les mécanismes de différenciation sectorielle des espaces renvoient à la nature des externalités d'agglomération. En présence d'économies de localisation, les effets d'agglomération sont de nature intrasectorielle et la spécialisation des espaces s'accroît. A l'inverse, les économies d'urbanisation, de nature intersectorielle, impliquent une diversification économique. Cette analyse est surtout valable à l'échelle inter-urbaine, pour expliquer la formation de réseaux de villes et leur spécialisation relative (e.g. Abdel-Rahman & Fujita, 1993).

A l'échelle intra-urbaine, M. Fujita et H. Ogawa (1982, cf. *supra*) ont montré que l'émergence d'une structure polycentrique découle d'une spécification particulière de la sensibilité des firmes aux externalités informationnelles. Mais les centres sont supposés identiques. M. Ota et M. Fujita (1993) fondent la hiérarchisation des centres urbains sur une différenciation de la sensibilité des firmes aux échanges d'informations.

L'évolution de la structure productive justifie une approche de la localisation des firmes à partir de la prise en compte des besoins d'échanges d'informations dans le processus de production (Audretsch & Feldman, 1998). Le passage d'une société « industrielle » à une société « de l'information » résume l'importance prise par les ressources immatérielles dans une production de plus en plus technicisée (Ascher, 1999), donnant un rôle stratégique à la production et/ou l'acquisition de l'information. Cette évolution semble assez profonde pour y voir l'émergence d'un « capitalisme cognitif » (Ascher, 2002), voire une « nouvelle révolution industrielle » (Veltz, 1996).

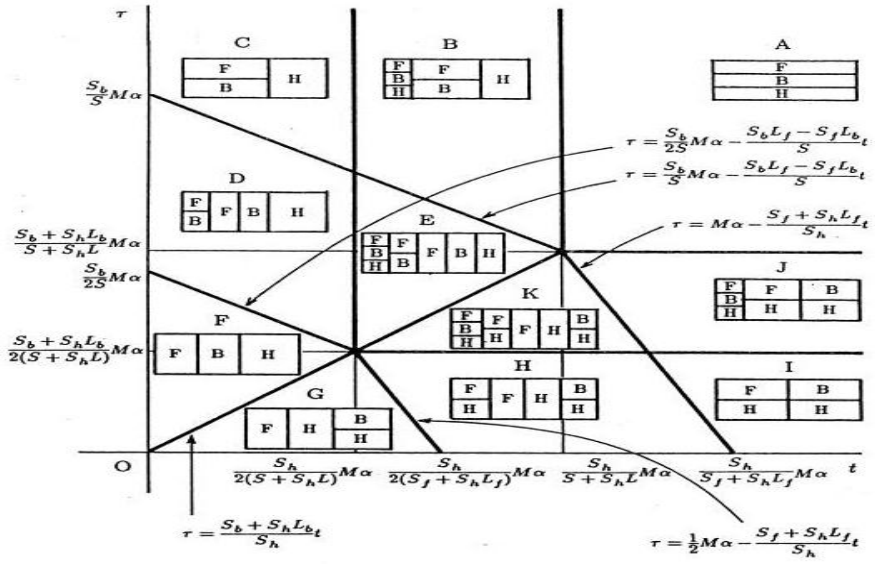
Le modèle de M. Ota et M. Fujita (1993) développe « une approche multi-établissement de la localisation des firmes ». Chaque firme est constituée d'une unité de *front-office* (activités de décision, création, etc.) et d'une unité de *back-office* (facturation clients,

comptabilité, archivage, etc.). Par hypothèse, les unités de *front-office* communiquent les unes avec les autres, alors que chaque unité de *back-office* ne communique qu'avec son unité de *front-office*. Cette distinction découle du degré de codification de l'information. Les informations utilisées dans le processus de production des *back-units* sont standardisées et peuvent donc être échangées à distance, alors que celles qu'utilisent les *front-units* sont essentiellement tacites : leur transmission ne peut pas être effectuée sans dialogue, clarification et « tâtonnement interactif » (Guillain & Huriot, 2000), ce qui souligne l'importance de la proximité spatiale dans ces échanges (Lung, Rallet & Torre, 1999).

Le modèle de M. Ota et M. Fujita (1993) est à externalité spatiale : la simple proximité entre les *front-units* accroît leur profit (note 7, p. 701). Les onze configurations spatiales d'équilibre obtenues (cf. Figure IV-3) sont la résultante des interactions entre les ménages, les *front-units* et les *back-units* sur les deux marchés locaux (marché du travail et marché foncier).

Deux effets sont primordiaux pour déterminer ces configurations : le coût de transport domicile-travail (t en abscisses sur le graphique), qui tend à rapprocher les ménages de l'ensemble des firmes lorsqu'il est élevé ; le coût de communication intra-firme (τ en ordonnées sur le graphique), qui lorsqu'il diminue tend à rendre plus indépendantes les localisations respectives des unités de *back-office* et de *front-office* de chaque firme. La résolution du modèle permet de fixer des valeurs-seuils qui déterminent le basculement d'une configuration à l'autre (cf. Figure IV-2).

Figure IV-3. Les onze configurations d'équilibres (Ota & Fujita, 1993)



Source : Ota & Fujita, 1993

Les principaux résultats issus de ce modèle sont :

- D'une part, la ségrégation de l'espace entre firmes et ménages est d'autant plus forte que les coûts de transport domicile-travail sont faibles, expliquant ainsi l'émergence de concentrations de firmes périphériques par le faible niveau des coûts de déplacement.
- D'autre part, lorsque le coût de communication intra-firme est faible, les *back-units* s'implantent de préférence en périphérie (configurations G, H, et I), tandis que les *front-units* adoptent une localisation centrale, où en vertu de densités d'emploi élevées, la distance inter-firme est faible. On a bien une explication de la spécialisation relative de l'espace urbain, entre le CBD, spécialisé dans les activités de *front-office*, et la périphérie, spécialisée dans les activités de *back-office*.

Dans les analyses présentées ci-dessus, la spécialisation relative du CBD et des centres périphériques peut s'expliquer par une différenciation de l'information utilisée dans le processus de production. Ce type d'approches a permis une avancée importante dans l'explication de la polycentralité, en montrant que les centres périphériques émergents n'étaient pas forcément en concurrence avec le centre historique.

Une limite est cependant l'utilisation d'un cadre d'analyse binaire, qui ne rend pas compte précisément de la variété des activités économiques. Ces approches ne permettent pas d'expliquer certains phénomènes constatés empiriquement, tels que la spécialisation des centres périphériques *entre eux*. Il est possible d'avancer des éléments de réponse à partir de la prise en compte du rôle des « macro-agents » urbains.

2 - *Les mécanismes de spécialisation relative des centres périphériques : le rôle des macro-agents*

Les phénomènes de différenciation sectorielle entre centres périphériques peuvent s'appréhender à partir du rôle des macro-agents urbains (Henderson & Mitra, 1996). Cette littérature souligne que les phénomènes de spécialisation/diversification sectorielle des centres périphériques ne sont pas tant dûs à la sensibilité des firmes aux externalités informationnelles qu'aux économies d'agglomération nées de l'accès aux infrastructures routières et du partage de services communs.

Les macro-agents sont des acteurs dont la taille est telle qu'elle leur permet d'adopter un comportement non-concurrentiel au sein de l'espace urbain (promoteurs d'immobilier de bureaux et gouvernements locaux principalement)[120]. Ils fournissent aux entreprises des espaces aménagés en périphérie. La formation de parcs d'activités par ces macro-agents

[120] On peut également considérer qu'une firme unique, dont la taille est suffisamment importante pour lui conférer un pouvoir de marché, est à l'origine d'une concentration d'emplois assimilable à un centre périphérique. Celui-ci est monofirme, et ne peut donc pas faire l'objet d'une diversification sectorielle.

répond à l'incertitude liée à la localisation périphérique pour une firme donnée : les macro-agents sont susceptibles d'attirer un nombre suffisant de firmes pour réduire cette incertitude.

La localisation des parcs d'activités étant donnée *a priori*, il est possible d'expliquer la spécialisation sectorielle à partir d'une différenciation des externalités d'agglomération présentes dans les centres périphériques émergents. Là réside la différence avec la théorie des *edge cities*, qui suppose une reproduction de l'ensemble des externalités d'agglomération centrale dans les centres périphériques. Les caractéristiques des parcs d'activité sont à la source d'économies d'agglomération différenciées sur trois points essentiels :

- Les économies d'échelle dans l'aménagement des parcs d'activités, qui résultent de l'importance relative des coûts fixes dans le coût total de l'aménagement ;
- L'accessibilité routière ;
- La mise à disposition de biens et services communs.

La spécialisation sectorielle des centres périphériques découle alors de l'adéquation entre les exigences des firmes, spécifiques à leur activité, et le niveau de service fourni par les parcs d'activités.

Une étude empirique menée sur les 93 parcs d'activité de l'agglomération bordelaise et leur spécialisation relative permet de préciser la sensibilité des différents secteurs aux économies d'agglomération fournies par les parcs d'activité (Gaschet, 2003). Le modèle décrivant les comportements de localisation des firmes est un modèle de choix discret, du type *logit* multinomial. Les résultats sont les suivants :

1. Un premier groupe est insensible aux variables d'accessibilité routière et à l'aménagement de parcs d'activité : il s'agit des services aux ménages et du commerce de détail, davantage sensibles à la densité de population ;
2. Un deuxième groupe est très sensible à l'accessibilité routière : ce sont les activités fortement consommatrices d'espace telles que l'industrie ou les transports et le commerce de gros ;
3. Enfin, un troisième groupe est surtout sensible à l'aménagement des parcs d'activités et aux aménités offertes : ce sont principalement les services aux entreprises. On peut supposer que ce type de parcs d'activités est appelé à se diversifier, pour que les entreprises clientes puissent profiter d'économies de variété.

L'explication de la spécialisation des pôles d'activité à l'échelle intra-urbaine repose sur deux facteurs principaux. Une première approche insiste sur la sensibilité des firmes aux externalités d'agglomération et permet d'expliquer les logiques de concentration de certaines activités au CBD, les autres se localisant au sein de pôles périphériques indifférenciés. Une deuxième approche considère le regroupement périphérique des firmes comme le résultat d'une interaction entre des besoins en accessibilité et en services communs, et une offre foncière différenciée. Du point de vue de la structure urbaine, il en résulte une spécialisation relative des pôles périphériques entre eux.

Les causes et les modalités de l'évolution des agglomérations vers une structure polycentrique ont été analysées afin de mieux appréhender ce phénomène complexe qu'est la polycentralité urbaine. Les deux hypothèses de substituabilité et de complémentarité avec le CBD ont semblé être une grille de lecture pertinente pour cette étude. Il est possible maintenant d'analyser les conséquences de l'émergence de centres périphériques sur la mobilité quotidienne.

II - Polycentralité urbaine et mobilité quotidienne : une interaction ambiguë

« The relationships between sub-centring and commuting are complex »
Cervero & Wu, 1998, p. 1073

Les relations entre la polycentralité et la mobilité sont ambiguës. D'un côté l'émergence de multiples centres périphériques d'emploi est à l'origine d'une croissance des distances de déplacement, en raison de la substitution de trajets « atypiques » aux traditionnels trajets radiaux. De l'autre, l'intégration des logiques de localisation des acteurs donne naissance à l'hypothèse d'une localisation conjointe des emplois et des ménages, facilitée par la polycentralité.

A - La polycentralité à l'origine d'une croissance des distances de déplacement

Les déplacements pendulaires, de centre à périphérie, sont progressivement remplacés par des déplacements périphériques et des chaînes de déplacements cumulant différents objectifs. Ces déplacements dits « atypiques », en plus d'être particulièrement adaptés au mode automobile, sont produits par la structure polycentrique de l'agglomération. La résultante en est une croissance des distances de déplacement, que tente de mesurer la technique des « déplacements en excès ».

1 - La croissance des déplacements atypiques ; l'automobile comme mode dominant

Au modèle du déplacement radial, de centre à périphérie, typique de la structure monocentrique, se sont substitués des comportements de déplacements beaucoup plus complexes, pour lesquels l'automobile est le mode dominant. Leur point commun est d'être plus longs : les distances moyennes de déplacement ont augmenté de 3,3 km à 5,14 km entre 1975 et 1990 (Massot & Orfeuil, 1995)[121]. Plus spécifiquement, la distance moyenne

[121] Les distances sont mesurées « à vol d'oiseau ».

domicile-travail est passée de 9 km en 1982 à 14,2 km en 1994 (Kaufmann, 2003)[122]. Ces déplacements sont dits « atypiques ». On en distingue deux sortes.

- **Les déplacements périphériques**[123] et externes au bassin d'emploi.

La part des déplacements dont l'origine comme la destination sont périphériques augmente depuis les années 1970, malgré une relative stagnation en fin de période (*Le Monde*, 19/11/1999, p. 15). L'augmentation des échanges entre bassins d'emplois différents est également notable. Grâce aux infrastructures de transport à grande vitesse (de type rocades et autoroutes) et au faible degré de congestion du réseau, les vitesses de déplacement sont généralement plus élevées pour ce type de trajets, permettant de maintenir, malgré des distances plus longues que les traditionnels déplacements radiaux (cf. Tableau IV-1), des temps de déplacement approximativement constants.

Comme il n'existe pas vraiment d'alternative compétitive en termes de temps de déplacement[124], la part modale de l'automobile est écrasante pour les trajets périphériques, supérieure à 85 % (Aguiléra & Mignot, 2003, pour les six aires urbaines étudiées ici dans le Chapitre III). Entre 1982 et 1994, les distances de déplacement parcourues par les habitants des zones périphériques augmentent d'autant plus que ceux-ci sont effectués en automobile, traduisant l'accroissement des liaisons périphériques et des déplacements externes au bassin d'emploi (cf. Tableau IV-1).

- **Les pérégrinations**.

Les distances de déplacement augmentant, les individus sont encouragés à cumuler plusieurs objectifs pour un même trajet, afin de profiter d'économies d'échelle dans leurs déplacements. Les déplacements multi-objectifs (*multi-purpose travelling*), dits aussi déplacements chaînés, circuits (*tours*) ou encore pérégrinations associent plusieurs motifs de déplacement pour un même trajet[125].

L'augmentation des déplacements pour motifs non professionnels (cf. Tableau IV-2) est un indice de la croissance des pérégrinations. Celles-ci demandent de la vitesse, mais aussi et surtout de la souplesse : il s'agit de pouvoir se déplacer sur la totalité de la surface urbanisée, substituant ainsi dans la consommation des opportunités urbaines le « menu » par la « carte » (Roncayolo, 1990). C'est pourquoi l'automobile, qui n'est pas dépendante des lignes de transports en commun, est particulièrement adaptée à ce type de déplacements.

[122] Source : Enquête Transports 1982 et 1994.
[123] Nous définissons, ici et dans la suite du texte, les déplacements périphériques comme des déplacements dont l'origine et la destination sont périphériques (Perreur, 1988). On les trouve également désignés, surtout dans la littérature américaine, sous le nom de déplacements « circumlinéaires » (*circumlinear travels*).
[124] Malgré la mise en place récente de lignes de transport en commun effectuant des trajets périphériques. Les temps de déplacement sont – souvent de beaucoup – largement favorables à l'automobile.
[125] La pérégrination a ceci de particulier qu'elle associe à l'agrégation des motifs la prise en compte du parcours, comme si le déplacement n'avait pour autre but que lui-même. Ce type de comportements complexes remet en cause la notion de « motif » du déplacement (Krizek, 2003).

Tableau IV-1. Déplacements et distances parcourues selon le type de liaison et la zone de résidence, 1982-1994

Répartition des déplacements et des distances parcourues par type de liaison (en %)
Source : Madre & Maffre, 1997 cités in Kaufmann, 2003

	Déplacements		**Distances parcourues**	
	1982	1994	1982	1994
Centre-Centre	31,1	26,5	12,9	8,4
Centre-Banlieue	7,6	10,4	13	12,5
Centre-Périphérie	4,2	6,5	12,4	13,7
Total radiaux	***42,9***	***43,4***	***38,3***	***34,6***
Banlieue-Banlieue	23,8	23,6	16	14,6
Banlieue-Périphérie	1,4	3,1	5,6	7,1
Périphérie-Périphérie	24,5	21,2	13,8	11,7
Total Périphériques	***49,8***	***47,8***	***35,4***	***33,3***
Hors Bassin	7,3	8,8	26,3	32,1

Evolution des distances parcourues selon la zone de résidence (en km)
Source : Kaufmann, 2003, à partir de RTS n°56

	Distance par jour		**Distance VP par jour**	
	1994	*Evolution 1982-1994*	1994	*Evolution 1982-1994*
Centres	18	*+ 17%*	12,8	*+ 20%*
Banlieues	21,8	*+ 23%*	16,4	*+ 38%*
Périphéries	27,6	*+ 46%*	24	*+ 65%*

Tableau IV-2. Mobilité par motif, en milliards de voyageurs-km/semaine, tous modes mécanisés, 1982-1994

	1994	*Evolution 1982-1994*
Travail, professionnel, études	1,8	*+ 28%*
Affaires personnelles	1,7	*+ 41%*
Loisirs	1,4	*+ 43%*
Retour au domicile	3,4	*+ 41%*
Ensemble	**8,3**	***+ 38%***

Source : Kaufmann, 2003, à partir de RTS n° 56

On voit donc émerger « un patchwork de déplacements entrecroisés » (Cervero, 1998, p. 4). Par rapport aux déplacements radiaux, typiques de la ville monocentrique, ces déplacements sont à la fois plus longs et plus complexes : ils s'effectuent sur des distances plus grandes, la plupart en automobile, et ne sont pas caractérisés par l'unicité de l'origine et de la destination comme les traditionnels trajets « pendulaires ». Leur part croissante dans le total des déplacements peut être associée à l'émergence d'une structure urbaine polycentrique.

2 - Déplacements atypiques et polycentralité

La polycentralité a une double influence sur la mobilité intra-urbaine : d'un côté l'accroissement de la taille ou du nombre de centres périphériques produit une augmentation des déplacements périphériques ; de l'autre, leur spécialisation accroît les distances parcourues. Nous examinerons l'influence de ces deux effets sur les deux types de comportements « atypiques » décrits ci-dessus.

Dans une agglomération polycentrique, le nombre de **déplacements périphériques** s'accroît mécaniquement. C'est même à cela qu'on la reconnaît : une méthode pour détecter les centres périphériques consiste à repérer les zones pour lesquelles le nombre de destinations des déplacements domicile-travail est le plus élevé (méthode dite des « flux dominants » - Berroir *et alii*, 2002). Ainsi, plus le nombre et/ou la taille des centres périphériques s'accroît, plus les déplacements périphériques sont nombreux. En fait, le lien domicile-travail s'est « régionalisé », marquant ainsi la fin du modèle de l'emploi de proximité, comme en atteste par exemple la diminution des déplacements professionnels infra-communaux (Massot & Orfeuil, 1995).

Si la polycentralité augmente le nombre de déplacements périphériques, la spécialisation des espaces au sein de l'aire métropolitaine conduit à accroître les distances sur lesquelles ils sont effectués.

La spécialisation fonctionnelle des espaces peut être provoquée : ce sont les pratiques de zonage, qui attribuent à une partie du sol urbain un usage particulier. Les pratiques de zonage se généralisent sous l'impulsion du Mouvement Moderne, cherchant à rationaliser l'espace urbain. Le zonage « est l'opération faite sur un plan de ville dans le but d'attribuer à chaque fonction (…) sa juste place. Il a pour base la discrimination nécessaire entre les diverses activités humaines réclamant chacune leur espace particulier : locaux d'habitation, centres industriels et commerciaux, salles ou terrains destinés aux loisirs. » (C.I.A.M, 1933, art. 15). Le réseau de circulation doit alors servir à mettre ces espaces « utilement en communication » (*Ibid.*, art. 81).

Cependant, cette logique est aujourd'hui dépassée par les nouveaux enjeux de la mobilité. Le zonage est cause d'un accroissement des distances de déplacement, en multipliant les échanges inter-zones. En dissociant « la fonction et l'unité », en créant « des fragments de ville dans lesquels il est impossible de vivre », le zonage « impose [aux habitants] des déplacements forcés » (OCDE, 1994). De manière plus générale, le zonage est

à l'origine « d'effets-tunnel » : certaines zones spécialisées forment barrage entre l'origine et la destination du déplacement et allongent ainsi les distances de déplacement.

De la même manière que le lien au lieu de travail se régionalise, les **pérégrinations** sont liées au fait que la ville est appréhendée dans sa globalité par les habitants, notamment en ce qui concerne les comportements d'achat (Rollier & Wiel, 1993). Leur nombre augmente au fur et à mesure :

- De la dilatation de l'univers de choix donné au citadin, c'est-à-dire d'un accroissement de la variété des biens et services offerts au citadin. Au niveau global, l'accroissement des besoins est un fait difficilement contestable et peut même être regardé comme une condition de survie du système de production et de consommation de masse (Galbraith, 1961)[126]. Au niveau local, l'accroissement du temps libre dû à la mise en place des 35 heures de travail hebdomadaires permet une diversification des activités de loisir (C.N.T, 2001) ;
- De la spécialisation des espaces, que ce soit en termes de ségrégation résidentielle ou de spécialisation sectorielle des centres périphériques : plus ceux-ci sont spécialisés, plus la longueur des déplacements augmente, incitant les individus, dans une optique d'optimisation du temps, à chaîner leurs déplacements (Wiel, 2003).

L'émergence de la polycentralité et la croissance des déplacements atypiques sont plus que concomitantes : la structure urbaine et la structure des déplacements interagissent sans qu'il soit, bien évidemment, ni possible ni même utile de déterminer précisément la cause ni l'effet. La démocratisation de l'automobile a joué un rôle majeur dans cette double évolution, en permettant des déplacements sur plus longue distance et dans toutes les directions.

Après avoir précisé en termes théoriques l'influence de l'émergence d'une structure polycentrique sur la mobilité quotidienne, il peut paraître intéressant de tenter de quantifier le supplément de déplacements produit par le polycentrisme. C'est l'objet de la littérature sur les « déplacements en excès »

*3 - L'***excess commuting** *: un essai de quantification des déplacements en excès dûs à l'abandon de la structure monocentrique*

L'exposé des présupposés théoriques de la littérature sur les déplacements en excès, ainsi que de la méthode employée pour les mesurer, sont le préalable pour comprendre les différents ordres de grandeur avancés.

[126] Même si certaines analyses originales sont basées sur le thème « trop de choix tue le choix » (B. Shwartz, La tyrannie du choix, *Courrier International*, n° 695, 26/02/2004 – Source : *New Statesman*).

(a) Théorie et méthode

La littérature sur les déplacements en excès (*excess commuting*) analyse les changements dans les distances moyennes de déplacement liés au passage à une structure urbaine polycentrique.

Dans le cadre du modèle monocentrique de la N.E.U, tous les emplois sont par hypothèse localisés dans le centre. La distance moyenne de déplacement est donc égale à la distance moyenne entre la résidence et le centre-ville. Elle est minimale par définition : il est impossible de trouver une autre structure de localisation résidentielle qui diminuât la distance moyenne de déplacement.

En relâchant l'hypothèse du centre comme unique « tête de pont », les emplois peuvent se déconcentrer, par exemple suite à la construction d'une infrastructure périphérique de transport (White, 1976). Le problème du ménage est alors de maximiser son utilité en arbitrant entre le coût du logement et le coût de l'accès non plus au centre, mais à l'emploi périphérique. Si la rente continue d'être décroissante avec la distance au centre, le ménage se localise optimalement sur le rayon imaginaire qui relie son emploi au centre-ville, du côté suburbain. Si ce n'est pas le cas, il y a toujours une possibilité de relocalisation qui permet d'effectuer des économies sur les déplacements tout en conservant l'hypothèse d'indifférence de localisation dérivée de la condition de Muth (Muth, 1969 ; cf. Chapitre I). L'équilibre est atteint en supposant un salaire moindre pour les emplois périphériques afin de compenser la diminution des coûts de déplacement. Cette solution de marché minimise les distances de déplacement de manière encore plus efficace que le modèle monocentrique (White, 1988).

Cependant, la décentralisation de l'emploi fait émerger la possibilité de distances moyennes de déplacement supérieures au minimum, en supposant possibles les déplacements périphériques. Dès lors, le surplus de distance parcourue est considéré comme un « gaspillage » (*wasteful*) par rapport à la structure optimale où chaque citadin réside sur le rayon qui relie son emploi au centre-ville. La différence entre les distances réellement parcourues et les distances minimales est ce qui forme les déplacements en excès.

Le *wasteful commuting* est donc celui qui pourrait être éliminé en incitant les individus à échanger leur lieu d'emploi ou de résidence (Hamilton, 1982) jusqu'à l'obtention de la solution optimale. Il se mesure comme la différence entre la distance moyenne de déplacements et celle qui pourrait être obtenue si tous les ménages se localisent sur la droite qui relie le CBD à leur lieu d'emploi. Les résultats obtenus divergent pour des raisons de méthode.

(b) Principaux résultats

B. W. Hamilton (1982), pour quatorze grandes villes américaines, obtient une distance optimale de 1,1 *mile*. La comparaison avec les distances effectivement parcourues (8,7 *miles* en moyenne) donne une distance en excès de 7,6 *miles*. La distance moyenne de déplacement obtenue à partir d'une hypothèse de localisation aléatoire des firmes et des ménages (sous

l'hypothèse d'indifférence des ménages aux coûts de transport) serait d'environ 12 *miles* : les distances effectivement parcourues représentent donc 75% des distances aléatoires.

Ce résultat rentre en contradiction avec des données françaises : dans les grandes ZPIU françaises, les distances effectivement parcourues sont 5 fois plus faibles (6 fois à Paris) que les distances issues d'une simulation aléatoire (Massot & Orfeuil, 1995).

La mesure du *wasteful commuting* adoptée par B. W. Hamilton est peut-être trop simpliste. Pour M. J. White (1988), elle inclut trois facteurs séparés dont seul le dernier peut réellement être assimilé à de l'excès de déplacement, les deux autres étant des contraintes qui s'imposent aux ménages : la concentration des firmes dans les centres périphériques (qui exclut *de facto* l'habitat) ; l'influence du réseau viaire ; enfin, le *cross-commuting* (déplacements périphériques), qui pourrait être diminué si les individus changent de lieu de résidence et/ou d'emploi. De plus, la variable qui guide les comportements est le temps de déplacement. Elle définit donc une nouvelle méthode de calcul des déplacements en excès à partir de la durée du trajet, en comparant la durée effective et la durée optimale. La proportion du temps de déplacement en excès est évaluée à seulement 11% du temps de déplacement effectif à partir d'un échantillon de 25 grandes villes américaines.

La réponse de B. W. Hamilton (1989) consiste à utiliser la même technique de calcul, mais à partir des distances de déplacement. Si le temps de déplacement est la variable qui guide les comportements, la véritable variable d'*output* du processus de localisation est pour lui la distance de déplacement. Avec cette technique, il obtient un montant de déplacements en excès de 47% pour Boston.

K. Small et S. Song (1992) contestent le niveau d'agrégation utilisé par B. W. Hamilton et M. J. White : les données à l'échelle métropolitaine biaisent les résultats. Ils proposent l'utilisation de données à l'échelle intra-urbaine. Une application à la région métropolitaine de Los Angeles leur permet d'obtenir un excès de déplacements qui s'élève à 66 % pour le temps et 69 % pour les distances. Des résultats très proches par ailleurs de ceux de G. Giuliano et K. Small (1993), qui obtiennent des montants de déplacements en excès de 63 % (pour les temps de déplacement) et 66 % (pour les distances de déplacement), également à Los Angeles. Le Tableau IV-3 résume l'état de la littérature sur les déplacements en excès.

La concentration des emplois semble diminuer les déplacements en excès (Giuliano & Small, 1993). Après avoir détecté les principaux centres d'emploi de la région de Los Angeles[127], l'estimation des temps de déplacement en direction de ces centres aboutit à des valeurs de 9 à 20 minutes, et de 3 à 6 minutes pour les zones qui ne sont pas considérées comme centres d'emploi. Or les temps effectifs sont quasiment égaux, ce qui tend à montrer que la concentration périphérique est un facteur d'optimisation des comportements de déplacement par rapport à leur dispersion.

[127] Sur les critères suivants : une densité minimale de 10 emplois par acre et un nombre minimum de 10.000 emplois.

Tableau IV-3. Les déplacements en excès : résultats de quelques études

Etude	*Echantillon*	Déplacements optimaux estimés	Déplacements effectifs	Pourcentage de déplacements en excès
Hamilton (1982)	*14 grandes villes américaines*	1,1 mile	8,7 miles	87,1%
Hamilton (1982)	*27 villes japonaises*	1,83 min.	6 – 8 min.	70% - 77%
White (1988)	*25 grandes villes américaines*	20 min.	22,5 min.	11,1%
Hamilton (1989)	*Aire métropolitaine de Boston*	4,82 miles	9,11 miles	47,1%
Small & Song (1992)	*Aire métropolitaine de Los Angeles*	3,10 miles	10,03 miles	69%
		7,59 min.	22,06 min.	66%
Giuliano & Small (1993)	*Aire métropolitaine de Los Angeles*	Non précisés		66%
		8,4 min.	22,98 min.	63%

La technique de mesure des déplacements en excès est bien sûr largement critiquable, notamment sur le fait qu'elle considère l'espace de la ville comme un espace neutre : il est possible à tout ménage, s'il le désire, de se localiser sur le rayon qui passe par son lieu d'emploi. Outre le fort degré de simplification qu'une telle hypothèse implique, elle bloque la possibilité d'une explication de l'excès de déplacements : quelle est en effet la raison qui pousse les ménages à ne pas se localiser suivant ce principe d'optimalité ?

La réponse tient sans doute à la non-neutralité de l'espace urbain, c'est-à-dire aux différences dans les usages du sol, comme le précise M. J. White (1988), pour qui l'excès de déplacement est notamment dû à la présence d'infrastructures de transport et de concentrations d'emploi périphériques. Les différents ordres de grandeur obtenus dans la littérature sur les déplacements en excès soulèvent le problème du principe de localisation optimale des ménages. La question porte sur l'existence de ce principe autant que sur le critère de l'optimisation. Le choix de localisation du domicile par rapport à l'emploi semble davantage dépendre du temps de transport que des distances de déplacement *per se*, comme l'indiquent aussi bien les comparaisons entre temps et distances que la loi de Zahavi. Pour rester dans une fourchette de temps acceptable, les ménages auront tendance à ne pas se localiser à trop grande distance de leur lieu d'emploi, voire à s'en rapprocher en cas de modification de leur situation.

L'hypothèse de localisation conjointe des ménages et des firmes a été largement discutée. Elle vient relativiser les arguments ci-dessus exposant la croissance des distances de déplacement due à l'émergence d'une structure urbaine polycentrique.

B - L'hypothèse de localisation conjointe des firmes et des ménages

La polycentralité est à l'origine de l'augmentation du nombre de déplacements périphériques. Si ce type de déplacements s'effectue *a priori* sur des distances plus longues (cf. Tableau IV-1), il est nécessaire de prendre en compte les logiques d'acteurs, car les ménages ont la possibilité de se (re)localiser à proximité de leur lieu d'emploi. La localisation conjointe est supposée être facilitée par de faibles densités et la présence de centres périphériques. Elle est cependant remise en cause sur une base théorique et empirique, cette dernière pouvant se fonder sur la dissociation entre l'habitat et les lieux d'emploi.

1 - Etalement, polycentralité et relocalisation domicile-travail

La décentralisation des emplois aurait facilité la localisation conjointe (*co-location*) des firmes et des ménages. Cet argument découle du « *commuting paradox* » énoncé par P. Gordon *et alii* (1991). L'étude des temps de déplacement automobiles des vingt plus grandes villes américaines leur permet de relever une étrangeté : une baisse (significative pour 9 villes sur 20) de la durée du trajet alors que l'étalement s'est accru et la congestion a semble-t-il augmenté. Ils surmontent ce paradoxe apparent en supposant (mais non en vérifiant) des ajustements dans la localisation relative des firmes et des ménages.

A la suite d'une étude de la mobilité à Washington D.C., D. M. Levinson et A. Kumar (1994) constatent que les temps de déplacement domicile-travail sont restés constants depuis 1968 quel que soit le mode utilisé. Ils étendent l'argumentation précédente en faisant appel à la notion de *locator* due à Benjamin Chinitz. Le *locator* est l'ensemble des agents (ménages, entreprises, institutions publiques) qui déterminent la structure urbaine par le jeu de leurs localisations respectives. La stratégie de ces agents est rationnelle et consiste en de « périodiques relocalisations afin de maintenir constantes les durées de déplacements domicile-travail face à des besoins changeants » (*Ibid.*, p. 320).

Nous voyons dans cet argument l'expression d'un phénomène appelé « sectorisation ». L'étalement a augmenté les distances de déplacement, qui pour les ménages localisés à la frange de l'agglomération peuvent devenir toutes choses égales par ailleurs fort élevées. Pourtant, la loi de Zahavi spatiale énonce la constance des temps de déplacement, même pour les ménages les plus éloignés. Les ménages ont donc bien échangé les gains d'accessibilité liés à l'automobilisation contre un surcroît d'espace pour le logement, en se localisant massivement en périphérie (Dupuy, 2002). Mais cette localisation ne se fait pas aléatoirement et doit respecter la loi de Zahavi spatiale : la distance du domicile au lieu de travail doit être telle que le temps de déplacement est approximativement de 30 minutes. Pour optimiser leurs

temps de déplacement les ménages situés à l'extrême limite de l'agglomération ont tendance à se localiser dans le même « secteur » (au sens géométrique du terme) que leur lieu d'emploi : les distances de déplacement sont ainsi plus faibles et l'on peut expliquer la constance des temps de déplacement (Wiel, 1999, 2001, 2003).

Notre étude empirique sur six aires urbaines françaises (cf. Chapitre III) a suggéré la possibilité d'existence d'un phénomène de ce type : les distances de déplacement deviennent constantes (voire décroissent légèrement) à partir d'un certain éloignement du centre, et l'on assiste à un transfert modal de l'automobile vers les TC et la MAP.

On peut mettre en relation la sectorisation, l'étalement urbain et l'émergence de centres périphériques. Le phénomène de sectorisation émergera d'autant plus volontiers que l'étalement urbain est fort. L'idée est que la faible pression foncière à la frange de l'agglomération (davantage de terrains sont disponibles pour l'usage résidentiel à moindre coût) diminue la concurrence sur le sol et ouvre davantage d'opportunités dans le choix de la localisation résidentielle[128]. On trouve confirmation du constat de P. Gordon *et alii* (1991) selon lequel les diminutions de temps de transport les plus élevées sont enregistrées dans les villes les moins denses, ce qui revient à dire que la facilité d'ajustement est d'autant plus grande que la densité est faible. C'est pourquoi, en ce qui concerne le problème de la mobilité, « la suburbanisation est la solution (…), pas le problème » (Gordon & Richardson, 1997b, p. 276).

La sectorisation est facilitée par l'émergence de centres périphériques, qui servent de « relais » au centre traditionnel et permettent à l'étalement de s'amplifier tout en maintenant constants les temps de déplacement : « les économies de temps sont plus facilement réalisées en périphérie en raison des multiples centres d'emplois qui s'y trouvent, et fournissent des opportunités pour habiter à proximité du lieu de travail » (Levinson & Kumar, 1997, p. 320 ; voir aussi Anas *et alii*, 1998). Ainsi l'émergence d'une structure polycentrique suppose la fragmentation de l'agglomération en sous-marchés de l'emploi, propres à chaque pôle, autour desquels se développerait une zone résidentielle qui accueillerait les actifs travaillant dans ces pôles. Cette vision correspond en fait à la multiplication, dans une même aire urbaine globalement polycentrique, d'une multitude de zones dont la structure locale correspond au modèle monocentrique. Ainsi P. Gordon *et alii* (1989) constatent qu'à Los Angeles la majorité des flux de déplacement (plus de 50%) se font entre les pôles d'activité périphériques et leur couronne (*donut*). Dans son étude sur les centres périphériques de l'agglomération bordelaise, F. Gaschet (2000) obtient un résultat comparable : apparemment, chaque centre est supposé générer, de manière indépendante, son propre gradient de densité résidentiel, ce qu'il propose de caractériser comme un espace « multimonocentrique ».

[128] Sans oublier les collectivités locales périphériques qui cherchent à attirer les résidents pour accroître leur base fiscale.

2 - *La critique de l'hypothèse de localisation conjointe*

L'argument selon lequel la localisation des ménages et des firmes à proximité les uns des autres est réfuté par plusieurs auteurs. Une réfutation qui porte aussi bien sur les résultats empiriques que sur leur interprétation.

Les résultats empiriques à la base de l'hypothèse de localisation conjointe sont infirmés par une étude de R. Cervero et K.-L. Wu (1998) sur l'agglomération de San Francisco. Après avoir déterminé, sur des critères de taille et de densité d'emploi, 21 centres périphériques d'emploi, ils montrent à partir d'une analyse de variance que les distances comme les durées de déplacement domicile-travail ont significativement augmenté entre 1980 et 1990, de respectivement 27% et 24% pour les centres les plus petits et les plus récents. L'augmentation des distances a été le principal facteur de l'augmentation des *VMT* (*Vehicle-miles traveled*, distance parcourue par véhicule multipliée par le nombre de véhicules) par employé, devant les transferts modaux. Ces résultats montrent que « l'hypothèse de co-localisation n'est pas vérifiée » (p. 1067) pour la période et l'agglomération considérées.

Une étude récente portant sur les pôles d'emplois de la région parisienne confirme ce diagnostic. A partir des données des RGP depuis 1975, A. Aguiléra (2004) relève une forte croissance des flux inter-pôles (+ 50%), qui se traduit mécaniquement par un accroissement des distances moyennes de déplacement domicile-travail (de 9,6 km à 11,9 km, soit + 32%). Ces évolutions traduisent selon elle une moindre attention à la proximité dans les logiques de localisation. Au niveau de l'aire urbaine, ils montrent « une atténuation sensible du fonctionnement en sous-marchés [de l'emploi], au profit de secteurs géographiques plus larges » (*Ibid.*, p. 10).

La critique de l'hypothèse de localisation conjointe est également théorique. Elle repose sur la contestation de l'hypothèse de ville « auto-régulatrice » (*self-regulating city*). L'hypothèse d'un rapprochement spontané entre domicile et travail constitue une interprétation trop « mono-causale » (Newman, Kenworthy & Vintila, 1995, p. 59) des comportements de mobilité qu'expriment les données sur les temps et les distances de transport. En effet, l'hypothèse de localisation conjointe est juste mentionnée sans jamais être vérifiée. Elle est, selon L. S. Bourne (1991, p. 510), « basée sur des notions préconçues de la manière dont le processus de développement urbain opère et de quels résultats de ce processus sont considérés comme désirables ou pas ».

En fait, même en acceptant l'hypothèse de localisation conjointe des ménages et des firmes pour maintenir les temps de déplacement inchangés, on peut supposer que la facilité de relocalisation a permis à de nombreux producteurs et consommateurs « d'éviter d'assumer (*to address*) les impératifs d'efficacité de long terme » (Bourne, 1992, p. 510) : les agents qui opèrent à la marge de l'agglomération évitent de payer leur part des coûts sociaux et environnementaux de leur relocalisation, par exemple en se localisant dans des zones où les taxes sont plus faibles, ou en produisant par leurs déplacements des nuisances que les résidents plus centraux subissent (Nicolas *et alii*, 2001, 2002). La relocalisation serait à

l'origine d'un phénomène de « passager clandestin » ou d'un syndrome NIMBY (*Not in my Backyard*, « pas dans mon jardin »).

Si empiriquement l'hypothèse de localisation conjointe des ménages et des firmes ne peut être validée, il est nécessaire de déterminer les facteurs de cette non-vérification.

3 - Les facteurs de la dissociation spatiale de l'habitat et du lieu d'emploi

La non-validation de l'hypothèse de localisation conjointe des ménages et des firmes revient à se demander pourquoi les déplacements ne jouent qu'un rôle limité dans le choix de la localisation résidentielle.

Une première raison est la diminution de l'importance des déplacements domicile-travail dans le total des déplacements (e. g. Wiel, 2003) ; les logiques de localisation des ménages seraient moins affectées par la proximité à l'emploi. Plus généralement, il est possible de supposer qu'une telle variété de facteurs déterminent la localisation résidentielle que les coûts de transport n'y jouent qu'un rôle parmi d'autres (Giuliano & Small, 1993).

On peut déceler deux sources de dissociation spatiale de l'habitat et de l'emploi : les modifications du rapport à l'emploi et un mauvais appariement spatial entre les emplois et les actifs.

(a) Les modifications du rapport à l'emploi

Les modifications du rapport à l'emploi sont une double source de non-vérification de l'hypothèse de localisation conjointe (Ross & Dunning, 1997).

D'une part, l'accession massive des femmes au marché du travail a provoqué la multiplication des ménages bi-actifs. La logique de localisation du ménage s'en trouve compliquée : le choix du lieu de résidence est plus faible. Selon certains auteurs, l'influence de l'accession des femmes au marché du travail sur la vérification de l'hypothèse de localisation conjointe a été exagérée, la biactivité renforçant au contraire la contrainte de proximité dans la localisation (i.e. par rapport à d'autre facteurs ; Kaufmann, 1999).

D'autre part, l'accroissement du nombre d'emplois différents dans une même vie active (*job turnover*) n'implique pas nécessairement une relocalisation résidentielle à chaque changement du lieu de travail. Cette hypothèse est compatible avec les résultats de G. Giuliano (1998) qui mène une analyse de la mobilité quotidienne de ceux qu'elle appelle les « travailleurs contingents » (*contingent workers*), c'est-à-dire n'ayant pas d'attache à long terme avec un employeur particulier[129]. Leurs distances de déplacement sont bien supérieures à la moyenne, traduisant « une plus faible accessibilité aux emplois spécialisés ou *des décisions de localisation moins dépendantes du lieu d'emploi ou les effets de l'incertitude de l'emploi* » (p. 1093, souligné par nous).

[129] L'adjectif *contingent* signifie également « indépendant ».

(b) L'hypothèse de mauvais appariement spatial entre emplois et actifs

Une autre raison pour laquelle l'hypothèse de localisation conjointe est infirmée par les faits peut provenir d'un retard dans la production de logements à proximité de pôles périphériques d'emploi, à la croissance extrêmement rapide, produisant un décalage temporel entre la localisation des emplois et celle des ménages (Cervero & Wu, 1998). Ce retard est encore accentué par les pratiques de zonage ségrégatif (*exclusionary zoning*).

L'hypothèse de mauvais appariement spatial généralise le raisonnement précédent : la dissociation spatiale entre habitat et emploi provient de pratiques, spontanées ou dirigées, de ségrégation qui excluent une partie de la population métropolitaine de l'accès à certains sous-marchés de l'emploi. Depuis qu'elle a été proposée par J. Kain en 1968, elle a été l'objet de nombreuses évaluations empiriques ; pourtant la question du lien avec la forme urbaine n'a jamais été abordée explicitement à notre connaissance.

L'hypothèse de mauvais appariement spatial exprime la disjonction spatiale entre habitat et emplois. Les taux de chômage particulièrement élevés des centre-villes américains proviennent d'un accès plus difficile au marché du logement suburbain, et de la difficulté afférente de saisir les opportunités sur les marchés périphériques de l'emploi, plus dynamiques.

En articulant ainsi marchés du logement et marchés locaux de l'emploi, les différentiels de taux de chômage peuvent s'expliquer à partir des processus de ségrégation résidentielle. Les mécanismes de ségrégation au sein de l'espace urbain ont été étudiés dans le chapitre I. Nous avons vu en quoi ils jouaient sur l'étalement. On avait insisté sur leur aspect cumulatif et auto-entretenu, qui provient d'une tendance spontanée au regroupement d'individus aux structures de préférences identiques, du jeu fiscal des collectivités locales, et de l'existence d'externalités foncières locales.

La ségrégation provoque par définition un blocage des mobilités résidentielles. Elle est « l'arthrose » de l'articulation des marchés du logement et de l'emploi. L'ajustement des localisations entre domicile et lieu de travail est contraint. La localisation conjointe est donc impossible.

La ségrégation des populations sans emploi dans les zones *centrales* n'est pas anodin. C'est en effet le lieu le plus accessible de la ville, celui qui permet de couvrir le plus grand nombre de destinations à durée ou distance de déplacement donnée. C'est aussi le lieu qui offre la meilleure desserte en transports en commun. De la part des populations au chômage, la localisation de la résidence à proximité du lieu d'emploi n'a évidemment aucun sens. La localisation optimale serait plutôt celle qui assure l'accessibilité à un nombre maximal d'opportunités d'emploi. La localisation centrale est donc un choix rationnel de la part des populations qui effectuent une recherche d'emplois active, doivent se déplacer fréquemment et vers des destinations non déterminées *a priori*, et qui de plus n'ont pas forcément accès à l'automobile, pour des raisons de revenu. G. Dupuy (2002) appelle cet effet l'effet « grégaire », qui voit s'agglomérer les populations sans emploi, captives des modes alternatifs de transport, dans le centre-ville.

L'étude de F. Gaschet et N. Gaussier (2003) tente d'évaluer la portée de l'hypothèse de mauvais appariement spatial avec une application à l'aire métropolitaine de Bordeaux. La variable expliquée est le taux de chômage global par commune. Les contraintes pesant sur la mobilité (nombre de ménages sans voiture et proportion d'actifs occupés utilisant les TC pour se rendre à son lieu d'emploi) accroissent significativement le taux de chômage ; l'effet de la ségrégation résidentielle est mesuré par la part des HLM dans le total des logements, qui influence positivement le taux de chômage. En revanche, la variable d'inertie (part des ménages résidant dans la même commune en 1990 et 1999) n'est pas significative. Ce dernier résultat est intéressant ; une forte mobilité résidentielle n'est pas associée à un taux de chômage plus faible. Autrement dit, les zones les plus dynamiques du point de vue de l'emploi n'attirent pas les actifs sur leur territoire, ce qui signifie que l'hypothèse de localisation conjointe n'est pas forcément vérifiée pour Bordeaux.

Les considérations qui précèdent sur l'émergence d'une structure urbaine polycentrique et ses conséquences sur la mobilité quotidienne incitent à dépasser une simple analyse de la relation densité-mobilité telle que celle qui a été menée dans la première partie. La question se pose alors, plus large, de l'influence des modalités de l'usage du sol sur la mobilité quotidienne.

SECTION II - L'INTERACTION ENTRE LES USAGES DU SOL ET LA MOBILITE QUOTIDIENNE

Etant donné l'émergence dans l'espace urbain de centres d'emplois aux spécialisations plus ou moins marquées, il semble indispensable de prendre en compte la dimension qualitative de la forme urbaine dans l'étude de ses liens avec la mobilité quotidienne. Après une revue de la littérature sur ce sujet, nous verrons que la prise en compte de l'influence des modalités d'usage du sol sur la mobilité quotidienne débouche sur l'amendement du modèle de Ville Compacte en faveur d'un modèle de « Ville Cohérente ».

I - Caractérisation de la forme urbaine et lien avec la mobilité quotidienne

L'objectif de la littérature sur l'interaction entre forme urbaine et mobilité quotidienne est de relier statistiquement, à l'échelle intra-urbaine, les caractéristiques d'usage du sol et les comportements de mobilité – et de les expliquer (Handy, 1996, p. 153). Les comportements de mobilité sont généralement décrits à partir de quatre variables : la mobilité proprement dite (le nombre de déplacements), la longueur des déplacements, le partage modal et, résultante

des trois premières et de ce fait véritable *output* du système de transport intra-urbain, le nombre de véhicules-kilomètres par personne (Ewing & Cervero, 2001). Cette dernière variable est de plus souvent utilisée pour approcher la dépense énergétique individuelle, et constitue donc une variable stratégique en termes politiques.

Après une revue méthodologique des études portant sur l'interaction forme urbaine-mobilité, qui recense les diverses techniques utilisées, il sera fait un exposé des principaux résultats empiriques avancés par ces études.

A - La diversité des méthodes employées : une revue

Les études portant sur le lien entre forme urbaine et mobilité peuvent être rangées dans cinq catégories (Handy, 1996).

Les *études de simulation* forment la première catégorie. Elles modélisent les relations entre mobilité et usage du sol afin de prévoir les implications de différents types de développement sur les déplacements. Elles s'appuient sur des études empiriques pour formuler leurs hypothèses, mais ne réalisent pas de test infirmatif sur les conclusions du modèle. Leur objectif est de prévoir et non de vérifier. Nous n'aborderons pas ce type d'études dans notre revue de la littérature, tournée vers les résultats empiriques.

Les *analyses agrégées* utilisent des données à l'échelle de l'unité spatiale. Elles visent à mettre en relation les caractéristiques d'usage du sol et les caractéristiques de mobilité pour chaque zone. Les tests empiriques utilisent une grande variété d'outils statistiques, allant des simples analyses de corrélation (Frank & Pivo, 1994) à des techniques de régression avancées, telle l'estimation d'un modèle *probit* hiérarchique (Boarnett & Crane, 2001). On compte parmi ces études les comparaisons de villes (Newman & Kenworthy, 1989a, 1989b, 1998), mais aussi l'analyse de l'interaction entre la mobilité et l'usage du sol à l'échelle intra-urbaine. Nos propres travaux empiriques (cf. Chapitre V) se rangent dans cette catégorie.

Les *analyses désagrégées* se basent sur les données individuelles de mobilité. La forme urbaine est appréhendée au niveau le plus fin possible. Les outils statistiques utilisés sont les mêmes que dans les approches agrégées. Ces études impliquent un coût élevé de recherche des données, qui peut être justifié par la précision des résultats.

Les *modèles de choix modal* forment une quatrième catégorie. Ils utilisent également des données désagrégées, mais sont basés sur la théorie économique du choix : le choix modal découle de l'utilité qui est retirée de son utilisation. Les modèles *logit* multinomiaux constituent la majorité des applications de ce type d'approche au problème du choix modal.

Enfin, *l'analyse basée sur l'activité* (activity-based analysis) cherche à expliquer les comportements de mobilité à partir de données socio-démographiques individuelles. L'objectif est de les combiner pour définir des idéaux-types, des « modes de vie », et d'en déduire des différences significatives en termes de comportements de mobilité. Les techniques utilisées sont moins des tests économétriques que des analyses qualitatives et de correspondance (e.g. Kaufmann, 1999 ; Kaufmann *et alii*, 2001). Cependant, ce type d'approches se réfère rarement à l'usage du sol (Crane, 1999).

Les études portant sur le lien entre usage du sol et mobilité sont diverses du point de vue de la méthodologie adoptée. Elles cherchent toutes à caractériser la forme urbaine et son interaction avec les comportements de mobilité. Une revue de la littérature permet de présenter les principaux résultats empiriques obtenus.

B - Une revue empirique de l'interaction entre forme urbaine et mobilité quotidienne

La littérature sur l'interaction entre forme urbaine et mobilité est extrêmement foisonnante. Il est délicat d'opérer une synthèse des résultats[130], dans la mesure où la caractérisation de la forme urbaine n'est jamais la même selon les auteurs. Ainsi, « le lecteur est laissé avec la vision fugitive de nombreux arbres plutôt qu'une vue panoramique de cette forêt de recherche complexe et riche » (Ewing & Cervero, 2001, p. 87).

L'examen de l'interaction entre forme urbaine et mobilité se fait suivant trois axes, appelés les « 3D » par R. Cervero et K. M. Kockelman (1997) : la densité, la diversité et le dessin[131].

- L'influence théorique de la **densité** sur la mobilité, y compris à l'échelle intra-urbaine, a été longuement discutée dans le Chapitre II. Nous n'y reviendrons pas ;
- La **diversité** des usages du sol, c'est-à-dire la répartition des fonctions dans l'espace urbain ;
- Le **design** (dessin) urbain, c'est-à-dire la répartition des bâtiments et des voies, ou la forme urbaine « visible ».

Ces deux derniers éléments permettent de caractériser la forme urbaine plus précisément que la simple densité. L'analyse de leur influence sur la mobilité quotidienne permet une meilleure compréhension de l'interaction entre forme urbaine et mobilité. Pour suivre S. Handy (1996, p. 153), « l'objectif est de comprendre quelles caractéristiques de la forme urbaine sont liées, individuellement ou de manière combinée, aux déplacements. »

1 - La diversité des usages du sol

La diversité des usages du sol est vue comme un moyen de rendre la forme urbaine « cohérente ». L'idée est que *plus les usages du sol sont variés, plus la probabilité qu'une destination soit proche de l'origine est élevée*. La diversité est donc supposée être, au même titre que la densité, un facteur de « mobilité durable ». De manière générique, on entend par

[130] Seules les relations significatives à 5% sont reportées ici.
[131] Nous avons traduit littéralement l'expression *urban design*, qui exprime l'idée de forme urbaine visible. Ceci recouvre le tracé des rues, la taille des blocs, etc. On comprendra mieux, à travers la liste des variables testées, ce qui est généralement entendu par le terme « dessin urbain ».

diversité la mixité fonctionnelle de l'usage du sol. Si les définitions varient suivant les auteurs, c'est parce qu'ils n'utilisent pas tous le même référentiel de fonctions urbaines. La définition comme la mesure de la diversité dépendent donc des fonctions retenues.

(a) L'équilibre entre emplois et résidences

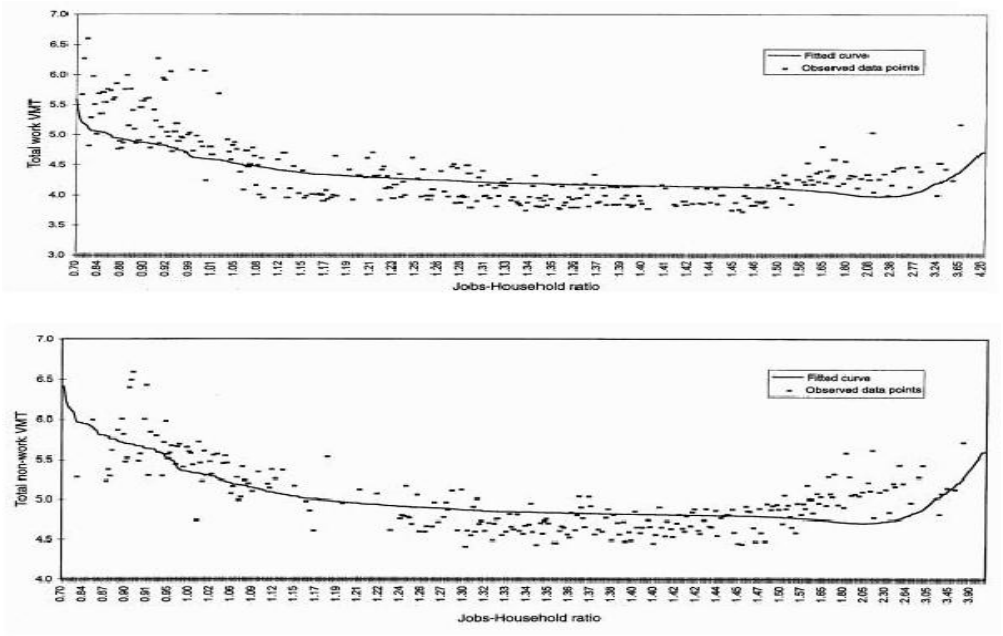
La définition la plus simple de la diversité est l'équilibre entre emplois et résidences (*jobs-housing balance*), c'est-à-dire le partage du sol entre activités résidentielle et de production. Un partage équilibré entre ces deux fonctions est associé à la proximité géographique du domicile au lieu d'emploi. La mesure de la diversité passe alors par un simple ratio emplois/résidents, considéré « comme un indicateur de la mixité (diversification / intégration / ségrégation fonctionnelle) de chaque commune » (Camagni *et alii*, 2002, p. 126). Dans une étude portant sur l'aire métropolitaine de Milan en Italie, ce ratio est négativement associé à l'impact écologique de la mobilité[132], ce qui signale pour les auteurs « un impact croissant avec (…) le renforcement du caractère résidentiel des communes » (Camagni *et alii*, 2002, p. 126).

Z.-R. Peng (1997) souligne le biais introduit par le découpage spatial : tenter d'expliquer la mobilité d'une zone par l'équilibre entre emplois et résidences dans cette zone revient, en théorie, à mettre l'accent sur les déplacements internes à la zone. La régionalisation du lien domicile-travail, déjà relevée (cf. *supra*), impose de ne pas négliger cet argument. Il propose l'adoption d'une « échelle méso (*a meso scale*) », ce qui revient à mesurer l'équilibre entre emplois et résidences au niveau de l'unité spatiale définie par le cercle ayant comme centre la résidence et de rayon égal à la distance médiane de déplacement (soit 5-7 *miles*).

A partir de données sur l'aire métropolitaine de Portland (Oregon), une « ville américaine de taille moyenne typique » (p. 1230), il effectue une analyse des distances moyennes de déplacement et du nombre de véhicules-kilomètres par personne émis (*Vehicle-miles traveled* (*VMT*) *per capita*) en fonction du ratio emplois/résidents de la zone. Il utilise la technique des régressions *spline* cubiques (cf. pour rappel Encadré III-2). Il obtient, pour les deux variables expliquées, une courbe en forme de « U » écrasé (cf. Figure IV-4).

[132] Sous différentes hypothèses, l'impact de la mobilité mesure la consommation énergétique par déplacement, constituant ainsi une *proxy* du coût environnemental de la mobilité (Camagni *et alii*, 2002, pp. 122-123).

Figure IV-4. *VMT (vehicule-miles traveled)* par individu et ratio emplois/ménages ajusté par une fonction *spline* cubique à Portland (Oregon), selon le motif (professionnel et autres)



Source : Peng, 1997

Il y associe trois commentaires :

- La forme générale décroissante confirme les attendus théoriques concernant l'influence de la diversité des usages du sol sur la mobilité : plus le ratio emplois/résidents est élevé, plus les distances moyennes de déplacement et le nombre de *VMT* par personne est faible ;
- L'aplatissement de la courbe suggère la saturation de l'effet de l'équilibre des emplois et des résidences sur la mobilité, notamment au-delà d'un seuil de 1,2 ;
- Enfin, la comparaison des deux variables expliquées montre que les distances de déplacement décroissent plus rapidement avec le ratio emplois/résidents que le nombre de *VMT* par personne : avec l'augmentation relative du nombre d'emplois de la zone, les individus se déplacent sur de plus courtes distances mais plus souvent.

La variable emplois étant fondamentalement hétérogène, il est possible que les différents types d'emplois n'aient pas la même influence sur les comportements de mobilité. Il est donc pertinent d'examiner l'interaction entre la répartition sectorielle des emplois (c'est-à-dire la spécialisation fonctionnelle des espaces) et les comportements de mobilité.

(b) La répartition sectorielle des emplois

Une première solution consiste à distinguer les emplois à portée locale, par exemple le commerce de détail ou les services aux particuliers, des emplois à portée plus large, nationale ou internationale, tels l'industrie ou les transports. Cette distinction oblige à distinguer les déplacements domicile-travail des déplacements liés aux achats, ces derniers étant *a priori* plus sensibles à la localisation des emplois de proximité.

Utilisant le *NPTS* (*National Personal Transportation Survey*) de 1995, D. G. Chatman (2003) ne trouve pas de relation significative entre le kilométrage total des déplacements destinés aux achats et la proportion des emplois de commerce de détail dans le total des emplois de la zone ; pour M. G. Boarnett et S. Sarmiento (1998), ni la densité d'emplois de commerce de détail ni la densité d'emplois de services n'expliquent significativement le nombre de déplacements non professionnels (étude portant sur des échantillons de déplacements à Orange County et San Diego en Californie). R. Cervero et K. M. Kockelman (1997) mesurent la proximité aux usages commerciaux, par la proportion de la superficie de la zone située à un quart de *mile* maximum de magasins de commodités (*convenience store*) et d'usages commerciaux. Cette variable est intégrée dans un indicateur plus large, le facteur d'intensité (qui comprend notamment la densité résidentielle). Une analyse des comportements de mobilité dans la *San Francisco Bay Area* montre que le facteur d'intensité est négativement relié à la distance totale parcourue par ménage ainsi qu'à la part modale de l'automobile pour des déplacements autres que domicile-travail. La complexité de l'indicateur interdit cependant d'y distinguer un effet de la proximité aux emplois commerciaux *per se*.

La distinction entre emplois à portée locale et emplois à portée plus large peut cependant paraître *ad hoc*. Certains services aux entreprises ont une portée locale et pourtant ne sont pas intégrés dans les emplois « de proximité ». Les nomenclatures officielles ne permettent pas toujours d'opérer un *distinguo* précis, notamment pour les services s'adressant autant aux ménages qu'aux entreprises, telles que les activités financières et immobilières. L'idée émerge donc de mesurer la diversité dans l'usage des sols non pas à partir d'une distribution binaire entre emplois de proximité et autres, mais à partir de la variété des activités. La diversité des usages du sol peut donc être entendue dans son sens économique le plus large : la diversité sectorielle pour une zone considérée.

J. Rajamani *et alii* (2003) retiennent un indicateur très simple de la diversité fonctionnelle. A partir de quatre usages : résidentiel, commercial, industriel et autres, ils calculent la part de chaque usage dans la superficie totale. Ce rapport est ensuite diminué d'un quart (qui correspond à l'équirépartition des usages). On fait ensuite la somme des valeurs absolues de cette différence. L'indice de diversité ainsi obtenu est positivement associé à la part modale de la marche à pied[133].

[133] Les données sont issues du *Portland Metropolitan Activity Survey* de 1995.

La mesure de la diversité sectorielle est généralement mesurée par un indice d'entropie[134]. Dans une étude de la mobilité à Washington D.C., L. D. Frank et G. Pivo (1994) calculent un indice d'entropie à partir de sept catégories d'usage du sol. Ils concluent que plus les emplois sont diversifiés au sein d'une zone, plus les modes alternatifs à l'automobile (marche à pied et transports en commun) sont utilisés pour les déplacements domicile-travail. Une étude portant sur 8 050 ménages californiens permet à K. M. Kockelman (1996) de constater que l'entropie moyenne d'une zone est négativement corrélée avec le nombre total de *VMT* par ménage, avec une élasticité de – 0,1. Elle complète la mesure de la diversité des usages du sol par le calcul d'un original « indice de dissimilarité », qui exprime « le degré avec lequel les usages du sol entrent en contact les uns avec les autres » (*Ibid.*, p. 17). Il est mesuré par la proportion d'hectares contigus (selon la règle de la reine, soit un total de huit) dont l'usage principal est différent de l'hectare de référence. Quatre dominantes d'usage du sol sont distinguées : activité, résidentiel, éducation et récréatif. L'indice de dissimilarité est lié négativement au total de *VMT* par ménage, à la possession d'une automobile, et à la quantité de *VMT* par ménage pour motifs non professionnels.

L'hypothèse de l'influence de la diversité des usages du sol sur les comportements de mobilité suppose 1) la possibilité d'un rapprochement entre domicile et emploi lorsque ceux-ci sont équilibrés au sein de la zone ; les résultats obtenus par Z.-R. Peng (1997) et R. Camagni *et alii* (2002) notamment, semblent aller dans ce sens – et 2) des comportements différenciés suivant le type d'emploi présent sur la zone ; la plupart des indicateurs retenus concluent à une influence significative de la diversification des emplois sur la mobilité.

L'hypothèse de comportements de mobilité différenciés selon le degré de diversification ou de spécialisation des espaces induit, par analogie avec notre analyse de la première section, celle de l'influence des centres périphériques, qui ne sont pas, dans l'analyse ci-dessus, pris en compte explicitement comme « générateurs de déplacement ».

(c) La prise en compte explicite des centres périphériques

Certaines analyses tentent de relier explicitement les caractéristiques des centres périphériques aux comportements de mobilité. Il s'agit essentiellement de caractéristiques de masse (nombre d'emplois, densité d'emplois, taux de croissance de l'emploi, etc.), rarement de spécialisation économique relative.

[134] Dérivés de la Deuxième Loi de la thermodynamique formulée par L. Botlzmann, les indices d'entropie permettent de mesurer l'homogénéité d'une distribution statistique catégorisée. Leur formule générale est la suivante :

$$E = \sum_{j=1}^{J} \frac{A_j . \ln A_j}{\ln J}$$

où A_j est par exemple la part dans l'emploi total de l'activité j, et J le nombre total d'activités. E varie entre 0 (parfaite homogénéité, une seule activité présente sur la zone) et lnJ (parfaite hétérogénéité, les différentes activités sont distribuées également dans la zone).

Si le ratio emplois/résidents peut être utilisé comme un indicateur de la mixité des usages du sol entre activités économiques et résidentielle, il sert également à détecter les centres périphériques (Standback, 1991 ; Gaschet, 2001). R. Cervero (1989a, 1989b) s'en sert pour analyser l'influence des centres périphériques sur la mobilité, à deux échelles différentes :

- Au niveau national, à partir des données du *NPTS* (*Nationwide Personal Transportation Survey*), la technique de la régression « par morceaux » lui permet de montrer que plus le contenu relatif d'une zone en emplois est élevé, plus le niveau de congestion et le pourcentage de déplacements professionnels effectué en automobile sont élevés (Cervero, 1989a) ;
- Au niveau métropolitain, à partir de données sur la *San Francisco Bay Area*, il détermine un certain nombre de centres périphériques à partir du ratio emplois/résidents. Le test d'un modèle gravitaire souligne que le nombre de déplacements externes à la zone est d'autant plus grand que le nombre de résidences est faible, et que les prix fonciers sont élevés (Cervero, 1989b).

Autrement dit, plus la proportion en emplois d'une zone est élevée, plus les déplacements ont de chances d'être externes à la zone et effectués en automobile.

Les études visant à détecter spécifiquement l'influence de la spécialisation relative des centres périphériques sur la mobilité sont rares. L'hypothèse sous-jacente est généralement que ce n'est pas tant la spécialisation sectorielle que la localisation du centre périphérique dans l'aire urbaine et les attributs habituels d'accessibilité locale qui influencent la mobilité. Il est possible, en remontant dans la chaîne des causalités, d'expliquer la localisation comme les attributs de forme urbaine par la spécialisation relative de chaque centre (Gaschet, 2001, chap. 6). Dès lors, l'influence de la spécialisation sectorielle sur les comportements de mobilité n'est qu'indirecte et passe par les attributs d'accessibilité locale ou régionale.

Ce n'est pas tant la spécialisation sectorielle que les *modalités d'émergence* des centres périphériques qui influent sur la mobilité selon W. A. V. Clark et M. Kuijpers-Linde (1994). Leur analyse est basée sur la comparaison de deux régions urbaines aux caractéristiques différentes : la Randstadt, où la polycentralité est la résultante de l'intégration progressive de villes indépendantes dans une même région métropolitaine, et la Californie du Sud, où selon eux les centres périphériques émergent spontanément et rapidement. Leur analyse est loin d'être convaincante, se contentant de souligner les différences de mobilité entre les deux régions (par exemple, la part modale de l'automobile est d'environ 85% en Californie du Sud, de seulement 50% dans la Randstadt) sans les relier explicitement aux différences de structure urbaine.

Les différents types d'emploi ne génèrent pas le même nombre de déplacements, comme le montre le Tableau IV-4 issu d'une étude relativement ancienne de l'*Institute of Transportation Engineers* (*I.T.E*). La méthode de calcul est basique et consiste à comparer les déplacements reçus par une zone (tous motifs) et sa composition sectorielle, puis de faire une moyenne des déplacements générés en fonction du type d'emploi.

Tableau IV-4. Génération de déplacements par secteur d'activité

Secteur d'activité	Nombre de déplacements générés sur 24 heures par employé
Industrie	2,01
Commerce de gros	8,21
Industrie du divertissement	22,80
Administration publique	12,00
Services	6,09
Commerce de détail	33,20
Transport	16,82

Source : ITE Handbook, reproduit in *Gordon* et alii*, 1989*

Le problème de l'influence des centres périphériques sur les déplacements est généralement contourné par l'analyse de l'accessibilité régionale et de son interaction avec les comportements de mobilité. La mesure de l'accessibilité régionale se fait par le calcul d'indices dérivés de l'analyse gravitaire développée plus particulièrement par A. G. Wilson dans les années 1970. L'accessibilité à l'emploi à partir d'une zone-origine donnée se mesure par le nombre d'emplois affectés négativement par une fonction de la distance ou du temps de déplacement. C'est le cas par exemple dans l'étude de K. Krizek (2003) sur l'agglomération de Washington D.C. : l'accessibilité régionale à l'emploi, mesurée au lieu de résidence, influe négativement sur les variations entre 1989 et 1998 de la quantité de *VMT*, du kilométrage individuel et du nombre de déplacements chaînés (*tours*). D'après J. Rajamani *et alii* (2003), l'accessibilité calculée selon cette méthode n'est pas significative dans l'explication des parts modales. Enfin, pour R. Cervero et K. M. Kockelman (1997), l'accessibilité aux emplois est négativement associée au total de *VMT* quel que soit le motif du déplacement.

2 - Le dessin urbain

Au-delà de la diversité des usages du sol, les caractéristiques du dessin urbain pourraient influer sur les comportements de mobilité. On entend par dessin urbain la forme générale du réseau viaire et des bâtiments qui la bordent, c'est-à-dire la forme urbaine visible (Kockelman, 1996). Plusieurs arguments contradictoires sont avancés : d'un côté un réseau viaire en forme de grille (*grid*) améliore l'accessibilité pédestre en offrant des routes plus directes d'un endroit à un autre ; d'un autre côté, cette forme de réseau améliore aussi l'accessibilité automobile en fournissant de multiples chemins pour un même couple origine-destination, ce qui permet de disperser le trafic et donc de diminuer la congestion.

Le type de réseau viaire est dans une certaine mesure lié aux pratiques de mobilité : J. Rajamani *et alii* (2003) mettent en évidence une relation inverse entre la proportion de culs-de-sac, typiques des développements résidentiels de l'après-guerre, et la

part modale de la marche à pied. La forme en grille influence positivement l'usage de l'automobile pour les déplacements non professionnels (Boarnett & Crane, 2001).

A la suite de la recherche pionnière de la RERC (1974) sur les coûts de l'étalement, qui avait conclu à une corrélation positive entre la proportion de logements individuels et les coûts généralisés de l'urbanisation[135], on peut s'interroger sur le lien entre forme du bâti et mobilité. A partir d'une approche typologique des formes de développement de l'urbanisation, R. Camagni *et alii* (2002) relèvent une influence négative de deux formes particulières de développement urbain (i.e. contiguïté/linéaire et complètement/contiguïté) sur l'impact environnemental de la mobilité. Aux Pays-Bas (données nationales), A. Van Diepen et H. Voogd (2001) réalisent une typologie des quartiers suivant le type de logement et la distance au centre : la consommation d'énergie pour les déplacements est d'autant plus élevée que la proportion de logements individuels est forte.

La forme urbaine visible se décline également en termes de fourniture d'un environnement favorable à un mode particulier. L'offre de stationnement automobile fait partie de ces éléments. Elle complète l'effet des générateurs de déplacement et influence le choix modal en faveur de l'automobile. D'après P. Merlin (1994), l'offre de stationnement (dans ses deux dimensions de quantité et de prix) est un outil très puissant de régulation de l'usage de l'automobile. Pour R. Voith (1998), les centre-ville, magré la pénurie de stationnement, n'ont pas intérêt à accroître leur offre et à tenter de concurrencer les espaces périphériques sur ce plan, car l'avantage comparatif de ces derniers en termes de disponibilité de stationnement est insurpassable.

P. Naess et S. L. Sandberg (1996), dans une étude de la mobilité des employés de six grandes compagnies à Oslo, expliquent un usage accru de l'automobile par la disponibilité de stationnement à la destination du déplacement. De manière symétrique, R . Cervero et K. M. Kockelman (1997) montrent qu'un environnement favorable à la marche ou à la bicyclette (*pedestrian-* ou *bicycle-friendly*), mesuré par un indice composite réunissant des variables telles que la densité de pistes cyclables, le nombre d'arbres plantés sur les trottoirs (*sic*), etc. augmente la part des déplacements effectués par ces modes[136].

Les résultats empiriques présentés ici permettent de prendre en compte, au-delà de la densité, un ensemble d'indicateurs reflétant la nature des usages du sol afin de déterminer leur influence sur les comportements de mobilité. Nous allons voir que ces résultats conduisent à formuler un modèle de ville dont la forme est associée à la « mobilité durable ». Emerge alors le modèle de Ville Cohérente qui vise à rapprocher l'habitat du lieu d'emploi.

[135] Selon l'usage, la notion de coût généralisé renvoie à la somme des coûts privés et des coûts sociaux.
[136] Soulignons ici la difficulté de refléter par un seul indicateur, même composite, le fait qu'un environnement soit favorable à tel ou tel mode (Ewing & Cervero, 2001).

II - De la Ville Compacte à la Ville Cohérente

Les développements précédents ont montré que l'appréciation quantitative de la forme urbaine, *via* la densité, n'est pas suffisante pour décrire l'interaction entre usage du sol et mobilité. Le modèle de Ville Compacte doit donc être amendé. Les avancées dans l'appréciation de l'influence de la forme urbaine sur la mobilité ont donné naissance au concept de Ville Cohérente[137].

A - Formulation du modèle de la Ville Cohérente

L'intégration du degré de spécialisation des espaces complète l'approche par la densité à travers une appréciation qualitative de la forme urbaine. Le poids des centres périphériques est également pris en compte de manière explicite, à travers la formulation du modèle « polycentrique en réseau ».

1 - Le modèle polycentrique en réseau

L'influence des centres périphériques, qu'ils soient d'emploi ou résidentiels, sur la mobilité passe par leur faculté à polariser les déplacements. L'action sur ces derniers devient alors plus facile que dans le cas d'une diffusion des origines et des destinations, en permettant d'assurer une desserte efficace en transports en commun.

Le modèle « polycentrique en réseau » relève de cette logique : il inspire les politiques d'usage du sol de manière à planifier au mieux l'organisation métropolitaine des flux de déplacements à partir de sous-centres diversifiés et interconnectés (Camagni & Gibelli, 1997 ; Camagni *et alii*, 2002). Un « développement orienté par les transports en commun » (*T.O.D., Transit-oriented development*) est alors possible pour l'urbanisation future, en cherchant soit à renforcer, soit à créer *ex nihilo* des concentrations périphériques compactes d'activités et/ou de logements, et à adosser l'organisation métropolitaine du réseau de transports en commun aux nœuds que forment ces concentrations (Laliberté, 2002).

D. Mignot *et alii* (2004) constatent que dans l'aire urbaine d'Aix-Marseille, les distances de déplacement sont légèrement plus élevées que dans les aires urbaines de taille comparable. Ce phénomène est dû selon eux à la structure bicentrique de l'agglomération, polarisée par Marseille et Aix-en-Provence. Ils soulignent toutefois que cette structure un peu particulière constitue une opportunité pour la planification des déplacements : il est plus facile de proposer une alternative à l'automobile lorsqu'une grande part des déplacements s'effectuent entre la même origine et la même destination.

[137] La dénomination de « Ville Cohérente » est due semble-t-il à J.-P. Orfeuil. Malgré nos recherches, nous n'avons pas trouvé de définition précise de la Ville Cohérente. Nous l'entendons comme forme urbaine permettant de rapprocher l'habitat du lieu d'emploi. On retrouve ce concept sous des noms différents, comme par exemple la « ville des courtes distances » en Europe du Nord, ou encore la « ville complète ». Notre choix s'est porté sur la notion de « cohérence » pour faire pendant à celle de « compacité ».

A l'opposé, l'analyse de la mobilité dans les centres périphériques de Los Angeles permet à P. Gordon *et alii* (1989) de mettre en évidence le faible nombre de déplacements *entre* les centres d'activités. Selon eux, chaque centre a une relative autonomie en termes de déplacements, car le comportement rationnel des ménages est de se localiser dans la couronne résidentielle qui entoure les centres d'emploi. Ce résultat est cependant fortement critiquable. Il dérive de la construction même des données, puisque les centres d'activité ne *génèrent* que 1/19ème des déplacements totaux, mais en *reçoivent* 1/6ème. Une structure polycentrique en réseau ne consiste pas seulement à mettre en relation des centres d'activités, mais plutôt les pôles résidentiels et les centres périphériques d'emploi.

2 - La prise en compte de la composition qualitative des espaces : la Ville Cohérente

Afin de tenir compte de l'influence de la diversité des usages du sol sur la mobilité, le modèle de Ville Compacte est amendé dans le sens de la prise en compte de la composition qualitative des espaces. La compacité s'est longtemps confondue avec de fortes densités[138] ; mais nous avons montré que cette relation est surtout valable dans le cadre monocentrique, et qu'une structure urbaine plus complexe impose de considérer l'impact des différents usages du sol sur les comportements de mobilité.

Dans l'étude de l'interaction entre polycentralité et mobilité, ce n'est pas tant le poids et/ou le nombre des pôles périphériques que la spécialisation relative des espaces qui importe pour comprendre les comportements de mobilité. En effet, le rôle des centres périphériques est ambigu, amplifiant d'un côté les trajets périphériques de longue portée mais permettant à des logiques de localisation conjointe de se mettre en place. La spécialisation fonctionnelle des espaces quant à elle amplifie les distances de déplacements *via* la production d'effets-tunnel ou le développement des pérégrinations.

Dans une optique d'aménagement urbain soumis aux contraintes du développement durable, la solution consiste à encourager la mixité fonctionnelle. Dès le *Livre Vert* de la Commission Européenne (C.C.E, 1990), il est précisé que « la ville propose de la densité et de la variété ; la combinaison efficiente, économe en temps et en énergie, de fonctions économiques et sociales » (p. 19). La solution aux problèmes de mobilité posés par l'étalement est bien cette ville « compacte, mixte fonctionnellement » (Breheny, 1993, p. 142). Selon J. Lévy (1998), « La 'diversité dense' coûte moins cher (…) en respect de l'environnement ».

Le degré de mixité fonctionnelle est progressivement inclus dans la définition de la ville compacte pendant les années 1990 (e. g. Ewing, 1997 ; Burton, 2000 ; Breheny, 1995, 1997). Il s'agit essentiellement du degré de mélange entre fonctions urbaines, soit l'équilibre local entre emplois et population, soit le niveau de diversification sectorielle. Un autre type de

[138] Cette opinion est celle d'un spécialiste français des densités urbaines, Vincent Fouchier. Ce fut sa réponse à une question posée par l'auteur au Colloque « *La Ville étalée en perspective* » qui se tint à Toulouse les 24 et 25 janvier 2002.

mixité est parfois inclus dans la définition de la ville compacte : la mixité sociale. L'analyse de l'hypothèse de MAS a en effet montré que la ségrégation résidentielle est un facteur d'accroissement des distances parourues. C'est pourquoi, dans certaines définitions plus tardives de la ville compacte (e.g. Burton, 2000), la mixité sociale au niveau local est un critère de compacité.

Ce faisant néanmoins, la notion de compacité tend à prendre un contenu normatif. Définir la ville compacte en termes de densité et de mixité fonctionnelle et sociale revient finalement à la définir comme la structure urbaine permettant d'atteindre un objectif de mobilité durable, c'est-à-dire de minimiser la consommation énergétique due aux déplacements. Cette approche ne fait plus correspondre la compacité à sa définition originelle, c'est-à-dire, rappelons-le, une ville dense et à l'urbanisation continue. Il paraît donc judicieux de proposer un concept alternatif.

La compacité est donc composée d'ajouts successifs de critères qui finissent par ne plus faire correspondre le mot au concept, ajouts qui suggèrent que le débat sur les avantages comparatifs de la ville compacte a fini par permettre cette avancée : la densité n'est pas seule à permettre une minimisation de la consommation d'énergie pour les transports. Certains attributs comme la mixité fonctionnelle permettent de rapprocher l'origine de la destination du déplacement. D'autres, comme la mixité sociale, permettent de ne pas empêcher la localisation conjointe des actifs et des emplois. Il semble pertinent d'abandonner le concept de compacité. Nous lui proposons celui, plus suggestif, de Ville Cohérente.

La Ville Cohérente est celle qui permet « la mise en cohérence des bassins de vie » (Korsu & Massot, 2004). L'intuition à l'origine des études sur l'*excess commuting* est juste : des distances de déplacement élevées constituent un gaspillage. On peut alors s'interroger, dans le cadre de la problématique de l'interaction entre usage du sol et mobilité, quelle est la structure urbaine qui permet un rapprochement des lieux fréquentés quotidiennement, c'est-à-dire le domicile et le lieu de travail. La Ville Cohérente est la réponse à cette question. Apporter un contenu précis à ce concept encore en gestation est un des buts de ce travail.

L'amendement du modèle de ville compacte, qui lui attribue une mixité fonctionnelle et sociale, aboutit à la formulation du modèle de Ville Cohérente. Ce modèle, couplé au modèle polycentrique en réseau, inspire certaines mesures de planification, comme les politiques de *smart growth* et les réalisations du Nouvel Urbanisme.

B - La mise en œuvre de la Ville Cohérente : *Smart Growth* et *New Urbanism*

Les politiques de *smart growth* (« croissance intelligente[139] ») ont vocation à opérer à deux échelles : à l'échelle métropolitaine, elles recoupent les mesures de compacification déjà analysées dans le chapitre II ; à l'échelle locale, elles suivent les principes du Nouvel Urbanisme.

Les politiques de *smart growth* visent non pas à limiter ou même stopper la croissance, mais à la façonner de manière à amortir les effets pervers de l'étalement. Leur parenté avec le développement urbain durable est évidente, comme le montre cette définition qu'en donne T. Litman (2000, p. 5) : « un terme générique pour des pratiques d'usage du sol visant à créer des communités plus efficientes en termes de consommation de ressources (*resource efficient*) et plus 'vivables' ('*livable'*) ».

L'approche de la *smart growth* cherche à modeler la croissance urbaine à deux échelles : celle de la région métropolitaine et celle du quartier. L'objectif est de réduire l'utilisation de l'automobile, et plus précisément : réduire le nombre de déplacements motorisés, la dégénération de déplacements (*trip degeneration*) ; augmenter la part des déplacements non-motorisés dans le total des déplacements ; diminuer les distances et augmenter le niveau d'occupation des véhicules dans les déplacements motorisés (Cervero & Kockelman, 1997).

A l'échelle métropolitaine, la *smart growth reprend les acquis du modèle de Ville Compacte et la complète pour la rendre cohérente*. Le modèle qui en est issu n'est pas uniquement synonyme de densités élevées, mais d'un *type* de densités élevées « dans lequel les usages du sol sont mixtes de manière à ce que les individus bénéficient de plus fortes densités bâties » (Danielsen *et alii*, 1999). Au niveau métropolitain, les politiques de *smart growth* recoupent donc les politiques de compacification (cf. Chapitre II) : rénovation urbaine *via* la réutilisation de terres délaissées, la revitalisation des centre-villes, etc. ; rétention urbaine *via* la technique des « frontières de la croissance urbaine » (Parfrey, 2002).

A l'échelon local, il s'agit de *rendre acceptables les fortes densités* (Holtzclaw, 2000). L'engouement pour les villages urbains, qui ont constitué au début des années 1990 la première application des principes de densité et de mixité fonctionnelle et sociale, est révélateur : il s'agissait de revenir à des valeurs de proximité, de convivialité et d'esprit de communauté incarnées par le « quartier » dans la vision traditionnelle (OCDE, 1994). Le village urbain constitue, comme une « ville dans la ville », une entité viable. L'objectif n'est pas l'autarcie, mais l'autonomie. Ces principes seront largement repris et appliqués par le mouvement du « Nouvel Urbanisme ».

[139] Le terme sonne comme un slogan, mais nous paraît particulièrement malheureux. Dans une interview donnée à la chaîne CNN, P. Gordon et H. W. Richardson s'en jouent en demandant : « Qui pourrait être pour la 'croissance stupide' ? ». Nous avons préféré conserver le terme anglais.

L'idéal serait donc de retrouver le fonctionnement de l'urbanisation traditionnelle, antérieure à l'automobilisation. Réactualiser ce type de forme urbaine est le programme du Nouvel Urbanisme : les nouvelles constructions s'inspirent clairement de l'architecture traditionnelle tout en l'adaptant aux contraintes contemporaines – d'où le nom parfois donné « d'urbanisme néotraditionnel ». De fait, le Nouvel Urbanisme s'inscrit « en creux » par rapport aux développements urbains *automobile-oriented* de l'après-guerre, caractérisés par la dispersion et de faibles densités.

Le Nouvel Urbanisme édicte un ensemble de principes destinés à guider la planification urbaine, qui s'inspirent des « 13 points » énoncés par les urbanistes Andres Duany et Elizabeth Plater-Zyberk (cf. Tableau IV-5), et que l'on retrouve, plus détaillés, dans la Charte du Nouvel Urbanisme (C.N.U, 2001). L'idée directrice du Nouvel Urbanisme est de réduire la dépendance à l'automobile en « retrouvant la forte vie communautaire observée dans les quartiers du début du XX° siècle » (Lund, 2003, p. 41).

Ainsi, la tâche du « Nouvel Urbanisme » est de réaliser un délicat équilibre entre deux objectifs : construire un quartier à échelle humaine, adapté notamment aux piétons, et proposer un produit résidentiel et commercial moderne, susceptible d'entrer en compétition avec le modèle de développement périurbain classique.

Le Nouvel Urbanisme cherche à promouvoir l'accès local, notamment pédestre. Les quartiers qui suivent ces principes de développement « doivent être compacts, adaptés à la marche (*pedestrian-friendly*), et fonctionnellement mixtes » (C.N.U, 2001). En ce qui concerne l'accessibilité externe, la compacité permet d'assurer une desserte plus efficace des transports en commun, selon les principes du *transit-oriented development*. Pour l'accessibilité interne, la diversité dans les usages du sol permet une réduction, toutes choses égales par ailleurs, des distances de déplacement ; l'adaptation du quartier à la marche encourage son usage.

L'idée directrice est d'accroître l'autonomie et de stimuler les déplacements internes au quartier. Elle est assurée par la mixité fonctionnelle. Le quatrième des « 13 points » édicte : « Des bureaux et des magasins sont disposés en bordure du quartier. Leur diversité est suffisante pour répondre à tous [*sic*] les besoins quotidiens des habitants » (Steuteville, 2000). Selon la Charte du Nouvel Urbanisme (C.N.U, 2001), les quartiers sont structurés autour d'un centre qui doit comporter suffisamment de commodités (commerces, écoles, services publics) pour pourvoir aux besoins habituels des habitants ; le centre doit être à 5 minutes de marche (1/4 *mile*) de n'importe quel point du quartier ; divers types de logements et de prix afférents doivent assurer la mixité sociale du quartier ; le dessin des rues doit être adapté aux besoins de la marche (pas de culs-de-sacs, par exemple) ; etc.

De nombreuses réalisations sont issues des principes du Nouvel Urbanisme, dont les plus célèbres sont Seaside (construite en 1981) et Celebration (construite en 1996) en Floride. Construite par la compagnie Disney à proximité de son parc d'attraction, cette dernière ne fait pas appel explicitement au Nouvel Urbanisme, mais s'inspire clairement de ses principes. En France, la ville nouvelle de Val-d'Europe, non loin de Marne-la-Vallée, fut érigée *ex nihilo*

par Disney suivant ces mêmes principes : structuration forte autour d'un centre mixte, piétonnisation, mélange d'habitat individuel et collectif, etc.

La critique de la mixité fonctionnelle planifiée prônée par le Nouvel Urbanisme reprend à peu près celle des politiques de compacification. On y reprend l'antienne sur la difficulté de s'opposer, par les moyens limités de la planification, à des mouvements spontanés et profonds : pour F. Ascher (1998, pp. 72-73), « il n'est pas envisageable, sinon en se transformant en khmers rouges, d'inverser le processus de division sociale et technique du travail, qui est fondamentalement à l'origine de la croissance des villes ». On y trouve également des critiques portant sur la formation de « ghettos de riches » (Troy, 1992), auxquelles l'engouement pour les « villes-forteresses » (*gated communities*) vient donner un relief plus aigu (Le Goix, 2003).

Tableau IV-5. Les « 13 points » du Nouvel Urbanisme

1	Le quartier a un centre repérable. Il s'agit souvent d'un espace vert, ou quelquefois d'un carrefour particulièrement animé ou connu. Ce centre est desservi par les transports en commun.
2	La plupart des habitants sont à 5 minutes de marche du centre, soit environ 600 mètres.
3	Il existe divers types de logements (maisons individuelles, immeubles…) de sorte que différentes catégories de personnes (jeunes et vieux, célibataires et familles, riches et pauvres) puissent trouver une habitation à leur convenance.
4	Des bureaux et des magasins sont disposés en bordure du quartier. Leur diversité est suffisante pour répondre à tous les besoins quotidiens des habitants.
5	Une petite construction auxiliaire peut être édifiée dans la cour de chaque maison. Elle peut avoir un usage locatif ou être un lieu de travail.
6	Une école élémentaire se trouve à proximité, de sorte que la plupart des enfants peuvent s'y rendre à pied.
7	Le quartier dispose de terrains de jeux dans un rayon de 150 mètres des habitations.
8	Les rues sont dessinées en réseau, ce qui permet aux piétons comme aux véhicules d'emprunter différents itinéraires pour rejoindre leur destination, évitant la concentration de la circulation sur un seul axe.
9	Les rues sont relativement étroites et ombragées par des rangées d'arbres. Cela ralentit la circulation et crée un environnement accueillant pour les piétons et les cyclistes.
10	Les bâtiments publics sont proches de la rue. Le lieu acquiert ainsi une identité reconnaissable.
11	Les parkings et les entrées de garage donnent rarement sur la rue. Les voitures sont garées à l'arrière des bâtiments, sur des emplacements auxquels on accède généralement par des passages.
12	Certains sites bien en vue, visibles dans la perpective des rues ou situés au centre, sont réservés aux maisons de quartier dans lesquelles on peut tenir des réunions locales, pratiquer des activités éducatives, religieuses et culturelles.
13	Le quartier s'administre lui-même. Une association ayant forme légale prend, après débat, les décisions concernant l'entretien, la sécurité et les modifications matérielles.

Source : Steuteville, 2000

Conclusion

Nous avons dans la partie précédente analysé l'interaction entre la densité et la mobilité quotidienne, pour finalement en conclure que cette question n'est que le point de départ d'une réflexion plus globale sur l'interaction forme urbaine-mobilité. Dans ce chapitre, la forme urbaine a été envisagée également sous ses aspects qualitatifs, c'est-à-dire les modalités précises de l'usage du sol, et plus précisément la répartition des fonctions dans l'espace urbain.

On s'intéresse au lien existant entre la structure intra-urbaine et les comportements de mobilité. L'évolution vers le polycentrisme remet en cause le partage habituel des fonctions entre centre et périphérie qui prévalait dans le modèle monocentrique. Les centres périphériques constituent des attracteurs de déplacement, et l'on peut se demander si leurs attributs (spécialisation, localisation) ont des conséquences sur la mobilité quotidienne. Il s'agit donc bien d'évaluer l'interaction entre la dimension qualitative de la forme urbaine et la mobilité.

Ces considérations ont été prises en compte, ainsi que la nécessité afférente de caractériser plus finement la forme urbaine que par sa densité. De nombreuses études ont analysé l'impact de la composition qualitative des espaces sur la mobilité quotidienne.

La diversité des usages du sol a théoriquement le même effet sur la mobilité quotidienne que la densité. Les études empiriques n'infirment pas ce point. Le modèle de Ville Compacte est complété, dans des définitions tardives, par la prise en compte de la diversité des usages du sol urbain. L'utilisation du modèle de Ville Cohérente nous semble plus judicieux pour décrire la ville permettant un rapprochement du domicile et du lieu d'emploi. Elle allie des densités élevées à la diversité des usages du sol. Les politiques de *smart growth* menées par de nombreuses municipalités américaines, ainsi que les réalisations du Nouvel Urbanisme, tentent de mettre en application ces principes.

Pourtant, et contrairement aux politiques de compacification qui s'appuient sur un relatif consensus quant à la relation densité-mobilité, les principes guidant la *smart growth* et le Nouvel Urbanisme sont issus d'études empiriques dont les résultats ne sont pas particulièrement convregents. De plus, les justifications théoriques des avantages de la diversité sur la mobilité sont peu développées.

Il semble donc intéressant de se pencher sur la relation précise entre forme urbaine et mobilité quotidienne à travers une application empirique, ce qui revient à s'inscrire dans ce courant de la littérature qui cherche à « tester les arguments du Nouvel Urbanisme » (*Testing the claims of the New Urbanism*, du titre de l'article de H. Lund (2003)[140]), c'est-à-dire chercher à infirmer les faits sur lequel ses théoriciens ont bâti les principes dont il se réclame.

[140] *Claims*, que nous traduisons par « arguments », peut aussi avoir le sens de « revendications » ou « prétention ».

CHAPITRE V

LES DETERMINANTS DE LA MOBILITE QUOTIDIENNE : UNE APPLICATION A L'AGGLOMERATION BORDELAISE

« *In that the admittedly tenuous link between transportation and land use has come under assault from many quarters in recent times, research that enriches our understanding of how different elements of the built environment combine to shape travel behaviour under different conditions is more imperative than ever* »
Robert Cervero & Kara Kockelman (1997, p. 219)

Introduction

Le concept de Ville Cohérente est l'aboutissement d'une évolution intellectuelle dans le débat sur l'interaction entre la forme urbaine et la mobilité quotidienne, qui a abouti à amender le modèle de Ville Compacte dans le sens d'une prise en compte de la nature des espaces qui composent la ville. La nécessité de comparaisons intra-urbaines est alors affirmée, en ce qu'elle permet une appréciation plus complète et plus précise de la forme urbaine.

L'agglomération bordelaise constitue un terrain pertinent pour l'étude empirique des liens entre forme urbaine et mobilité quotidienne. Bordeaux est une des plus grandes villes françaises ; sa taille (l'agglomération recense 753 931 habitants, l'aire urbaine 925 253)[141] et son statut de capitale régionale offrent l'assurance d'usages du sols nombreux et diversifiés.

L'aire urbaine de Bordeaux est représentative des évolutions morphologiques qui caractérisent la plupart des structures urbaines, brossées dans les Chapitres I et IV : étalement résidentiel (la densité moyenne de la C.U.B (Communauté Urbaine de Bordeaux) est passée de 47,8 hab./ha en 1950 à 34 hab./ha en 1973 pour tomber à 29,4 hab./ha en 1999 (A'Urba, 2001)) ; déconcentration de l'emploi (la part de l'emploi de la ville-centre dans l'ensemble de l'agglomération est passée de 57,5 % en 1975 à 49,6 % en 1990) ; et évolution vers une structure polycentrique (F. Gaschet (2001, chap. VI) identifie 16 pôles majeurs d'emploi). L'analyse de l'influence de ces évolutions sur la mobilité quotidienne, qui représente le questionnement sous-jacent à ce travail, peut donc y être effectué, nous donnant l'assurance d'un terrain d'étude adapté à notre problématique.

L'analyse de l'interaction entre forme urbaine et mobilité quotidienne ne peut se faire de manière isolée ; la prise en compte des déterminants socio-démographiques de la mobilité est indispensable. Dans l'analyse de l'interaction entre forme urbaine et mobilité, « un des enjeux (…) a été de trier (*to sort out*) l'importance relative des caractéristiques socio-économiques et des caractéristiques de l'environnement bâti pour expliquer les comportements de déplacement » (Handy, 2002a, p. 15). Il s'agit donc de déterminer *la part due à la forme urbaine dans la détermination des comportements de mobilité*.

[141] Données RGP 1999 ; la définition de l'agglomération est basée sur la continuité du bâti, celle de l'aire urbaine sur les flux de déplacement (cf. Encadré III-1).

Dans les études portant sur l'interaction entre la forme urbaine et la mobilité, détaillées dans le chapitre précédent, l'influence des caractéristiques individuelles et d'usage du sol sur les comportements de mobilité sont analysées de façon conjointe, réunies dans un même modèle. Cette approche néglige pourtant les interactions *entre les facteurs de la mobilité*, qui découlent de pratiques de localisation spécifiques. Nous détaillons dans une première section cet ensemble d'interdépendances complexes, que nous illustrons à partir du cas de l'agglomération bordelaise, et modélisons sous le nom « d'interaction triangulaire ».

Dans une deuxième section, nous alléguons que la prise en compte de ces interactions complexes suppose de construire une méthode adaptée, fondée sur le « contrôle statistique » d'un type de facteur. Nous appliquons cette méthode, dite des « régressions typologiques », à l'agglomération bordelaise. Elle nous permettra d'avancer vers la réalisation du souhait de S. Handy : déterminer ce qui ressort des caractéristiques de forme urbaine et des caractéristiques individuelles dans l'explication des comportements de mobilité.

SECTION I - CONSTRUCTION D'UN CADRE ADAPTE A L'ETUDE DES LIENS ENTRE FORME URBAINE ET MOBILITE

La détermination empirique des facteurs de la mobilité quotidienne en milieu urbain requiert la construction d'un cadre théorique de fixant les interactions à l'œuvre et les hypothèses à tester. Nous formulons ce cadre à partir du constat de problèmes de méthode liés aux données (multicolinéarité) et à leur interprétation (causalité), que nous nommons « l'interaction triangulaire ». La démonstration de la pertinence de ce cadre suppose une illustration à partir des données dont nous disposons sur Bordeaux, que nous commençons donc par présenter.

I - Présentation des données

L'étude empirique réalisée dans ce chapitre utilise des données dont nous présentons la méthode de recueil et l'aire d'étude servant de base à leur spatialisation. Le détail des variables est ensuite présenté.

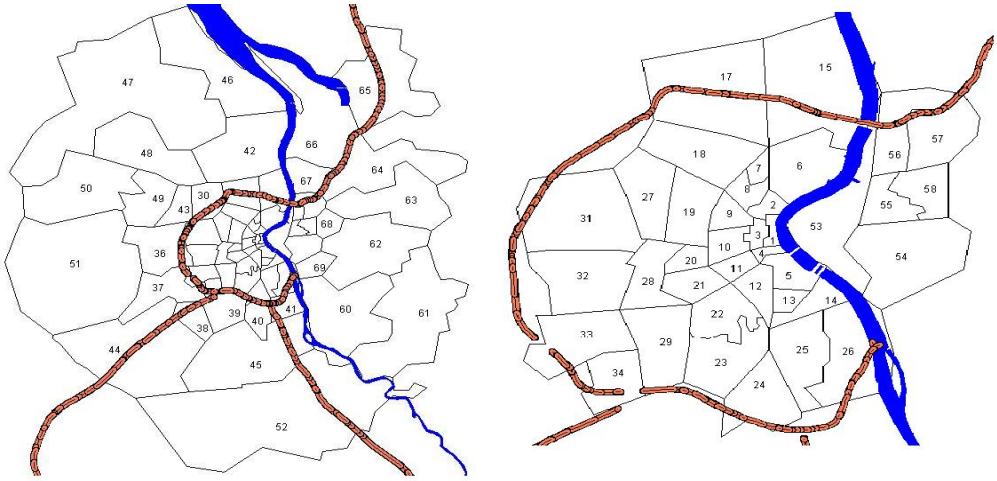
A - Méthode de recueil et présentation de l'aire d'étude

Les données utilisées dans ce chapitre sont issues de l'enquête ménages-déplacements (E.M.D) réalisée en 1998 par la Direction Régionale de l'INSEE Aquitaine pour le compte de la C.U.B. A l'issue de 19 semaines d'enquête, menée par 158 enquêteurs, 4 869 ménages avaient été sondés (41% de taux d'échec). Le protocole de recueil des données est défini par

le CERTU ; il comprend des contrôles tels que la saisie et le contrôle « en temps réel » (par la comparaison avec les enquêtes précédentes), une relecture critique par des agents de l'INSEE, des contrôles informatiques au moment de la saisie, et des contrôles *a posteriori* par téléphone (INSEE DR Aquitaine, 1998). La qualité des données est donc suffisamment bonne pour ne pas poser de problème particulier.

L'aire d'étude est le périmètre défini par l'INSEE à partir du zonage en aires urbaines (cf. Encadré III-1). Il regroupe 96 communes regroupées en 66 zones (cf. Carte V-1, Annexes 5 et 6).

Carte V-1. Zonage de l'aire d'étude : l'extérieur de la rocade (à gauche) et l'intérieur de la rocade (à droite)



L'E.M.D. procure des informations qui portent majoritairement sur la mobilité des individus ou des ménages. Les caractéristiques des personnes et des ménages (âge, CSP, revenu…) sont également renseignées. Les données sont agrégées par zone. Nous disposions ainsi d'informations spatialisées sur les comportements de mobilité et les caractéristiques individuelles. Afin d'avoir des indicateurs portant sur la forme urbaine, nous avons complété l'E.M.D par :

- Des données d'emploi, issues des comptages SIRENE de l'INSEE et spatialisées à partir du découpage IRIS 5000 (données 1998)[142]. Bien que ces données ne concernent que les établissements (et non les emplois), elles

[142] L'acronyme IRIS (Ilots Regroupés pour l'Information Statistique) correspond au zonage intra-communal mis en place par l'INSEE. Le zonage s'appuie sur des critères d'homogénéité de l'habitat. Il est constitué de un ou plusieurs îlots contigus. Les IRIS à dominante habitat sont des unités territoriales d'environ 2 000 habitants (de 1 800 à 4 000 habitants), les IRIS à dominante emploi comptent au moins 1 000 emplois (sans limite de population), et les IRIS « divers » sont généralement le résidu du territoire communal (forêt, marais, etc.), comptant un nombre résiduel d'habitant. Le découpage en IRIS 2000 ne concerne que les communes de plus de 5 000 habitants (environ 16 000 zones), les autres n'étant pas découpées (environ 34 800 communes). Le zonage IRIS 2000® a été conçu pour la diffusion des données du RGP 1999 ; le zonage IRIS 5000® a été défini pour les données du précédent recensement, en 1990 (Source : site internet de l'INSEE, http://www.insee.fr/).

renseignent de manière détaillée sur le nombre et l'activité des firmes de l'aire urbaine bordelaise (nomenclature NES 36) ;

- Des données supplémentaires portant essentiellement sur les caractéristiques des logements, issues de l'exploitation du RGP 1999 spatialisé selon le découpage IRIS 2000. Elles ont été ajoutées à la base lorsqu'elles ne faisaient pas doublon avec les données de l'E.M.D.
- Enfin, le calcul des distances effectuées en automobile a été effectué avec un logiciel de routage, Microsoft AutoRoute©. La difficulté de computation de ces données a été largement compensée par la remarquable précision de calcul, le logiciel prenant en compte le tracé du réseau viaire et les vitesses maximales autorisées sur chaque tronçon (cf. Annexe 4).

Ces multiples sources de données nous ont permis de disposer d'une base détaillée et précise, nécessaire préalable à une étude empirique fiable.

B - Description des variables

Les variables ont été regroupées en trois grands ensembles (cf. Tableau V-1).

- **Les variables de mobilité.**

Ont été retenues les quatre variables habituellement utilisées dans les études portant sur le lien entre forme urbaine et mobilité (Ewing & Cervero, 2001) : la mobilité, les distances moyennes de déplacement, le partage modal et, résultat de la conjonction des trois précédentes, le kilométrage VP individuel. Cette dernière variable sera utilisée, dans les développements qui vont suivre, comme une mesure approximative (*proxy*) de la consommation énergétique par personne[143]. Nous avons ajouté à ces variables habituelles la motorisation individuelle.

Il était possible de différencier les déplacements suivant le motif ; le choix a été fait, suivant la suggestion de M. Wiel (2002), d'opérer un *distinguo* entre les déplacements récurrents et réguliers, qui correspondent davantage à une mobilité contrainte (motif 1 : domicile-travail et domicile-études) et les déplacements plus occasionnels, qui sont plus du ressort d'une mobilité choisie (motif 2 : loisirs, achats, autres).

[143] Sous plusieurs hypothèses : 1° Une consommation énergétique nulle de la part des modes alternatifs à l'automobile, ce qui est vrai pour la marche mais pas pour les transports en commun. Cependant pour ces derniers, la consommation d'énergie ne dépend pas de l'usage qui en est fait, les bus étant cadencés une fois pour toutes ; 2° Une composition du parc identique pour chaque zone, les consommations unitaires pouvant varier ; 3° L'absence de facteurs de sur-consommation, tels que la progression « en accordéon » en situation de congestion. Pour une méthode de calcul précise des coûts sociaux liés à l'usage de l'automobile, voir J.-P. Nicolas *et alii* (2001) ou C. Gallez & L. Hivert (1998).

- **Les variables de forme urbaine.**

Conformément à la distinction opérée tout au long de ce travail, les indicateurs de forme urbaine ressortent soit de sa dimension quantitative soit de sa dimension qualitative. Les diverses mesures de densité (résidentielle, d'emplois…) ou de population sont à classer dans la première catégorie, tandis que les mesures de diversité (partage emplois/population ou spécialisation économique) des espaces appartiennent à la seconde.

- **Les variables de caractéristiques socio-démographiques**

Les caractéristiques des individus et/ou des ménages sont captées à partir de variables socio-économiques (CSP, revenu, activité, niveau d'études…) ou démographiques (âge, taille du ménage…).

Les données dont nous disposons seront, dans la deuxième section, utilisées pour déterminer les facteurs de la mobilité quotidienne dans l'aire urbaine de Bordeaux. Elles peuvent servir dans un premier temps à mettre en exergue les problèmes de méthode liés à l'étude des liens forme urbaine-mobilité.

II - Problèmes de méthode liés à l'étude des liens forme urbaine-mobilité

L'étude de l'interaction entre la forme urbaine et la mobilité requiert de déterminer les facteurs de la mobilité et de déterminer lesquels se rapportent aux modalités de l'occupation du sol. Cette approche génère des problèmes qui ont trait soit aux données (la mulicolinéarité), soit à leur interprétation (la causalité). Le problème de la multicolinéarité est plutôt de nature technique.

A - Le problème technique de la multicolinéarité

Les données utilisées dans l'étude de l'interaction entre forme urbaine et mobilité quotidienne sont généralement issues de coupes transversales, comme c'est le cas ici. Pour ce type de données se présentent des problèmes de multicolinéarité, qui compromettent l'efficience des régressions par les MCO. Une des solutions est alors de tester plusieurs modèles séparés, dont nous présentons la structure.

1 - Multicolinéarité et efficience des MCO

Les études portant sur l'interaction entre la forme urbaine et la mobilité souscrivent généralement (même si c'est implicite) au cadre conceptuel de L. S. Frank et G. Pivo (1994 ; cf. Figure V-1) : les comportements de mobilité sont déterminés par des facteurs de forme urbaine et par d'autres facteurs, principalement les caractéristiques socio-démographiques des individus.

Tableau V-1. Variables utilisées : intitulé, source, et statistiques descriptives

	Variable (unité)	Moyenne	Ecart-type	Minimum	Maximum
Variables de mobilité	Kilométrage VP par habitant (motif 1 : domicile-travail) *Source : E.M.D. 1998 & MS AutoRoute ®*	6,113	4,033	1,909	30,614
	Kilométrage VP par habitant (motif 2 : achats, loisirs, autres) *Source : E.M.D. 1998 & MS AutoRoute ®*	13,512	7,314	5,057	43,356
	Distances moyennes de déplacement (motif 1 : domicile-travail et domicile-études) *Source : E.M.D. 1998 & MS AutoRoute ®*	9,106	2,778	4,762	18,718
	Distances moyennes de déplacement (motif 2 : loisirs, achats, autres) *Source : E.M.D. 1998 & MS AutoRoute ®*	6,980	2,366	3,872	16,950
	Mobilité individuelle (nb déplacements par jour et par personne) *Source : E.M.D. 1998*	3,757	0,459	2,618	4,674
	Mobilité par ménage (nb déplacements par jour et par ménage) *Source : E.M.D. 1998*	8,581	1,753	5,343	13,317
	Motorisation individuelle (nombre de VP par personne) *Source : E.M.D. 1998*	0,645	0,126	0,328	0,849
	Motorisation par ménage (nombre de VP par ménage) *Source : E.M.D. 1998*	1,244	0,368	0,442	1,913
Parts modales	Marche à pied (en % des déplacements, motif 1 : domicile-travail et domicile-études) *Source : E.M.D. 1998*	19%	0,12	0%	47%
	Transports collectifs urbains (en % des déplacements, motif 1 : domicile-travail et domicile-études) *Source : E.M.D. 1998*	14%	0,09	0%	38%
	Voiture particulière (en % des déplacements, motif 1 : domicile-travail et domicile-études) *Source : E.M.D. 1998*	67%	0,18	23%	98%
	Marche à pied (en % des déplacements, motif 2 : loisirs, achats, autres) *Source : E.M.D. 1998*	22%	0,13	3%	53%
	Transports collectifs urbains (en % des déplacements, motif 2 : loisirs, achats, autres) *Source : E.M.D. 1998*	5%	0,05	0%	18%
	Voiture particulière (en % des déplacements, motif 2 : loisirs, achats, autres) *Source : E.M.D. 1998*	73%	0,17	33%	97%

Tableau V-1. Variables utilisées : intitulé, source, et statistiques descriptives (suite)

	Variable (unité)	Moyenne	Ecart-type	Minimum	Maximum
Modèle de forme urbaine	Densité résidentielle (hab./ha) *Source : E.M.D. 1998 & Fonds de carte numérisé IRIS 5000*	32,291	39,184	0,691	150,835
	Densités d'établissements (établissements/ha) *Source : E.M.D. 1998 & Fonds de carte numérisé IRIS 5000*	3,149	6,295	0,030	39,466
	Densité humaine (hab.+empl./ha) *Source : E.M.D. 1998 & Fonds de carte numérisé IRIS 5000*	47,758	62,602	0,792	299,252
	Ecart-type des densités *Source : E.M.D 1998 & IRIS 2000 - Données RGP 1999*	27,888	26,843	0,000	118,022
	Rapport emplois/population active *Source : E.M.D. 1998 & IRIS 5000 - Comptage SIRENE*	1,392	1,944	0,137	9,251
	Indice khi-deux de spécialisation régionale *Source : IRIS 5000 - Comptage SIRENE*	0,290	0,151	0,081	0,872
Modèle de type de logement	Proportion de logements individuels isolés *Source : E.M.D. 1998*	42%	0,31	0%	98%
	Proportion de logements individuels accolés *Source : E.M.D. 1998*	22%	0,15	2%	58%
	Proportion de petit collectif (R+1 à R+4) *Source : E.M.D. 1998*	14%	0,15	0%	68%
	Proportion de grand collectif (supérieur à R+4) *Source : E.M.D. 1998*	22%	0,20	0%	83%
	Personnes par pièce *Source : IRIS 2000 - Données RGP 1999*	0,632	0,03	0,561	0,710

Tableau V-1. Variables utilisées : intitulé, source, et statistiques descriptives (suite)

	Variable (unité)	Moyenne	Ecart-type	Minimum	Maximum
Modèle de revenu	Revenu moyen du ménage (en kF) *Source : E.M.D. 1998*	147,462	38,292	65,659	213,222
	Age moyen des individus (en années) *Source : E.M.D. 1998*	37,503	3,396	30,491	45,126
	Proportion de la population de plus de 5 ans ayant effectué des études supérieures (Bac + 2 et plus) *Source : E.M.D. 1998*	21%	11%	3%	49%
Modèle de type de population	Taux de chômage (en proportion de la population active) *Source : E.M.D. 1998*	6%	0,03	1%	16%
	Proportion de retraités (dans la population de plus de 5 ans) *Source : E.M.D. 1998*	23%	0,07	8%	45%
	Proportion de mineurs (dans la population de plus de 5 ans) *Source : E.M.D. 1998*	19%	0,06	6%	32%
	Proportion d'étudiants (dans la population de plus de 5 ans) *Source : E.M.D. 1998*	8%	0,09	0%	48%
	Proportion de femmes (dans la population de plus de 5 ans) *Source : E.M.D. 1998*	52%	0,02	49%	58%
Modèle de taille	Taille du ménage (en nombre d'individus par ménage) *Source : E.M.D. 1998*	2,409	0,465	1,450	3,457
	Taille de la firme (nombre d'emplois par établissement) *Source : IRIS 2000 - Données RGP 1999 & IRIS 5000 - Comptage SIRENE*	5,448	3,864	1,347	20,355
	Population âgée de plus de 5 ans *Source : E.M.D. 1998*	12 141	5 250	2 067	24 278
	Surface totale habitable par personne (en m^2) *Source : IRIS 2000 - Données RGP 1999*	36,710	3,340	30,541	44,717

La nécessaire prise en compte des composantes socio-démographiques de la mobilité a abouti à la formulation de modèles ajoutant aux variables de forme urbaine des variables dites « de contrôle » qui ont trait soit aux attributs des modes de transport (coût, durée… - Boarnett & Crane, 2001 ; Cervero, 2002), soit aux caractéristiques des individus (revenu, motorisation, âge, etc.). Comme leur nom l'indique, ces variables ont pour objectif de « contrôler » les influences autres que celles de la forme urbaine.

La formulation de tels modèles pose un problème de multicolinéarité entre les variables. La plupart des études portant sur l'interaction entre la forme urbaine et la mobilité utilisent des données en coupe transversale se rapportant à la même période de temps (Handy, 2001), pour lesquelles les corrélations entre variables sont fréquentes. C'est notamment le cas ici, puisque nous ne disposons de données que pour l'année 1998.

Lorsque plusieurs facteurs covarient, les résultats issus des régressions par les MCO sont extrêmement fragiles : « la question se pose de savoir si beaucoup de variables d'environnement bâti se révéleront statistiquement significatives. C'est notamment dû à la colinéarité entre des facteurs tels que les densités locales, les niveaux de mixité d'usage [du sol] et les aménités pédestres » (Cervero & Kockelman, 1997, p. 203). La présence de multicolinéarité biaise les résultats : l'estimateur des MCO n'est pas efficient (cf. Encadré V-1)

Encadré V-1. Le problème de la multicolinéarité dans les régressions par les MCO

Soit le modèle de régression linéaire multiple (à k variables explicatives) suivant :

$$y_i = \sum \beta_k . x_{ik} + \varepsilon_i \quad ; \quad i = 1,..., N$$

où y_i est la variable expliquée, x_{ik} l'ensemble des k variables explicatives, β_k l'ensemble des coefficients de régression, et ε_i les résidus, qui ont les propriétés habituelles, c'est-à-dire qu'ils sont indépendants et identiquement distribués suivant une loi normale d'espérance nulle et de variance σ^2.

Il est plus pratique de le noter sous forme matricielle : $\underset{(N,1)}{Y} = \underset{(N,K)}{X} . \underset{(K,1)}{\beta} + \underset{(N,1)}{\varepsilon}$

où K est le nombre total de variables explicatives. La variance estimée de l'estimateur b_k est :

$$V(b_k) = \left(S^2 (X'X)^{-1}\right)_{kk}$$

où $S_{kk}^2 = \frac{e_k' . e_k}{n-1}$ est l'écart-type du coefficient estimé b_k.

Il est possible de montrer que :

$$V(b_k) = \frac{\sigma^2}{(1 - R_{k.}^2) . S_{kk}^2}$$

où $R_{k.}^2$ est le coefficient de corrélation issu de la régression de x_k sur toutes les autres variables explicatives. S'il y a multicolinéarité, alors $R_{k.}^2$ est élevé : x_k est collectivement liée aux autres variables du modèle (ou individuellement liée à une autre variable et indépendante de tous les

autres). La variance du coefficient b_k est élevée, sa valeur pouvant aller jusqu'à l'infini en cas de multicolinéarité parfaite ($R_{k.}^2$ =1). Or le test d'inférence statistique standard sur la significativité de b_k est le test du *t* de Student :

$$t = \frac{b_k}{\sqrt{V(b_k)}} \mapsto t_{N-K}$$

On comprend que le coefficient de régression b_k a une probabilité d'autant plus faible d'être considéré comme significatif que son écart-type est élevé : la multicolinéarité biaise les résultats. En pratique, les manifestations de la multicolinéarité sont :

- De faibles changements dans les données produisant des larges modifications dans l'estimation des paramètres ;
- Les écarts-type des coefficients sont élevés (et leur niveau de signification faible), même si la régression semble bonne au vu de la valeur du R^2 ;
- Les coefficients peuvent avoir un signe opposé à celui attendu, ou des amplitudes démesurées (Greene, 2000, p. 256).

Evidemment, la multicolinéarité est toujours plus ou moins présente dans n'importe quel ensemble de données. Le problème est de savoir dans quelle mesure, et si elle constitue un obstacle à une inférence robuste. Dans notre cas, nous avons disposé de données en coupe transversale extrêmement complètes ; en raison du grand nombre de variables (cf. Tableau V-1), la multicolinéarité est un problème que l'on ne peut pas esquiver.

Formellement, le problème de la multicolinéarité peut être résolu. Il suffit de spécifier un modèle à partir de variables qui ne sont pas corrélées entre elles. Nous avons choisi de sélectionner les variables à partir de la significativité (à 5%) du coefficient de corrélation de Pearson. Plusieurs modèles ont été construits sur cette base[144].

2 - *Spécification des 5 modèles*

Les données d'usage du sol ont été réparties en deux modèles d'usage du sol.

- **Un modèle de forme urbaine**

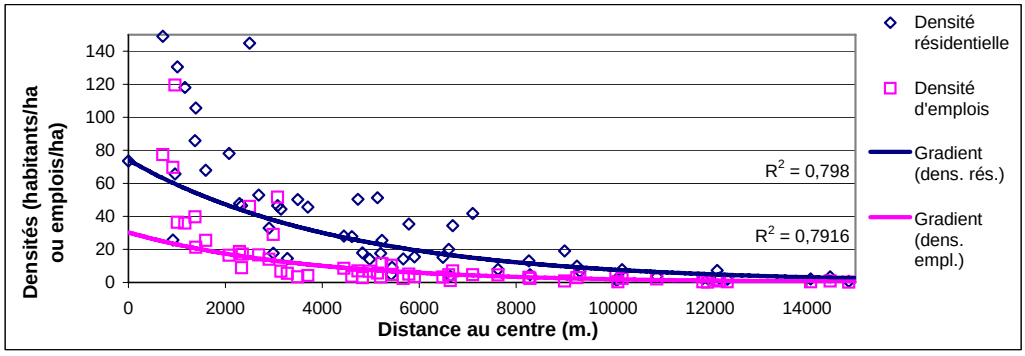
Celui-ci est le modèle principal. Il comprend un indicateur de densité : suivant la suggestion de L.S. Frank et G. Pivo (1994), le modèle comprend les densités résidentielles ou

[144] En réduisant le nombre de variables dans chaque modèle pour éviter de rencontrer des problèmes de multicolinéarité, on court le risque de mal spécifier le modèle. Le problème est celui de l'omission de variables explicatives pertinentes, qui aboutit lui aussi à biaiser les résultats : la variance est surestimée, et l'on sera amené à considérer comme significatifs des coefficients qui ne le seraient pas si l'on avait intégré les variables omises (Greene, 2000, 8.4.2). On est confronté à un dilemme : soit on spécifie largement le modèle, et l'on risque de rencontrer des problèmes de multicolinéarité ; soit on le spécifie étroitement, et l'on court le risque d'omettre des variables pertinentes. Nous avons spécifié les modèles en étant conscients de ces deux limitations, qu'il est impossible de concilier. Etant donné le grand nombre de variables disponibles, la priorité devait toutefois aller au traitement du problème de la multicolinéarité.

d'emploi suivant que le kilométrage effectué est calculé à l'origine ou à la destination du déplacement. Cependant la densité n'est qu'une moyenne, et nous avons voulu intégrer un indicateur de répartition intra-zonal des densités. L'idée était de tenir compte du degré de continuité de l'urbanisation, principalement pour les zones périphériques de faible densité. L'étalement se caractérise en effet par une diminution des densités, mais aussi par une urbanisation discontinue (cf. Chapitre I). Les résultats les plus significatifs ont été obtenus avec l'indicateur le plus simple, la valeur absolue de l'écart-type des densités résidentielles[145]. Il indique en fait le degré de dispersion/concentration de l'habitat au sein de la zone.

La répartition des densités dans l'agglomération bordelaise confirme largement la loi de Clark (cf. Graphique V-1). Le degré de corrélation entre les densités et la distance au centre (cf. le niveau des R^2) interdit de les tester conjointement comme variables explicatives de la mobilité. Alors que dans le Chapitre III, par manque de données, nous avions conduit des régressions séparées, ici la distance au centre a simplement été exclue des modèles explicatifs : elle ne mesure que l'éloignement par rapport au centre-ville et ne permet que des interprétations limitées. Les densités incluent davantage d'informations et autorisent des interprétations à la fois plus complètes et plus nuancées. L'influence de la densité sur une variable de mobilité peut ainsi s'expliquer en termes d'intensité dans l'occupation du sol, mais aussi de distance au centre. La vérification de la loi de Clark nous permet d'assimiler l'opposition fortes densités/faibles densités à l'opposition centre/périphérie, ce que nous serons parfois amené à faire dans les développements qui vont suivre, en raison du fort pouvoir explicatif de la distance au centre (Gaussier & Puissant, 2000).

Graphique V-1. Gradients de densité (forme exponentielle)



Source : E.M.D Bordeaux, 1998 (I.N.S.E.E, DR Aquitaine), traitement de l'auteur

En ce qui concerne les attributs de diversité dans l'usage du sol, les deux approches mentionnées au chapitre IV ont été considérées : le ratio emplois/population décrit le partage entre activités résidentielle et économiques (approche de R. Camagni *et alii* (2002)), tandis

[145] Obtenu par croisement des données IRIS 2000 et E.M.D, le zonage des premières étant plus fin que celui des secondes.

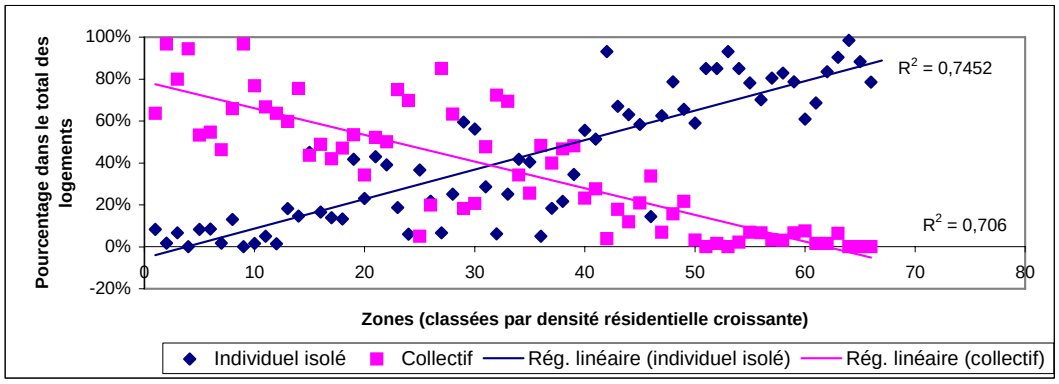
que le degré de diversité des activités économiques est capté par un indice du khi-deux de spécialisation sectorielle[146] (approche de L. S. Frank & G. Pivo (1994), notamment).

- **Un modèle de type de logements**

Les logements sont répartis en quatre types, de l'individuel isolé au grand collectif (plus de 4 étages) en passant par l'individuel accolé et le petit collectif. Une critique des avantages comparatifs de la Ville Compacte est basée sur l'attitude humaine face aux fortes densités. Il a donc semblé pertinent d'ajouter à ces variables un indicateur d'entassement, le nombre de personnes par pièce. En effet, le type de logement définit *a priori* la densité résidentielle, mais on a bien vu dans le Chapitre II, avec la notion de densité perçue, que le *sentiment* d'entassement, variable subjective, n'est pas forcément liée à la densité, variable objective. Le nombre de personnes par pièce semble adapté pour la mesure de fortes densités perçues, celles-ci étant en lien avec le manque d'intimité.

Comme les types de logements sont fortement reliés à la densité résidentielle (cf. Graphique V -2), il était bien évidemment impossible de tester leur influence conjointe sur les variables de mobilité. La solution était alors de réaliser un modèle séparé à partir des proportions de logements par type. L'impact du type de logement sur la mobilité devrait permettre de préciser l'influence de la densité résidentielle.

Graphique V -2. Types de logement suivant la distance au centre



Source : E.M.D Bordeaux, 1998 (I.N.S.E.E, DR Aquitaine), traitement de l'auteur

Les données socio-démographiques ont été regroupées en trois modèles :

- **Un modèle dit de « revenu »**, réalisé pour tester l'influence du revenu moyen sur les variables de mobilité. Le revenu est corrélé avec de nombreuses autres variables,

[146] Plus il est élevé, plus la zone est spécialisée dans une activité donnée (calculs effectués à partir de la nomenclature économique de synthèse (NES) 36 de l'INSEE, qui distingue 36 activités différentes). Cet indicateur est normalisé par rapport à la spécialisation sectorielle de l'agglomération, c'est-à-dire que plus l'indice du khi-deux de spécialisation sectorielle est élevé, plus la distribution des activités au sein de la zone est éloignée de celle de l'agglomération (Lajugie *et alii*, 1985, pp. 699-700).

ce qui nous a obligé à l'isoler dans un modèle propre pour éviter les problèmes de multicolinéarité. Le modèle comprend également l'âge moyen et le niveau d'éducation ;

- **Un modèle dit de « type de population »** combine les proportions de chômeurs, retraités, mineurs (en âge) et étudiants dans la population totale de la zone (c'est-à-dire l'activité des individus ne faisant pas partie de la population active occupée). Suivant l'exemple de nombreuses études empiriques, on lui a adjoint une variable de genre, la proportion de femmes dans la population ;
- Enfin, **un modèle dit « de taille »**, destiné à évaluer les effets de taille. Il regroupe la taille du ménage, la taille des firmes (en nombre d'emplois par établissement), la population totale de la zone, et la surface habitable par personne.

Ces trois modèles seront testés successivement et séparément afin d'éviter l'apparition de problèmes de multicolinéarité entre variables. Cependant un autre problème subsiste, celui de la causalité : en raison de l'interaction entre la forme urbaine et les caractéristiques socio-démographiques individuelles, il est difficile – voire impossible dans certains cas – de dégager des liens de cause à effet à partir des corrélations statistiques constatées.

B - Le problème de la causalité

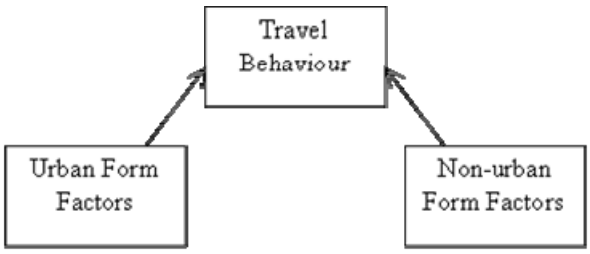
« The world is a very complicated place. It is rarely easy to sort out cause and effect or even what exactly is happening at any point in time, let alone why »
Randall Crane (1999, p. 7)

Le cadre conceptuel de L.S. Frank et G. Pivo (1994), nous l'avons déjà souligné, suppose que les facteurs ayant trait à la forme urbaine et les facteurs ayant trait aux caractéristiques socio-démographiques ont une influence distincte sur la mobilité. Les techniques économétriques standards permettent, à partir d'une liste de variables explicatives, de déterminer lesquelles ont une influence significative sur la mobilité ; cette influence est alors interprétée à la lumière de présupposés théoriques, éventuellement d'enseignements tirés de précédentes études empiriques. Les corrélations constatées sont alors transformées en liens de cause à effet, comme l'indique le sens des flèches (cf. Figure V-1)[147].

On peut déjà distinguer deux niveaux de causalité dans le lien forme urbaine-mobilité : la forme urbaine peut influencer les comportements en modifiant les opportunités de déplacements des résidents ; à un niveau plus fondamental, la forme urbaine peut également modifier les préférences et perceptions individuelles à l'origine des comportements de mobilité (Handy, 2001).

[147] La causalité est ce qui « relie un phénomène à un autre phénomène, par un cheminement qui nous permet de reproduire l'effet à partir de la cause, au moins en pensée » (Mouchot, 2003, p. 94).

Figure V-1. Le cadre conceptuel de L. S. Frank et G. Pivo (1994)



L'approche suggérée par L. S. Frank et G. Pivo (1994) n'est possible que dans la seule mesure où les deux types de facteurs de la mobilité sont séparés distinctement. *La possibilité d'une interaction entre la forme urbaine et les caractéristiques socio-démographiques remet en cause ce cadre conceptuel* et les résultats tirés d'études empiriques l'ayant adopté. D'après R. Dunphy et K. Fischer, « le modèle [de niveaux plus élevés d'utilisation des transports en commun dans les quartiers les plus denses] n'est pas aussi tranché en raison de l'interaction qui survient entre la densité et les caractéristiques démographiques de certains ménages » (cités *in* Boarnett & Crane, 2001, pp. 824-825).

Il paraît pertinent de considérer que les comportements de mobilité, l'usage du sol et les caractéristiques individuelles interagissent. Cette interaction empêche le passage d'une corrélation constatée à un lien de causalité. On est confronté à une indétermination logique et les techniques quantitatives habituellement utilisées ne permettent pas de dégager des liens causaux clairs et univoques. Ainsi, les études sur le lien entre forme urbaine et comportements de déplacement « révèlent des corrélations entre l'environnement bâti et les comportements de mobilité mais *ne prouvent pas la causalité* » (Handy, 2002a, p. 15, souligné par nous).

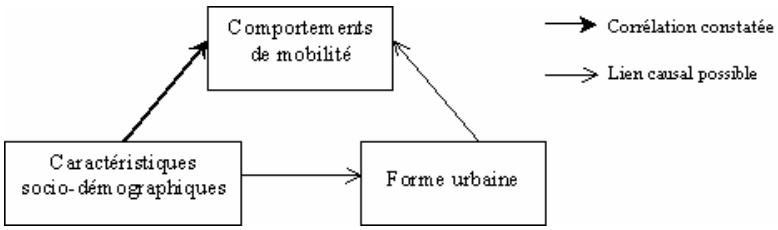
Fréquemment, le problème des interactions entre variables socio-démographiques et variables de forme urbaine n'est qu'évoqué (Handy, 2001). Or, il est essentiel pour assurer la robustesse des interprétations avancées. Le « saut » d'une corrélation constatée empiriquement à une interprétation de nature causale doit être effectué avec de nombreuses précautions. Il est notamment nécessaire de vérifier qu'il n'existe pas d'autre interprétation possible, qui passerait par exemple par un tiers facteur s'interposant entre les deux termes de la corrélation constatée. *C'est pourquoi la possibilité d'un lien entre forme urbaine et caractéristiques socio-démographiques est si importante dans la détermination des facteurs de la mobilité*, car il vient interférer dans le lien entre forme urbaine et mobilité d'une part, et caractéristiques socio-démographiques et mobilité d'autre part.

Le lien entre forme urbaine et caractéristiques socio-démographiques peut prendre la forme d'une causalité directe ou indirecte, que nous expliciterons en les illustrant d'exemples tirés de l'analyse des comportements de mobilité dans l'aire urbaine de Bordeaux.

1 - Causalité directe entre la forme urbaine et les caractéristiques individuelles

Les caractéristiques individuelles peuvent être à l'origine directe de la localisation dans une forme urbaine spécifique. Il ne s'agit pas de remettre en cause la corrélation entre caractéristiques individuelles et mobilité, que l'analyse des données rend difficilement réfutable, mais plutôt de proposer une interprétation causale alternative, un « effet localisation » qui postule la localisation dans une forme urbaine particulière comme « médiation causale » entre caractéristiques individuelles et comportement de mobilité. La Figure V-2 exprime la possibilité d'une corrélation constatée (ou apparente) justifiée par d'autres liens causaux.

Figure V-2. La causalité directe entre les caractéristiques socio-démographiques et la forme urbaine



La possibilité d'un lien causal direct entre caractéristiques sociodémographiques et forme urbaine s'énonce ainsi : (1) les caractéristiques des agents déterminent leur localisation dans une forme urbaine particulière. Par suite, (2) cette localisation détermine leurs comportements de mobilité, par la vertu d'un lien postulé entre forme urbaine et mobilité. Ainsi une corrélation constatée entre caractéristiques individuelles et mobilité se révèlerait-elle en fait être un lien causal que l'on peut dédoubler en (1) influence des caractéristiques individuelles sur la localisation dans une forme urbaine spécifique, et (2) influence de la localisation dans une forme urbaine spécifique sur les comportements de mobilité.

La corrélation entre composition familiale et mobilité paraît tout à fait caractéristique de ce phénomène. Plusieurs études soulignent en effet l'influence du nombre d'enfants sur le partage modal (Rajamani *et alii*, 2003), de l'âge moyen sur la consommation d'énergie due aux transports (van Diepen & Voogd, 2001), du nombre d'actifs dans le ménage sur le partage modal (Dieleman *et alii*, 2002), etc. La position dans le cycle de vie influence les comportements de mobilité, et le lien causal constaté de la Figure V-2 paraît solidement fondé : l'augmentation de la taille du ménage s'accompagne d'un accroissement des besoins de mobilité du ménage, notamment du nombre de pérégrinations, et incite à l'équipement automobile, mode particulièrement adapté aux déplacements multi-objectifs.

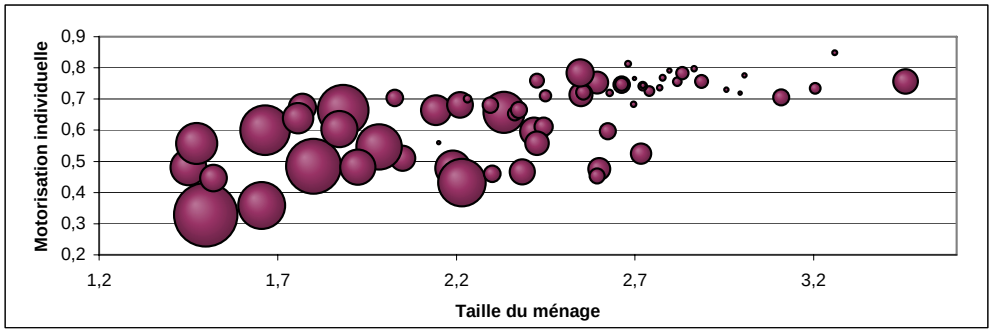
La taille du ménage est ainsi une importante variable explicative de la mobilité. Dans le cas de Bordeaux, il est donc normal de constater une influence positive de la taille du ménage

sur la mobilité et la motorisation du ménage, ainsi que sur les distances moyennes de déplacement, et négative sur la part modale de la marche à pied et des transports en commun. Néanmoins, on pourra trouver plus surprenant la corrélation positive entre taille du ménage et kilométrage par habitant pour les déplacements domicile-travail ou taille du ménage et motorisation *individuelle* (Pouyanne, 2004b).

Il ne s'agit donc pas de nier le lien entre taille du ménage et mobilité, mais plutôt de le resituer dans son contexte spatial, et de le compléter ainsi par la prise en compte de localisations spécifiques. Ainsi au lieu (ou en supplément) d'une influence directe de la composition familiale sur la mobilité, on peut adopter l'hypothèse suivante : la composition familiale détermine un type de localisation, qui par suite influe sur les comportements de mobilité.

On constate en effet une forte représentation des ménages de grande taille dans les parties périphériques et peu denses de l'agglomération. Inversement, la taille du ménage est nettement plus faible dans les parties centrales et denses. Il est donc plausible de supposer l'existence d'un « effet localisation » sur les comportements de mobilité des ménages. Le Graphique V-3 montre bien la corrélation positive entre taille du ménage et motorisation individuelle, et comment la densité humaine[148] interfère dans ce lien en tant que tiers facteur.

Graphique V-3. Motorisation individuelle et taille du ménage (la surface des bulles est proportionnelle à la densité humaine)



Source : E.M.D Bordeaux, 1998 (I.N.S.E.E, DR Aquitaine), traitement de l'auteur

Après avoir constaté une corrélation entre la densité humaine et la taille du ménage, il s'agit de l'interpréter. Nous voyons à cet « effet localisation » deux interprétations causales possibles, qui ne sont pas exclusives l'une de l'autre :

- Une interprétation en termes d'**aménités** :

On peut supposer un phénomène de « fuite du centre » lorsque la taille du ménage s'accroît, dans le but de protéger ses enfants des externalités négatives du centre – pollution ou insécurité – et au contraire de leur faire profiter des aménités positives de la périphérie –

[148] Somme des densités résidentielles et d'emploi, qui mesure l'intensité de l'occupation du sol par l'ensemble des activités humaines (Fouchier, 1997a, 1997b).

par exemple la présence de nature. Plus généralement, l'avancée dans le cycle de vie correspond à la possibilité d'émigrer du centre vers la périphérie[149].

- Une interprétation en termes de **disponibilité foncière** :

L'abondance de logements de petite taille dans les parties centrales de l'agglomération est un phénomène assez largement constaté. R. F. Muth (1969) l'explique par une dissociation entre le gradient de rente et le gradient de densité[150] : alors que la rente augmente continûment et à des taux souvent élevés, l'augmentation de la densité qui doit en résulter est entravée par la durabilité du bâti. Dans les centres-ville, surtout ceux des villes européennes, les bâtiments sont souvent protégés de la destruction pour des raisons esthétiques et historiques. A Paris par exemple, la hauteur des bâtiments ne peut légalement excéder celle des constructions haussmaniennes, qui datent de la deuxième moitié du XIX° siècle.

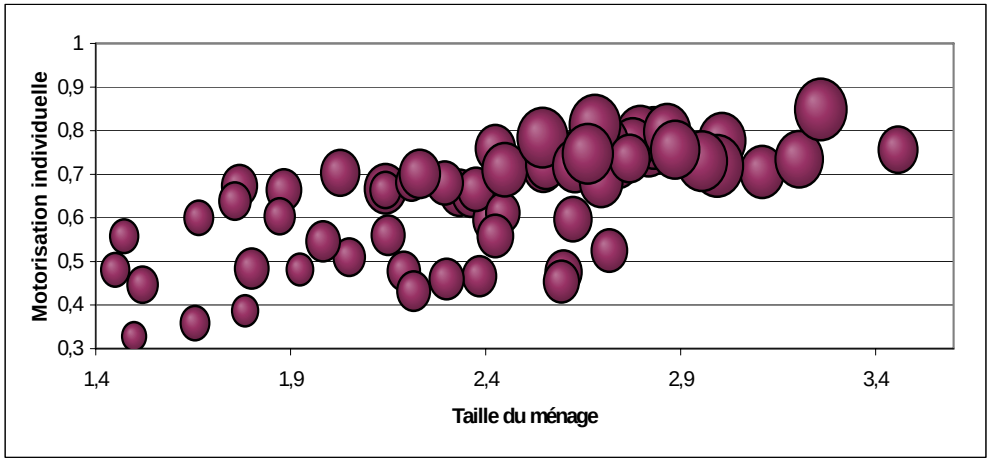
Si la pression de la rente ne peut s'atténuer par la verticalité, elle se traduira par une réduction de la taille des logements afin d'en augmenter le nombre. R. F. Muth (1969, p. 97) explique que « la durabilité affect en priorité l'[aspect] extérieur des bâtiments (*durability affects primarily exteriors of the buildings*) » : l'ajustement permettant de faire correspondre gradients de rente et de densité est l'aménagement *intérieur* des bâtiments, c'est-à-dire la multiplication des logements de petite taille. On comprend donc que, pour une raison de disponibilité foncière, l'augmentation de la taille du ménage incite à fuir le centre et à adopter une localisation périphérique, où l'abondance de maisons individuelles est tout à fait adaptée à la demande de ce type de population.

Il est donc possible dans une certaine mesure de s'affranchir de l'habituel raisonnement sur les arbitrages individuels, qui suppose parfois des hypothèses fortes, pour relier simplement la taille du ménage et sa localisation à la structure du parc de logements. Cette interprétation est confirmée lorsque l'on remplace la densité humaine par la surface moyenne des logements (en m^2). On constate à nouveau une interaction entre les trois variables (cf. Graphique V-4).

Ainsi la corrélation entre taille du ménage et mobilité n'est-elle pas forcément un lien causal direct, comme postulé habituellement, mais peut également dériver des pratiques de localisation, périphérique pour les ménages de grande taille et centrale pour les ménages de petite taille, qui dérivent elles-mêmes des modalités de l'offre de logement. Nous sommes confrontés à une *indétermination logique*, c'est-à-dire à l'impossibilité de séparer la cause de l'effet. On ne peut trancher entre le lien causal « apparent » et le lien causal « caché » (cf. Figure V-2), d'autant que les deux coexistent sans doute. On ne peut faire mieux que noter l'interaction réciproque entre ces trois variables contre laquelle, sans analyse approfondie, vient se briser toute tentative d'explication causale.

[149] Ce qui suppose de poser une structure de préférences particulière, qui valorise l'habitat périphérique. Nous renvoyons aux développements consacrés à cette question dans le Chapitre I.
[150] Rappelons l'équivalence théorique entre variations de la rente et variations de la densité, exposée dans le Chapitre I.

Graphique V-4. Le lien entre taille du ménage et motorisation individuelle (la surface des bulles est proportionnelle à la surface moyenne du logement)



Source : EMD Bordeaux, 1998 (I.N.S.E.E, DR Aquitaine), traitement de l'auteur

Si l'exemple de la corrélation entre taille du ménage et mobilité révèle une causalité directe entre caractéristiques socio-démographiques et forme urbaine, cette causalité peut également être indirecte.

2 - Causalité indirecte entre la forme urbaine et les caractéristiques individuelles

Nous nous référerons pour illustrer ce lien causal à la notion **d'autosélection** (*self-selection*). Celle-ci « met en doute la *direction* de la relation causale entre la forme urbaine et les déplacements » (Krizek, 2003, p. 268, souligné par nous). Le lien de causalité entre usage du sol et mobilité habituellement postulé dans la littérature est renversé : ce ne sont pas tant les caractéristiques de l'environnement bâti qui déterminent les comportements de mobilité, mais plutôt les préférences des agents en termes de mobilité qui déterminent leur localisation au sein d'un environnement particulier. L'idée est que les individus préférant la marche ou les transports en commun à la voiture particulière choisiront une localisation dans un environnement adapté à cette prédilection, c'est-à-dire dense et mixte, où davantage de destinations à distance donnée sont disponibles, et où la desserte en transports en commun est plus importante. Ce sont donc bien les préférences en termes de mobilité qui déterminent la localisation, et non l'inverse.

Nous proposons de généraliser le concept d'autosélection dans deux directions :

- Sur le **critère de localisation.**

On peut supposer que ce n'est pas tant la préférence pour un mode particulier qui détermine la localisation que, tout simplement, la possibilité de disposer d'un choix modal. La corrélation entre forme urbaine et mobilité peut en effet être interprétée en termes de dépendance automobile : dans les zones périphériques de faible densité, la marche à pied est quasiment impossible et la desserte en transports en commun insuffisante, voire inexistante. L'usage de l'automobile y est « une nécessité plus qu'un choix » (Newman & Kenworthy, 1998, p. 21). On peut donc supposer que c'est la possibilité d'avoir le choix entre plusieurs modes (même si ce choix se porte parfois sur l'automobile) qui influence la localisation des individus : dans ce cas ce n'est pas tant tel ou tel mode qui est préféré, mais le choix modal lui-même.

- Sur le **degré de liberté des individus :**

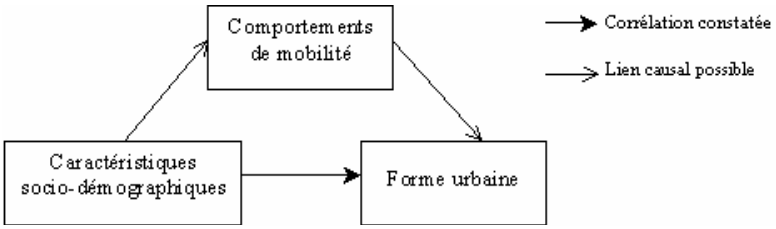
L'autosélection suppose que la localisation des individus dépend de la structure de leurs préférences, c'est-à-dire qu'elle résulte d'un arbitrage entre avantages et inconvénients (en termes de choix modal) pour chaque localisation, étant données certaines contraintes, par exemple de revenu. Il peut arriver cependant que l'arbitrage ne soit plus possible. La localisation est alors presque intégralement contrainte. Les populations n'ayant pas accès à l'automobile, que ce soit pour des raisons de revenu, d'âge ou de handicap « ne peuvent vivre dans des espaces de faible densité, caractérisés par l'absence ou l'éloignement des services de base. Elles se retrouvent donc, par une sorte "d'effet grégaire", concentrés dans des espaces de plus forte densité dans lesquels l'automobile n'est pas indispensable » (Dupuy, 2002, p. 150). Cet effet grégaire constitue bien une contrainte de localisation, puisqu'elle oblige les individus n'ayant pas accès à l'automobile à se concentrer dans des espaces où « la vie [n'est possible] que sous condition d'une densité minimale » (*Ibid*., p. 149).

Le concept d'autosélection inverse le lien causal entre mobilité et forme urbaine. La double généralisation que nous avons opérée peut se résumer de la manière suivante : (1) ce n'est pas tant la préférence pour un mode particulier qui détermine la localisation dans une forme urbaine particulière, que la préférence pour le choix modal et la volonté d'échapper à la dépendance automobile ; (2) la préférence peut s'effacer derrière la contrainte pour les populations qui n'ont pas accès à l'automobile. Dans ce cas, ce sont donc bien les caractéristiques socio-démographiques (revenu, âge, etc.) qui, par un effet direct sur l'équipement automobile, déterminent indirectement la localisation dans une forme urbaine spécifique (cf. Figure V-3).

Il est possible d'illustrer cet argument dans le cas de Bordeaux. Les populations susceptibles d'être « captives » des modes de transport alternatifs à la voiture s'inscrivent en

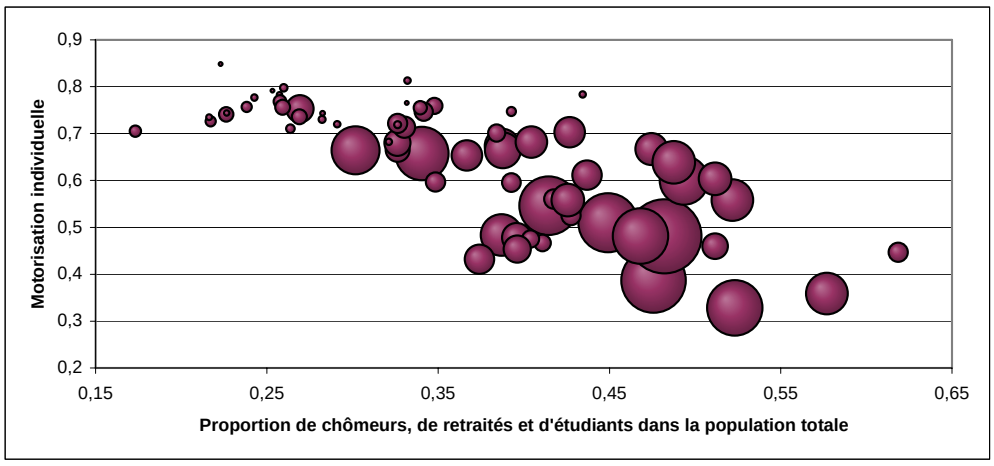
négatif par rapport aux actifs occupés : les chômeurs et les étudiants, pour des raisons pécuniaires ou d'accès au permis de conduire ; les retraités, pour des raisons de handicap[151].

Figure V-3. La causalité indirecte entre les caractéristiques socio-démographiques et la forme urbaine



Sur cette base, nous avons construit un indicateur simple qui mesure la proportion d'individus susceptibles d'être captifs des modes alternatifs, calculé simplement comme la proportion de chômeurs, de retraités et d'étudiants dans la population totale. Le Graphique V-5 montre une corrélation positive entre ce taux et la motorisation individuelle, et une corrélation négative entre ce taux et la densité humaine. En complétant par la relation positive entre densité humaine et motorisation individuelle, on se trouve à nouveau confronté à une interaction généralisée entre ces trois variables, qui empêche de mettre en évidence des liens causaux univoques.

Graphique V-5. Le lien entre population susceptible d'être captive des modes alternatifs et motorisation individuelles (la surface des bulles est proportionnelle à la densité humaine)



Source : EMD Bordeaux, 1998 (I.N.S.E.E, DR Aquitaine), traitement de l'auteur

[151] Les mineurs ont été exclus, car la possibilité de covoiturage familial risque de masquer le phénomène observé, surtout étant données les observations *supra* sur la tendance des ménages de grande taille à se localiser dans des zones périphériques où la dépendance automobile est forte.

Les deux types de problèmes rencontrés dans l'étude de l'interaction entre la forme urbaine et la mobilité ont trait à l'interaction systématique entre variables habituellement considérées comme séparées, et pour lesquelles la simple corrélation statistique tient lieu de lien de causalité. La prise en compte de ces problèmes suppose que le cadre conceptuel de référence (cf. Figure V-1) soit amendé. Nous formulons un nouveau cadre théorique qui servira de base à l'application empirique à l'agglomération bordelaise.

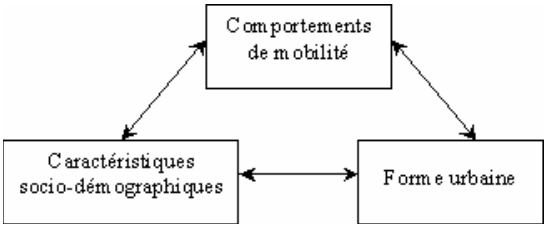
III - La formulation d'un cadre théorique adapté à l'étude des interactions entre la forme urbaine et la mobilité quotidienne

Les interrelations complexes entre caractéristiques socio-démographiques, de forme urbaine, et comportements de mobilité peuvent être schématisées par « l'interaction triangulaire », qui constitue une généralisation du cadre conceptuel de L. S. Frank et G. Pivo (1994). Nous sommes confrontés à un système tripolaire dont il s'agit d'expliciter les liens.

A - L'interaction triangulaire

A la lumière des liens de cause à effet existant entre les caractéristiques socio-démographiques et la localisation dans une forme urbaine spécifique, la séparation stricte de ces deux ensembles de variables dans la détermination des facteurs de la mobilité quotidienne doit être remise en cause. Nous avons souhaité adopter un cadre théorique prenant en compte ces relations complexes. Il décrit une « interaction triangulaire » généralisée entre les trois blocs de variables composant le cadre habituel des études sur le lien entre mobilité et usage du sol (cf. Figure V-4).

Figure V-4. « L'interaction triangulaire »



L'apparition d'un troisième lien entre caractéristiques individuelles et forme urbaine exprime la possibilité d'une causalité entre ces deux types de facteurs de la mobilité. La généralisation de l'usage des doubles flèches reflète notre incertitude sur le sens de la causalité. Ce schéma suppose une causalité circulaire généralisée entre des caractéristiques individuelles, des caractéristiques d'environnement et ce que l'on cherche à expliquer : des comportements de mobilité. Une causalité circulaire, par définition, n'admet pas de séparation

entre la cause et l'effet : « casser » le cercle reviendrait à adopter une vision tronquée de la réalité, et donc à en proposer une explication partielle (posture dite du « réductionnisme ») : « une boucle de rétroaction doit être prise dans sa globalité en se gardant bien de l'ouvrir » (Donnadieu, 2002, p. 10), même si cette ouverture permet de rétablir la marche rassurante du temps, la cause se situant avant l'effet. Comme il est impossible de dégager des causalités simples, la forme adoptée est proche de celle du circuit, pour lequel par définition il n'existe pas de théorie causale (Mouchot, 2003, p. 172).

Paradoxalement, l'adoption de ce schéma complexe est rendu indispensable par l'avancée des recherches sur le lien entre forme urbaine et mobilité, qui ont finalement davantage soulevé de questions qu'apporté des résultats : « bien que les connexions entre les déplacements et l'usage du sol semblent évidentes et simples, notre appréciation de ces connexions s'accroît au fur et à mesure de la progression de le recherche sur ces connexions : plus nous en savons, moins nous semblons en savoir » (Handy, 2002a, p. 3).

« L'interaction triangulaire » décrit finalement une interaction généralisée entre plusieurs pôles : l'individu, son environnement et son comportement. Elle se rattache donc à la description d'un système, dont nous devons expliciter précisément les mécanismes.

B - Une approche systémique : l'individu, l'environnement et le comportement

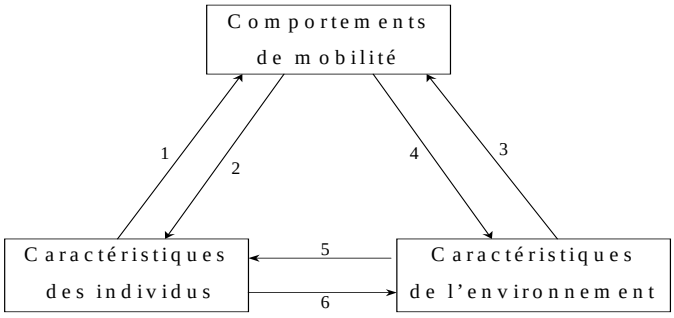
Par définition, la causalité requiert deux éléments : la cause et l'effet. Elle les relie l'un à l'autre, l'*explanans*, ce qui explique, étant antérieur à l'*explanandum*, ce qui doit être expliqué (Blaug, 1992). La structure logique d'une relation causale est donc simple, puisqu'elle relie deux éléments dont le premier dans le temps est appelé cause.

« L'interaction triangulaire » suppose une interaction généralisée entre trois ensembles de variables, ce qui rend difficile la mise en évidence de causalités, celles-ci correspondant à une interaction deux à deux. E. Morin a proposé le terme de « trialectique » pour désigner le « jeu interactif entre au moins trois composants constitutifs du système, chaque relation entre composants pris deux à deux se déroulant le plus souvent, sinon toujours, en dépendance aléatoire du troisième » (Donnadieu, 2002, p. 1).

De fait, « l'interaction triangulaire » décrit bien un fonctionnement systémique[152], l'individu interagissant avec son environnement (la forme urbaine) pour produire un comportement (de mobilité), qui à son tour rétroagit sur ces deux éléments. Il semble intéressant de détailler les mécanismes qui produisent « l'interaction triangulaire » (cf. Figure V-5).

[152] Un système est « un ensemble d'unités en interrelations mutuelles » (L. von Bertalanffy), ou encore une « unité globale organisée d'interrelations entre éléments, actions ou individus » (E. Morin), la deuxième définition rajoutant à la première la notion d'(auto-)organisation.

Figure V-5. « L'interaction triangulaire » : détail des causalités



Afin d'expliciter les relations à l'œuvre dans « l'interaction triangulaire », les causalités circulaires ont été décomposées en relations causales simples. Nous ne tombons pas dans le travers du réductionnisme, car nous nous contentons de détailler chaque relation sans lui dénier son caractère circulaire. Chaque « boucle » se définit alors par un couple de liens causals :

- L'interaction entre caractéristiques individuelles et comportements de mobilité :
  - La relation 1 décrit l'influence des caractéristiques individuelles sur la mobilité : le « style de vie » ou la position dans le cycle de vie déterminent des pratiques de mobilité spécifiques (Kaufmann, 1999) ;
  - La relation 2 exprime l'effet en retour de la mobilité sur les caractéristiques individuelles. Les comportements de mobilité peuvent déterminer l'appartenance à un groupe, comme le montre par exemple le rôle de « marqueur social » de l'automobile (e.g. Orfeuil, 1994). L'influence des comportements de mobilité sur les individus exprimée par la relation 2 tient donc à la perception socio-culturelle de la mobilité.

- L'interaction entre caractéristiques de l'environnement (de forme urbaine) et comportements de mobilité :
  - La relation 3 constitue le lien traditionnellement postulé entre forme urbaine et mobilité : ses caractéristiques quantitatives (densité) et qualitatives (mixité fonctionnelle) influencent les comportements de mobilité (cf. chapitres III et IV) ;
  - La relation 4 constitue une inversion de la causalité habituellement postulée entre forme urbaine et mobilité. Il s'agit donc, si l'on suit la définition de K. Krizek (2003), du phénomène d'autosélection. Notons que la généralisation du concept d'autosélection que nous avons effectuée *supra*, et utilisée comme illustration de la causalité indirecte entre caractéristiques individuelles et de forme urbaine, correspond au trajet 1 – 4.

- L'interaction entre les caractéristiques individuelles et de forme urbaine :
  - La relation 5 résume les contraintes que fait peser l'environnement bâti sur les caractéristiques individuelles : les mécanismes de ségrégation, par exemple.
  - La relation 6 exprime la causalité directe présentée ci-dessus entre les caractéristiques individuelles et la localisation dans une forme urbaine particulière : l'individu localise sa résidence dans un environnement particulier en fonction de caractéristiques socio-démographiques (par exemple la taille du ménage). Cette relation ressort plutôt d'un choix, tandis que la relation 5 est plutôt un ensemble de contraintes pesant sur le choix.

Une étude critique des études portant sur le lien entre forme urbaine et mobilité quotidienne nous a amené à amender le cadre théorique sous-jacent et à proposer le nôtre. « L'interaction triangulaire » sera utilisée comme cadre théorique pour l'analyse empirique des déterminants de la mobilité quotidienne dans le cas de l'agglomération bordelaise.

SECTION II - LES DETERMINANTS DE LA MOBILITE QUOTIDIENNE : LE CAS DE L'AGGLOMERATION BORDELAISE

« L'interaction triangulaire » nécessite le développement d'outils économétriques spécifiques, basées sur le contrôle statistique. Nous avons développé la technique des « régressions typologiques », dont nous présentons le principe avant de l'appliquer à la détermination des facteurs de la mobilité dans l'agglomération bordelaise.

I - Les techniques économétriques utilisées

Les études empiriques qui tentent de déterminer les facteurs de la mobilité urbaine supposent l'existence de deux types de facteurs, donc deux ensembles de relations deux à deux, qui peuvent se ramener à des liens de causalité. La complexité des relations décrites par « l'interaction triangulaire » s'inscrit en rupture avec ce mode de raisonnement. On est amené à rompre avec les pratiques statistiques habituelles et à construire une méthode originale à partir de techniques économétriques courantes et basée sur le « contrôle statistique ».

A - La nécessité du contrôle statistique

L'adoption de « l'interaction triangulaire » comme cadre théorique à l'étude des comportements de mobilité dans l'agglomération bordelaise, s'il est imposé par l'honnêteté intellectuelle, complique sévèrement la tâche du chercheur. Il n'est possible d'extraire d'une

étude empirique que de simples corrélations entre variables. La détermination de liens causaux univoques devient extrêmement difficile dans un système où tout est en interaction réciproque. Une solution intéressante serait de tenter de « maîtriser » un ensemble de facteurs afin de transformer une relation tripartite en simple relation binaire. L'objectif est le « contrôle statistique » : « Tant qu'un contrôle statistique complet n'est pas introduit, toute relation découverte est nécessairement associative plutôt que causale » (Cervero & Kockelman, 1997, p. 201).

La question est de savoir si les techniques quantitatives sont susceptibles de fournir des outils adaptés au problème. La solution réside alors dans la construction d'une méthode permettant de « contrôler » l'influence d'un ensemble de facteurs afin d'isoler dans la mesure du possible l'influence de l'autre ensemble de facteurs. Cette méthode, formulée par l'auteur, est une sophistication de techniques économétriques de base adaptées au problème auquel nous faisons face.

B - Les techniques économétriques de base

Le test des déterminants de la mobilité quotidienne dans l'agglomération bordelaise a été effectué à partir de régressions linéaires multiples, selon la technique des moindres carrés ordinaires. Nous avons rencontré lors de l'estimation d'importants problèmes d'hétéroscédasticité, révélés par la statistique de Breusch-Pagan[153]. Normalement, la correction de l'hétéroscédasticité nécessite de connaître sa forme. La correction dite « de White », formulée en 1980, permet d'obtenir une estimation robuste de la matrice de variances-covariances sans avoir besoin de connaître la source de l'hétéroscédasticité (Greene, 2000, pp. 506-507). Nous avons donc systématiquement utilisé la correction de White en présence d'hétéroscédasticité.

En présence de données spatialisées, il est nécessaire de prendre en compte (et éventuellement de corriger) l'autocorrélation spatiale. Celle-ci exprime l'absence d'indépendance entre observations géographiques : les variables de deux zones liées spatialement (par exemple, contiguÊs) ne sont pas indépendantes (Le Gallo, 2002). Cependant, le faible nombre d'observations (66) fait que la détection de l'autocorrélation spatiale et les méthodes permettant de la corriger ne sont pas fiables. Nous avons donc choisi de ne pas en tenir compte.

Si la régression linéaire fut adoptée pour la plupart des variables de mobilité, un traitement particulier a été appliqué aux parts modales. En effet l'usage de tel ou tel mode pour un déplacement donné est considéré comme le résultat d'un choix de l'individu. Dès lors, les modèles de choix discret sont les mieux adaptés pour rendre compte de ces comportements. En ce qui concerne le test des facteurs explicatifs du choix modal, le modèle

[153] En présence d'hétéroscédasticité, les variances des résidus diffèrent pour chaque observation. Les estimateurs des moindres carrés restent sans biais mais deviennent inefficients. Sous l'hypothèse nulle d'homoscédasticité, la statistique de Breusch-Pagan/Godfrey suit une loi du khi-deux avec autant de degrés de liberté qu'il y a de variables dans le modèle (Greene, 2000, pp. 509-511).

le plus couramment utilisé est le modèle *logit* multinomial ou MLN (Amemyia, 1985 ; de Palma & Thisse, 1987 ; cf. Encadré V-2).

Dans l'estimation d'un MLN, la variance de l'erreur du modèle est normalisée. On ne peut donc pas interpréter la valeur numérique des coefficients de régression. Seul importe leur *signe* qui indique le sens de la relation entre la part modale et la variable explicative (Thomas, 2000). Cependant, il est possible de calculer les élasticités-types, définies par le rapport entre la variation relative de la probabilité de choisir le mode *j* et la variation relative de la variable explicative z_l où l=1,…, L est le nombre de variables explicatives incluses dans le modèle :

$$\xi_{j,l} = \frac{\partial P(j)/P(j)}{\partial z_l / z_l}$$

Ces élasticités seront désignées, comme dans la pratique courante en sciences économiques, par le nom de la variable explicative au dénominateur : par exemple, l'élasticité-revenu de l'automobile. Notons que la calcul des élasticités produit parfois des valeurs aberrantes, en raison d'une distribution particulière de la variable explicative. C'est pourquoi il n'est parfois pas effectué par le logiciel économétrique, laissant des blancs dans le tableau des élasticités (voir Annexe 7). L'estimation de MLN suppose le choix d'une variable de référence : la variable expliquée s'exprime comme un rapport entre la probabilité d'utiliser un mode *par rapport* au mode de référence. Enfin, les résultats quant au test de l'hypothèse d'indépendance des choix non pertinents (cf. Encadré V-2) ne sont pas présentés : le test d'Hausman conduisait systématiquement à ne pas rejeter l'hypothèse.

Encadré V-2. Le modèle logit multinomial (MLN)

- **Le MLN : généralités**

Soient *N* individus indicés par *i* et un ensemble de *J* choix (ou alternatives) indicés par *j*.

L'utilité que retire l'individu *i* du choix *j* est $U_{ii} = V_{ii} + \varepsilon_{ii}$ où $V_{ii} = \beta_j . z_{ii}$ est l'utilité indirecte[154], déterminée par un ensemble de variables z_{ij}, et ε_{ii} un terme aléatoire regroupant l'ensemble des déterminants de l'utilité non pris en compte par le modèle.

Les probabilités de choix sont construites à partir de la maximisation de ces utilités stochastiques : on suppose que l'individu choisit l'alternative qui maximise son utilité :

$P_i(j) = \Pr\{U_{ij} = \max U_{ij}\}$ (de Palma & Thisse, 1987).

En faisant des hypothèses sur la distribution des résidus, on est en mesure d'obtenir tous les modèles de choix multinomial possibles. En supposant que les ε_{ii} suivent une loi logistique (bornée entre 0 et 1, puisqu'on travaille sur des probabilités), on obtient le modèle *logit* multinomial (MLN).

[154] La notation pouvant induire en erreur, précisons que β_j est un vecteur colonne de dimension (N,1). En toute rigueur, ici et dans la suite du texte, c'est le *transposé* du vecteur des coefficients qui est prémultiplié à la matrice des variables explicatives. Nous l'avons omis pour des raisons de lisibilité.

La probabilité pour un individu *i* de choisir *j* est : $P_i(j) = \frac{e^{V_{ij}}}{\sum_{j=1}^{J} e^{V_{ij}}} = \frac{e^{\beta_j . z_{ij}}}{\sum_{j=1}^{J} e^{\beta_j . z_{ij}}}$ (25)

- **Application aux données de l'E.M.D 1998**

De manière générale, l'utilité dépend des z_{ij}, qui incluent toutes sortes d'influences ; par exemple, des aspects spécifiques aux modes et des aspects spécifiques aux individus.

Il peut paraître pertinent de les distinguer : $z_{ij} = [y_{ij}, w_i]$ où les y_{ij} sont les attributs des choix et les w_i sont des attributs individuels.

Par hypothèse, les attributs des choix découlent de la forme urbaine : le temps de trajet, les distances moyennes à parcourir, la fourniture de transports en commun, etc. sont dérivés des attributs de forme urbaine : $\beta_j y_{ij} = \alpha_j x_{ik}$ où $k = 1,...,K$ est l'indice relatif à la zone.

On obtient alors le modèle suivant :

$$P_{ik}(j) = \frac{e^{\alpha_j . x_{ik}} . e^{\gamma_j . w_{ik}}}{\sum_{j=1}^{J} e^{\alpha_j . x_{ik}} . e^{\gamma_j . w_{ik}}} \qquad (26)$$

valable pour des données individuelles. Ne disposant que de données par zone, le modèle doit être transformé[155] :

$$P_k(j) = \frac{1}{n_k} \sum_{i=1}^{n_k} \frac{e^{\alpha_j . x_{ik}} . e^{\gamma_j . w_{ik}}}{\sum_{j=1}^{J} e^{\alpha_j . x_{ik}} . e^{\gamma_j . w_{ik}}} \qquad (27) \qquad \text{avec } \sum_{k=1}^{K} n_k = n$$

Le modèle qui servira à tester les déterminants du choix modal s'écrit donc :

$$P_k(j) = \frac{e^{\alpha_j . \overline{x_k}} . e^{\gamma_j . \overline{w_k}}}{\sum_{j=1}^{J} e^{\alpha_j . \overline{x_k}} . e^{\gamma_j . \overline{w_k}}} \qquad (27')$$

- **L'indépendance des choix non pertinents**

L'hypothèse d'indépendance des choix non pertinents (*IIA, independence of irrelevant alternatives*) est une propriété indispensable à l'obtention de résultats cohérents. Elle s'énonce de la manière suivante : « le rapport des probabilités associées au choix entre deux modalités est indépendant des autres modalités » (Thomas, 2000, p. 101). Formulée de manière plus explicite, « si deux choix coexistent, par exemple l'automobile et le bus (…), alors l'addition d'un troisième choix, le métro, ne changera pas le rapport des probabilités des deux choix initiaux » (Hausman & MacFadden, 1984).

[155] Le passage de données individuelles à des données agrégées ne pose pas de problème particulier (pour une application à la révélation des préférences par les données agrégées de vote, voir Deacon & Shapiro, 1975). Les logiciels économétriques s'adaptent d'ailleurs automatiquement au type de données.

L'hypothèse d'indépendance des choix non pertinents peut être vérifiée à partir d'un test de Hausman, qui compare les spécifications du modèle normal, où tous les choix possibles sont inclus dans le modèle, et du modèle contraint, où l'on extrait une alternative. On suppose en effet que si un choix n'est pas pertinent, l'omettre ne changera pas fondamentalement l'estimation des paramètres, et l'on sera conduit à ne pas rejeter le MLN (Hausman & Mac Fadden, 1984 ; Greene, 2000, p. 865).

Ces techniques de base doivent être complétées pour permettre le contrôle statistique d'un type de facteurs pouvant interférer avec l'autre type de facteurs de la mobilité. Une technique originale a été développée par l'auteur, basée sur la division de la population en échantillons homogènes du point de vue d'un facteur particulier : la technique des « régressions typologiques ».

C - Les régressions typologiques

L'approche typologique permet de constituer, dans une population donnée, des sous-groupes que l'on considère homogènes du point de vue du critère adopté pour effectuer la typologie. On suppose ainsi pouvoir « contrôler » un type de facteurs de la mobilité quotidienne, et analyser l'influence de l'autre type de facteurs. Cela revient à « mettre entre parenthèses » un des deux blocs explicatifs de la relation triangulaire, qui devient ainsi une simple relation binaire. Il est donc plus facile d'en extraire une relation de causalité.

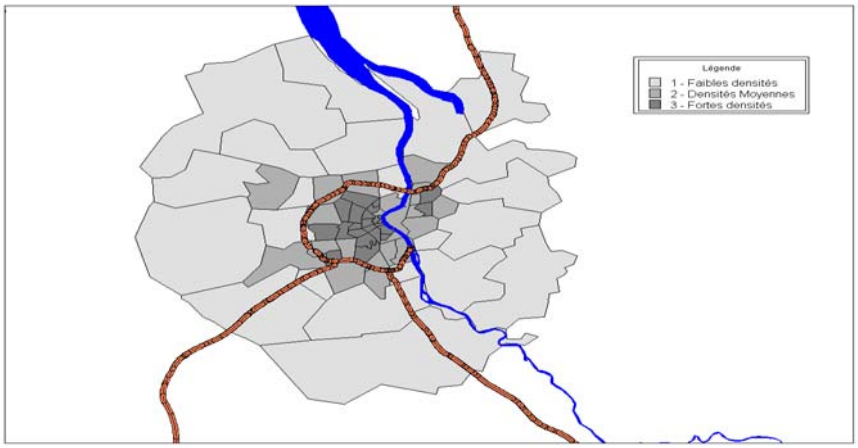
C'est le critère de la densité que nous avons choisi de contrôler. Nous avons souligné à quel point cet indicateur synthétique, sans véritable signification théorique autre que l'intensité de l'occupation de l'espace par l'homme et ses activités et dont l'interprétation pose tant problème (Bailly *et alii*, 1992), faisait débat. De plus, l'analyse de la densité comme déterminant de la mobilité aboutit souvent à opposer les zones centrales, où la densité est élevée et où la mobilité se caractérise par de plus faibles distances de déplacement et un partage modal en faveur des modes doux, aux zones périphériques, de faible densité et caractérisées par un usage dominant de l'automobile. Notre analyse de la mobilité dans six aires urbaines françaises (cf. Chapitre III) a montré que ce type d'interprétation était prévalent. Cependant, elle a également conduit à dépasser cette alternative fortes/faibles densités ou centre/périphérie, qui apparaît par trop binaire : l'appréciation de l'interaction entre densité et mobilité dans les zones de densité moyenne a en effet soulevé particulièrement notre intérêt.

La puissance de la densité pour expliquer les comportements de mobilité est telle qu'elle laisse insatisfait et incite à comprendre *quelles sont les influences cachées par celle de la densité* : « Un problème irrésolu est la mesure dans laquelle l'impact de la densité sur les comportements de mobilité est dû à la densité elle-même ou à d'autres variables avec lesquelles la densité covarie (localisation centrale, offre de transports en commun, etc.). [Susan] Handy pose la question de la manière suivante : "beaucoup d'études se focalisent sur

la densité, mais est-ce la densité qui importe ? Non, probablement pas. Ce qui importe est probablement *ce qui accompagne la densité*" » (Ewing & Cervero, 2001, p. 100, souligné par nous). L'argument selon lequel la densité recouvre d'autres influences est assez largement partagée par les spécialistes de la question du lien forme urbaine-mobilité : « la densité a souvent été utilisée pour approcher un grand nombre d'indicateurs de forme urbaine non pris en compte » (Rajamani *et alii*, 2003, p. 5). Dès lors, la découverte des influences cachées par le trompe-l'œil de la densité est un enjeu majeur de la recherche : « l'explication de la densité elle-même est une part importante - bien que souvent négligée - de l'histoire » (Boarnett & Crane, 2001, p. 825).

On a donc divisé la population étudiée (les 66 zones de l'E.M.D de Bordeaux) en trois sous-échantillons homogènes du point de vue de la densité : fortes, moyennes et faibles densités (cf. Carte V-2). Comme il n'y avait qu'un critère, la méthode de classification adoptée a été celle du tri ordonné des observations. La présence de seuils éventuels a pu être décelée « visuellement » grâce à la représentation graphique d'une fonction de log-densité cumulée. Etant donné le faible nombre d'observations, il a semblé préférable de constituer des sous-échantillons de taille à peu près égale plutôt que d'utiliser une méthode de classification automatique. La limite que nous nous sommes fixé à la taille des sous-échantillons est 66/3 = 22 ($^{+}$/$_{-}$ 10%). Ainsi la partition est-elle exogène, mais la taille des sous-groupes est suffisante pour que les résultats soient significatifs.

Carte V-2. Le découpage de l'aire urbaine de Bordeaux en trois zones suivant le critère de la densité résidentielle



Nous avons adapté la technique des régressions contraintes à notre objet. L'objectif de la recherche est de savoir si *l'effet des variables explicatives est différencié ou non selon le sous-groupe de densité*. On va donc d'abord effectuer la même régression pour chacun des sous-groupes, puis contraindre les coefficients de régression à être égaux entre eux. On testera ensuite la significativité de ces contraintes (ou restrictions) linéaires. On dispose ainsi d'un

modèle dit « contraint » (MC, où les coefficients de chaque variable explicative sont les mêmes quel que soit le sous-groupe) et d'un modèle dit « non contraint » (MNC, où tous les coefficients sont théoriquement différents).

$$\text{MNC}: \quad y_i = \sum_{k=1}^{K}\sum_{h=1}^{3} \alpha_{h,k}.z_{i,h,k} + \varepsilon_i \qquad (30)$$
$$i = 1,...,66$$

$$\text{MC}: \quad y_i = \sum_{k\neq l}\sum_{h=1}^{3} \alpha_{h,k}.z_{i,h,k} + \sum_{k=l}\sum_{h=1}^{3} \alpha_{k}.z_{i,h,k} + \varepsilon_i \qquad (31)$$
$$i = 1,...,66$$

où y_i est la variable expliquée, $\alpha_{h,k}$ un vecteur de coefficients indicés par h, la catégorie de densité, $z_{i,h,k}$ la matrice des k variables explicatives. Les ε_i sont les termes d'erreur, que l'on suppose indépendants et identiquement distribués, d'espérance nulle et de variance σ^2. Ici, les contraintes linéaires imposées au modèle portent sur les variables explicatives indicées en l : on voit que le coefficient de régression est le même quelle que soit la catégorie h.

L'intérêt est que l'on peut tester ensuite la significativité de ces contraintes, et ainsi effectuer un choix entre les différents modèles. L'hypothèse testée est l'égalité des coefficients de régression pour un certain nombre de variables explicatives données :

H_0 : $\alpha_{h,k} = \alpha_k$ soit pour tout k, soit pour certaines valeurs de k

ce qui correspond à un certain nombre de contraintes linéaires imposées au modèle. Nous avons en effet choisi de tester les contraintes d'égalité des coefficients variable par variable (et non modèle par modèle), car il se peut qu'au sein d'un modèle certaines variables aient un effet différencié et d'autres un effet identique selon le sous-groupe.

La statistique *G* du test suit une loi de Fischer-Snédécor et s'apparente à celle utilisée dans les tests de stabilité structurelle (dits « de Chow »). La différence est qu'ici on cherche à savoir s'il y a stabilité dans l'espace (c'est-à-dire pour chacun des trois sous-échantillons) et non dans le temps. La formule de la statistique est :

$$G(a,b) = \frac{\left[\sum_{i=1}^{66}\left(\varepsilon_{i,MC}\right)^2 - \sum_{i=1}^{66}\left(\varepsilon_{i,MNC}\right)^2\right] \Big/ a}{\sum_{i=1}^{66}\left(\varepsilon_{i,MNC}\right)^2 \Big/ b} \rightarrow F(a,b)$$

où $\varepsilon_{i,MC}$ sont les résidus du modèle contraint, $\varepsilon_{i,MNC}$ sont les résidus du modèle non contraint (on pose les hypothèses habituelles sur ces résidus), *a* est le nombre de contraintes linéaires imposées au modèle, et *b* le nombre de degrés de liberté du modèle contraint (cf. Encadré V-3).

Selon la valeur prise par *G*, on sera donc amené à rejeter ou pas l'hypothèse d'un effet différencié selon le sous-groupe des variables explicatives sur la variable expliquée. Formellement, la sélection des modèles se fait grâce à la statistique *G*. Si plusieurs fois

l'hypothèse d'égalité des coefficients n'a pu être rejetée, plusieurs modèles contraints se trouvent en compétition. On s'en tiendra alors aux critères mesurant la force explicative de ces modèles, c'est-à-dire le R^2 ajusté et/ou le critère d'information d'Akaïke (qui doit être minimisé).

Le test de l'égalité des coefficients dans chaque sous-modèle n'est valable que pour les variables expliquées par la technique de la régression linéaire. En ce qui concerne les parts modales, étant donné que la valeur des coefficients n'a pas de signification dans un MLN, nous nous sommes contentés de tester les trois sous-modèles sans effectuer de test avec la statistique *G*.

Encadré V-3. Construction d'un modèle adapté aux régressions typologiques

Le modèle global est : $\underset{(N,1)}{Y} = \underset{(N,K)}{X} . \underset{(K,1)}{\beta} + \underset{(N,1)}{\varepsilon}$ (28)

avec N = 66 (nombre d'individus statistiques) et K : nombre de variables explicatives incluses dans le modèle. Y est le vecteur de variables expliquées (variables de mobilité), X est une matrice de variables explicatives (variables de forme urbaine et/ou socio-démographiques), β est le vecteur des coefficients de régression à estimer, et ε est le terme d'erreur.

Pour chaque zone, le modèle s'écrit :

$$y_i = \sum_{k=1}^{K} \beta_k . x_{i,k} + \varepsilon_i \quad \forall\, i = 1,...,66 \qquad (29)$$

On pose : $\varepsilon_i \rightarrow i.i.d(0, \sigma^2)$ $\forall\, i = 1,...,66$

- **Construction d'un modèle catégorisé** :

(1) Soient 3 matrices de format (N,N) : $\underset{(N,N)}{D_h} = d_{ij,h}$ $h = 1,2,3$

Elles se définissent ainsi :

- Elles sont uniquement composées de 0 et de 1 ;
- Elles respectent les conditions suivantes :

$$\sum_{h=1}^{3} \sum_{i=1}^{N} d_{ij,h} = 1 \text{ (somme en colonne)}$$

$$\sum_{h=1}^{3} \sum_{j=1}^{N} d_{ij,h} = 1 \text{ (somme en ligne)}$$

(2) On pose : $\underset{(N,1)}{Z_{h,k}} = \underset{(N,N)}{D_h} . \underset{(N,1)}{X_k}$

Le vecteur $Z_{h,k}$ est obtenu en prémultipliant chaque vecteur de variable explicative X_k par les trois matrices D_h définies ci-dessus. Cela revient à séparer le vecteur X en trois vecteurs Z de

même dimension, composés des valeurs de *X* pour les zones appartenant à la catégorie *h* et de 0 pour les zones non incluses dans la catégorie *h*.

(3) On pose la matrice en forme partagée :

$$\underset{(N,3K)}{Z} = \left(Z_{1,1}\ Z_{2,1}\ Z_{3,1}\ Z_{2,1}\ Z_{2,2}\ \ldots Z_{h,k}\ \ldots Z_{1,K}\ Z_{2,K}\ Z_{3,K}\right)$$

La matrice $\underset{(N,3K)}{Z}$ est composée de l'ensemble des vecteurs $Z_{h,k}$ $(h = 1,2,3\,;\, k = 1,\ldots, K)$. Elle constitue les variables explicatives du nouveau modèle.

(4) Ce nouveau modèle s'écrit : $\underset{(N,1)}{Y} = \underset{(N,3K)}{Z} \,.\, \underset{(3K,1)}{\alpha} + \underset{(N,1)}{\varepsilon}$ (30)

ou encore, pour chaque zone : $y_i = \sum_{k=1}^{3K} \alpha_k . z_{i,k} + \varepsilon_i$ (30')

$$\forall\, i = 1,\ldots,66$$

(5) On peut écrire le nouveau modèle sous une forme différente, en indiçant également par rapport à *h*, la catégorie de densité :

$$y_i = \sum_{k=1}^{K}\sum_{h=1}^{3} \alpha_{h,k} . z_{i,h,k} + \varepsilon_i \qquad (30'')$$
$$\forall\, i = 1,\ldots,66$$

- **Modèle contraint et non contraint** :

(6) Le modèle obtenu au point (5) est appelé modèle non contraint (MNC). Il est obtenu assez simplement, en partageant le modèle initial en trois modèles, avec les mêmes variables, mais en indiçant par rapport à la catégorie de densité d'appartenance des zones-individus statistiques. Le modèle contraint (MC) s'obtient tout simplement en imposant des contraintes linéaires sur les coefficients. On va chercher notamment, soit pour tout *k* (pour l'ensemble des variables explicatives), soit pour certaines valeurs de *k* (certaines valeurs explicatives seulement), à savoir si les coefficients sont les mêmes pour tout *h* = 1, 2, 3. La contrainte porte donc sur les coefficients de tout ou partie des variables explicatives.

Le modèle contraint peut alors s'écrire :

$$y_i = \sum_{k\neq l}\sum_{h=1}^{3} \alpha_{h,k} . z_{i,h,k} + \sum_{k=l}\sum_{h=1}^{3} \alpha_k . z_{i,h,k} + \varepsilon_i \qquad (31)$$
$$\forall\, i = 1,\ldots,66$$

où *l* est l'indice des variables explicatives sur les coefficients desquels porte les contraintes.

(7) Chercher à tester la significativité du modèle non contraint revient à tester :

$H_0 : \alpha_{h,k} = \alpha_k$ soit pour tout k, soit pour certaines valeurs de k.

(8) La statistique de test est : $G(a,b) = \dfrac{\left[\sum_{i=1}^{66}\left(\varepsilon_{i,MC}\right)^2 - \sum_{i=1}^{66}\left(\varepsilon_{i,MNC}\right)^2\right] \Big/ a}{\sum_{i=1}^{66}\left(\varepsilon_{i,MNC}\right)^2 \Big/ b}$

où $\varepsilon_{i.MC}$ sont les résidus du modèle contraint, et $\varepsilon_{i,MNC}$ sont les résidus du modèle non contraint (étant entendus qu'ils sont indépendants et identiquement distribués suivant une loi de moyenne nulle et de variance σ^2). De plus, *a* est le nombre de contraintes linéaires imposées au modèle, et *b* le nombre de degrés de liberté du modèle contraint, soit le nombre d'observations auquel on retranche le nombre de paramètres à estimer et le nombre de contraintes linéaires imposées au modèle.

(9) La statistique *G* suit une loi de Fischer-Snédécor de mêmes paramètres : $G(a,b) \rightarrow F(a,b)$. On sera alors amené à rejeter H_0 (c'est-à-dire à ne pas rejeter le modèle non contraint) si la valeur de *G* est inférieure à la valeur critique de *F* au niveau de 5 %.

Ainsi, deux cas peuvent se présenter suivant la significativité de *G* :

- Soit les contraintes sont significatives : dans ce cas, l'effet de la variable explicative est *indifférencié* suivant la catégorie de densité
- Soit les contraintes ne sont pas significatives, et alors l'effet de la variable explicative est différent dans chaque catégorie de densité.

Formellement, le choix des modèles s'effectue suivant le critère du R^2 ajusté et/ou du critère d'information d'Akaïke.

L'application de la technique des régressions typologiques nous permet d'avancer des résultats robustes quant à la détermination des facteurs de la mobilité quotidienne à Bordeaux, et plus précisément le rôle relatif que jouent les variables socio-démographiques et de forme urbaine.

II - Les résultats de l'analyse des déterminants de la mobilité dans l'agglomération bordelaise

Les résultats de l'analyse des déterminants de la mobilité quotidienne dans l'agglomération bordelaise seront présentés selon les différents modèles testés successivement et séparément. Nous avons privilégié une approche par modèle, dans la mesure où notre objectif est autant de déterminer les facteurs de la mobilité quotidienne dans l'agglomération bordelaise que de montrer l'apport et les limites de la technique des régressions typologiques. Nous commençons par présenter les résultats issus des modèles d'occupation du sol.

A - Les modèles d'occupation du sol

Parmi les deux modèles d'occupation du sol, le plus important est le modèle de forme urbaine, puisqu'il permet de comprendre l'influence des densités et de la diversité sur la mobilité ; le second modèle, de type de logements, n'est utilisé que comme appoint aux commentaires. Nous préciserons ensuite l'influence de la spécialisation sectorielle sur les comportements de mobilité au moyen d'un modèle de type de spécialisation économique.

1 - Le modèle de forme urbaine : l'influence des densités et de la diversité

Les résultats du modèle de forme urbaine sont présentés en fonction de la variable expliquée : le kilométrage VP individuel (cf. Tableau V-2), les parts modales (cf. Tableau V-3), les distances moyennes de déplacement (cf. Tableau V-4), et la mobilité et la motorisation (cf. Tableau V-5)[156].

Le modèle de forme urbaine permet de *confirmer le rôle traditionnel attribué aux **densités***. Dans le modèle global, la densité résidentielle (pour les déplacements pris à l'origine) comme la densité d'établissements (pour les déplacements pris à la destination) ont une influence négative sur la longueur moyenne des déplacements (quel que soit le motif) et sur le kilométrage VP par habitant pour les déplacements domicile-travail, ainsi que sur la motorisation. La densité humaine a une influence positive sur l'usage de la marche et des transports en commun par rapport à l'automobile, là encore quel que soit le motif du déplacement. Ces résultats *confirment donc non seulement le lien empirique entre densité et consommation d'énergie, mais aussi ses justifications en termes de longueur des déplacements et de partage modal*. A Bordeaux, les avantages comparatifs de la compacité sont vérifiés : les fortes densités sont associées à des trajets plus courts, une motorisation plus faible, et un partage modal en faveur des modes alternatifs à l'automobile.

En revanche, *la densité résidentielle échoue à expliquer la mobilité individuelle*. Ce résultat ne semble pas surprenant, dans la mesure où le nombre de déplacements par personne est généralement supposé dépendre de caractéristiques individuelles plutôt que des attributs de forme urbaine ou d'accessibilité (e.g. Quinet, 1998 ; Ewing & Cervero, 2001).

Le découpage en sous-échantillons suivant le critère de la densité ne modifie que partiellement ces résultats. La motorisation dépend toujours négativement de la densité résidentielle quel que soit le sous-échantillon considéré. On notera tout de même que dans les zones de faible densité, l'interaction entre densité et motorisation est plus faiblement significative.

[156] Nous n'avons pas effectué un renvoi séparé pour ne pas faire trébucher la lecture.

Tableau V-2. Kilométrage VP par habitant et usage du sol

		Motif 1 (domicile-travail, dom.-études)				Motif 2 (loisirs, achats, autres)			
		Modèle global	Densités faibles	Densités moyennes	Densités élevées	Modèle global	Densités faibles	Densités moyennes	Densités élevées
Modèle d'usage du sol (origine)	Constante	**3,574**	**8,419**	**5,596**	**3,588**	**12,185**	**16,295**	**8,189**	**6,727**
		5,929	*8,085*	*4,754*	*3,277*	*9,488*	*7,751*	*3,446*	*3,043*
	Densité résidentielle	**-0,029**	**-1,844**	**-0,163**	-0,012	**-0,055**	-0,73	-0,0409	-0,0193
		-6,407	*-4,930*	*-2,506*	*-1,206*	*-4,147*	*-0,967*	*-0,312*	*-0,961*
	Ecart-type des densités résidentielles	-0,006	**0,157**	0,030	-0,008	**-0,042**	**-0,295**	-0,043	-0,0035
		-0,818	*2,256*	*1,586*	*-0,558*	*-2,062*	*-2,089*	*-1,15*	*-0,118*
	Ratio emplois / population active	**1,431**	**1,523**	**0,659**	0,297	**2,319**	**3,558**	**3,788**	**1,636**
		5,799	*4,574*	*2,263*	*1,533*	*3,604*	*5,29*	*6,434*	*4,178*
	Indice khi-2 de spécialisation sectorielle	**7,259**	**3,957**	**3,957**	**3,957**	3,825	5,279	5,279	5,279
		3,845	*2,639*	*2,639*	*2,639*	*1,147*	*1,744*	*1,744*	*1,744*
	R2 ajusté (Critère d'Akaike)	0,645	0,795 (4,215)			0,532	0,746 (5,620)		
	N	*66*	*22*	*23*	*21*	*66*	*22*	*23*	*21*
	Restrictions		*G(2,51) = 0,0914 ; Proba = 0,9128*				*G(2,51) = 0,8120 ; Proba = 0,4496*		
Modèle d'usage du sol (destination)	Constante	**3,234**	**6,772**	**3,339**	**2,776**	**11,927**	**16,246**	**7,702**	**5,352**
		5,661	*8,428*	*4,294*	*2,973*	*7,892*	*9,815*	*5,264*	*2,979*
	Densité d'établissements	**-0,199**	**-21,433**	-0,223	-0,029	-0,032	-10,879	-0,026	0,130
		-5,979	*-4,933*	*-1,094*	*-0,405*	*-0,284*	*-1,256*	*-0,065*	*1,022*
	Ecart-type des densités résidentielles	-0,016	-0,003	-0,003	-0,003	**-0,078**	**-0,311**	-0,031	-0,007
		-1,887	*-0,239*	*-0,239*	*-0,239*	*-3,103*	*-2,052*	*-0,741*	*-0,249*
	Ratio emplois / population active	**1,614**	**3,052**	**1,679**	0,476	**2,764**	**4,310**	**3,651**	**1,387**
		9,087	*9,320*	*3,188*	*1,563*	*7,395*	*4,446*	*3,349*	*2,555*
	Indice khi-2 de spécialisation sectorielle	**6,225**	**3,324**	**3,324**	**3,324**	0,352	3,729	3,729	3,729
		3,436	*2,004*	*2,004*	*2,004*	*0,075*	*1,257*	*1,257*	*1,257*
	R2 ajusté (Critère d'Akaike)	0,665	0,756 (4,404)			0,508	0,766 (5,574)		
	N	*66*	*22*	*23*	*21*	*66*	*22*	*23*	*21*
	Restrictions		*G(4,51) = 0,7367 ; Proba = 0,5713*				*G(2,51) = 0,6513 ; Proba = 0,5256*		
Modèle de type de logement	Constante	-17,132	**-79,595**	2,608	8,413	-8,986	-9,816	28,498	22,511
		-1,061	*-4,744*	*0,177*	*0,773*	*-0,392*	*-0,312*	*1,134*	*1,086*
	Taux de logements individuels isolés		*Catégorie de référence*				*Catégorie de référence*		
	Taux de logements individuels accolés	-0,794	-1,369	-1,369	-1,369	-7,711	7,534	-11,718	-7,856
		-0,241	*-0,462*	*-0,462*	*-0,462*	*-0,911*	*0,685*	*-1,521*	*-0,848*
	Taux de petits logements collectifs	-0,911	4,985	4,985	4,985	3,867	**19,596**	**19,596**	**19,596**
		-0,307	*1,658*	*1,658*	*1,658*	*0,483*	*3,062*	*3,062*	*3,062*
	Taux de grands logements collectifs	**-5,499**	2,16	2,16	2,16	**-12,571**	**66,934**	1,773	7,633
		-3,511	*0,723*	*0,723*	*0,723*	*-4,471*	*3,019*	*0,198*	*0,915*
	Nombre de personnes par pièce	39,202	**138,324**	3,713	-9,739	41,826	38,051	-25,016	-30,527
		1,518	*5,218*	*0,159*	*-0,565*	*1,194*	*0,752*	*-0,625*	*-0,972*
	R2 ajusté (Critère d'Akaike)	0,132	0,463 (5,131)			0,436	0,530 (6,236)		
	N	*66*	*22*	*23*	*21*	*66*	*22*	*23*	*21*
	Restrictions		*G(6,51) = 1,4187 ; Proba = 0,2257*				*G(2,51) = 1,2795 ; Proba = 0,2869*		

Note : les chiffres en italique sont les *t* de Student ; les coefficients significatifs au seuil de 5% sont marqués en gras.

Tableau V-3. Parts modales et usage du sol

		Motif 1 (domicile-travail, domicile-études)															
		Modèle Global				Faibles densités				Densités moyennes				Fortes densités			
		MAP		TCU		MAP		TCU		MAP		TCU		MAP		TCU	
Modèle de forme urbaine	Constante	**-0,685**	*-6,141*	**-1,321**	*-11,349*	**-3,615**	*-7,783*	**-4,765**	*-7,197*	**-2,856**	*-9,675*	**-2,620**	*-9,029*	**-1,600**	*-9,101*	**-2,081**	*-10,273*
	Densité Humaine	**0,002**	*2,743*	**0,001**	*2,121*	**0,124**	*1,991*	**0,270**	*3,274*	**0,047**	*5,152*	**0,026**	*2,814*	**0,007**	*5,783*	**0,007**	*5,072*
	Ecart-type des densités résidentielles	-0,004	*-1,774*	-0,003	*-1,376*	0,016	*0,852*	0,000	*0,003*	**0,009**	*2,580*	**0,009**	*2,440*	**0,010**	*3,901*	**0,010**	*3,757*
	Rapport emplois/population	**-0,407**	*-6,625*	**-0,117**	*-3,014*	-0,241	*-1,676*	-0,352	*-1,689*	**-0,305**	*-3,275*	**-0,226**	*-2,373*	**-0,125**	*-2,670*	-0,088	*-1,747*
	Indice de spécialisation sectorielle	**-0,929**	*-2,592*	-0,466	*-1,233*	**3,490**	*2,465*	**4,466**	*2,279*	**1,507**	*1,984*	**1,895**	*2,578*	-0,247	*-0,605*	-0,134	*-0,291*
	Pseudo-R2 (B.I.C)	0,028 (2.270,87)				0,030 (1.013,413)				0,029 (2.093,843)				0,027 (2.997,023)			
	N	*66*				*22*				*23*				*21*			
Modèle de type de logements	Constante	-0,454	*-0,544*	**-3,883**	*-4,272*	**-7,002**	*-2,255*	-4,921	*-1,189*	**-8,099**	*-4,919*	**-7,299**	*-4,217*	**-4,666**	*-4,017*	**-3,455**	*-2,652*
	Taux de logements individuels isolés	Catégorie de référence															
	Taux de logements individuels accolés	**-1,697**	*-5,073*	-0,171	*-0,478*	**2,588**	*2,307*	-0,236	*-0,174*	0,226	*0,336*	**2,116**	*3,437*	**1,621**	*2,613*	1,046	*1,490*
	Taux de petits logements collectifs	**1,183**	*3,430*	**0,903**	*2,376*	0,298	*0,086*	-1,212	*-0,295*	**4,453**	*6,041*	**3,413**	*4,009*	**3,094**	*5,720*	**3,445**	*5,710*
	Taux de grands logements collectifs	0,121	*0,554*	**0,576**	*2,328*	-2,483	*-0,909*	**8,242**	*3,413*	1,129	*1,678*	0,162	*0,221*	**3,074**	*4,932*	**3,138**	*4,482*
	Nombre de personnes par pièce	-0,639	*-0,489*	**3,576**	*2,523*	6,647	*1,346*	2,683	*0,403*	**8,806**	*3,384*	**7,311**	*2,658*	2,792	*1,518*	0,291	*0,140*
	Pseudo-R2 (B.I.C)	0,087 (2.057,080)				0,026 (1.328,133)				0,041 (2.067,394)				0,027 (2.995,977)			
	N	*66*				*22*				*23*				*21*			
		Motif 2 (loisirs, achats, autres)															
		Modèle Global				Faibles densités				Densités moyennes				Fortes densités			
		MAP		TCU		MAP		TCU		MAP		TCU		MAP		TCU	
Modèle de forme urbaine	Constante	**-0,781**	*-7,680*	**-1,922**	*-9,118*	**-2,477**	*-6,152*	**-7,123**	*-3,580*	**-2,598**	*-9,446*	**-5,122**	*-8,477*	**-1,692**	*-10,059*	**-3,250**	*-10,961*
	Densité Humaine	**0,001**	*2,313*	**0,001**	*2,308*	0,042	*0,718*	0,272	*1,309*	**0,029**	*3,378*	**0,050**	*2,992*	**0,010**	*8,448*	**0,009**	*4,469*
	Ecart-type des densités résidentielles	0,000	*-0,046*	-0,003	*-0,752*	0,002	*0,103*	0,040	*0,562*	**0,012**	*4,001*	**0,016**	*2,804*	**0,005**	*2,041*	**0,008**	*2,150*
	Rapport emplois/population	**-0,318**	*-6,648*	**-0,470**	*-3,561*	-0,020	*-0,141*	-0,240	*-0,431*	**-0,195**	*-2,228*	**-0,373**	*-2,200*	-0,071	*-1,622*	0,003	*0,054*
	Indice de spécialisation sectorielle	**-0,856**	*-2,599*	**-1,458**	*-2,101*	0,594	*0,460*	3,207	*0,542*	1,120	*1,572*	**3,856**	*2,950*	-0,514	*-1,294*	-0,362	*-0,531*
	Pseudo-R2 (B.I.C)	0,023 (5.154, 513)				0,020 (803,829)				0,035 (1.608,301)				0,046 (2.534,089)			
	N	*66*				*22*				*23*				*21*			
Modèle de type de logements	Constante	**-1,556**	*-2,037*	**-3,447**	*-2,366*	-3,341	*-1,161*	**-19,592**	*-1,972*	**-7,136**	*-4,580*	**-12,765**	*-4,189*	**-2,942**	*-2,597*	**-5,009**	*-2,617*
	Taux de logements individuels isolés	Catégorie de référence															
	Taux de logements individuels accolés	**-1,292**	*-4,185*	-0,343	*-0,590*	1,311	*1,301*	-0,220	*-0,062*	**1,422**	*2,292*	**2,886**	*2,593*	**2,934**	*4,677*	**2,629**	*2,303*
	Taux de petits logements collectifs	**0,811**	*2,617*	**1,892**	*2,696*	-1,127	*-0,350*	-0,718	*-0,080*	**3,771**	*5,232*	**6,642**	*5,246*	**5,101**	*9,364*	**5,404**	*5,844*
	Taux de grands logements collectifs	**0,474**	*2,352*	0,601	*1,546*	0,037	*0,017*	11,522	*1,615*	**1,510**	*2,305*	0,319	*0,233*	**4,120**	*6,602*	**4,610**	*4,248*
	Nombre de personnes par pièce	0,874	*0,731*	1,333	*0,586*	1,493	*0,323*	21,776	*1,400*	**6,825**	*2,760*	**12,451**	*2,601*	-1,880	*-1,054*	-1,134	*-0,387*
	Pseudo-R2 (B.I.C)	0,008 (3.152,627)				0,022 (802,550)				0,049 (1.584,498)				0,049 (2.524,197)			
	N	*66*				*22*				*23*				*21*			

Note : les chiffres en italiques sont les t de Student ; les coefficients significatifs au seuil de 5% sont marqués en gras

Tableau V-4. Distances moyennes de déplacement et usage du sol

		Motif 1 (domicile-travail)				Motif 2 (loisirs, achats, autres)			
		Modèle global	Densités faibles	Densités moyennes	Densités élevées	Modèle global	Densités faibles	Densités moyennes	Densités élevées
Modèle d'usage du sol (origine)	Constante	**9,938**	**15,284**	**9,162**	**5,586**	**7,404**	**11,919**	**5,575**	**4,275**
		13,564	*18,730*	*9,552*	*6,335*	*13,015*	*15,509*	*4,948*	*5,794*
	Densité résidentielle	**-0,031**	**-1,211**	-0,092	0,005	**-0,023**	**-1,041**	-0,034	0,005
		-3,616	*-4,184*	*-1,745*	*0,571*	*-3,513*	*-4,196*	*-0,744*	*0,698*
	Ecart-type des densités résidentielles	-0,013	-0,034	0,014	**0,029**	**-0,021**	0,006	0,006	0,006
		-1,305	*-0,885*	*0,966*	*2,500*	*-2,383*	*0,816*	*0,816*	*0,816*
	Ratio emplois / population active	-0,119	0,069	0,069	0,069	-0,077	0,004	0,004	0,004
		-0,860	*0,564*	*0,564*	*0,564*	*-0,753*	*0,049*	*0,049*	*0,049*
	Indice khi-2 de spécialisation sectorielle	2,412	-0,418	-0,418	-0,418	**3,525**	0,223	3,202	1,518
		1,022	*-0,341*	*-0,341*	*-0,341*	*2,069*	*0,134*	*1,299*	*1,011*
	R2 ajusté (Critère d'Akaike)	0,200	0,709 (3,907)			0,252	0,703 (3,498)		
	N	*66*	*22*	*23*	*21*	*66*	*22*	*23*	*21*
	Restrictions		*G(4,51) = 0,1467 ; Proba = 0,9637*				*G(4,51) = 0,1991 ; Proba = 0,9377*		
Modèle d'usage du sol (destination)	Constante	**9,553**	**13,345**	**7,785**	**5,891**	**7,188**	**10,551**	**5,467**	**4,447**
		13,159	*18,222*	*12,027*	*7,412*	*12,782*	*17,060*	*10,001*	*6,624*
	Densité d'établissements	**-0,096**	**-8,950**	-0,177	0,047	**-0,083**	**-9,369**	-0,078	0,024
		-1,993	*-2,335*	*-1,015*	*0,830*	*-3,299*	*-2,894*	*-0,532*	*0,514*
	Ecart-type des densités résidentielles	**-0,027**	-0,080	-5,01E-03	**0,028**	**-0,032**	-0,047	-0,002	0,010
		-2,225	*-1,188*	*-0,027*	*2,185*	*-3,019*	*-0,830*	*-0,012*	*0,954*
	Ratio emplois / population active	0,122	0,588	0,578	-0,011	0,142	0,537	0,343	-0,032
		0,679	*1,370*	*1,199*	*-0,477*	*1,466*	*1,483*	*0,844*	*-0,156*
	Indice khi-2 de spécialisation sectorielle	1,578	-0,104	-0,104	-0,104	2,498	0,950	0,950	0,950
		0,696	*-0,080*	*-0,080*	*-0,080*	*1,587*	*0,857*	*0,857*	*0,857*
	R2 ajusté (Critère d'Akaike)	0,097	0,636 (3,943)			0,171	0,679 (3,606)		
	N	*66*	*22*	*23*	*21*	*66*	*22*	*23*	*21*
	Restrictions		*G(2,51) = 0,8202 ; Proba = 0,4461*				*G(2,51) = 0,5833 ; Proba = 0,5617*		
Modèle de type de logement	Constante	0,933	-2,536	-2,536	-2,536	1,487	1,453	1,453	1,453
		0,318	*-0,629*	*-0,629*	*-0,629*	*0,326*	*0,406*	*0,406*	*0,406*
	Taux de logements individuels isolés		*Catégorie de référence*				*Catégorie de référence*		
	Taux de logements individuels accolés	**-4,562**	-0,488	-0,488	-0,488	**-4,810**	-0,519	-0,519	-0,519
		-3,675	*-0,316*	*-0,316*	*-0,316*	*-3,068*	*-0,379*	*-0,379*	*-0,379*
	Taux de petits logements collectifs	**-3,531**	2,836	2,836	2,836	**-3,567**	2,316	2,316	2,316
		-3,592	*1,503*	*1,503*	*1,503*	*-2,315*	*1,383*	*1,383*	*1,383*
	Taux de grands logements collectifs	**-5,984**	**-23,652**	-0,9737	3,362	**-5,544**	**-15,928**	-0,355	2,541
		-5,655	*-3,781*	*-0,363*	*1,46*	*-4,757*	*-2,868*	*-0,149*	*1,243*
	Nombre de personnes par pièce	**13,95**	**24,418**	**16,565**	12,691	13,078	**13,814**	7,032	4,034
		2,957	*3,849*	*2,612*	*1,879*	*1,837*	*2,453*	*1,249*	*0,673*
	R2 ajusté (Critère d'Akaike)	0,436	0,688 (3,841)			0,409	0,662 (3,603)		
	N	*66*	*22*	*23*	*21*	*66*	*22*	*23*	*21*
	Restrictions		*G(6,51) = 1,0675 ; Proba = 0,3942*				*G(6,51) = 0,2993 ; Proba = 0,9344*		

Note : les chiffres en italique sont les *t* de Student ; les coefficients significatifs au seuil de 5% sont marqués en gras.

Tableau V-5. Mobilité, motorisation et usage du sol[157]

		Mobilité Individuelle				Motorisation Individuelle			
		Modèle global	Densités faibles	Densités moyennes	Densités élevées	Modèle global	Densités faibles	Densités moyennes	Densités élevées
Modèle d'usage du sol	Constante	**3,757**	**3,815**	**3,398**	**3,802**	**0,745**	**0,808**	**0,808**	**0,808**
		32,852	*18,476*	*13,742*	*18,342*	*37,465*	*29,022*	*29,022*	*29,022*
	Densité résidentielle	**0,003**	**-0,191**	0,007	-0,002	**-0,001**	**-0,020**	**-0,006**	**-0,002**
		1,906	*-2,543*	*0,504*	*-0,728*	*-3,322*	*-1,952*	*-4,008*	*-4,935*
	Ecart-type des densités résidentielles	-0,001	0,003	0,003	0,003	**-0,003**	**-0,002**	**-0,002**	**-0,002**
		-0,285	*1,441*	*1,441*	*1,441*	*-7,775*	*-5,446*	*-5,446*	*-5,446*
	Ratio emplois / population active	**0,069**	**0,076**	**0,076**	**0,076**	-0,007	**-0,012**	**-0,012**	**-0,012**
		2,556	*2,775*	*2,775*	*2,775*	*-0,918*	*-2,246*	*-2,246*	*-2,246*
	Indice khi-2 de spécialisation sectorielle	-0,546	0,069	0,069	0,069	0,048	0,015	0,015	0,015
		1,316	*0,216*	*0,216*	*0,216*	*0,802*	*0,245*	*0,245*	*0,245*
	R2 ajusté (Critère d'Akaike)	0,049	0,280 (1,077)			0,589	0,648 (-2,251)		
	N	*66*	*22*	*23*	*21*	*66*	*22*	*23*	*21*
	Restrictions		*G(6,51) = 0,1991 ; Proba = 0,9377*				*G(2,51) = 0,0914 ; Proba = 0,9128*		
Modèle de type de logement	Constante	**6,37**				**1,536**	**0,689**	**1,904**	**1,641**
		6,668				*10,82*	*2,019*	*6,336*	*7,405*
	Taux de logements individuels isolés	*Catégorie de référence*				*Catégorie de référence*			
	Taux de logements individuels accolés	-0,104				**-0,172**	**-0,248**	**-0,248**	**-0,248**
		-0,248				*-2,386*	*-4,111*	*-4,111*	*-4,111*
	Taux de petits logements collectifs	**1,131**				**-0,431**	**-0,520**	**-0,520**	**-0,520**
		4,557				*-7,823*	*-8,494*	*-8,494*	*-8,494*
	Taux de grands logements collectifs	-0,164				**-0,308**	**-0,436**	**-0,436**	**-0,436**
		-0,701				*-7,602*	*-7,178*	*-7,178*	*-7,178*
	Nombre de personnes par pièce	**-4,296**				**-1,147**	0,194	**-1,645**	**-1,154**
		-2,961				*-5,235*	*0,360*	*-3,463*	*-3,287*
	R2 ajusté (Critère d'Akaike)	0,173				0,741	0,772 (-2,658)		
	N	*66*	*22*	*23*	*21*	*66*	*22*	*23*	*21*
	Restrictions		*G(10,51) = 0,6113 ; Proba = 0,797*				*G(6,51) = 1,5999 ; Proba = 0,1663*		

Note : les chiffres en italique sont les *t* de Student ; les coefficients significatifs au seuil de 5% sont marqués en gras.

Dans les zones de forte densité, l'influence de la densité sur le kilométrage VP par habitant ou sur la longueur des déplacements n'est plus significative. En revanche, dans les zones de faible densité, le raisonnement tenu pour le modèle global semble être vérifié : les densités résidentielles et d'emploi sont négativement corrélées avec les distances de déplacement quel que soit le motif. En dépit de l'influence positive de la densité sur l'usage des modes alternatifs, cela se traduit par un kilométrage VP par habitant plus faible pour les déplacements domicile-travail.

En ce qui concerne les zones de densité moyenne, le constat est moins tranché. La densité résidentielle conserve son influence négative sur le kilométrage VP par habitant, mais seulement pour les déplacements domicile-travail ; comme la densité n'est pas significative

[157] Les cases vides signifient que la valeur de la statistique *G* ne nous a pas permis de ne pas rejeter le modèle non contraint. Le « bon » modèle est donc le modèle contraint, avec des coefficients identiques pour chaque catégorie de zones.

pour l'explication des distances de déplacement, il est possible que cette influence provienne d'un partage modal en faveur des modes doux.

La **répartition des densités** a une influence significative sur les déplacements pour motif loisirs, achats et autres. Une répartition hétérogène des densités résidentielles au sein de la zone correspond à un plus faible kilométrage VP par habitant, que l'on peut expliquer par de plus faibles distances de déplacement. L'hétérogénéité des densités est également associée à une plus faible motorisation. En revanche, la répartition intra-zonale des densités n'a pas d'influence sur les déplacements domicile-travail, ni sur le partage modal.

Ces résultats sont de première importance, car ils permettent d'établir *qu'au-delà de la densité moyenne, la distribution des densités détermine les comportements de mobilité.* Leur influence va dans le même sens : de plus faibles distances de déplacement se traduisant par un kilométrage VP par habitant moindre – à une nuance près, toutefois : le raisonnement tenu ci-dessus n'est valable que pour les déplacements non-professionnels.

La concentration de l'habitat présente donc les mêmes avantages quelle que soit l'échelle à laquelle on se place : inter-zone (densités moyennes) ou intra-zone (écart-type des densités). Si ce point est important dans l'analyse du lien forme urbaine-mobilité, il ne fait que confirmer les avantages de la concentration en termes de mobilité, déjà analysés d'un point de vue théorique (cf. Chapitre II) et empirique (cf. Chapitre III).

En termes pratiques, ces résultats semblent appuyer les avantages d'une structure urbaine non pas uniformément dense (même si le niveau des densités a une importance), mais où l'activité résidentielle est relativement concentrée. On retrouve donc les arguments en faveur d'une *ville polycentrique en réseau* (Camagni & Gibelli, 1997) : le fait de concentrer l'habitat offre l'avantage de produire des espaces où l'intervention publique peut se faire plus efficacement, en application du théorème de la localité. Par exemple, il est possible de structurer l'offre de transports en commun en l'adossant à des noyaux de peuplement périphériques selon les principes du *Transit Oriented Development* (Laliberté, 2002), et pour partie du Nouvel Urbanisme (cf. chapitre IV).

La division de la population en échantillons distincts par le niveau des densités ne montre pas de tendance claire. *Les situations rencontrées sont relativement diverses* :

- L'influence négative de la répartition des densités est *confirmée* pour le kilométrage VP par habitant (motif 2) dans les zones de faibles densités. Il est pourtant impossible de l'expliquer par de moindres distances de déplacement ou un partage modal particulier, le coefficient n'étant jamais significatif ;
- L'influence négative de la répartition des densités sur les distances moyennes de déplacement (motif 1) *s'inverse* et devient positive pour les zones de densités élevées : plus les densités sont inégalement réparties sur la zone, plus les distances de déplacement domicile-travail réalisées en automobile sont grandes, infirmant ainsi les résultats obtenus dans le modèle global ;

- La significativité du coefficient de l'écart-type des densités *disparaît* (distances de déplacement pour motif 2) ou apparaît dans une partie des sous-groupes de densité : alors que l'influence de la répartition des densités n'est pas significative sur le kilométrage VP par habitant (motif 1) dans le modèle global, elle le devient pour les zones de faibles densités, avec un signe positif.

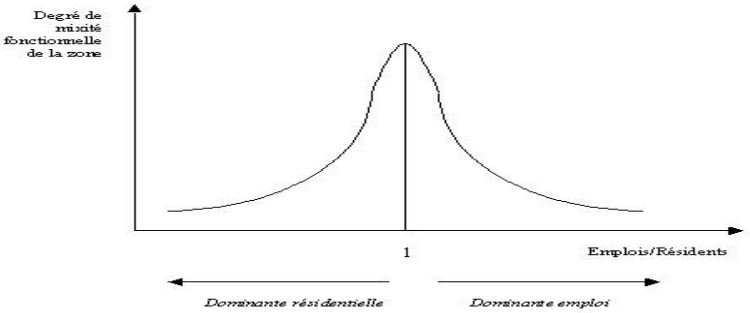
On pourrait donc croire, au vu de ces résultats, que l'influence de la répartition des densités sur la mobilité est erratique. Les résultats des régressions vont plutôt dans le sens d'une *confirmation des avantages comparatifs de la concentration intra-zonale de l'habitat*. Cette affirmation est plus évidente lorsque l'on examine les parts modales. L'écart-type des densités a une influence positive sur la MAP et les TCU dans les zones de densités moyennes et fortes. On a donc bien là une confirmation de l'influence de la concentration de l'habitat sur les modes doux, sous-jacente au modèle polycentrique en réseau. Le fait que cette influence ne soit pas significative pour les zones de faibles densité est sans doute dû à la moindre possibilité de report modal dans des espaces que beaucoup considèrent comme marqués par la « dépendance automobile » (e.g. Dupuy, 1999 ; Newman & Kenworthy, 1998). Ce constat fait écho aux résultats du chapitre III, où pour 80% des communes observées, les parts modales sont indépendantes de la densité. *L'influence de la répartition des densités sur le choix du mode confirme donc, du point de vue de la planification urbaine, l'intérêt de structurer l'agglomération selon le modèle polycentrique en réseau, mais aussi, si l'on veut que cette politique puisse être appliquée dans les zones de faibles densités, la nécessité de fournir une alternative performante en termes de transports en commun*.

Le **rapport emplois/population** a une influence significative sur le kilométrage VP par habitant quel que soit le motif. Cependant, *le signe est contraire à celui attendu* : dans leur étude sur Milan, R. Camagni *et alii* (2002) obtiennent une influence négative du rapport emplois/population active sur l'impact écologique de la mobilité *per capita*, ce qui traduit selon eux « un impact croissant (…) avec le renforcement du caractère résidentiel des communes » (p. 126). Ici, le constat inverse s'impose : le kilométrage VP par habitant est d'autant plus élevé que les emplois sont nombreux par rapport à la population, confirmant plutôt les résultats de R. Cervero (1989b). Cette relation s'explique non par des distances de déplacement plus élevées (les coefficients ne sont pas significatifs), mais plutôt par une mobilité supérieure et un partage modal orienté vers l'automobile.

Permettons-nous ici une petite digression concernant l'ambiguïté du ratio emplois/population comme indicateur de la mixité fonctionnelle. Les valeurs qu'il prend permettent de distinguer deux cas de figure : en deça de 1 (la valeur indiquant l'équilibre des emplois et des résidents, c'est-à-dire une mixité parfaite), la zone considérée est à dominante résidentielle ; au-delà, elle est à dominante emploi. Il est donc facile de voir que le ratio emplois/résidents n'est pas lié de manière linéaire à la mixité fonctionnelle comme il devrait l'être s'il en était l'indicateur ; la courbe a plutôt une forme de cloche dont le maximum s'établit à 1 (cf. Figure V-6). Dès lors, l'interprétation des résultats est difficile, car on ne sait pas si l'éventuelle significativité du ratio emplois/résidents est due à un effet du caractère

productif plutôt qu'au caractère résidentiel de la zone. On comprend (et on salue) les précautions que prennent R. Camagni *et alii* (2002, p. 165) lorsqu'ils parlent de « renforcement du caractère résidentiel des communes », et non de mixité dans l'usage du sol.

Figure V-6. Relation théorique entre le degré de mixité fonctionnelle et le ratio emplois/résident pour une zone donnée



Z.-R. Peng (1997) confirme l'ambiguïté de l'utilisation du ratio emplois/résidents pour expliquer la mobilité totale. Si l'on prend comme variable expliquée le nombre *total* de *VMT* par personne (*VMT* émis plus *VMT* reçus), la fonction *spline* cubique qui ajuste les deux variables n'est plus en forme de « L » mais en forme de « U », dont le minimum s'établit théoriquement à 1 (soit l'équilibre parfait entre emplois et résidences).

Nous avons donc envisagé divers moyens de mesurer la mixité dans l'usage des sols entre fonctions résidentielle et de production. Tous ont été rejetés :

- L'emploi d'une variable muette qui prendrait la valeur 1 pour un rapport emploi/population compris dans un certain intervalle centré autour de 1 ; les résultats étaient peu concluants, malgré plusieurs modifications des seuils ;
- Utiliser la valeur absolue de la différence entre emplois et population, normalisée à l'ensemble de l'agglomération ; cette variable présentait l'inconvénient d'être trop sensible aux effets de taille.
- Prendre l'inverse du rapport pour les valeurs inférieures à 1 ; le manque de fondements théoriques à l'emploi d'une telle variable nous a dissuadé de l'intégrer dans les régressions ;

On constate que les *t* de Student sont bien supérieurs pour le kilométrage VP par habitant mesuré à la destination, ce qui ne semble pas étonnant : en effet une zone à dominante emploi tend à attirer davantage de déplacements. En fait, le rapport emplois/population active ne sert pas à mesurer le degré de mélange entre emplois et résidences, mais plutôt, si l'on suit par exemple T. M. Standback (1991), R. Cervero (1989a, 1989b) ou encore R. Cervero et K.-L. Wu (1998), à *détecter les centres périphériques*. Les résultats obtenus avec le rapport emplois/population sont donc utiles pour étudier l'influence des centres périphériques sur la mobilité. Par exemple, on constate que l'influence du rapport

emplois/population sur le partage modal est surtout significative pour les zones de densité moyenne ; or celles-ci sont souvent situées autour de la rocade, où les centres périphériques se forment de manière préférentielle (Gaschet, 2001). Ils doivent donc être lus à la lumière des résultats concernant non pas le nombre mais la répartition des emplois au sein d'une zone, c'est-à-dire son degré de spécialisation sectorielle.

L'indice de **spécialisation sectorielle** influence positivement le kilométrage VP par habitant pour motif professionnel. Dans le modèle global, on peut expliquer cette influence non par de plus faibles distances de déplacement (le coefficient n'étant pas significatif), mais plutôt par un partage modal en défaveur de la marche. Il est intéressant de constater que l'effet de l'indice de spécialisation sectorielle sur le kilométrage VP par habitant est le même quel que soit le sous-échantillon considéré (les coefficients sont égaux), ce qui traduit une certaine invariance de l'influence de la spécialisation sur la consommation énergétique.

A la lumière de ces premiers résultats, on est en mesure de *confirmer les avantages de la diversité des usages du sol en ce qui concerne la mobilité*. L'idée qui fonde cette hypothèse est que la spécialisation économique et les pratiques de zonage sont contraires à la mobilité durable (cf. chapitre IV). On ne peut cependant pas corroborer l'hypothèse d'un accroissement des distances dû à la spécialisation sectorielle.

Il est intéressant de rapprocher ce résultat de l'influence du rapport emplois/population sur le kilométrage VP par habitant. On peut alors offrir l'interprétation suivante : *plus les emplois sont nombreux par rapport à la population, et plus les emplois sont peu diversifiés dans une zone, plus les distances parcourues en automobile par personne sont grandes*. Cette situation pourrait provenir de l'influence des centres périphériques d'emplois émergents situés à l'entour de la rocade car non seulement le rapport emplois/population signifie leur présence, mais de plus, les centres périphériques de l'agglomération bordelaise s'orientent pour la plupart vers une spécialisation économique, non seulement par rapport au centre mais également entre eux (les mécanismes théoriques de la spécialisation des centres périphériques d'emploi d'une agglomération sont détaillés dans le Chapitre IV), comme le montre l'étude empirique de F. Gaschet (2001, chapitre 6).

Le lien entre la spécialisation sectorielle et le choix modal est marqué par un *changement de signe* suite à la division de la population en échantillons homogènes du point de vue de la densité. Dans les zones de faibles densités et de densités moyennes, la spécialisation sectorielle est associée à un partage modal en faveur des modes doux, MAP et TCU.

L'analyse de l'influence de la répartition sectorielle sur la mobilité est donc ambiguë, voire paradoxale : comment expliquer que la spécialisation économique s'accompagne *à la fois* d'un kilométrage VP individuel plus élevé et d'un choix modal orienté vers les modes doux ? Il nous a semblé nécessaire de creuser la question de l'influence de la spécialisation sectorielle sur les déplacements, fréquemment évoquée dans les débats sur le lien entre forme urbaine et mobilité quotidienne. Afin de présenter des résultats plus précis, nous avons voulu

analyser l'influence non pas du *degré* de spécialisation, mais du *type* de spécialisation sur les comportements de mobilité.

Il a donc semblé pertinent de construire un modèle où l'indice de spécialisation sectorielle est remplacé par des coefficients de localisation.

2 - L'analyse fine de l'influence de la spécialisation sectorielle sur la mobilité

Si l'indice de spécialisation sectorielle est calculé à partir du découpage standard en 36 activités (NES 36), il était impossible, étant donné le faible nombre d'observations (66), de tester conjointement l'influence de 36 coefficients de localisation sur des variables de mobilité. Il s'agissait donc d'effectuer un regroupement des activités par secteurs que l'on souhaitait en nombre limité. Au moyen d'une méthode de classification automatique (les nuées dynamiques), il a été possible de regrouper les 36 activités en neuf secteurs économiques (Gaschet, 2001, p. 253 ; cf. Tableau V-6). Le calcul de coefficients de localisation associés permettait ensuite d'apprécier le type de spécialisation de la zone[158].

Cependant, là encore nous avons dû faire face à des problèmes de multicolinéarité : apparemment les logiques de localisation de certains secteurs étaient soit très proches soit très opposées. Sur la base de la significativité des coefficients de Pearson, nous avons choisi de regrouper les activités en six secteurs : industrie et commerce de gros ; commerce de détail ; transports ; activités financières et immobilières et services aux entreprises ; commerce de gros et services collectifs ; services aux personnes (cf. Tableau V-6). Le modèle de type de spécialisation économique inclut donc les six coefficients de localisation (un pour chaque secteur), ainsi que la densité d'emplois.

L'objectif ici est de tester quel type d'emploi peut générer plus de déplacements. Pour cela, nous avons utilisé les déplacements pris à la destination, c'est-à-dire reçus par chaque zone. Les parts modales n'étaient pas renseignées à destination, mais nous avons pu tester les distances de déplacement. La variable de kilométrage VP par habitant n'apparaissant pas pertinente, nous avons construit une variable de kilométrage VP *par emploi*, qui est l'indicateur de la dépense énergétique générée par emploi pour les déplacements.

Afin d'analyser l'effet « pur » de la spécialisation sectorielle sur la mobilité, il est nécessaire de contrôler la spécialisation fonctionnelle, mesurée par le rapport emplois/population. Celui-ci est significatif dans de nombreuses régressions. Or cette significativité est difficile à interpréter, dans la mesure où la spécialisation fonctionnelle et le rapport emplois/population ne sont pas liés de manière linéaire, mais par une fonction du type

[158] Rappelons que le coefficient de localisation est, pour une activité donnée, égal à la part de l'emploi de cette activité dans l'emploi total de la zone, corrigé (i.e divisé) par le même rapport mais à l'échelle de l'agglomération. Ne disposant pas de données d'emploi par secteur, nous avons utilisé les données d'établissements issues du comptage SIRENE de 1998, spatialisées selon le zonage IRIS 5000®. Une valeur supérieure à 1 correspond à une sur-représentation de l'activité dans la zone, et inversement (Lajugie *et alii*, 1985, pp. 689-696).

normale (cf. *supra*). Nous avons donc choisi d'utiliser à nouveau la technique des régressions typologiques en prenant comme critère de partition le rapport emplois/population, suivant en cela le souhait exprimé par F. Gaschet (2001) dans la conclusion générale de son étude sur la polycentralité urbaine. Afin de lui faire indiquer sans ambiguïté le niveau de spécialisation fonctionnelle des zones, nous avons divisé la population en trois sous-groupes selon la valeur prise (cf. Carte V-3) :

- Le premier groupe correspond à des zones à dominante résidentielle. On y trouve les communes de la troisième couronne, ainsi que certaines zones de la rive droite, où les logements sociaux sont sur-représentés (Lormont, Cenon), enfin les zones résidentielles intra-rocade, souvent habitées par des ménages à hauts revenus (Caudéran, Le Bouscat, une partie de Mérignac…).
- Dans le dernier groupe, les zones à dominante emploi sont soit hypercentrales, soit issues de l'héritage industriel bordelais : le long de la Garonne, au nord (Bacalan) comme au sud (Bègles, Villenave-d'Ornon) et rive droite (La Bastide), soit enfin le long des axes lourds de transport, où l'on voit à la suite de F. Gaschet (2001) l'émergence de centres périphériques d'emploi (Mérignac-aéroport, Bordeaux-lac, Pessac, Cestas, etc.).
- Les zones dont le rapport emplois/population s'établit à des valeurs intermédiaires sont dites « mixtes ».

Carte V-3. La répartition de l'aire d'étude en trois catégories de zones suivant le critère du rapport emplois/population

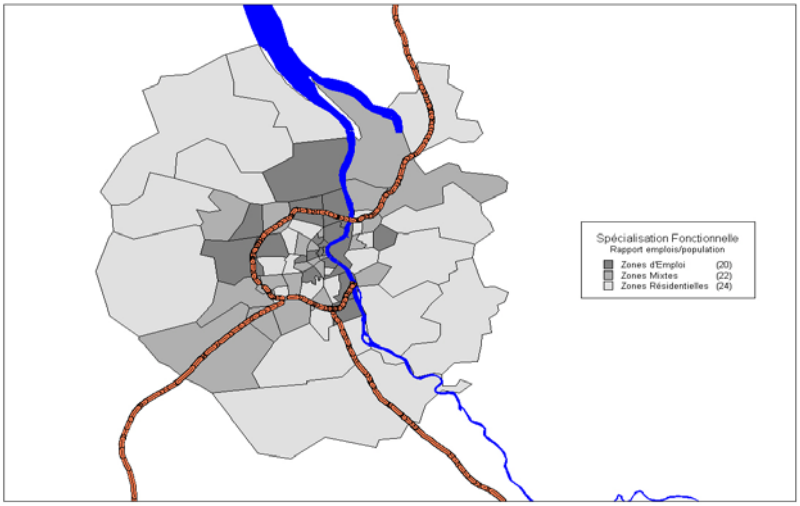


Tableau V-6. Regroupement de la NES 36 en 9 puis 6 secteurs, et nombre d'établissements

Code NES 36	Intitulé	N	Regroupement en 9 secteurs (Gaschet, 2001, p. 253)	Regroupement en 6 secteurs
AP15	Industries alimentaires	826	Industrie	INDCONST
A17	Industrie textile	49	Industrie	
A18	Industrie de l'habillement et des fourrures	146	Industrie	
A19	Industrie du cuir et de la chaussure	36	Industrie	
A20	Travail du bois et fabrication d'articles en bois	180	Industrie	
A21	Industrie du papier et du carton	36	Industrie	
A22	Edition, imprimerie, reproduction	514	Industrie	
A24	Industrie chimique	84	Industrie	
A25	Industrie du caoutchouc et plastique	52	Industrie	
A26	Fabrication d'autres produits minéraux non plastiques	136	Industrie	
A27	Métallurgie	11	Industrie	
A28	Travail des métaux	368	Industrie	
A29	Fabrication de machines et d'équipements	266	Industrie	
A30	Fabrication de machines de bureaux et de matériel informatique	634	Industrie	
A31	Fabrication de machines et appareils électriques	69	Industrie	
A32	Fabrication d'équipements de radio, télévision et communication	57	Industrie	
A33	Fabrication d'instruments médicaux, de précision, d'optique et d'horlogerie	280	Industrie	
A34	Industrie automobile	43	Industrie	
A35	Fabrication d'autres matériels de transport	37	Industrie	
A36	Fabrication de meubles, industries diverses	384	Industrie	
A37	Récupération	70	Industrie	
A40	Production et distribution d'électricité, de gaz et de chaleur	70	Industrie	
A41	Captage, traitement et distribution des eaux	44	Industrie	
A45	Construction	4337	Construction	
A52	Commerce de détail et réparations d'articles domestiques	6534	Commerce de détail	COMDETAI

Tableau V-2. Regroupement de la NES 36 en 9 puis 6 secteurs, et nombre d'établissements (suite)

Code NES 36	Intitulé	N	Regroupement en 9 secteurs (Gaschet, 2001, p. 253)	Regroupement en 6 secteurs
A60	Transports terrestres	1326	Transports	TRANSPOR
A61	Transports par eau	34	Transports	
A62	Transports aériens	12	Transports	
A63	Services auxiliaires de transport	366	Transports	
A64	Postes et télécommunications	243	Transports	
A65	Intermédiation financière	475	Act. Financières et immo	FINIMSEN
A66	Assurance	166	Act. Financières et immo	
A67	Auxiliaires financiers et d'assurance	682	Act. Financières et immo	
A70	Activités immobilières	1670	Act. Financières et immo	
A71	Location sans opérateur	288	Services aux entreprises	
A72	Activités informatiques	581	Services aux entreprises	
A73	Recherche et développement	132	Services aux entreprises	
A74	Services fournis principalement aux entreprises	6141	Services aux entreprises	
A50	Commerce et réparation automobile	1428	Commerce de gros	CGROSCOL
A51	Commerce de gros et intermédiaires de commerce	3608	Commerce de gros	
A75	Administration publique	497	Services collectifs	
A80	Education	1730	Services collectifs	
A85	Santé et action sociale	6201	Services collectifs	
A90	Assainissement, voirie et gestion des déchets	62	Services collectifs	
A91	Activités associatives	2601	Services collectifs	
A99	Activités extra-territoriales	9	Services collectifs	
A55	Hôtels et restaurants	2718	Services personnels	SERVPER
A92	Activités récréatives, culturelles et sportives	2238	Services personnels	
A93	Services personnels	1808	Services personnels	
	Total	**50279**		

On peut avancer les commentaires suivants (cf. Tableau V-7) :

- La **densité d'emplois** a une influence négative sur les distances moyennes de déplacement et le kilométrage VP par emploi quel que soit le motif du déplacement. Cette influence, curieusement, n'est significative que pour les zones à dominante résidentielle : l'interaction de la densité d'emplois et des distances de déplacement semble s'estomper avec l'accroissement du nombre d'emplois relativement à la population ;
- Dans le modèle global, la spécialisation dans le **commerce de gros** et les **services collectifs** a une influence positive sur le kilométrage VP par emploi, que l'on peut relier à une corrélation positive avec les distances de déplacement quel que soit le motif. Cependant, cette influence disparaît presque complètement lorsque l'on maîtrise le rapport emplois/population : le coefficient n'est plus significatif que dans les zones mixtes, et seulement pour le kilométrage VP par emploi. La cartographie de ces secteurs permet d'expliquer ces résultats : les établissements de commerce de gros sont principalement localisés dans la troisième couronne ; les forts besoins d'espace inhérents à cette activité lui font non seulement fuir le centre, mais aussi les zones à dominante emploi. Les logiques de localisation de ce secteur semblent donc lui faire préférer les zones excentrées et plutôt résidentielles, peut-être pour des raisons de coût du sol.
- Une interprétation assez proche peut être avancée pour l'influence positive des secteurs de **l'industrie** et de la **construction** sur les distances de déplacement pour motif domicile-travail. Positive dans le modèle global, elle ne se révèle significative que pour les zones à dominante résidentielle.
- Dans le modèle global, les **activités financières et immobilières** ainsi que les **services aux entreprises** ont une influence négative sur le kilométrage VP par emploi. Cependant, on ne peut l'expliquer par des distances de déplacement plus courtes, le coefficient de régression n'étant pas significatif. De plus, le découpage en zones suivant le contenu relatif en emplois rend cette influence non significative. Il semble donc plausible d'expliquer cette influence par une *localisation préférentielle de ce secteur dans les zones à fort contenu en emploi*. L'influence de ce secteur sur les distances de déplacement est d'ailleurs positive pour les zones dont le rapport emplois/population est supérieur à 1. En effet, les activités dont il est question (notamment les services aux entreprises) sont attirées par les fortes concentrations d'emploi.
- Les **services personnels** ont une influence positive identique quelle que soit la catégorie de zones sur le kilométrage VP par emploi et sur les distances moyennes de déplacement. Il n'y a donc pas d'impact différencié suivant le contenu relatif en emplois de la zone. Ce résultat paraît surprenant, dans la mesure où les coefficients de localisation sont supérieurs à 1 dans des zones majoritairement situées dans l'hypercentre. Il est possible de l'expliquer par l'hypothèse d'une disjonction entre lieu d'emploi et résidence pour les employés de ce secteur.

3 - Le modèle de type de logement

Le modèle de type de logement a été testé séparément de celui de forme urbaine pour des raisons évidentes de corrélation avec la densité résidentielle (cf. Tableau V-2, Tableau V-3, Tableau V-4, et Tableau V-5).

Dans le modèle global, le type de logement ne semble pas être lié étroitement aux variables de **kilométrage VP par habitant**, si l'on excepte la proportion de grand collectif, dont l'influence est négative quel que soit le motif. *Cette influence peut être ramenée à celle de la densité* : on voit en effet que le découpage en sous-échantillons rend les coefficients non significatifs.

L'influence du type de logement sur les **distances moyennes de déplacement** dans le modèle global est très claire : quel que soit le motif du déplacement, les trois coefficients sont significatifs, ce qui montre *a contrario* que la proportion de logements individuels isolés, utilisée comme catégorie de référence, influence positivement la longueur moyenne du trajet. Il semble plausible, là encore, que cette influence recoupe celle de la densité (ou celle de la distance au centre), les faibles densités étant fortement associées aux logements individuels isolés (cf. Graphique V -2). Ce résultat n'a qu'un intérêt limité : il est difficile d'en conclure en effet que tel ou tel type de logement influence la mobilité *per se.* La corrélation que l'on constate ici passe plutôt par des arguments du type de ceux employés pour justifier l'influence de la densité sur la mobilité, ou encore par le simple fait géométrique que les distances de déplacement périphériques s'accroissent de 2Π lorsque la distance radiale n'augmente que de un.

Le type de logement peut également être associé à un **partage modal** particulier (cf. Tableau V-3). Dans le modèle global, la proportion de petits logements collectifs influence positivement l'usage des modes doux, la proportion de grand collectif n'étant significative que pour la part des TCU. Ce dernier résultat est dû pour partie à une meilleure desserte des transports en commun, prioritairement dirigée vers les fortes concentrations de population (Bidou, 1994 ; cf. chapitre II). C'est ce qui explique la significativité du coefficient de la proportion de grand collectif sur l'usage des transports en commun pour les zones de faibles et fortes densités.

Dans les zones de faibles densités, où domine l'individuel isolé, la proportion de logements individuels accolés correspond à une concentration relative de l'habitat : dans la limite de l'expérience de l'auteur, c'est le cas de nombreux bourgs constituant l'armature urbaine de ce type de zones. On peut alors comprendre la corrélation positive entre la proportion de logements individuels accolés et la part de la MAP pour les déplacements domicile-travail : même dans un milieu périurbain, l'hypothèse des avantages de la concentration en termes de mobilité restent valables. On retrouve là les interprétations avancées pour l'analyse de l'écart-type des densités résidentielles (cf. *supra*).

Tableau V-7. Le modèle de type de spécialisation

	Kilométrage VP par emploi *Motif 1 (domicile-travail, dom.-études)*				Kilométrage VP par emploi *Motif 2 (loisirs, achats, autres)*				Distances moyennes de déplacement *Motif 1 (domicile-travail, dom.-études)*				Distances moyennes de déplacement *Motif 2 (loisirs, achats, autres)*			
	Modèle Global	Zones résidentielles	Zones mixtes	Zones d'emploi	Modèle Global	Zones résidentielles	Zones mixtes	Zones d'emploi	Modèle Global	Zones résidentielles	Zones mixtes	Zones d'emploi	Modèle Global	Zones résidentielles	Zones mixtes	Zones d'emploi
Constante	**27,668**	40,663	32,091	-23,604	30,988	45,084	40,761	11,421	0,607	2,588	0,561	-1,186	0,147	-2,558	-0,047	3,069
	2,508	*1,660*	*1,739*	*-1,070*	*1,636*	*0,810*	*0,953*	*0,243*	*0,383*	*0,719*	*0,174*	*-0,352*	*0,116*	*-0,702*	*-0,014*	*0,928*
Densité d'emplois	-0,090	**-3,723**	0,083	0,017	**-0,320**	**-12,644**	**-1,330**	-0,207	0,001	-0,195	0,006	0,014	0,003	**-0,366**	-0,004	0,005
	-1,331	*-3,169*	*0,228*	*0,153*	*-2,079*	*-5,750*	*-2,129*	*-1,120*	*0,176*	*-1,180*	*0,113*	*0,986*	*0,401*	*-2,318*	*-0,091*	*0,451*
INDCONST	-13,028	-8,867	**-29,448**	11,536	-24,468	-6,317	-6,317	-6,317	**2,632**	**4,105**	2,607	-1,099	1,995	**3,477**	2,636	-2,840
	-1,481	*-0,684*	*-2,013*	*0,690*	*-1,195*	*-0,361*	*-0,361*	*-0,361*	*2,351*	*2,027*	*1,468*	*-0,484*	*1,886*	*2,030*	*1,747*	*-1,456*
CGROSCOL	**24,015**	-3,663	**35,919**	0,496	**62,408**	-5,090	-5,090	-5,090	**1,828**	1,528	1,528	1,528	**1,858**	0,966	0,966	0,966
	3,993	*-0,373*	*2,440*	*0,044*	*3,800*	*-0,358*	*-0,358*	*-0,358*	*2,731*	*1,432*	*1,432*	*1,432*	*3,364*	*1,042*	*1,042*	*1,042*
COMDETAI	-4,497	2,730	**-31,428**	-8,393	14,114	18,526	18,526	18,526	0,418	0,462	0,462	0,462	0,137	0,723	0,723	0,723
	-0,674	*0,289*	*-2,882*	*-0,644*	*1,184*	*1,347*	*1,347*	*1,347*	*0,684*	*0,485*	*0,485*	*0,485*	*0,234*	*0,854*	*0,854*	*0,854*
TRANSPOR	-2,893	0,342	-10,210	4,883	-11,338	**-37,451**	-0,121	4,403	0,457	0,591	0,591	0,591	0,383	0,504	0,504	0,504
	-0,845	*0,045*	*-1,698*	*0,997*	*-1,513*	*-2,095*	*-0,010*	*0,396*	*1,135*	*1,038*	*1,038*	*1,038*	*0,862*	*1,038*	*1,038*	*1,038*
FINIMSEN	**-13,495**	0,676	0,676	0,676	**-33,401**	0,841	0,841	0,841	0,239	-2,979	0,025	**4,239**	-0,295	-2,856	-0,375	**2,925**
	-2,344	*0,086*	*0,086*	*0,086*	*-2,254*	*0,050*	*0,050*	*0,050*	*0,213*	*-1,126*	*0,011*	*2,702*	*-0,237*	*-1,268*	*-0,185*	*2,171*
SERVPER	5,417	**21,645**	**21,645**	**21,645**	18,024	**134,879**	11,349	0,624	**2,653**	**3,124**	**3,124**	**3,124**	**2,433**	**8,116**	2,320	0,643
	0,836	*2,426*	*2,426*	*2,426*	*1,243*	*3,116*	*0,310*	*0,026*	*2,552*	*2,341*	*2,341*	*2,341*	*2,337*	*3,272*	*1,055*	*0,439*
R2 ajusté (Akaike)	0,388	0,548 (8,145)			0,394	0,675 (9,723)			0,334	0,416 (4,450)			0,301	0,484 (4,132)		
N	*66*	*20*	*22*	*24*	*66*	*20*	*22*	*24*	*66*	*20*	*22*	*24*	*66*	*20*	*22*	*24*
Restrictions		*G (4,42) = 2,047 ; Pr = 0,105*				*G (8,42) = 0,255 ; Pr = 0,976*				*G (8,42) = 0,525 ; Pr = 0,831*				*G (6,42) = 0,675 ; Pr = 0,986*		

Note : les chiffres en italique sont les *t* de Student ; les coefficients significatifs au seuil de 5% sont marqués en gras.

Le type de logement a une influence significative sur le choix modal (quel que soit le motif) dans les zones de fortes densités. Là encore, c'est l'influence de la densité qui est sous-jacente. L'effet du type de logement est différencié : les élasticités sont plus élevées pour les logements qui sont *a priori* associés à des densités plus fortes : en moyenne, l'élasticité-grand collectif est double de l'élasticité-petit collectif (cf. Annexe 7).

Enfin, l'influence de la variable du **nombre de personnes par pièce** est positive sur les distances de déplacement domicile-travail, mais négative sur l'utilisation de l'automobile dans les zones de densité moyenne (quel que soit le motif du déplacement). L'interprétation d'un tel résultat, en apparence contradictoire puisque normalement de plus grandes distances de déplacement sont associées à un partage modal *en faveur* de l'automobile, et non à son détriment, est assez délicate. Il semble que nous ayons besoin de davantage d'informations, telles que la surface habitable par personne (une pièce n'a pas forcément la même superficie), la taille du ménage (l'augmentation de la taille du ménage s'accompagne d'une diminution du nombre de personnes par pièce), et plus généralement la position dans le cycle de vie. Les modèles socio-démographiques apportent des informations susceptibles d'aider au commentaire de ce résultat.

B - Les modèles socio-démographiques

Suivant le même principe que les modèles d'occupation du sol, les résultats de l'estimation des trois modèles socio-démographiques sont présentés selon la variable expliquée : le kilométrage VP individuel (cf. Tableau V-8), les parts modales (cf. Tableau V-9), les distances moyennes de déplacement (cf. Tableau V-10), et la mobilité et la motorisation (cf. Tableau V-11)[159].

Nous verrons que l'influence du revenu cache des interactions complexes, qu'il semble difficile de démêler entièrement ; l'influence de l'âge moyen peut s'interpréter au moyen d'un « effet localisation » ou d'un « effet urbanisation » ; l'influence de la proportion de diplômés du supérieur est une illustration parfaite de la médiatisation de la forme urbaine dans l'interaction entre une variable socio-démographique et des comportements de mobilité. L'analyse du modèle de type de population nous permettra d'infirmer « l'effet grégaire » qui voit se concentrer les populations captives des modes alternatifs dans les zones les plus denses. Enfin, la prise en compte des effets de taille montrera la médiation de « l'effet localisation ».

1 - Le revenu, une illustration de l'interaction triangulaire

Le **revenu** est une variable majeure parmi les déterminants de la mobilité. Nous prendrons soin de détailler ses effets.

[159] Dans le souci d'offrir une présentation synthétique des déterminants socio-démographiques de la mobilité, il se peut que dans la suite du texte les commentaires associent les résultats de plusieurs modèles.

Le revenu moyen des ménages exerce une influence positive très significative (cf. le niveau des *t* de Student) sur la motorisation individuelle, ce qui est cohérent avec les analyses habituelles (e.g. Froud *et alii*, 2000 ; Jullien, 2002). Cette influence est valable quel que soit le sous-échantillon.

L'interprétation traditionnelle est d'expliquer les différences de motorisation par le coût de l'accès à l'automobile. Cette influence est confirmée par le modèle de type de population, puisque les proportions de chômeurs et d'étudiants (dont les revenus sont *a priori* plus faibles que pour le reste de la population) sont négativement associées à la motorisation. Le meilleur modèle explicatif est obtenu avec des coefficients identiques pour les trois types de zones, ce qui montre l'indépendance de ces corrélations avec une typologie zonale suivant le critère de la densité.

L'influence du revenu sur la possession d'une automobile se double d'une influence sur son usage : il est négativement associé à l'usage des TCU et de la MAP par rapport à l'automobile. Ce résultat est relativement conventionnel. Il correspond à un effet direct du revenu sur l'usage de l'automobile : « l'accroissement des revenus pourrait être la cause première (*root cause*) d'une forte part de la croissance de la dépendance automobile » (Gomez-Ibañez, 1991, p. 377), ce que d'autres auteurs expriment de la manière suivante : « *people buy more mobility as income rises* » (Newman, Kenworthy & Vintila, 1995). Ceci correspond toutefois à un raccourci logique : on doit supposer que la mobilité est un bien normal (dont la consommation augmente avec le revenu), alors que de nombreuses analyses considèrent la mobilité comme un simple moyen, un investissement permettant de réaliser l'activité au bout du déplacement : dans cette approche, le déplacement n'est pas un besoin qui augmente avec le revenu (Wiel, 2002, pp. 34-35).

On notera ici un effet intéressant : l'influence du revenu sur l'usage de l'automobile est significative pour les zones de densités moyennes et fortes, mais pas pour les zones de faibles densités. Il est possible d'interpréter ce résultat en termes de dépendance automobile : dans ce type de zones, l'usage de l'automobile est tellement une nécessité que l'influence du revenu n'est significative que sur l'équipement.

Le revenu n'a pas d'influence sur le kilométrage VP individuel, ce qui suggère l'indépendance de la consommation énergétique individuelle et du revenu. Cette indépendance est celle que l'on s'attendait à trouver, car la consommation énergétique est un coût social et ne correspond pas à un déboursement effectif.

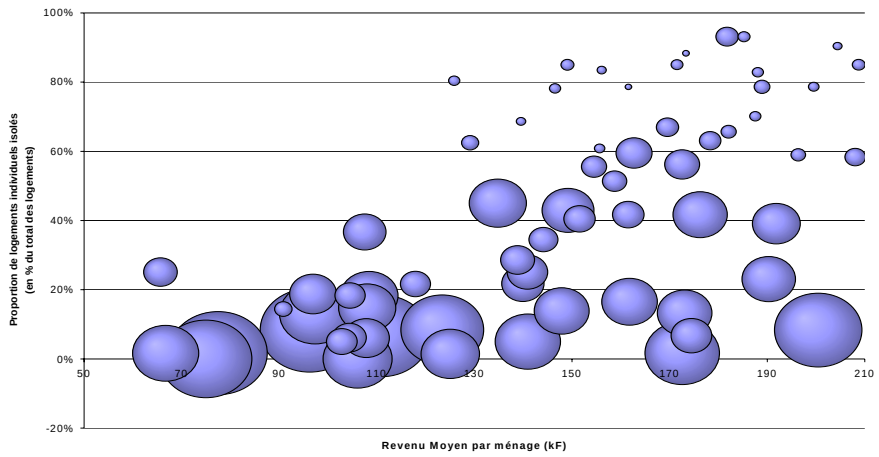
Le revenu a une influence positive sur la longueur du déplacement (quel que soit le motif). Dans le modèle global, la distance au lieu d'emploi ou aux aménités (commerciales ou de loisir) ne semble donc pas être un facteur important de localisation résidentielle, sinon les classes aisées pourraient se servir de leur pouvoir d'enchère pour acquérir les terrains les plus proches des lieux d'emploi ou des aménités.

Le découpage en sous-échantillons apporte cependant un éclairage pertinent à ce résultat. L'influence du revenu sur les distances moyennes de déplacement pour motif loisirs,

achats et autres disparaît dans les régressions typologiques. Elle reste significative sur les distances de déplacement domicile-travail, mais son signe s'inverse. Il semble que nous ayons ici confirmation de deux hypothèses importantes posées en aval de cette vérification empirique :

- L'influence positive du revenu sur les distances de déplacement domicile-travail provient d'un *effet localisation*. Un revenu élevé permet l'accès à la propriété d'une maison individuelle, donc les classes aux revenus les plus élevés ont tendance à se localiser dans les zones périphériques, de faible densité. Ceci correspond à l'effet indirect de la densité, celui qui passe par la localisation (Gomez-Ibañez, 1991) : « *people buy more space as income rises* » (Newman, Kenworthy & Vintila, 1995). Il y a bien une interaction généralisée et complexe entre le revenu (variable socio-économique), la proportion de maisons individuelles isolées (variable de forme urbaine), et les distances de déplacement (variables de comportement), illustrant la pertinence du cadre théorique retenu de « l'interaction triangulaire » (cf. Graphique V-6) ;
- Lorsque le facteur densité est contrôlé, le signe du coefficient change : les classes aisées ont tendance à effectuer des déplacements domicile-travail plus courts, en d'autres termes à se localiser à proximité de leur lieu d'emploi. Ceci suppose que *l'hypothèse de la localisation conjointe est vraie* : les agents seraient prêts à payer une prime pour habiter à proximité de leur lieu d'emploi. Leur pouvoir d'enchère supérieur accroît le nombre de possibilités de localisation des plus riches : soit ils choisissent de se localiser à proximité de leur lieu d'emploi, soit *en moyenne*, l'offre s'adressant à eux étant plus abondante, leur domicile est plus proche de leur lieu d'emploi. Un approfondissement serait ici indispensable pour trancher ce dilemme.

Graphique V-6. La relation entre le revenu moyen des ménages et la proportion de logements individuels isolés (la surface des bulles est proportionnelle à la densité résidentielle)



Source : EMD Bordeaux, 1998 (I.N.S.E.E, DR Aquitaine), traitement de l'auteur

L'interaction entre le revenu et les distances de déplacement est donc extrêmement ambiguë : d'un côté, un revenu plus élevé incite à fuir la densité. De l'autre, un revenu plus élevé est associé à un plus large choix de localisations et incite donc à un rapprochement du domicile et du lieu de travail.

L'influence du revenu est une bonne illustration de « l'interaction triangulaire » entre caractéristiques individuelles, de forme urbaine et comportements de mobilité : le revenu a une influence positive sur l'usage de l'automobile ; le revenu est plus élevé dans les zones de faible densité ; l'usage de l'automobile est plus élevé dans les zones de faible densité. Le modèle global ne suffit pas à lui seul à séparer la cause de l'effet ; on ne peut que noter une interaction entre revenus élevés, usage de l'automobile et faibles densités.

La technique des régressions typologiques, si elle ne permet pas de déterminer précisément le sens des causalités, apporte toutefois un complément d'information : les distances de déplacement VP sont négativement reliées au revenu, ce qui signifie que l'augmentation du revenu n'est pas forcément liée à un surcroît de mobilité. Au contraire, un revenu plus élevé permet de réduire sa consommation de déplacements au profit d'autres postes. On rejoint donc l'opinion de P. Newman *et alii* (1995, p. 54), pour qui « le lien entre la richesse et la forme urbaine pourrait être plus complexe que ce que les arguments conventionnels ont suggéré ».

Effectivement, le lien entre revenu, localisation et mobilité est tellement complexe que la technique des régressions typologiques ne permet pas de démêler les interactions à l'œuvre. En ce qui concerne l'influence de l'âge moyen, on est en mesure de présenter deux hypothèses pour interpréter son influence sur la mobilité : un « effet localisation » et un « effet urbanisation ».

2 - L'âge moyen : entre « effet localisation » et « effet urbanisation »

L'âge moyen est censé indiquer la position dans le cycle de vie. L'interprétation de son impact sur la mobilité risque cependant d'être malaisée : c'est en effet aux deux extrémités de la vie (avant 18 ans et après 65) que l'on a le plus de chances d'être dépendant pour ses déplacements. Le modèle de type de population servira éventuellement à appuyer le passage d'une corrélation constatée à un lien de causalité.

L'âge moyen de la population a une influence négative sur les distances de déplacement VP (quel que soit le motif). Cette influence est identique selon les tranches de densité ; au vu des coefficients, elle est beaucoup plus importante pour les déplacements de loisirs, achats et autres. Le modèle de type de population ne peut pas nous éclairer sur cette influence, car les coefficients de la proportion de retraités et/ou de mineurs ne sont pas significatifs.

Plusieurs interprétations sont possibles, non exclusives l'une de l'autre :

- **Un « effet localisation »** : on raisonne ici sur les variations *absolues* des distances de déplacement, en supposant que la localisation est la variable d'ajustement.

L'avancée en âge correspond à une aversion pour les déplacements en automobile, surtout sur des distances conséquentes ; les individus les plus âgés auraient alors tendance à se rapprocher de leur lieu d'emploi, des aménités qu'ils fréquentent pour leurs loisirs et leurs achats, ou tout simplement adoptent une localisation plus centrale pour améliorer leur accessibilité moyenne.

- **Un « effet urbanisation »**[160] : on raisonne ici sur les variations *relatives* des distances de déplacement, la localisation étant égale par ailleurs. Le rythme de l'étalement a été tel que certains territoires auparavant périphériques deviennent, relativement à une aire urbaine qui s'est étendue, insérés dans l'agglomération. Le vieillissement de ménages primo-accédants (à faible mobilité résidentielle) dans ces territoires a donc abouti, relativement à des ménages plus jeunes s'établissant en périphérie et amplifiant l'étalement, à une diminution relative des distances de déplacement en relation avec l'âge moyen.

L'influence de l'âge moyen sur la *motorisation* n'est sensible que dans les zones de fortes densités. En supposant que l'équipement est souvent lié à l'usage, l'âge est en raison inverse de la part de la MAP dans les zones de fortes densités. Dans ce type d'espace, la possession et l'usage de l'automobile représentent un surcoût (coût du stationnement lorsque celui-ci est payant, temps passé à rechercher une place, etc.). L'influence de l'âge sur la possession et l'usage d'une automobile provient donc sans doute de *l'avancée dans le cycle de vie*, qui correspond à des revenus plus élevés et plus stables, notamment par rapport aux étudiants très représentés dans les zones centrales.

Enfin, dans le modèle global, l'âge moyen a une influence négative sur la *mobilité*. On peut avancer une interprétation traditionnelle : l'avancée en âge correspond à une certaine *sédentarisation*. Il n'a pas été possible de tester si cette corrélation correspond à une influence indirecte *via* la localisation, car la valeur de la statistique G ne nous permettait pas de rejeter l'hypothèse d'égalité des coefficients (i.e. d'un effet différencié suivant la catégorie de densité d'appartenance).

L'analyse de l'influence de la proportion de diplômés du supérieur sur les comportements de mobilité montre que cette influence n'est pas directe, mais passe par la médiatisation de la forme urbaine. La technique des régressions typologiques découvre ici toute son utilité

[160] Cette distinction est de l'auteur, et n'a aucun rapport avec la distinction traditionnelle de Hoover entre économies d'urbanisation et économies de localisation.

Tableau V-8. Le kilométrage VP par habitant et les variables socio-démographiques

		Motif 1 (domicile-travail)				Motif 2 (loisirs, achats, autres)			
		Modèle global	Densités faibles	Densités moyennes	Densités élevées	Modèle global	Densités faibles	Densités moyennes	Densités élevées
Modèle de revenu	Constante	**50,552**	14,865	4,447	-0,090	**19,138**	26,432	8,919	10,007
		2,017	*1,307*	*0,344*	*-0,011*	*1,956*	*1,716*	*0,47*	*0,76*
	Revenu moyen du ménage	0,019	-0,011	-0,028	-0,012	0,025	**-0,053**	**-0,053**	**-0,053**
		1,717	*-0,290*	*-1,000*	*-0,503*	*1,054*	*-2,047*	*-2,047*	*-2,047*
	Age moyen	**-0,433**	-0,038	0,125	0,111	-0,198	0,071	0,085	0,041
		-1,987	*-0,159*	*0,368*	*0,475*	*-0,746*	*0,191*	*0,163*	*0,119*
	Taux de diplômés du supérieur	**-16,270**	-18,104	5,023	5,328	-9,384	-9,561	**51,039**	16,434
		-2,171	*-1,030*	*0,413*	*0,665*	*-0,717*	*-0,447*	*2,931*	*1,355*
	R2 ajusté (Critère d'Akaike)	0,177	0,167 (5,639)			0,011	0,364 (6,502)		
	N	*66*	*22*	*23*	*21*	*66*	*22*	*23*	*21*
	Restrictions		*G(8,54) = 2,1317 ; Proba = 0,0483*				*G(8,54) = 2,1317 ; Proba = 0,0483*		
Modèle de type de population	Constante	**41,742**	**121,043**	33,404	-2,419	**117,391**	-33,530	42,252	16,442
		3,153	*3,002*	*0,910*	*-0,108*	*5,282*	*-0,976*	*1,241*	*0,487*
	Taux de chômage	-0,259	**151,585**	26,098	0,997	13,703	**289,709**	53,555	32,875
		-0,022	*3,933*	*0,976*	*0,059*	*0,482*	*4,027*	*1,086*	*1,039*
	Proportion de retraités	0,742	21,257	-7,437	-15,395	-5,459	**57,326**	**-47,363**	-37,332
		0,095	*1,501*	*-0,583*	*-1,155*	*-0,260*	*2,171*	*-2,031*	*-1,538*
	Proportion de mineurs	34,206	**94,596**	-4,464	-10,358	-0,013	**84,673**	**-119,872**	-27,134
		1,874	*4,622*	*-0,215*	*-0,583*	*0,001*	*2,205*	*-3,071*	*-0,818*
	Proportion d'étudiants	16,235	**82,594**	16,054	-10,747	-5,646	90,399	-29,893	-22,209
		1,572	*2,087*	*1,582*	*-0,821*	*-0,364*	*1,216*	*-1,612*	*-0,913*
	Proportion de femmes	**-91,173**	**-292,472**	-52,143	23,739	**-214,780**	10,766	10,766	10,766
		-2,663	*-3,650*	*-0,726*	*0,553*	*-4,525*	*0,171*	*0,171*	*0,171*
	R2 ajusté (Critère d'Akaike)	0,344	0,536 (5,086)			0,319	0,50213 (6,327)		
	N	*66*	*22*	*23*	*21*	*66*	*22*	*23*	*21*
	Restrictions		*G(12,48) = 3,843 ; Proba = 0,0004*				*G(2,48) = 0,5229 ; Proba = 0,5961*		
Modèle de taille	Constante	0,079	**-14,395**	6,938	-1,988	-6,319	**39,128**	-23,070	13,234
		0,013	*-2,105*	*1,278*	*-0,411*	*-0,572*	*3,073*	*-1,242*	*0,874*
	Population	**-1,85E-04**	-2,50E-04	2,39E-05	-1,31E-04	**-5,29E-04**	**-3,77E-04**	**-3,77E-04**	**-3,77E-04**
		-2,095	*-1,507*	*0,219*	*-0,976*	*-3,620*	*-2,607*	*-2,607*	*-2,607*
	Taille de la firme	0,292	**0,893**	**0,487**	0,038	**-0,155**	**1,043**	0,335	0,033
		1,741	*5,342*	*2,069*	*0,306*	*-2,763*	*3,287*	*0,781*	*0,147*
	Surface habitable par personne	-0,031	0,140	0,140	0,140	-0,007	-0,062	**1,283**	0,019
		0,244	*1,836*	*1,836*	*1,836*	*-0,084*	*-0,408*	*3,200*	*0,063*
	Taille du ménage	**3,243**	**5,712**	-3,692	1,161	**3,243**	-6,991	-2,764	0,092
		2,193	*2,474*	*-1,903*	*0,572*	*6,344*	*-1,623*	*-0,764*	*0,026*
	R2 ajusté (Critère d'Akaike)	0,272	0,544 (5,016)			0,254	0,511 (6,276)		
	N	*66*	*22*	*23*	*21*	*66*	*22*	*23*	*21*
	Restrictions		*G(2,51) = 0,669 ; Proba = 0,5165*				*G(2,51) = 0,005 ; Proba = 0,9995*		

Note : les chiffres en italique sont les *t* de Student ; les coefficients significatifs au seuil de 5% sont marqués en gras.

Tableau V-9. Les parts modales et les variables socio-démographiques

Motif 1 (domicile-travail, domicile-études)

		Modèle Global				Faibles densités				Densités moyennes				Fortes densités			
		MAP		TCU		MAP		TCU		MAP		TCU		MAP		TCU	
Modèle de revenu	Constante	**-2,039**	*-4,087*	**-1,243**	*-2,252*	1,144	*0,854*	-0,629	*-0,348*	2,071	*1,885*	-0,688	*-0,601*	**2,734**	*3,756*	0,368	*0,451*
	Revenu moyen du ménage	**-0,001**	*-2,176*	**-0,002**	*-2,719*	-0,008	*-1,629*	-0,012	*-1,752*	**-0,016**	*-5,447*	**-0,015**	*-4,810*	**-0,004**	*-2,132*	**-0,012**	*-4,481*
	Age moyen	**0,029**	*2,166*	0,001	*0,083*	-0,058	*-1,769*	-0,031	*-0,702*	-0,051	*-1,771*	0,035	*1,212*	**-0,071**	*-3,269*	-0,011	*-0,420*
	Taux de diplômés du supérieur	**-0,986**	*-2,180*	-0,549	*-1,087*	0,561	*0,215*	5,527	*1,782*	**4,001**	*3,947*	-0,313	*-0,245*	-0,494	*-0,742*	**1,953**	*2,604*
	Pseudo-R2 (B.I.C)	0,002 (6.362,366)				0,012 (1.025,487)				0,029 (2.085,817)				0,022 (3.004,555)			
	N	*66*				*22*				*23*				*21*			
Modèle de type de population	Constante	2,621	*1,756*	-0,311	*-0,186*	-7,217	*-0,993*	8,318	*0,963*	-7,416	*-1,686*	-5,792	*-1,241*	**-6,139**	*-2,369*	**-7,043**	*-2,416*
	Taux de chômage	-1,893	*-1,194*	**3,387**	*2,010*	4,614	*0,675*	**36,669**	*3,614*	**16,519**	*4,682*	**11,670**	*3,310*	**13,465**	*6,514*	**11,303**	*4,820*
	Proportion de retraités	0,521	*0,538*	0,303	*0,272*	1,521	*0,563*	-4,011	*-1,191*	**-4,326**	*-2,145*	1,743	*0,992*	0,542	*0,338*	0,228	*0,124*
	Proportion de mineurs	**-2,974**	*-2,174*	-1,085	*-0,698*	7,009	*1,938*	-7,148	*-1,486*	**-16,361**	*-5,570*	**-6,202**	*-1,956*	**8,315**	*4,095*	1,185	*0,511*
	Proportion d'étudiants	-0,998	*-1,036*	-1,037	*-0,911*	-3,929	*-0,512*	15,102	*1,424*	-0,109	*-0,084*	2,502	*1,783*	**4,458**	*2,918*	3,280	*1,902*
	Proportion de femmes	**-6,340**	*-2,183*	-2,484	*-0,758*	5,588	*0,390*	-21,420	*-1,258*	**17,852**	*2,119*	8,123	*0,914*	4,666	*0,943*	8,388	*1,516*
	Pseudo-R2 (B.I.C)	0,003 (6.372,842)				0,025 (1.024,595)				0,039 (2.077,450)				0,032 (2.986,894)			
	N	*66*				*22*				*23*				*21*			
Modèle de taille	Constante	-0,461	*-0,742*	0,138	*0,197*	-1,069	*-0,381*	-1,663	*-0,440*	**3,968**	*3,016*	**4,981**	*3,530*	**2,590**	*3,011*	**3,313**	*3,326*
	Population	**2,5E-05**	*3,017*	1,5E-05	*1,662*	-1,3E-05	*-0,440*	-6,7E-05	*-1,829*	-2,3E-05	*-1,750*	**-4,2E-05**	*-2,896*	**-3,7E-05**	*-2,593*	**-4,5E-05**	*-2,702*
	Taille de la firme	**-0,181**	*-8,940*	**-0,132**	*-6,615*	0,014	*0,317*	0,094	*1,529*	**-0,096**	*-2,764*	-0,034	*-1,039*	-0,030	*-1,823*	-0,016	*-0,886*
	Surface habitable par personne	**-0,034**	*-2,368*	**-0,053**	*-3,306*	-0,052	*-0,857*	-0,011	*-0,131*	-0,043	*-1,565*	**-0,098**	*-3,169*	**-0,059**	*-3,289*	**-0,056**	*-2,622*
	Taille du ménage	**-0,359**	*-3,450*	**-0,250**	*-2,164*	0,251	*0,630*	-0,251	*-0,559*	**-1,280**	*-4,748*	**-0,972**	*-3,421*	-0,157	*-0,710*	**-0,757**	*-2,967*
	Pseudo-R2 (B.I.C)	0,030 (6.193,600)				0,019 (1.023,701)				0,034 (2.083,046)				0,016 (3.031,778)			
	N	*66*				*22*				*23*				*21*			

Motif 2 (loisirs, achats, autres)

		Modèle Global				Faibles densités				Densités moyennes				Fortes densités			
		MAP		TCU		MAP		TCU		MAP		TCU		MAP		TCU	
Modèle de revenu	Constante	**-2,008**	*-4,329*	**-3,790**	*-4,173*	-0,853	*-0,670*	1,580	*0,388*	0,909	*0,874*	-1,053	*-0,680*	1,547	*2,261*	-0,184	*-0,152*
	Revenu moyen du ménage	-0,002	*-1,689*	-0,001	*-0,285*	-0,005	*-1,022*	-0,024	*-1,422*	**-0,015**	*-5,292*	**-0,031**	*-5,764*	**-0,011**	*-5,484*	**-0,016**	*-3,947*
	Age moyen	**0,031**	*2,474*	0,034	*1,386*	-0,012	*-0,398*	-0,071	*-0,718*	-0,020	*-0,733*	0,044	*1,059*	**-0,043**	*-2,036*	-0,018	*-0,463*
	Taux de diplômés du supérieur	-0,804	*-1,915*	-0,882	*-1,075*	-0,339	*-0,148*	0,549	*0,060*	**2,747**	*2,729*	**3,814**	*2,065*	**3,235**	*5,157*	**3,026**	*2,817*
	Pseudo-R2 (B.I.C)	0,003 (3.126,269)				0,010 (805,563)				0,036 (1.599,791)				0,042 (2538,319)			
	N	*66*				*22*				*23*				*21*			
Modèle de type de population	Constante	-0,721	*-0,525*	-1,308	*-0,494*	-8,432	*-1,233*	-10,931	*-0,527*	-3,940	*-0,923*	-2,457	*-0,254*	**-8,813**	*-3,588*	-7,730	*-1,878*
	Taux de chômage	-2,085	*-1,424*	0,498	*0,175*	2,428	*0,374*	**60,183**	*2,357*	**17,459**	*5,369*	**23,945**	*3,846*	**12,176**	*6,259*	**13,167**	*4,114*
	Proportion de retraités	0,373	*0,411*	-0,443	*-0,248*	-0,774	*-0,330*	1,462	*0,160*	-2,181	*-1,216*	3,493	*1,295*	-2,461	*-1,618*	-1,284	*-0,490*
	Proportion de mineurs	-2,210	*-1,728*	-3,207	*-1,269*	0,041	*0,012*	11,198	*0,998*	**-12,175**	*-4,326*	**-16,331**	*-3,337*	-0,053	*-0,028*	-1,350	*-0,420*
	Proportion d'étudiants	-0,949	*-1,054*	-3,358	*-1,718*	1,938	*0,281*	26,374	*0,781*	0,260	*0,206*	**4,145**	*2,190*	1,728	*1,206*	2,151	*0,895*
	Proportion de femmes	-0,031	*-0,012*	-0,997	*-0,191*	12,385	*0,917*	-1,085	*-0,027*	8,449	*1,033*	0,388	*0,021*	**14,043**	*3,008*	9,105	*1,172*
	Pseudo-R2 (B.I.C)	0,003 (3.126,454)				0,016 (813,239)				0,049 (1.590,073)				0,043 (2.546,987)			
	N	*66*				*22*				*23*				*21*			
Modèle de taille	Constante	0,244	*0,418*	-1,120	*-1,007*	2,260	*0,877*	-6,914	*-0,561*	**3,625**	*2,861*	**6,456**	*3,194*	**2,780**	*3,412*	2,791	*1,916*
	Population	**4,5E-05**	*5,786*	**3,5E-05**	*2,254*	-2,5E-05	*-0,927*	-8,5E-05	*-0,975*	-2,2E-05	*-1,765*	**-8,3E-05**	*-3,168*	**-5,1E-05**	*-3,665*	**-6,4E-05**	*-2,678*
	Taille de la firme	**-0,136**	*-7,815*	**-0,293**	*-6,207*	-0,028	*-0,666*	0,316	*1,485*	-0,044	*-1,428*	-0,064	*-1,175*	-0,016	*-1,071*	0,011	*0,509*
	Surface habitable par personne	**-0,050**	*-3,746*	**-0,061**	*-2,347*	-0,084	*-1,530*	0,070	*0,238*	**-0,058**	*-2,139*	**-0,110**	*-2,498*	-0,023	*-1,333*	-0,052	*-1,669*
	Taille du ménage	**-0,152**	*-2,561*	**-0,563**	*-2,940*	-0,327	*-0,868*	-0,688	*-0,855*	**-1,044**	*-4,068*	**-1,733**	*-4,249*	**-0,879**	*-4,139*	**-1,014**	*-2,815*
	Pseudo-R2 (B.I.C)	0,040 (5.067,485)				0,026 (799,258)				0,039 (1.601,485)				0,042 (2.621,384)			
	N	*66*				*22*				*23*				*21*			

Note : les chiffres en italique sont les *t* de Student ; les coefficients significatifs au seuil de 5% sont marqués en gras.

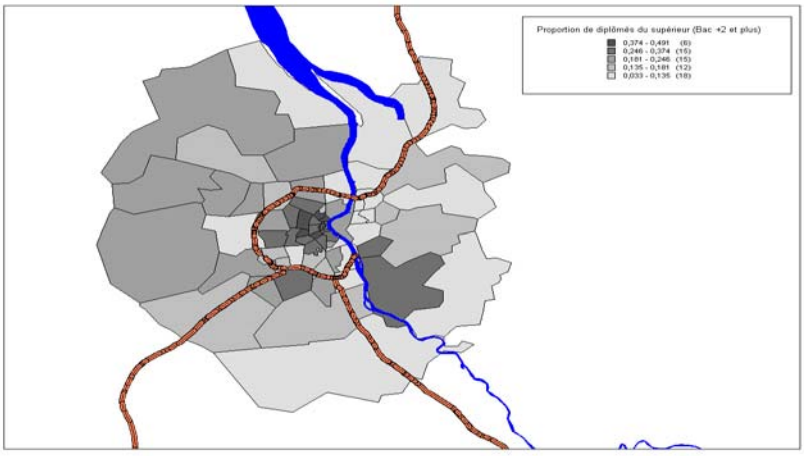
3 - La proportion de diplômés : médiatisation de la forme urbaine

La présence du taux de diplômés de l'enseignement supérieur (bac + 2 ou plus) dans le modèle de revenu visait à tester la présence d'un effet lié au niveau d'éducation. On peut en effet supposer une structure de préférences spécifique au niveau d'éducation, dont on chercherait les conséquences en termes de mobilité.

Dans le modèle global, la proportion de diplômés du supérieur a une influence négative sur le kilométrage VP par habitant pour les déplacements domicile-travail, ainsi que sur les distances moyennes de déplacement (quel que soit le motif). Cependant, cette influence n'est plus significative après la partition de la population en sous-échantillons. Le fait de contrôler le facteur densité a supprimé la corrélation constatée au niveau global : une relation qui était significative pour l'ensemble des zones ne l'est plus pour des populations homogènes du point de vue de la densité. Autrement dit, cette corrélation constatée est le fruit d'un effet-localisation des diplômés du supérieur, qui ont tendance à se concentrer dans les zones les plus denses (cf. Carte V-4). Les conséquences en termes de mobilité sont ensuite mécaniques. Nous avons ici *l'illustration parfaite d'une causalité directe entre caractéristiques socio-démographiques et forme urbaine, où une variable socio-démographique n'a un effet sur la mobilité que par un effet* via *la forme urbaine*.

La proportion de diplômés du supérieur a une influence positive sur le nombre de déplacements par personne, et négative sur la motorisation. Pour cette dernière variable, le contrôle de la densité fait disparaître la significativité du coefficient de régression. Là encore, on serait en présence d'un *effet indirect du niveau d'études sur la mobilité, qui passerait par le* medium *de la localisation dans des zones denses*. Dans ces zones en effet, comme nous l'avons vu ci-dessus, la mobilité est supérieure et la motorisation inférieure.

Carte V-4. Répartition géographique des diplômés du supérieur



La concentration de diplômés du supérieur dans les zones centrales et denses ressort de deux logiques principales :

- **Une structure de préférence particulière**, qui tend à valoriser particulièrement les aménités centrales, notamment les biens et services supérieurs (ou « anomaux » dans la terminologie des places centrales) : théâtres, grands restaurants, etc. C'est « l'effet *yuppy* ».
- **Une volonté de localisation à proximité de son lieu d'emploi**, les activités de tertiaire supérieur étant sur-représentées dans l'hypercentre (Gaschet, 2001), et employant généralement des diplômés du supérieur.

Dans l'analyse de l'interaction entre la proportion de diplômés du supérieur et les comportements de mobilité, la technique des régressions typologiques a permis d'établir qu'une influence apparemment significative dans le modèle global est en fait due à un effet localisation qui concentre cette population dans les zones les plus denses. Elle fait donc ici la preuve de son efficacité, car elle a rempli l'objectif qu'on lui a assigné : détecter les influences qui accompagnent la densité.

Cette technique permet également de mettre en évidence des relations qui ne sont pas significatives au niveau global. Ainsi la proportion de diplômés du supérieur n'a-t-elle apparemment pas d'influence sur les parts modales pour l'échantillon global ; le découpage en groupes de densité permet de faire ressortir *une influence positive sur les modes doux dans les zones de densités moyennes et fortes*, plus spécialement pour le deuxième motif (loisirs, achats et autres). A ce résultat **deux interprétations possibles** :

- Soit les diplômés du supérieur utilisent davantage les modes doux. Pour transformer cette corrélation en causalité, il faut pouvoir la justifier théoriquement, par exemple par l'existence d'une « conscience écologique » de la part des plus diplômés. Sans vérification supplémentaire, cette interprétation reste du domaine de l'hypothèse ;
- Soit les déplacements des diplômés du supérieur se font sur de plus courtes distances. Selon l'effet *yuppy*, les diplômés du supérieur se localisent dans les zones denses pour pouvoir profiter des aménités centrales, ce qui signifie qu'ils les utilisent davantage. Autrement dit, leurs déplacements (notamment leurs déplacements de loisirs) se font de zone centrale à zone centrale, ce qui peut expliquer la domination des modes doux. L'élasticité-diplômés du supérieur est supérieure pour la MAP dans les zones de fortes densités, et pour les TCU dans les zones de densités moyennes (cf. Annexe 7).

En revanche, l'hypothèse de localisation conjointe due à la spécialisation du centre-ville dans des fonctions supérieures semble plus fragile, les coefficients de la MAP et des TCU n'étant pas conjointement significatifs pour les déplacements domicile-travail.

L'analyse du modèle dit de « type de population » infirmer l'hypothèse de « l'effet grégaire » qui suppose une localisation préférentielle des populations « captives » des modes alternatifs à l'automobile dans les zones les plus denses.

4 - Le type de population : l'examen de « l'effet grégaire »

Le test du modèle de type de population permet tout d'abord d'évaluer l'influence du **taux de chômage** sur la mobilité quotidienne. Des taux de chômage élevés sont associés à un kilométrage VP par habitant plus élevé dans les zones de faibles densités (quel que soit le motif). On peut l'expliquer par l'influence positive du taux de chômage sur les distances de déplacement domicile-travail, qui est la même quelle que soit la catégorie de densité. Le fait qu'elle ne soit valable que pour les zones de faible densité provient du fait que, dans les zones de densités moyennes et fortes, le taux de chômage a une influence positive sur les parts modales des modes doux et ainsi « gomme » l'influence sur le kilométrage VP par habitant.

Il est possible d'interpréter ces résultats par un moindre accès des chômeurs à l'automobile (l'influence du taux de chômage sur la motorisation, identique pour les trois types de zones, est négative). Ils utilisent donc davantage les modes doux.

On remarque que le coefficient du taux de chômage n'est pas significatif pour expliquer la part de la MAP dans les zones de faible densité, ce qui peut être interprété en termes de contraintes sur le choix modal : la forme urbaine caractéristique de ces zones ne permet l'utilisation de la MAP que de manière marginale. Seul le coefficient des TCU y est significatif, suggérant que la MAP n'est pas une alternative pertinente pour les déplacements : les élasticités-chômage de l'utilisation des TCU décroissent d'ailleurs avec les catégories de densité croissante (cf. Annexe 7).

Les **retraités et les étudiants** constituent des populations ayant un plus faible accès à l'automobilité (Kaufmann *et alii*, 2001). L'influence négative de la proportion de retraités et d'étudiants dans la population sur la motorisation est identique quelle que soit la catégorie de densité. Malgré des différences d'équipement, cette influence ne se ressent pas particulièrement sur l'usage : les coefficients de régression dans le modèle multinomial expliquant les parts modales ne sont que très rarement significatifs.

Nous avons soulevé dans le cadre de l'examen de la causalité indirecte entre les caractéristiques socio-démographiques et la forme urbaine, la possibilité d'un « effet grégaire », une concentration des populations n'ayant pas accès à l'automobile dans les zones les plus denses, à la fois plus accessibles et mieux desservies par les TC (Dupuy, 2002). Ces populations dites « captives » sont principalement les étudiants, les chômeurs et les retraités. Cependant, nos résultats tendent plutôt à infirmer cette hypothèse, les variables n'étant pas significatives dans le modèle global.

La réalité semble plus complexe qu'un simple lien populations captives – densité. Les zones centrales sont en effet autant une localisation prestigieuse pour la *gentry* qu'un refuge

pour les populations dépendantes de l'automobile. L'examen cartographique suggère bien la présence de logiques de localisation particulières, mais il semble que ces logiques diffèrent suivant les populations considérées et ne puissent être ramenées à des contraintes en termes de mobilité (cf. Carte V-5). L'explication monocausale ne paraît pas être possible ici.

- Les logiques de localisation des *étudiants* sont très dépendantes de la localisation des sites universitaires bordelais : les étudiants sont sur-représentés dans le couloir unissant le centre-ville (Bordeaux II) au campus de Talence et Pessac (Bordeaux III et IV), en passant par la zone intermédiaire de Bordeaux I (Pellegrin) ;
- Les logiques de localisation des *retraités* ne sont apparemment pas en faveur du centre. Il semble difficile de les extraire à partir d'un simple examen cartographique ;
- En revanche, les *chômeurs* ont plutôt tendance à se localiser à proximité du centre : les zones de l'hypercentre, avec un débordement sur la commune de Bègles (en amont de la Garonne, zone 26), le quartier de Bacalan (en aval de la Garonne, zones 15 et 6) et la Bastide (rive droite), tous trois d'anciens sites industriels urbains en reconversion, sans oublier la zone 66 qui comprend les activités industrielles du Bec d'Ambès. Notons également une forte représentation dans des quartiers de logements sociaux (les Hauts-de-Garonne : zones 54, 56, 57, 58), dont la desserte en transports en commun est particulièrement bonne.

Carte V-5. Proportion d'étudiants, proportion de retraités et taux de chômage

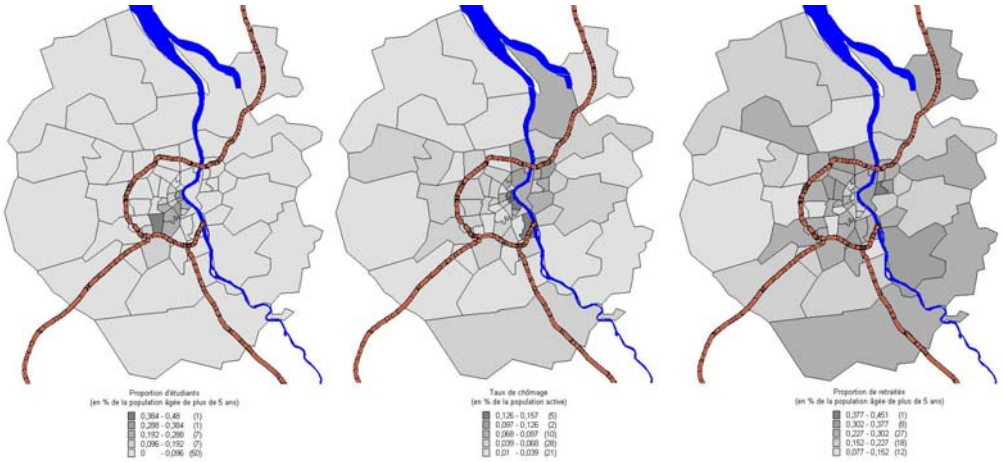


Tableau V-10. Distances moyennes de déplacement et modèles socio-démographiques

		Motif 1 (domicile-travail)				Motif 2 (loisirs, achats, autres)			
		Modèle global	Densités faibles	Densités moyennes	Densités élevées	Modèle global	Densités faibles	Densités moyennes	Densités élevées
Modèle de revenu	Constante	**18,114**	**20,732**	**16,103**	**15,385**	**9,737**	**15,695**	**11,731**	**11,015**
		5,386	*8,963*	*7,246*	*6,876*	*4,098*	*7,742*	*6,023*	*5,617*
	Revenu moyen du ménage	**0,017**	**-0,016**	**-0,016**	**-0,016**	**0,0176**	-0,008	-0,008	-0,008
		2,524	*-2,714*	*-2,714*	*-2,714*	*3,218*	*-1,400*	*-1,400*	*-1,400*
	Age moyen	**-0,161**	**-0,013**	**-0,013**	**-0,013**	-0,0928	**-0,122**	**-0,122**	**-0,122**
		-2,15	*-2,011*	*-2,011*	*-2,011*	*(-1,504)*	*-2,395*	*-2,395*	*-2,395*
	Taux de diplômés du supérieur	**-12,124**	-2,036	-2,036	-2,036	**-9,134**	-0,152	-0,152	-0,152
		-5,969	*-0,831*	*-0,831*	*-0,831*	*-4,803*	*-0,071*	*-0,071*	*-0,071*
	R2 ajusté (Critère d'Akaike)	0,234	0,683 (3,818)			0,187	0,665 (3,554)		
	N	*66*	*22*	*23*	*21*	*66*	*22*	*23*	*21*
	Restrictions		*G(6,54) = 0,4605 ; Proba = 0,8343*				*G(6,54) = 0,7633 ; Proba = 0,6020*		
Modèle de type de population	Constante	**41,582**	**24,398**	**20,354**	19,729	**45,498**	**17,888**	13,561	12,540
		6,244	*2,611*	*2,110*	*1,970*	*5,690*	*2,087*	*1,543*	*1,352*
	Taux de chômage	-9,911	**22,962**	**22,962**	**22,962**	-0,293	-9,560	7,586	13,059
		-1,722	*3,236*	*3,236*	*3,236*	*-0,049*	*-0,482*	*0,588*	*1,570*
	Proportion de retraités	-2,769	3,561	3,561	3,561	0,892	1,850	1,850	1,850
		-0,615	*0,834*	*0,834*	*0,834*	*0,214*	*0,470*	*0,470*	*0,470*
	Proportion de mineurs	3,364	4,632	4,632	4,632	4,544	-1,023	-1,023	-1,023
		0,759	*0,744*	*0,744*	*0,744*	*0,957*	*-0,180*	*-0,180*	*-0,180*
	Proportion d'étudiants	-2,905	3,378	3,378	3,378	0,118	1,478	1,478	1,478
		-0,950	*0,800*	*0,800*	*0,800*	*0,038*	*0,387*	*0,387*	*0,387*
	Proportion de femmes	**-70,624**	-29,769	-29,769	-29,769	**-75,609**	-15,810	-15,810	-15,810
		-5,619	*-1,557*	*-1,557*	*-1,557*	*-5,376*	*-0,907*	*-0,907*	*-0,907*
	R2 ajusté (Critère d'Akaike)	0,471	0,659 (3,917)			0,374	0,619 (3,714)		
	N	*66*	*22*	*23*	*21*	*66*	*22*	*23*	*21*
	Restrictions		*G(10,48) = 0,8531 ; Proba = 0,5816*				*G(10,48) = 0,8531 ; Proba = 0,5816*		
Modèle de taille	Constante	3,572	**11,141**	**11,808**	**21,569**	-0,423	**9,352**	**8,020**	**7,852**
		0,901	*4,368*	*2,479*	*5,263*	*-0,160*	*4,269*	*3,787*	*3,845*
	Population	**-9,58E-05**	6,85E-05	2,36E-05	**-1,48E-04**	**-8,35E-05**	**1,72E-04**	-3,84E-05	-6,68E-05
		-2,160	*0,698*	*0,392*	*-2,137*	*-2,364*	*2,026*	*-0,724*	*-1,076*
	Taille de la firme	**-0,155**	**-0,211**	0,076	-0,088	-0,095	-0,065	-0,065	-0,065
		-2,763	*-2,238*	*0,589*	*-1,274*	*-1,881*	*-1,371*	*-1,371*	*-1,371*
	Surface habitable par personne	-0,007	0,050	-0,119	**-0,311**	0,065	-0,028	-0,028	-0,028
		-0,084	*0,951*	*-1,015*	*-3,400*	*1,084*	*-0,729*	*-0,729*	*-0,729*
	Taille du ménage	**3,243**	-0,086	-0,086	-0,086	**2,711**	-0,068	-0,068	-0,068
		6,344	*-0,123*	*-0,123*	*-0,123*	*5,903*	*-0,111*	*-0,111*	*-0,111*
	R2 ajusté (Critère d'Akaike)	0,254	0,511 (6,276)			0,259	0,641 (3,663)		
	N	*66*	*22*	*23*	*21*	*66*	*22*	*23*	*21*
	Restrictions		*G(2,51) = 0,1068 ; Proba = 0,8989*				*G(6,51) = 0,6876 ; Proba = 0,6604*		

Note : les chiffres en italique sont les *t* de Student ; les coefficients significatifs au seuil de 5% sont marqués en gras.

Tableau V-11. Mobilité, motorisation et modèles socio-démographiques[161]

		Mobilité Individuelle				Motorisation Individuelle			
		Modèle global	Densités faibles	Densités moyennes	Densités élevées	Modèle global	Densités faibles	Densités moyennes	Densités élevées
Modèle de revenu	Constante	**4,477**				**0,359**	**0,642**	**0,546**	-0,061
		8,466				*4,098*	*3,403*	*2,743*	*-0,438*
	Revenu moyen du ménage	0,001				**3,00E-03**	**1,40E-03**	**2,80E-03**	**2,20E-03**
		0,568				*13,337*	*2,996*	*6,451*	*5,566*
	Age moyen	**-0,031**				-0,002	-0,004	-0,008	**0,010**
		-2,097				*-0,868*	*-0,911*	*-1,612*	*2,442*
	Taux de diplômés du supérieur	**1,698**				**-0,266**	-0,043	-0,043	-0,043
		3,518				*-3,053*	*-0,406*	*-0,406*	*-0,406*
	R2 ajusté (Critère d'Akaike)	0,160				0,705	0,751 (-2,555)		
	N	*66*	*22*	*23*	*21*	*66*	*22*	*23*	*21*
	Restrictions	*G(8,54) = 0,9728 ; Proba = 0,4670*				*G(2,54) = 0,7362 ; Proba = 0,4837*			
Modèle de type de population	Constante	1,819				**1,062**	**3,579**	0,953	**0,967**
		1,298				*3,998*	*4,526*	*1,347*	*2,264*
	Taux de chômage	0,460				**-2,493**	**-2,620**	**-2,620**	**-2,620**
		0,219				*-9,896*	*-10,447*	*-10,447*	*-10,447*
	Proportion de retraités	**-2,294**				**-0,637**	**-0,468**	**-0,468**	**-0,468**
		-2,124				*-3,338*	*-3,189*	*-3,189*	*-3,189*
	Proportion de mineurs	-0,691				-0,179	**-0,644**	**1,178**	-0,418
		-0,427				*-0,633*	*-1,998*	*3,442*	*-1,545*
	Proportion d'étudiants	-0,697				**-0,843**	**-0,681**	**-0,681**	**-0,681**
		-0,079				*-5,509*	*-4,716*	*-4,716*	*-4,716*
	Proportion de femmes	**5,364**				-0,059	**-4,867**	-0,489	0,106
		2,099				*-0,119*	*-3,124*	*-0,361*	*0,133*
	R2 ajusté (Critère d'Akaike)	0,111				0,715	0,814 (2,828)		
	N	*66*	*22*	*23*	*21*	*66*	*22*	*23*	*21*
	Restrictions	*G(12,48) = 1,0094 ; Proba = 0,4553*				*G(6,48) = 1,0786 ; Proba = 0,3885*			
Modèle de taille	Constante	**2,263**				**-0,581**	**0,326**	**-0,430**	**-0,614**
		2,878				*-4,512*	*2,848*	*-1,992*	*-3,426*
	Population	2,65E-07				**6,16E-06**	**7,70E-06**	**7,70E-06**	**7,70E-06**
		0,027				*4,045*	*4,004*	*4,004*	*4,004*
	Taille de la firme	0,017				**0,212**	**-0,012**	0,001	0,003
		1,650				*11,426*	*-2,799*	*0,255*	*1,005*
	Surface habitable par personne	**0,049**				**0,017**	-0,003	**0,015**	**0,189**
		2,973				*5,983*	*-1,413*	*2,793*	*4,602*
	Taille du ménage	-0,174				**0,212**	**0,176**	**0,176**	**0,176**
		-1,703				*11,426*	*5,755*	*5,755*	*5,755*
	R2 ajusté (Critère d'Akaike)	0,133				0,697	0,685 (-2,312)		
	N	*66*	*22*	*23*	*21*	*66*	*22*	*23*	*21*
	Restrictions	*G(10,51) =1,0646 ; Proba = 0,4524*				*G(4,51) = 0,9518 ; Proba = 0,4420*			

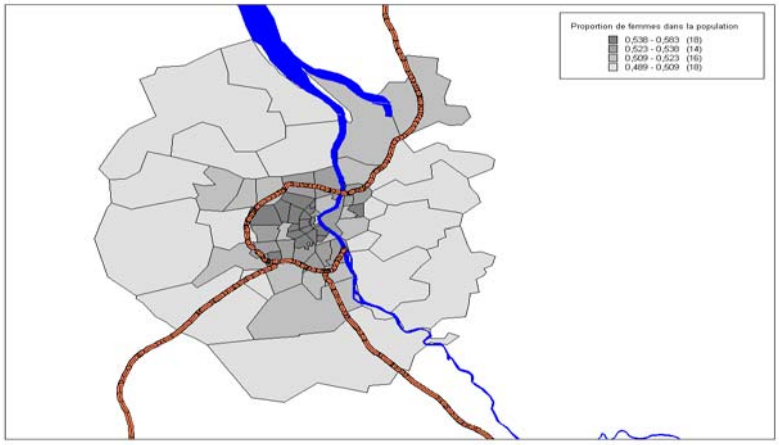
Note : les chiffres en italique sont les *t* de Student ; les coefficients significatifs au seuil de 5% sont marqués en gras.

[161] Cf. note de bas de page n° 157.

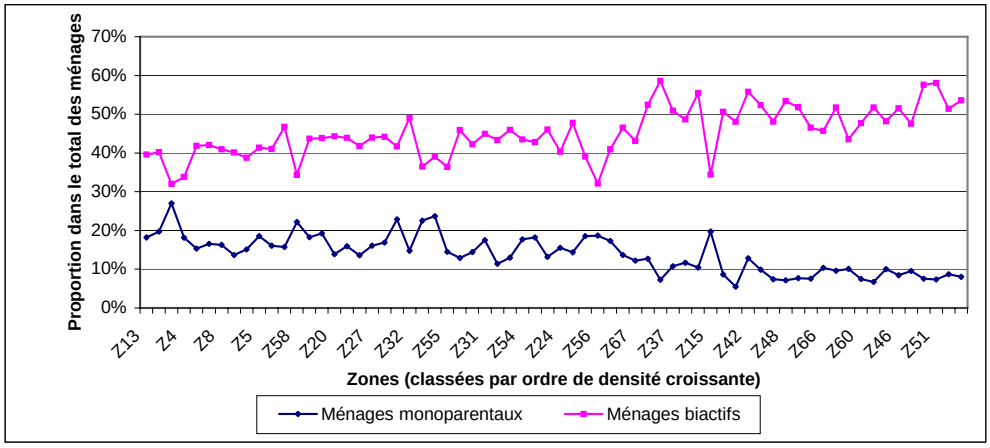
Enfin le modèle de type de population montre une influence négative de la **proportion de femmes** dans la population sur le kilométrage VP par habitant (quel que soit le motif). Ceci constitue un paradoxe, dans la mesure où la proportion de femmes est associée à une plus grande mobilité. On peut cependant l'expliquer par des distances de déplacement plus faibles. Plusieurs interprétations sont possibles :

- Une mobilité supérieure pourrait être due à un *plus grand nombre d'objectifs*, tels que les achats du ménage ou l'accompagnement scolaire. Les femmes attacheraient alors une plus grande importance à la localisation du domicile et chercheraient à se rapprocher de leurs destinations usuelles ; ou alors effectueraient ces déplacements sur des distances plus courtes ;
- Une sorte d'*aversion pour l'automobile*, spécialement sur longues distances. Ainsi la proportion de femmes a une influence négative sur la motorisation dans les zones de faible densité, et une influence positive sur la part de la MAP dans les zones de densités moyennes (motif 1) et fortes (motif 2).
- *Une interaction avec la forme urbaine* : le chef de famille des ménages monoparentaux sont le plus souvent des femmes. Ces ménages ont souvent un revenu plus faible que les autres (Djider & Ravel, 2004), et ont donc un moindre accès à l'automobile. Parallèlement, le chef de famille doit assumer seul les activités domestiques et non-domestiques. Par conséquent, les ménages monoparentaux ont tendance à se localiser dans les zones les plus accessibles et les mieux desservies, c'est-à-dire centrales et denses, de manière à raccourcir les distances parcourues et à avoir un choix modal plus large. Cette interprétation est confirmée à la fois par la cartographie de la proportion de femmes dans la population (cf. Carte V-6), clairement plus élevée dans le centre, et par la proportion de ménages monoparentaux en fonction de la densité (cf. Graphique V-7).

Carte V-6. Proportion de femmes dans la population



Graphique V-7. Pourcentage de ménages monoparentaux et biactifs suivant la densité résidentielle



Source : EMD Bordeaux, 1998 (I.N.S.E.E, DR Aquitaine), traitement de l'auteur

La non-significativité de la **proportion de mineurs** sur la motorisation est un résultat étonnant, cette catégorie de population n'ayant par disposition réglementaire *aucun* accès à l'automobilisation. L'examen du modèle dit « de taille » permet d'expliquer cet apparent paradoxe : l'influence positive de la taille du ménage sur la motorisation est en effet très fortement significative, comme en témoigne le niveau des *t* de Student. Nous avons donc ici deux effets en sens contraire : d'un côté la taille du ménage incite à s'équiper, accroissant ainsi la motorisation de la zone ; de l'autre, le nombre de mineurs diminue mécaniquement la motorisation individuelle. On remarque d'ailleurs que l'influence de la proportion de mineurs est négative sur la motorisation dans les zones de faibles densités, et positive dans les zones de densités moyennes.

Ce résultat attire l'attention sur la prise en compte des effets de taille. Nous montrerons que celle-ci est effectuée de manière satisfaisante par la technique des régressions typologiques, notamment en ce qui concerne l'influence de la taille du ménage.

5 - La prise en compte des effets de taille : l'effet-localisation

La variable de **surface habitable par personne** mesure la consommation individuelle d'espace habitable. L'idée originelle était de prendre en compte les arbitrages effectués par les ménages, puisque la recherche d'espace est un facteur d'étalement et se répercute sur les comportements de mobilité (cf. chapitre I). Le surcroît d'espace habitable, toutes choses égales par ailleurs et notamment le prix, n'est possible qu'en périphérie et se traduit par des distances de déplacement plus longues. Dans la théorie standard, la consommation d'espace augmente parallèlement à la consommation de mobilité – ce n'est qu'une variante de la condition de Muth, avec une rente par unité de surface.

Nos résultats montrent une influence positive de l'espace habitable par personne sur l'équipement (la motorisation) et l'usage de l'automobile (les parts modales), ce qui tendrait à confirmer le raisonnement ci-dessus. On notera que cette influence disparaît pour les zones de faibles densités, ce qui montre qu'elle est due à un *effet-localisation* : pour des raisons de disponibilité foncière, la recherche d'une surface habitable supérieure nécessite une localisation dans des zones faiblement denses.

En revanche, l'influence de l'espace habitable par personne sur l'équipement et l'usage de l'automobile est conservé pour les zones de moyennes et fortes densités. Une explication plausible de ce résultat est donnée par l'interférence du revenu, qui est une condition pour un surcroît de consommation d'espace habitable. Or un revenu supérieur se traduit également par une motorisation supérieure, et un usage accru de l'automobile.

L'influence de la **taille du ménage** a été utilisée comme exemple de causalité directe entre caractéristiques socio-démographiques et de forme urbaine. Nous avions suggéré que la taille du ménage détermine une localisation dans une forme urbaine particulière, qui par la suite influence les comportements de mobilité.

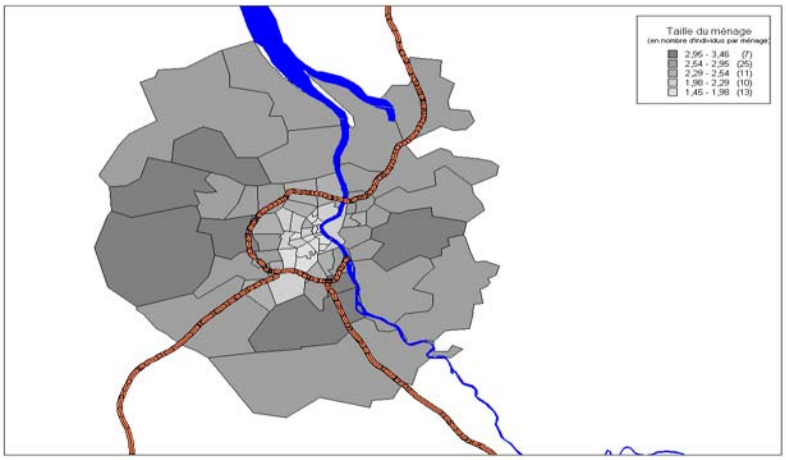
Les résultats présentés ici sont très parlants et permettent une fois encore de *souligner l'importance de l'effet-localisation*. Dans le modèle global, la taille du ménage est liée positivement au kilométrage VP par habitant, aux distances de déplacement et à l'usage de l'automobile. Les *t* de Student sont parfois très élevés et montrent que la significativité des coefficients est forte. Cependant, la taille du ménage est liée à la densité : pour des raisons de disponibilité foncière ou de recherche d'aménités, l'agrandissement de la taille du ménage correspond plutôt à une localisation périphérique, dans un milieu peu dense (cf. Carte V-7).

Dès lors, l'influence de la taille du ménage sur la mobilité ne serait qu'une conséquence indirecte de la relation entre taille du ménage et densité. Nos résultats permettent d'appuyer cette interprétation, puisque les relations entre taille du ménage et kilométrage VP par habitant et taille du ménage et distances moyennes de déplacement disparaissent dès que l'on contrôle la densité : les coefficients ne sont plus significatifs. Ceci tend à prouver que *la taille du ménage n'a pas un effet direct sur ces variables, mais seulement un effet indirect via la densité*.

Même après avoir contrôlé la densité, la taille du ménage conserve une influence significative sur la motorisation, influence identique pour chaque classe de densité. Si la corrélation entre taille du ménage et densité permet de supposer un effet sur la motorisation, ici l'interprétation traditionnelle semble prévaloir : l'agrandissement du ménage est facteur d'un accroissement des besoins de mobilité du ménage, et des besoins de mobilité individuels si les enfants ne sont pas autonomes. L'automobile est la réponse adaptée à ce surcroît de mobilité, car ses attributs de souplesse et de vitesse en font le mode idéal pour les pérégrinations. On peut ainsi expliquer que, même après le contrôle de la densité, la taille du ménage conserve une influence positive sur la part modale de l'automobile dans les zones de densités moyennes et fortes. Dans les zones de faible densité l'impact de la taille du ménage

sur la part de l'automobile n'est pas significatif : l'utilisation de l'automobile est tellement systématique que les différences dans la taille du ménage n'expliquent pas les différences dans le choix de l'automobile.

Carte V-7. La taille du ménage



Conclusion

Il est possible de résumer les résultats de l'étude empirique des déterminants de la mobilité dans l'agglomération bordelaise par les quelques points suivants :

- *L'influence de la densité sur les comportements de mobilité est confirmée* ; elle est conforme aux arguments développés au sujet de la Ville Compacte, présentés dans le chapitre II, c'est-à-dire de plus faibles distances de déplacement et un partage modal en défaveur de la voiture. Le modèle de type de logement renforce la plupart des résultats obtenus avec la densité résidentielle, en lui donnant une traduction en termes de forme urbaine visible.
- La répartition intra-zonale des densités a un effet comparable à celui de la densité sur les comportements de mobilité ; ce résultat tend à confirmer l'influence de la densité à une échelle plus fine, mais aussi *les avantages du modèle polycentrique en réseau*, à condition toutefois de procurer aux individus, notamment dans les zones de faible densité, une alternative performante en termes de transports en commun.
- L'influence de la diversité des usages du sol sur les comportements de mobilité semblent également avérés. *La diversification sectorielle des espaces est un facteur de réduction de la consommation énergétique pour les transports*. L'analyse fine du

type de spécialisation sectorielle et de sa relation avec la mobilité, menée pour approfondir cet aspect, est principalement à rattacher aux logiques de localisation spécifiques des différents secteurs économiques.

- Certaines corrélations, significatives dans le modèle global, perdent leur significativité uniquement pour les zones de faibles densités ; c'est le cas notamment de l'influence de l'écart-type des densités sur l'usage des modes doux, et de celle du revenu sur l'usage de l'automobile. Ces résultats peuvent se justifier par l'existence d'une *dépendance à l'automobile* dans ces zones : l'usage de l'automobile y est tellement une nécessité qu'il devient indépendant d'effets pourtant avérés empiriquement dans les autres zones.
- Le revenu illustre parfaitement « l'interaction triangulaire ». En plus de l'influence conventionnelle de l'influence du revenu (hypothèse du « *people buy more mobility as income rises* »), notre analyse a également permis de déceler un impact du revenu sur la localisation (hypothèse du « *people buy more space as income rises* ») qui se traduit par des comportements de mobilité spécifiques. Enfin, certains éléments autorisent à penser que *la localisation conjointe est facilitée par les hauts revenus*. L'influence du revenu sur les comportements de mobilité semble donc extrêmement complexe.
- L'analyse de l'âge moyen peut s'expliquer à partir de deux hypothèses : un *effet-localisation* (l'avancée en âge correspond à un désir d'accessibilité accrue), et un *effet-urbanisation* (l'accessibilité des ménages vieillissants, à faible mobilité résidentielle, s'est accrue relativement aux ménages plus jeunes s'installant en périphérie).
- L'influence du taux de diplômés du supérieur sur la mobilité passe par *le médium de la localisation* dans les zones centrales et denses, soit en raison d'un « effet yuppy », soit en raison d'une volonté de se rapprocher des fonctions supérieures davantage présentes dans l'hypercentre.
- *« L'effet grégaire »*, qui suppose une localisation des individus n'ayant pas accès à l'automobile dans les zones les plus denses, n'est corroboré que pour la catégorie des chômeurs ; il n'est pas valable pour les étudiants, dont la localisation est dépendante de celle des sites universitaires, ni pour les retraités, dont les logiques de localisation sont difficilement perceptibles.
- Trois hypothèses sont avancées pour expliquer l'influence négative de la proportion de femmes sur la consommation énergétique individuelle. La plus sérieuse est fondée sur une localisation centrale dans le but d'améliorer son accessibilité, comme le montre la sur-représentation des ménages monoparentaux dans les zones les plus denses.
- Enfin, l'influence des variables de taille (surface habitable par personne et taille du ménage) sur les comportements de mobilité passe de toute évidence par un effet localisation : une consommation accrue d'espace, ou l'agrandissement du ménage sont des facteurs de localisation périphérique.

Conclusion de la deuxième partie

L'analyse de l'interaction entre densité et mobilité, effectuée dans la Première Partie, a permis de conclure à la validité des avantages comparatifs de la Ville Compacte sur la ville étalée. Cependant, l'analyse de la forme prise par cette interaction a conduit à sa remise en cause. Dans la Deuxième Partie, nous avons tenté d'approfondir ce raisonnement en examinant l'influence de la forme urbaine sur la mobilité quotidienne.

L'émergence de centres périphériques d'emploi a modifié la répartition des densités dans l'espace urbain, et constitue donc un élément de remise en cause du lien densité-mobilité. L'évolution vers une structure polycentrique, en bouleversant la localisation relative des origines et des destinations, amène à s'interroger sur l'influence de la spécialisation des espaces sur les comportements de mobilité. Il s'agit donc de considérer la forme urbaine notamment sous l'angle de la diversité des usages du sol.

Le niveau intra-urbain semble le plus pertinent, dans la mesure où l'on vise une caractérisation fine de la forme urbaine. L'élargissement de la problématique (de l'influence des densités à celle des formes urbaines) s'accompagne donc d'un rétrécissement de l'échelle d'analyse.

L'analyse de l'interaction entre forme urbaine et mobilité ne peut se faire de manière isolée : il est nécessaire d'y intégrer l'influences des caractéristiques socio-démographiques afin de ne pas biaiser les résultats. Ce faisant, on est confronté à un jeu d'interdépendances complexes entre les pratiques de mobilité, et les caractéristiques individuelles et de forme urbaine. Le mot de Lucien Febvre mis en exergue de cette partie prend alors tout son sens : pour *comprendre*, il faut *compliquer*.

L'interaction triangulaire formalise les interdépendances entre l'individu, son environnement et ses comportements. Dans ce cadre, il est difficile d'établir des causalités claires et univoques, car toute relation de cause à effet est en puissance dépendante d'un effet tiers qui biaise les résultats. Nous sommes bien confrontés à un fonctionnement systémique, dans le sens où « tout interagit sur tout » (M. Wiel, 2001, p. 23). L'analyse de l'interaction forme urbaine-mobilité nécessite alors de préciser la part due à la forme urbaine dans la détermination des comportements de déplacement.

Les techniques économétriques habituelles sont inadaptées au traitement d'un tel problème. Il est alors nécessaire de concevoir une méthode qui permette le « contrôle statistique » de l'effet tiers afin d'en extraire une relation binaire, que l'on pourra éventuellement ramener à un lien causal.

La méthode des « régressions typologiques » a été développée de manière à traiter ce problème. Elle constitue une technique adaptée à l'analyse des déterminants de la mobilité quotidienne. Une étude empirique, réalisée à partir de l'exploitation de diverses sources de données sur l'agglomération bordelaise, permet de dégager des résultats intéressants. Grâce au

contrôle de la densité, on a été en mesure, pour plusieurs variables dont l'influence sur la mobilité est habituellement reconnue, de détecter si cette influence est due ou pas à l'interférence de la localisation dans une forme urbaine plus ou moins dense. Ce fut le cas notamment pour la taille du ménage, la proportion de diplômés du supérieur, la proportion de femmes dans la population, et surtout le revenu, dont les effets sont particulièrement complexes. Grâce au contrôle de la spécialisation fonctionnelle des espaces, on a pu évaluer l'effet de la spécialisation sectorielle sur la mobilité, effet que l'on peut supposer être dû en dernier ressort à des logiques de localisation spécifiques.

L'adoption de techniques quantitatives adaptées au problème de l'interaction entre forme urbaine et mobilité nous semblait nécessaire. La méthode des régressions typologiques, développée comme une réponse pertinente aux problèmes de méthode rencontrés dans les études sur le lien forme urbaine-mobilité, est sans doute un premier pas vers une connaissance plus précise des facteurs de la mobilité quotidienne en milieu urbain, et permet d'avancer vers la réalisation du souhait de Susan Handy : « trier l'importance relative des caractéristiques socio-économiques et des caractéristiques de l'environnement bâti pour expliquer les comportements de déplacement » (Handy, 2002a, p. 15).

CONCLUSION GENERALE

L'application du cadre du développement urbain durable à la problématique de la mobilité quotidienne a produit le principe de « mobilité durable », qui fixe comme objectif à la planification urbaine de réduire les nuisances des déplacements sans affecter les besoins de mobilité (LAURE du 30/12/1996). Cela suppose notamment de réduire la part de l'automobile dans les déplacements quotidiens, ce qui représente une évolution notable dans les principes directeurs des politiques de transport urbain.

L'objectif de mobilité durable peut être atteint en contrôlant la forme prise par l'urbanisation : les politiques d'action conjointe sur la forme urbaine et la mobilité sont prônées, comme à Bordeaux où le P.D.U. propose « [d'] agir sur l'évolution de la morphologie urbaine [pour] limiter le trafic automobile et sa croissance prévisible » (C.U.B., 2001, p. 31).

Sous l'impulsion du développement urbain durable, l'étalement urbain est stigmatisé. Forme contemporaine dominante de la croissance urbaine, défini comme une urbanisation périphérique discontinue à faible densité, il est considéré comme étant à la fois cause et conséquence de l'automobilisation. La maîtrise de l'étalement suppose l'adoption de politiques de densification, fondées sur le modèle de Ville Compacte.

Antonyme de l'étalement, caractérisée par de fortes densités et une urbanisation continue, la Ville Compacte se présente comme une forme « économe » de la croissance urbaine. De nombreuses études empiriques ont en effet montré, à la suite des travaux pionniers de J. Newman et P. Kenworthy (1989a, 1989b), que de fortes densités permettent une réduction de la consommation individuelle d'énergie pour les transports, à travers une diminution des distances parcourues et un partage modal en faveur des modes « doux ». Cet ensemble de résultats convergents est fondé sur une double justification théorique, à travers des mécanismes reliant la densité et l'accessibilité d'une part, et la densité et la compétitivité-temps des modes de transport d'autre part.

Les études empiriques traitant du lien densité-mobilité dans le cas français sont rares. A notre connaissance, la seule est celle de V. Fouchier (1997a, 1997b) dans le cas de la Région Parisienne. Il nous a donc semblé pertinent de mener notre propre analyse empirique de l'interaction entre densité et mobilité dans le cas de six aires urbaines françaises (hors Paris).

Nos résultats confirment le sens attendu de cette relation : la densité est inversement corrélée aux distances parcourues et à l'utilisation de l'automobile, et positivement associée à l'usage des modes doux. Pour notre échantillon, les avantages de la compacité peuvent donc être corroborés, justifiant sur une base empirique la mise en place de politiques de compacification.

La mise en évidence de trois « moments » dans la relation entre densité et utilisation de l'automobile attire l'attention sur les communes de densité intermédiaire. Bien que celles-ci échappent à la dichotomie fortes densités/faibles densités, la part de l'automobile s'y établit à un niveau sensiblement différent.

De plus, un examen précis des modalités prises par l'interaction densité-mobilité fait apparaître deux phénomènes troublants. D'abord, les parts modales semblent indépendantes de la densité pour une très grande majorité (jusqu'à 80%) des communes observées. Nous proposons d'interpréter ce phénomène en termes de dépendance automobile : à partir d'un certain seuil de densité, la nécessité de l'usage de l'automobile pour les déplacements est telle qu'elle transcende, si l'on peut dire, la relation densité-mobilité.

Ensuite, le constat d'une inversion du sens habituellement postulé pour la relation densité-mobilité pour les communes les plus éloignées, suggère l'existence de comportements de localisation atypiques tels que la sectorisation, qui suppose que les ménages choisissent leur résidence dans le même secteur géographique que leur lieu d'emploi. L'hypothèse de sectorisation est de nature à remettre en cause l'interaction entre l'étalement et les pratiques de mobilité. En effet l'étalement accroît mécaniquement les distances de déplacement, mais par un effet en retour, les ménages sont d'autant plus incités à se relocaliser à proximité de leur lieu d'emploi que la ville est étalée.

L'effet de la taille urbaine sur ce type de comportements est sensible, puisque la constance des distances parcourues s'établit à une distance d'autant plus faible que l'aire urbaine est de grande taille. On peut interpréter ce résultat à partir du mouvement de décentralisation des emplois, dont nous avons montré qu'il peut être dû à des effets de congestion sur le sol et les infrastructures centrales, eux-mêmes produits par l'augmentation de la taille urbaine. On sera alors conduit à prendre en compte non plus seulement les logiques résidentielles dans l'appréciation de l'interaction entre la forme urbaine et la mobilité, mais aussi les logiques de décentralisation des emplois et l'émergence d'une structure polycentrique.

Cet ensemble de résultats suggère la nécessité d'une analyse plus approfondie du lien entre la forme urbaine et la mobilité que par la seule prise en compte de la densité.

L'émergence d'une structure polycentrique caractérise les mutations récentes de la forme urbaine. Ce processus peut s'expliquer à partir de l'hypothèse de substituabilité, qui suppose que les centres périphériques, en recréant les externalités d'agglomération spécifiques au centre historique, sont en concurrence avec lui. Cependant, cette interprétation ne permet pas d'expliquer les processus de spécialisation sectorielle des centres émergents. L'hypothèse de complémentarité permet de mettre en relation l'existence d'externalités d'agglomérations spécifiques aux lieux et les processus de diversification/spécialisation des centres périphériques par rapport au centre historique, et des centres périphériques entre eux.

L'effet de la polycentralité sur la mobilité quotidienne est ambiguë. Si d'un côté la multiplication des pôles d'emploi favorise les déplacements périphériques, effectués *a priori*

sur une plus longue distance, de l'autre elle produit un fractionnement de l'aire urbaine en marchés locaux de l'emploi et du logement, créant ainsi un espace « multi-monocentrique » (Gaschet, 2000). Celui-ci facilite la localisation conjointe des actifs à proximité des emplois, et donc raccourcit les distances de déplacement.

Il devient donc nécessaire de caractériser plus précisément la forme urbaine, en prenant en compte non seulement *l'intensité*, mais aussi la *nature* des usages des sols. Cet objectif suggère d'effectuer une analyse au niveau intra-urbain, afin de tenir compte de la recomposition de la structure urbaine. Les analyses empiriques de l'influence entre la forme urbaine et la mobilité concluent, aux variantes près, à une influence significative de la diversité des usages du sols sur les pratiques de déplacement, influence comparable à celle de la densité.

Ainsi le modèle de « Ville Cohérente » est appelé à succéder au modèle de Ville Compacte en tant que point de ralliement des politiques d'aménagement urbain. On le caractérise par une « diversité dense » permettant de rapprocher les actifs de leur lieu d'emploi.

Cet ensemble de considérations nous a amené à explorer plus finement l'interaction entre forme urbaine et mobilité quotidienne, en prenant en compte toutes les dimensions de la forme urbaine à partir d'une analyse à l'échelle intra-urbaine.

Nous alléguons que l'appréciation de l'influence de la forme urbaine sur les pratiques de mobilité quotidienne ne peut se faire de manière isolée. Il semble indispensable, sous peine de biaiser les résultats, de prendre également en compte les caractéristiques socio-démographiques des individus, dont l'influence sur la mobilité est avérée. Il s'agit alors de *préciser la contribution relative de la forme urbaine dans la détermination des pratiques de mobilité*.

En intégrant les caractéristiques individuelles dans l'analyse, on est confronté à un ensemble d'interdépendances complexes entre l'individu, son environnement et son comportement, que nous modélisons sous l'appellation « d'interaction triangulaire ».

En présence de telles interactions, il est difficile d'extraire des liens de causalité clairs et univoques. En effet, une corrélation constatée entre la forme urbaine et la mobilité ne signifie pas forcément une relation de cause à effet, en raison de l'interférence possible des variables socio-démographiques.

Plusieurs auteurs ont relevé cette limite, en soulignant la nécessité d'effectuer le « contrôle statistique » d'un type de facteur de la mobilité afin d'isoler l'effet de l'autre type de facteur. Cependant à notre connaissance aucune méthode statistique adaptée à cet enjeu n'a encore été proposée. Nous avons donc été conduits à développer la technique des « régressions typologiques », qui vise à classer les observations dans des ensembles homogènes du point de vue d'un critère déterminé, afin de ramener l'interaction triangulaire à une relation binaire, que l'on peut interpréter en termes de lien de cause à effet.

Notre objectif est de comprendre, *au-delà de l'opposition fortes densités/faibles densités*, l'influence de la forme urbaine sur la mobilité. Etant donné la puissance explicative de la densité sur les comportements de mobilité, le problème est de déterminer en quoi la mobilité est due à la densité elle-même ou aux facteurs d'occupation du sol qui covarient avec la densité, comme la distance au centre ou l'offre en transports en commun. Ce qui importe est *ce qui accompagne la densité*, et c'est pourquoi nous avons fait le choix de faire porter le contrôle statistique sur la densité résidentielle, en classant les observations en trois catégories, faibles densités, densités moyennes et densités élevées.

Nous appliquons cette méthode à l'agglomération bordelaise, à partir des données de l'Enquête Ménages-Déplacements (E.M.D) de 1998, complétée par nos soins selon diverses sources. Nous mettons en perspective nos résultats à partir de leurs implications possibles en termes de planification urbaine.

En ce qui concerne l'influence des variables d'occupation du sol, les disparités intra-zonales de densité résidentielle ont un effet comparable à celui de la densité elle-même. Ce résultat corrobore *les avantages du modèle polycentrique en réseau.* A l'opposé de celui de « ville diffuse » (Secchi, 2002), le modèle polycentrique en réseau est capable de structurer les déplacements, et permet d'agir plus efficacement sur eux, par exemple en adossant le réseau de transports en commun à ces concentrations de population, comme décrit par la modèle de *Transit Oriented Development*. Nos résultats relatifs aux parts modales suggèrent d'ailleurs que le modèle polycentrique en réseau n'est efficace qu'à condition d'offrir une alternative performante en termes de transports en commun

Les résultats concernant l'influence de la diversité sectorielle procurent une vision mitigée, celle-ci influençant les distances individuelles mais non les distances de déplacement. Ainsi, si la diversité sectorielle semble avoir le résultat attendu, elle amène à s'interroger sur la nature de son influence. Nous relions les différences de mobilité aux logiques de concentration des firmes dans les centres périphériques d'emploi. Au moyen d'un modèle de *type* de spécialisation, nous relions les comportements de mobilité aux logiques de localisation propres au secteur d'activités. Il semble que, en termes politiques, une action d'incitation ou de coercition sur la localisation des firmes soit susceptible d'influer sur la mobilité. Une telle action serait bien évidemment soumise à de nombreuses conditions, afin de garantir l'attractivité et la compétitivité de la ville.

Certains de nos résultats peuvent être interprétés en termes de dépendance automobile dans les zones périphériques de faible densité : lorsque l'influence d'une variable, significative dans le modèle global, ne l'est plus dans les zones de faible densité. C'est le cas de l'interaction entre revenu et part modale de l'automobile, par exemple.

Le revenu constitue une bonne illustration de l'interaction triangulaire. Il est lié à la fois à l'équipement et à l'utilisation de l'automobile, et à une localisation particulière. Ici, la technique des régressions typologiques montre ses limites, en ce qu'elle ne permet pas de séparer ces deux effets.

A contrario, elle procure des effets tout à fait concluants pour l'âge, la proportion de diplômés du supérieur la proportion de femmes dans la population et la taille du ménage, variables pour lesquelles les comportements de mobilité sont significativement différents. Nous montrons au moyen des régressions typologiques que cette différence doit être rattachée à un *effet-localisation*, c'est-à-dire qu'elle est due à des comportements de localisation spécifiques de la part de ces populations concernées. Ici, une action sur l'*offre foncière* est susceptible d'influencer les comportements de mobilité. Par exemple, une alternative à la localisation périphérique pourrait être fournie aux ménages avec enfants, en favorisant la construction de logements de grande taille dans les parties les plus denses, ce qui, on l'a vu, suppose une intervention planificatrice, la faible taille des logements au centre étant due à l'impulsion donnée par les forces du marché.

Un prolongement possible de ce travail serait l'application de la technique des régressions typologiques à une agglomération de très grande taille telle que, par exemple, la région parisienne. En effet, l'agglomération bordelaise est assez fortement marquée par son héritage monocentrique, et les raisonnements que l'on mène sont dépendants de la logique centre-périphérie. La Région Parisienne présente une grande diversité d'usages du sol et la présence de centres périphériques importants aux spécialisation variées, qui rendent pertinent dans son cas le questionnement sur l'interaction entre forme urbaine et mobilité et l'application de la méthode des régressions typologiques.

Enfin, la mise en place du tramway à Bordeaux et la mise à trois voies d'un tronçon de la rocade sont postérieures à l'E.M.D utilisée ici. Une réactualisation de ce travail pourrait donc se révéler instructive, en considérant l'influence de ces modifications sur les pratiques de mobilité comme sur les comportements de localisation.

BIBLIOGRAPHIE

A'URBA, 2001, *Atlas de la Métropole Bordelaise*, Bordeaux, a'urba et Mollat.

ABDEL-RAHMAN H. M., FUJITA M., 1993, Specialization and diversification in a system of cities, *Journal of Urban Economics*, 33, pp. 189-222.

AGUILERA A., 2004, La proximité à l'emploi dans la ville polycentrique, *IV° Journées de la Proximité « Proximité, réseaux et coordination »*, Marseille, 17-18 juin 2004.

AGUILERA A., BLOY D., BUISSON M.-A., CUSSET J.-M., MIGNOT D., 1999, *Localisation des activités et mobilité. Une synthèse*, Recherche effectuée pour la DRAST, ronéotypé, 16 p.

AGUILERA A., GASCHET F., 2004, Les externalités : forme et croissance des villes, *in* LACOUR C. (éd.), *Les nouvelles frontières de l'économie urbaine*, Paris, Editions de l'Aube.

AGUILERA A., MIGNOT D., 2003, Etalement urbain et mobilité, *Revue d'Economie Régionale et Urbaine*, 2003-5, pp. 815-834.

ALONSO W., 1964, *Location and land use - Towards a general theory of land rent*, Cambridge, Harvard University Press.

ALPEROVICH G., 1995, The effectiveness of spline urban density functions: an empirical investigation, *Urban Studies*, 32 (9), pp. 1537-1548.

ALPEROVICH G., KATZ E., 1988, The location decision and employment suburbanization, *Urban Studies* (1988), 25, pp. 243-247.

AMEMIYA T., 1985, *Advanced Econometrics*, Cambridge, Harvard University Press.

ANAS A., ARNOTT R., SMALL K. A., 1998, Urban spatial structure, *Journal of Economic Litterature*, vol. XXXVI (sept. 1998), pp. 1426-1464.

ANAS A., KIM I., 1996, General models of polycentric urban land use with endogenous congestion and job agglomeration, *Journal of Urban Economics*, 40, pp. 232-256

ANDERSON J., 1982, Cubic spline urban density functions, *Journal of Urban Economics*, 12, pp. 155-167.

ANTONI J.-P., 2002, Modélisation de l'étalement urbain : une approche méthodologique, *Cybergéo*, n°207 (mars).

ARCHER R.W., 1973, Land speculation and scattered development : failures in the urban-fringe market, *Urban Studies*, 10, pp. 367-372.

ASCHER F., 1998, *La République contre la ville. Essai sur l'avenir de la France urbaine*, Paris, Editions de l'Aube.

ASCHER F., 1999, Une nouvelle révolution urbaine ?, *in* LACOUR C., PUISSANT S. (éd.), *La métropolisation – Croissance, diversité, fractures*, Paris, Anthropos.

ASCHER F., 2002, La troisième révolution urbaine moderne, compte-rendu de la leçon présentée au SEDER XII (24, 25, et 26 juin 2002), *Revue d'Economie Régionale et Urbaine*, 2002-4, pp. 646-647.

AUDRETSCH D. B., FELDMAN M. P., 1998, R&D spillovers and the geography of innovation and production, *American Economic Review*, 86 (3), pp. 630-640.

BAILLY A. S., BAUMONT C., HURIOT J.-M., SALLEZ A., 1995, *Représenter la ville*, Paris, Economica.

BAILLY A. S., FERRAS R., PUMAIN D., CURIEN H., 1992, *Encyclopédie de géographie*, Paris, Economica.

BARCELO M., 1993, L'étalement urbain : qu'en est-il ? Le définir avant même de tenter de le gérer, *in* BUSSIERE Y., BONNAFOUS A., *Transport et étalement urbain : les enjeux*, Actes du colloque éponyme tenu à Montréal les 7 et 8 octobre 1992.

BARCELO M., 2002, La difficile définition de l'étalement urbain, *page personnelle, visitée le 11/02/2002*.

BASS WARNER Jr., S., 1972, *The Urban Wilderness. A history of the american city*, New York, Harper and Row.

BAUER G., ROUX J. M., 1976, *La rurbanisation ou la ville éparpillée*, Paris, Seuil.

BAUMONT C., ERTUR C., LE GALLO J., 2004, Spatial analysis of employment and population density : the case of the agglomeration of Dijon 1999, *Geographical Analysis*, 36 (2), avril 2004.

BAUMONT C., COMBES P.-P., DERYCKE P.-H., JAYET H. (éd.), 2000, *Economie Géographique. Les théories à l'épreuve des faits*, Paris, Economica.

BEAUCHARD J., 1999, *La bataille du territoire*, Paris, L'Harmattan.

BECKMANN M. J., 1976, Spatial equilibrium in a dispersed city, *in* PAPAGEORGIOU Y. Y., *Mathematical land-use theory*, Lexington, Lexington Books.

BERROIR S., 1996, L'espace des densités dans la ville : théories et modélisations, *L'espace Géographique*, 4-1996, pp. 353-368.

BERROIR S., CATTAN N., SAINT-JULIEN T., 1995, Densité, concentration et polarisation, *Les Annales de la Recherche Urbaine*, 67 (juin), pp. 43-54.

BERROIR S., MATHIAN H., SAINT-JULIEN T., 2002, Déplacements domicile-travail : vers le polycentrisme, *INSEE Ile-de-France Regards*, 54, avril, pp. 5-8.

BESSY-PIETRI P., 2000, Les formes récentes de la croissance urbaine, *Economie et Statistiques*, n° 336, pp. 35-52.

BIDOU C., 1994, Des politiques urbaines à contre-temps, *La Revue de l'OFCE*, n°49, avril.

BLACK D., HENDERSON V., 1999, A theory of urban growth, *Journal of Political Economy*, 107 (2), pp. 252-284.

BLAUG M., 1992, *La méthodologie économique*, Paris, Economica (2° éd.).

BLAUG M., 1999, *La Pensée Economique*, Paris, Economica (5° éd.).

BLOMQUIST G., BERGER M., HOEHN J., 1988, New estimates of the quality of life in urban areas, *American Economic Review*, 78, pp. 89-107.

BOARNETT, M. G., 1994, The monocentric model and employment location, *Journal of Urban Economics*, 36 (1994), pp. 79-97.

BOARNETT M.G., CRANE R., 2001, The influence of land use on travel behavior : specification and estimation strategies, *Transportation Research Part A*, 35 (2001), pp. 823-845.

BOARNETT M. G., SARMIENTO S., 1998, Can land-use policy really affect travel behaviour ? A study of the link between non-work travel and land-use, *Urban Studies*, 35 (7), pp. 1155-1169.

BOITEUX-ORAIN C., HURIOT J.-M., 2002, Modéliser la suburbanisation. Succès et limites de la microéconomie urbaine, *Revue d'Economie Régionale et Urbaine*, 2002-1, pp. 73-104.

BONNAFOUS A. , 1993, Prospective de la mobilité urbaine, *in* BUSSIERE Y., BONNAFOUS A., *Transport et étalement urbain : les enjeux*, Actes du colloque éponyme tenu à Montréal les 7 et 8 octobre 1992.

BONNAFOUS A., MASSON S., 1999, Evaluation des politiques de transport et équité spatiale, *Document de travail du LET* n° 99/02

BORDREUIL S., 1995, De la densité habitante aux densités mouvantes : l'hyperurbanité, *Les Annales de la Recherche Urbaine*, n°67 (juin), pp. 5-14.

BOURDEAU-LEPAGE L., HURIOT J.-M., 2002, Local interactions and the global city. Metropolization in Warsaw, *Document de travail du LATEC*, 2002-3.

BOURNE L. S., 1992, Self-fulfilling prophecies ? Decentralization, inner city decline, and the quality of urban life, *Journal of the American Planning Association*, 58 (4), pp. 509-513.

BOYER R., SAVAGEAU D., 1985, *Places rated almanac*, New York, Rand McNally.

BRADFORD D., KELEJIAN H., 1973, An econometric model of the flight to the suburbs, *Journal of Political Economy*, 81 (3), pp. 566-589, mai-juin.

BRADWAY LASKA S., SPAIN D., 1980, *Back to the city. Issues in neighboorhood renovation*, New York, Pergamon Press.

BREHENY M. J. (éd.), 1993, *Sustainable development and urban form*, Londres, Pion.

BREHENY M. J., 1995, The compact city and transport energy consumption, *Transaction of the Institute of British Geographers*, NS 20, pp. 81-101.

BREHENY M. J., 1996, Centrists, decentrists and compromisers, *in* JENKS M., BURTON E., WILLIAMS K., (éd.), *The Compact City : a sustainable urban form ?*, Oxford, E & FN Spon.

BREHENY M. J., 1997, Urban compaction : feasible and acceptable ?, *Cities*, 14 (4), pp. 209-217.

BRUECKNER, J. K., 1983, Central city income redistribution and the flight to the suburbs : a stylized model, *Regional Science and Urban Economics*, 13, pp. 177-193.

BRUECKNER J. K., THISSE J.-F., ZENOU Y., 1999, Why is central Paris rich and downtown Detroit poor ? An amenity-based theory, *European Economic Review*, 43 (1999), pp. 91-107.

BUISSON M.-A., 1999, De la métropole européenne à la métropole en réseau, *in* LACOUR C., PUISSANT S. (éd.), *La métropolisation. Croissance, diversité, fractures*, Paris, Anthropos., pp. 115-151

BURNELL J. D., GALSTER G., 1992, Quality-of-life measurements and urban size : an empirical note, *Urban Studies*, 29 (5), pp. 727-735.

BURTON E., 2000, The compact city: just or just compact?, *Urban Studies*, 37 (11), pp. 1969-2001.

BUSSIERE Y., BONNAFOUS A., 1993, *Transport et étalement urbain : les enjeux*, Actes du colloque éponyme tenu à Montréal les 7 et 8 octobre 1992.

CAMAGNI R., 1996, *Principes et modèles de l'économie urbaine*, Paris, Economica.

CAMAGNI R., 1999, La ville comme Milieu : de l'application de l'approche GREMI à l'évolution urbaine, *Revue d'Economie Régionale et Urbaine*, 1999-3, pp. 591-606.

CAMAGNI R., 2001, The economic role and spatial contradictions of global city regions : the functional, cognitive, and evolutionary context, *in* SCOTT A. J. (éd.), *Global city regions. Trends, Theory, Policy*, Oxford, Oxford University Press, pp. 96-118.

CAMAGNI R., CAPELLO R., NIJKAMP P., 1998, Towards sustainable city policy: an economy-environment technology nexus, *Ecological Economics*, 24 (1), 103-108.

CAMAGNI R., GIBELLI M. C. (éd.),1997, *Développement urbain durable : quatre métropoles européennes*, Paris, DATAR, Editions de l'Aube.

CAMAGNI R., GIBELLI M. C., RIGAMONTI P., 2002, Forme urbaine et mobilité : les coûts collectifs des différents types d'extensions urbaine dans l'agglomération milanaise, *Revue d'Economie Régionale et Urbaine*, 2002-1, pp. 105-139.

CAMERON I., KENWORTHY J. R., LYONS T. J., 2003, Understanding and predicting private motorised urban mobility, *Transportation Research Part D*, 8 (2003), pp. 267-283.

CAPELLO R., 1998, Economies d'échelle et taille urbaine: théorie et études empiriques revisitées, *Revue d'Economie Régionale et Urbaine* 1998-1, pp. 43-62.

CAPELLO R., CAMAGNI R., 2000, Beyond optimal city size: an evaluation of alternative urban growth patterns, *Urban Studies*, 37 (9), pp. 1479-1496.

CAPPELLIN R., 1988, Transaction costs and urban agglomeration, *Revue d'Economie Régionale et Urbaine*, 1988-2, pp. 261-278.

CARLINO, G. A., MILLS E. S., 1987, The determinants of county growth, *Journal of Regional Science*, 27 (1), pp. 39-54.

CARLISLE J., 1999, The campaign against urban sprawl : declaring war on the American Dream, *National Policy Analysis*, 239, avril.

CASTELLS M., 1989, *The Informational City. Information technology, economic restructuring and the urban-regional process*, Londres, Blackwell.

CAVAILHES J., 2004, L'extension des villes et la périurbanisation, *in* INSTITUT DES VILLES (éd.), *Villes et économie*, Paris, La Documentation Française, pp. 157-184.

CAVAILHES J., PEETERS D., SEKERIS E., THISSE J.-F., 2002, La ville périurbaine, *Working Paper du CESAER*, 2002/2.

C.C.E. (Commission des Communautés Européennes), 1990, *Livre vert sur l'environnement urbain*, Luxembourg, CEE.

C.D.U. (Centre de Documentation sur l'Urbanisme), 1998, *Villes et développement durable*, Paris, Direction générale de l'urbanisme, de l'habitat et de la construction, Ministère de l'Equipement, des Transports et du Logement.

CERVERO R., 1989a, Jobs-housing balance and regional mobility, *Journal of the American Planning Association*, 52 (2), pp. 136-150.

CERVERO R., 1989b, *America's suburban centers. The land-use transportation link*, Boston, Unwin Hyman.

CERVERO R., 1998, The planned city : coping with decentralization. An american perspective, *International Conference, Cities on the treshold of the 21st century*, Utrecht University, Avril.

CERVERO R., 2002, Built environment and mode choice: toward a normative framework, *Transportation research part D*, 7, pp. 265-284.

CERVERO R., KOCKELMAN K., 1997, Travel demand and the 3Ds: density, diversity and design, *Transportation Research vol. D*, 2(3), pp. 199-219.

CERVERO R., WU K.-L., 1998, Sub-centring and commuting : evidence from the San Francisco Bay Area, 1980-1990, *Urban Studies*, 35 (7), pp. 1059-1076.

C.G.P, D.A.T.A.R, 1993, *Mutations économiques et urbanisation. Cinq ans de recherches et d'expérimentation*, Paris, La Documentation Française.

C.G.P, 2001, *Transports : choix des investissements et coût des nuisances*, Paris, La Documentation Française (dit « Rapport Boiteux ») .

CHATMAN D. G., 2003, The influence of workplace land use and commute mode choice on mileage traveled for personal commercial purposes, *82nd Transportation Research Board 2003 Annual Meeting,* 12-16 janvier 2003, Washington D.C.

CHOAY F., 1994, Le règne de l'urbain et la mort de la ville, *in* CHOAY F., *La ville. Art et architecture en Europe, 1870-1993*, Paris, Editions du Centre Pompidou

C.I.A.M, 1933, *La Charte d'Athènes*, Paris, Editions de Minuit.

CLAVAL P., 1981, *La Logique des villes*, Paris, LITEC.

CLARK C., 1951, Urban population densities, *Journal of the Royal Statistical Society*, 114, pp. 490-494.

CLARK W. A. V., KUIJPERS-LINDE M., 1994, Commuting in restructuring urban regions, *Urban Studies*, 31 (3), pp. 465-484.

CLAWSON M., 1962, Urban sprawl and speculation in suburban land, *Land Economics*, 38 (2), pp. 99-111.

CLEMENT L., 1995, La conjecture de Mogridge: test sur l'agglomération de Lyon, *Cahiers Scientifiques du Transport*, 30/1995, pp. 51-64.

CLEMENT P., GUTH S., 1995, De la densité qui tue à la densité qui paye, *Les Annales de la Recherche Urbaine*, 67 (juin), pp. 73-83.

C.N.T (Centre National des Transports), 2001, *Nouveaux rythmes urbains et organisation des transports*, Rapport du CNT, 23/05/2001, 104 pp.

C.N.U. (Congress for the New Urbanism), 2001, *Charter of the New Urbanism*, http://www.cnu.org, page visitée le 12/11/2003.

COURNARIE L., DUPOND P., 1998, Introduction à la Théorie de la Justice de Rawls, *Dioti,CRDP Midi-Pyrénées*, 3

CRANE R., 1997, Sprawl, I hardly know ya, *Journal of the American Planning Association*, 63 (3), pp. 278-279.

CRANE R., 1999, The impacts of urban form on travel. A critical review, *Working Paper, Lincoln Institute of Land Policy*.

C.U.B (Communauté Urbaine de Bordeaux), 2001, *Plan des déplacements urbains 2000-2005*, 165 pp.

DACHARY-BERNARD J., 2004, *Approche multi-attributs pour une évaluation économique du territoire*, Thèse d'Etat ès Sciences Economiques réalisée sous la direction du Pr. Patrick Point, Université Montesquieu Bordeaux IV.

DANIELSEN K. A., LANG R. E., FULTON W., 1999, Retracting Suburbia : smart growth and the future of housing, *Housing Policy Debate*, 10 (3), pp. 513-540.

DAVEZIES L., 2000, La ville des économistes, *in* PAQUOT T., LUSSAULT M., BODY-GENDROT S., *La ville et l'urbain. L'état des savoirs*, Paris, La Découverte & Syros.

DAWKINS C. J., NELSON A. C., 2002, Urban containment policies and housing prices : an international comparison with implications for future research, *Land Use Policy*, 19, pp. 1-12.

DEACON R., SHAPIRO P., 1975, Private preference for collective goods revealed through voting on referenda, *American Economic Review*, 65 (5), décember.

DELISLE J.-P., LAINE F., 1998, Les transferts d'établissements concourent au desserrement urbain, *Economie et Statistiques*, 311 (1), pp. 91-106.

DE ROO P., 1993, La métropolité, *in* SALLEZ A. (éd.), *Les villes lieux d'Europe,* Paris, Editions de l'Aube, pp. 9-15.

DERYCKE P.-H., 1996, Equilibre spatial urbain, *in* DERYCKE P.-H., HURIOT J.-M., PUMAIN D. (éd.), *Penser la ville : théories et modèles*, Paris, Anthropos, pp. 53-90.

DERYCKE P.-H., 1997, *Le péage urbain - histoire, analyse, politiques*, Paris, Economica.

DERYCKE P.-H., 1999a, Comprendre les dynamiques urbaines, *in* LACOUR C., PUISSANT S. (éd.), *La métropolisation. Croissance, diversité, fractures*, Paris, Anthropos, pp. 1-19.

DERYCKE P.-H., 1999b, L'évolution des densités urbaines. Histoire et modélisation, *XXXV° Colloque de l'ASRDLF,* Hyères, 1 - 3 septembre 1999.

DERYCKE P.-H. (éd.), 2000, *Structure des villes, entreprises et marchés urbains*, Paris, L'Harmattan.

DERYCKE P.-H., HURIOT J.-M., PUMAIN D. (éd.), 1996, *Penser la ville : théories et modèles*, Paris, Anthropos.

DESSUS B., 2001, Energie et développement durable : quelles marges de manœuvre pour l'action ?, *Annales des Mines : Responsabilité et Environnement*, janvier.

DEZERT B., METTON A., STEINBERG J., 1991, *La périurbanisation en France*, Paris, CDU & SEDES.

DIELEMAN F. M., DIJST M., BURGHOUWT G., 2002, Urban form and travel behaviour : micro-level household attributes and residential context, *Urban Studies*, 39 (3), pp. 507-527.

DJIDER Z., RAVEL C., 2004, *Femmes et hommes. Regards sur la parité*, Paris, INSEE.

DONNADIEU G., 2002, De quelques illustrations de la trialectique, *V° Congrès de Systématique,* Octobre 2002, Crète.

DOWNS A., 1998, The costs of sprawl and alternatives forms of growth, *CTS Transportation Research Conference,* Minneapolis, 19 mai 1998.

DUBOIS-TAINE G., CHALAS Y., 1997, *La Ville Emergente*, Paris, Editions de l'Aube.

DUPUY G., 1995a, *Les territoires de l'automobile*, Paris, Economica.

DUPUY G., 1995b, *L'auto et la ville*, Paris, Flammarion, coll. Dominos, 71.

DUPUY G., 1999, *La dépendance automobile. Symptômes, analyses, diagnostic, traitements*, Paris, Economica.

DUPUY G., 2002, « Cities and automobile dependance » revisité : les contrariétés de la densité, *Revue d'Economie Régionale et Urbaine*, 2002-1, 141-156.

DUPUY G., BOST F., 2000, *L'automobile et son monde*, Paris, Editions de l'Aube.

DURANTON G., 1997, La Nouvelle Economie Géographique : agglomération et dispersion, *Economie et Prévision*, 131.

ELIADE M., 1965, *Le sacré et le profane*, Paris, Gallimard, Folio Essais.

EMANGARD P.-H., 1994, Espace urbain et efficacité des réseaux de province, *Transports urbains*, n° 83, 5-16.

EMANGARD P.-H., 1998, Du caractère non durable de certaines décisions d'urbanisme, *in* GARRIN-FERRAZ G. (éd.), *Villes et développement durable. Objectif XXI° siècle*, District de Poitiers, CNFPT, pp. 41-49.

EWING R., 1997, Is Los Angeles-Style sprawl desirable ?, *Journal of the American Planning Association*, 63 (1), pp. 107-126.

EWING R., CERVERO R., 2001, Travel and the built environment. A synthesis, *Transportation Research Record*, 1780, pp. 87-113.

FIJALKOW Y., 1995, Les usages de la notion de densité résidentielle, *Les Annales de la Recherche Urbaine*, 67 (juin), pp. 85-94.

FOUCHIER V., 1995, La densification : une comparaison internationale entre politiques contrastées, *Les Annales de la Recherche Urbaine*, n°67 (juin), pp. 33-44.

FOUCHIER V., 1997a, *Des fortes densités urbaines. Les villes nouvelles dans l'espace métropolitain*, Thèse d'Etat en Urbanisme réalisée sous la direction du Pr. Pierre Merlin, Université de Paris VIII.

FOUCHIER V., 1997b, *Les densités urbaines et le développement durable. Le cas de l'Ile-de-France et des villes nouvelles*, Paris, Editions du SGVN.

FOUCHIER V., 1998, Quel transport, pour quelle ville ?, *Urbanisme*, 289, juillet/août.

FOUCHIER V., MERLIN P. (éd.), 1994, *Les fortes densités urbaines : une solution pour nos villes ?*, Honk Kong, ADST.

FRANCOIS N., FRANKHAUSER P., PUMAIN D., 1995, Villes, densité et fractalité, *Les Annales de la Recherche Urbaine*, 67 (juin), pp. 55-64.

FRANK L. D., PIVO G., 1994, Impacts of mixed use and density on utilization of three modes of travel : single-occupant vehicle, transit and walking, *Transportation Research Record*, 1466, pp. 44-52.

FRANK L. D., STONE B., BACHMAN W., 2000, Linking land use with household vehicle emissions in the central Puget Sound : methodological framework and findings. *Transportation Research Part D*, 5(3), pp. 173-196.

FRANKHAUSER P., 1994, *La fractalité des structures urbaines*, Paris, Anthropos.

FRENKEL A., 2004, Spatial distribution of high-rise buildings within urban areas, *44th Congress of the European Regional Science Association,* Porto, 25-29august 2004.

FROUD J., HASLAM C., JOHAL S., JULLIEN B., WILLIAMS K., 2000, Les dépenses de motorisation comme facteur d'accentuation des inégalités et comme frein au développement des entreprises automobiles, *in* DUPUY G., BOST F., *L'automobile et son monde*, Paris, Editions de l'Aube, pp. 75-96.

FULFORD C., The compact city and the market : the case of residential development, in JENKS M., BURTON E., WILLIAMS K., (éd.), *The Compact City : a sustainable urban form ?*, Oxford, E & FN Spon, pp. 122 – 133.

FUJITA M., 1989, *Urban Economic theory. Land use and city size,* Cambridge, Cambridge University Press.

FUJITA M., OGAWA H., 1982, Multiple equilibria and structural transition in non-monocentric urban configurations, *Regional Science and Urban Economics*, 12, pp. 161-196.

FUJITA M., THISSE J.-F., 2000, Economie géographique. Problèmes anciens et nouvelles perspectives, *Annales d'Economie et de Statistique*, 45-46, pp. 37-87.

FUSCO GIRARD L., FORTE B., CERRETA M., DE TORO P., FORTE F., 2003, *The human sustainable city. Challenges and perspectives from the Habitat agenda*, Hants, Ashgate

GALBRAITH J. K., 1961, *L'ère de l'opulence*, Paris, Calmann-Lévy.

GALLEZ C., HIVERT L, 1998, *BEED: mode d'emploi. Synthèse méthodologique pour les études "budget énergie-environnement des déplacements"*, Rapport Convention ADEME-INRETS n°690-9306-RB.

GARREAU J., 1991, *Edge cities. Life on the new frontier*, New York, Doubleday.

GARRIN-FERRAZ G. (éd.), 1998, *Villes et développement durable. Objectif XXI° siècle*, District de Poitiers, CNFPT.

GASCHET F., 2000, La structure d'un espace urbain polycentrique : les pôles d'activité de la métropole bordelaise, *in* DERYCKE P.-H. (éd.), *Structure des villes, entreprises et marchés urbains*, Paris, L'Harmattan.

GASCHET F., 2001, *La polycentralité urbaine*, Thèse d'Etat ès Sciences Economiques réalisée sous la direction du Pr. Claude Lacour, Université Montesquieu Bordeaux IV.

GASCHET F., 2003, Emergence de pôles secondaires et rôle des macro-agents urbains au sein de l'agglomération bordelaise, *Revue d'Economie Régionale et Urbaine*, 2003-5, pp. 707-732.

GASCHET F., GAUSSIER N., 2003, Ségrégation urbaine et marchés du travail au sein de l'aire urbaine bordelaise : quelle portée pour l'hypothèse de mauvais appariement spatial, *XXXIX° Colloque de l'ASRDLF,* Lyon, 1-3 septembre 2003.

GASCHET F., LACOUR C., 2002, Métropolisation, centre et centralité, *Revue d'Economie Régionale et Urbaine,* 2002-1, pp. 49-72.

GAUSSIER N., PUISSANT S., 2000, *Effet métropolitain et structures du marché du travail en Gironde*, Rapport pour le Conseil Régional d'Aquitaine.

GERONDEAU C., 1969, *Les transports urbains*, Que sais-je ?, 1344, Paris, PUF.

GHORRA-GOBAIN C., 1997, *Los Angeles, le mythe américain inachevé*, Paris, CNRS.

GIBBS D. ,1999, Sustainable cities in Europe, *European Urban and Regional Studies*, 6 (3), pp. 265-268

GILBERT G., 1996, Le fédéralisme financier. Perspectives de microéconomie spatiale, *Revue Economique*, 47 (2), pp. 311-363.

GIULIANO G., 1998, Information technology, work patterns and intra-métropolitan location : a case study, *Urban Studies*, 35 (7), pp. 1077-1096.

GIULIANO G., SMALL K. A., 1993, Is the journey to work explained by urban structure ?, *Urban Studies*, 30 (9), pp. 1485-1501.

GLAESER E. L., 1998, Are cities dying ?, *Journal of Economic Perspectives*, 12 (2), pp. 139-160.

GOFFMAN E., 1973, *La mise en scène de la vie quotidienne. Tome 2, Les relations en public*, Paris, Editions de Minuit (1° éd. 1959).

GOMEZ-IBANEZ J. A., 1991, A global view of automobile dependence, *Journal of the American Planning Association*, 57 (3), pp. 376-379.

GORDON P., RICHARDSON H. W., 1989, Gasoline consumption and cities. A reply, *Journal of the American Planning Association*, 55 (3), pp. 342-345.

GORDON P., RICHARDSON H. W., 1996, Beyond polycentricity. The dispersed metropolis, Los Angeles 1970-1990, *Journal of the American Planning Association*, 62, pp. 289-295.

GORDON P., RICHARDSON H. W., 1997a, Are compact cities a desirable planning goal ?, *Journal of the American Planning Association*, 63 (1), pp. 95-106.

GORDON P., RICHARDSON H. W., 1997b, Where's the sprawl ?, *Journal of the American Planning Association*, 63 (3), pp. 275-278.

GORDON P., RICHARDSON H. W., 2001, Transportation and land use, *in* HOLCOMBE R., STALEY S., *Smarter growth : market-based strategies for land-use planning in the 21st century*, Westport, Greenwood Press.

GORDON P., RICHARDSON H. W., GIULIANO G., 1989, *Travel trends in non-CBD activity centers*, Final Report, U.S. Department of Transportation, 95 pp.

GORDON P., RICHARDSON H. W., JUN M.-J., 1991, The commuting paradox. Evidence from thre Top Twenty, *Journal of the American Planning Association*, 57 (4), pp. 416-420.

GREENE W. H., 2000, *Econometric Analysis*, Upper Saddle River, Prentice Hall, 1040 pp. (4° éd.)

GUENGANT A., 1992, *Les coûts de la croissance périurbaine*, Paris, ADEF.

GUENGANT A., 1998, Evaluation économétrique des charges des communes, *Revue d'Economie Régionale et Urbaine,* 1998-4, pp. 523-546.

GUENGANT A., JOSSELIN J.-M., ROCABOY Y., Densités et finances locales. Difficultés de la modélisation, *Les Annales de la Recherche Urbaine*, 67 (juin), pp. 65-71.

GUEROIS M., 2003*, Les formes des villes européennes vues du ciel. Une contribution de l'image CORINE Land Cover à la comparaison morphologique des grandes villes d'Europe Occidentale*, Thèse d'Etat en Géographie réalisée sous la direction de la Pre. Denise Pumain, Université Panthéon-Sorbonne Paris I.

GUEROIS M., PAULUS F., 2002, Commune centre, agglomération, aire urbaine : quelle pertinence pour l'étude des villes ?, *Cybergéo*, 212 (avril).

GUIDEZ J.-M., 2001, Vingt-cinq ans de mobilité : bilan et inflexions, *Colloque « Mobilités et formes urbaines »,* Avignon, 6-7 décembre 2001.

GUILLAIN R., HURIOT J.-M., 2000, Les externalités d'information, mythe ou réalité ?, *in* BAUMONT C., COMBES P.-P., DERYCKE P.-H., JAYET H. (éd.), *Economie Géographique. Les théories à l'épreuve des faits*, Paris, Economica.

HAGERSTRAND T., 1967, *Innovation diffusion as a spatial process*, Chicago, University of Chicago Press.

HALL P., 2001, Global city-regions in twenty-first century, *in* SCOTT A. J. (éd.), *Global city regions. Trends, Theory, Policy*, Oxford, Oxford University Press, pp. 59-76.

HALL P., 2003, The sustainable city in an age of globalization, *in* FUSCO GIRARD L., FORTE B., CERRETA M., DE TORO P., FORTE F., *The human sustainable city. Challenges and perspectives from the Habitat agenda*, Hants, Ashgate, pp. 55-69.

HAMILTON B. W., 1982, Wasteful commuting, *Journal of Political Economy*, 90 (5), pp. 1035-1053.

HAMILTON B. W., 1989, Wasteful commuting again, *Journal of Political Economy*, 97, pp. 1498-1504.

HANDY S., 1996, Methodologies for exploring the link between urban form and travel behavior, *Transportation Research Part D*, 1 (2), pp. 151-165.

HANDY S., 2001, New Urbanism and Travel Behaviour, *Comments prepared for the C.N..U IX,* 9 juin 2001, New York City.

HANDY S., 2002a, Smart Growth and the transportation-land use connection: what does the research tell us?, "*New Urbanism and Smart Growth* : *a research symposium",* University of Maryland, 7 juin 2002.

HANDY S., 2002b, Accessibility- vs. mobility-enhancing strategies for addressing automobile dependence in the U. S., *Prepared for the European Conference of Ministers of Transport*, mai 2002.

HART R., 2002, Growth, environment, and culture. Encompassing competing ideologies in one 'new growth' model, *Ecological Economics*, 40 (2), pp. 253-267.

HAUGHTON G., 1997, Developping sustainable urban development models, *Cities*, 14 (4), pp. 189-195.

HAUMONT N., 1975, *Les pavillonnaires*, Paris, CDU (2° éd.).

HAUSMAN J., McFADEN D., 1984, A specification test for the multinomial logit model, *Econometrica*, 52, pp. 1219-1240.

HENDERSON V., MITRA A., 1996, The new urban landscape : developpers and Edge Cities, *Regional Science and Urban Economics*, 26, pp. 613-643.

HENRY N., 1992, The New Industrial Spaces : locational logic of a new production era ?, *International Journal of Urban and Regional Research*, 16 (3), pp. 375-396.

HERAN F., 2003, Forme du réseau viaire et détours, *XXXIX° colloque de l'ASRDLF*, Lyon, 1-3 septembre 2003.

HILLMAN M., 1996, In favour of the Compact City, *in* JENKS M., BURTON E., WILLIAMS K., (éd.), *The Compact City : a sustainable urban form ?*, Oxford, E & FN Spon, pp. 36-44.

HIVERT L. 1998, Budgets Energie Environnement des Déplacements (B.E.E.D.) dans l'agglomération bordelaise, *Rapport Convention ADEME-INRETS n°690-9611*, 95 pp.

HOLCOMBE R., STALEY S., 2001, *Smarter growth : market-based strategies for land-use planning in the 21st century*, Westport, Greenwood Press.

HOLTZCLAW J. W., 2000, Smart growth as seen from the air. Convenient neighbourhood, skip the car, *Air & Waste Management Association's 93rd Annual Meeting & Exhibition,* 23 juin 2000, Salt Lake City.

HURIOT J.-M., 1994, *Von Thünen : économie et espace*, Paris, Economica.

HURIOT J.-M., 1998, *La ville ou la proximité organisée*, Paris, Economica.

HURIOT J.-M. & THISSE J.-F. (éd.), 1999, *Economics of cities*, Cambridge, Cambridge University Press.

ILLICH I., 1974, *Energy and equity*, New York, Harper and Row.

IMAI H., 1982, CBD hypothesis and economies of agglomeration, *Journal of Economic Theory*, 28, pp. 275-299.

INSEE, 1987, *Enquête prix de revient des logements neufs*, MELT/INSEE.

INSEE DR AQUITAINE, 1998, *Rapport technique sur la réalisation de l'enquête sur les déplacements dans l'agglomération de Bordeaux*, Document électronique, 64 pp.

INSEL P., LINDGREN H.-C., 1978, *Too close for comfort. The psychology of crowding*, Englewood Cliffs, Prentice Hall.

INSTITUT DES VILLES (éd.), 2004, *Villes et économie*, Paris, La Documentation Française.

JENKS M., BURTON E., WILLIAMS K., (éd.), 1996, *The Compact City : a sustainable urban form ?*, Oxford, E & FN Spon.

JOLY I., 2003, L'hypothèse de Zahavi revisitée. Quelle pertinence ?, *XXXIX° Colloque de l'ASRDLF*, Lyon, 1-3 septembre 2003.

JULIEN P., 2000a, Mesurer un univers urbain en expansion, *Economie et Statistiques*, 336, pp. 3-33.

JULIEN P., 2002, Onze fonctions pour qualifier les grandes villes, *INSEE Première*, 840, mars.

JULLIEN, B., 2002, Consumer vs. manufacturer or consumer vs. consumer? The implication of a usage analysis of automobile systems, *Competition and Change*, 6 (1), 113-125.

KANEMOTO Y., 1980, Externality, migration and urban crises, *Journal of Urban Economics*, 8, pp. 150-164.

KAUFMANN V., 1999, Mobilité et vie quotidienne : synthèse et questions de recherche, *2001 Plus*, 48 (juin).

KAUFMANN V., 2003, Pratiques modales des déplacements de personnes en milieu urbain : des rationalités d'usage à la cohérence de l'action publique, *Revue d'Economie Régionale et Urbaine*, 2003-1, pp. 39-58.

KAUFMANN V., JEMELIN C., GUIDEZ J.-M., 2001, *Automobile et modes de vie urbains : quel degré de liberté ?*, Paris, La Documentation Française.

KENWORTHY J. R., LAUBE F. B., 1999, Patterns of automobile dependence in cities. An international overview of key physical and economic dimensions with some implications for urban policy, *Transportation Research Part A*, 33 (1999), pp. 691-723.

KNIGHT C., 1996, Economic and social issues, *in* JENKS M., BURTON E., WILLIAMS K., (éd.), *The Compact City : a sustainable urban form ?*, Oxford, E & FN Spon, pp. 114-121.

KOCKELMAN K. M., 1996, *Travel beahviour as a function of accessibility, land use mixing and land use balance. Evidence from the San Francisco Bay Area*, Thesis submitted for the degree of Master of City Planning, University of California, Berkeley.

KOENIG G., 1975, Théorie économique de l'accessibilité urbaine, *Revue Economique*, pp. 275-297.

KOLM S. C., 1968, *La théorie économique générale de l'encombrement*, Paris, Futuribles.

KORSU E., MASSOT M.-H., 2004, Mise en cohérence des bassins d'habitat et des bassins d'emploi en Ile-de-France : les enjeux pour la régulation de l'usage de la voiture, *XL° Colloque de l'ASRDLF,* Bruxelles, 1, 2 et 3 septembre 2004.

KRIZEK K. J., 2003, Residential relocation and changes in urbain travel. Does Neighborhood-scale urban form matter ?, *Journal of the American Planning Association*, 69 (3), pp. 265-281.

KRUGMAN P., 1991, *Geography and trade*, Cambridge, The M.I.T Press.

LACOUR C., 1993, Métropolisation ou la ville oubliée, *in* C.G.P., D.A.T.A.R., *Mutations économiques et urbanisation. Cinq ans de recherches et d'expérimentation*, Paris, La Documentation Française, pp. 63-103.

LACOUR C., 1996, Formes et formalisations urbaines, *in* DERYCKE P.-H., HURIOT J.-M., PUMAIN D. (éd.), *Penser la ville : théories et modèles*, Paris, Anthropos.

LACOUR C., 1999, Méthodologie de recherche et théorisation des villes, *in* LACOUR C., PUISSANT S. (éd.), *La métropolisation. Croissance, diversité, fractures*, Paris, Anthropos.

LACOUR C., 2003, Gouvernance urbaine et cohésion sociale : « l'uni-diversité », *Cahiers de Géographie du Québec*, 47 (131).

LACOUR C. (éd.), 2004, *Les nouvelles frontières de l'économie urbaine*, Paris, Editions de l'Aube.

LACOUR C., PUISSANT S. (éd.), 1999, *La métropolisation. Croissance, diversité, fractures*, Paris, Anthropos.

LACOUR C., PUISSANT S., 2004, Rural Urbanity and Rural Metropolises as Emerging Patterns of Urban Growth, *Cahiers du GRES*, 2004-3.

LADD H. F., 1992, Population Growth, Density and the costs of providing public services, *Urban Studies*, 29 (2), pp. 273-295.

LAJUGIE J., DELFAUD P., LACOUR C., 1985, *Espace régional et aménagement du territoire*, Paris, Précis Dalloz (2° éd.).

LALIBERTE P., 2002, Un développement urbain pour réduire concrètement la dépendance à l'automobile, *VertigO*, 3 (2), octobre, www.vertigo.uqam.ca.

LE BRAS H., 1995, La densité a-t-elle une influence sur les comportements sociaux ?, *Les Annales de la Recherche Urbaine*, 67 (juin), pp. 15-22.

LE GALLO J., 2002, Econométrie spatiale : l'autocorrélation spatiale dans les modèles de régression linéaire, *Economie et Prévision*, 155 (4), pp. 139-158.

LE GOIX R., 2003, La dimension territoriale de la séparation territoriale dans les "gated communities" en Californie du Sud, *XXXIX° Colloque de l'ASRDLF,* Lyon, 1-3 septembre 2003.

LEGRAND P., 2002, La recherche adaptée au développement durable, *Préface au dossier de l'environnement de l'INRA "L'INRA face au développement durable. Repères pour le sommet de Johannesburg"*, 22.

LE JEANNIC T., 1997, Trente ans de périurbanisation : extension et dilution des villes, *Economie et Statistiques*, 307, pp. 21-41.

LEROY S. F., SONSTELIE J., 1983, Paradise lost and regained : transportation innovation, income, and residential location, *Journal of Urban Economics*, 13, pp. 67-89.

LEVINE N., 1997, Credit distributed, New Points Raised, *Journal of the American Planning Association*, 63 (3), pp. 279-282.

LEVINSON D. M., KUMAR A., 1994, The rational locator. Why travel times have remained stable, *Journal of the American Planning Association*, 60 (3), pp. 319-332.

LEVINSON D. M., KUMAR A., 1997, Density and the journey to work, *Growth and Change*, vol. 28 (spring), pp. 147-172.

LEVY J., 1998, Qu'est-ce que la ville aujourd'hui ? Une comparaison internationale, *Cahiers d'études sur la Méditerranée Orientale et le monde turco-iranien (CEMOTI)*, 24, 1997, reproduit *in Problèmes Economiques*, 2574, 24/06/1998.

LITMAN T., 1997, Full cost accounting of urban transportation : implications and tools, *Cities*, 14 (3), pp. 169-174.

LITMAN T., 2000, An economic evaluation of smart growth and transport-demand management. Social welfare and equity impacts of efforts to reduce sprawl and automobile dependency, *Draft, Victoria Transport Policy Institute*.

LONDON B., 1980, Gentrification as urban reinvasion : some preliminary definitional and theoretical considerations, *in* BRADWAY LASKA S., SPAIN D., *Back to the city – Issues in Neighborhood renovation*, New York, Pergamon Press.

LUND H., 2003, Testing the claims of New Urbanism. Local access, pedestrian travel, and neighboring behaviors, *Journal of American Planning Association*, 69 (4), pp. 414-429.

LUNG Y., RALLET A., TORRE A., Connaissances et proximité géographique dans les processus d'innovation, *Géographie, Economie,Société*, 1 (2), pp. 281-306.

MASSOT M.-H., ORFEUIL J.-P., 1995, La mobilité, une alternative à la densification du centre. Les relations domicile-travail, *Les Annales de la Recherche Urbaine*, 67 (juin), pp. 23-31.

MATHIS P., 2003, Puissance et insuffisances des graphes pour la description et la modélisation des réseaux, *in* MATHIS P. (dir.), *Graphes et réseaux*, Paris, Lavoisier, pp. 19-47.

MATHIS P. (dir.), 2003, *Graphes et réseaux*, Paris, Lavoisier.

MATTEI M.-F., PUMAIN D., 2000, *Données Urbaines III*, Economica, Paris.

MAY N., VELTZ P., LANDRIEU J., SPECTOR T. (dir.), 1998, *La ville éclatée*, Paris, Editions de l'Aube.

McDONALD J. F., 1987, The identification of urban employment subcenters, *Journal of Urban Economics*, 21, pp. 242-258.

MERLIN P., 1994, Essai d'évaluation des coûts sociaux environnementaux liés aux transports, *Revue d'Economie Régionale et Urbaine*, 1994-4, pp. 625–640.

MERLIN P., 1998, *Les banlieues des villes françaises*, Paris, La Documentation Française.

MERLIN P., 2001, Choix de transports, densités urbaines, et cadre de vie, *Colloque « Mobilités et formes urbaines »,* Avignon, 6-7 décembre 2001.

MEURIOT P., 1919, Du concept de ville d'autrefois et aujourd'hui, *La Vie Urbaine*, n°s 1 & 2, cité *in* PAQUOT T., RONCAYOLO M., 1992, *Villes et civilisations urbaines, XVIII°-XX° siècle*, Paris, Larousse, pp. 21-26.

MIESZKOWSKI P., MILLS E. S., 1993, The causes of metropolitan suburbanisation, *Journal of Economic Perspectives*, 7, pp. 135-147.

MIGNOT D., AGUILERA A., BLOY D., 2004, *Permanence des formes de la métropolisation et de l'étalement urbain*, Rapport de recherche pour l'ADEME, n° 01 03 044, 114 pp.

MILLE M., 2002, Des densités habitantes aux densités mouvantes, *Cybergéo*, 121 (février).

MILLS E. S., 1970, Urban density functions, *Urban Studies*, 7(1), pp. 5-20.

MILLS E. S., 1972, *Urban Economics*, Glenview, Scott, Foresman & Company.

MILLS E. S., PRICE R., 1984, Metropolitan suburbanization and central city problems, *Journal of Urban Economics*, 15, pp. 1-17.

MILLS E. S. & LUBUELE L.S., 1997, Inner cities, *Journal of Economic Literature*, 35 (june), pp. 727-756.

MINISTERE DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE ET DE L'ENVIRONNEMENT, 1999, *Villes, densités urbaines et développement durable*, Actes du séminaire éponyme tenu à Paris les 14 & 15 octobre 1999.

MITLIN D., SATTERTHWAITE D., 1996, Sustainable development and cities, *in* PUGH C. (éd.), *Sustainability, the environment and urbanization*, Londres, Earthscan.

MOCH A., BORDAS F., HERMAND D., 1995, Approche psychosociale de la densité, *Les Annales de la Recherche Urbaine*, n°67 (juin), pp. 119-127.

MOGRIDGE M. J. H., 1980, *Travel in towns : jam yesterday, jam today, jam tomorrow ?*, Londres, McMillan, 308 pp.

MORLET O., 2001, *Coûts-avantages des basses densités résidentielles. Etat des lieux*, Paris, ADEF.

MOUCHOT C., 2003, *Méthodologie économique*, Paris, Seuil.

MUTH R. F., 1969, *Cities and housing. The spatial pattern of urban residential land use*, Chicago, The University of Chicago Press.

MUTH R. F., 1971, Migration : chicken or egg ?, *Southern Economic Journal*, 37, pp. 295-306.

NAESS P., 1996, *Urban form and energy use for transport. A nordic experience*, Oslo, N.T.H.

NAESS P., SANDBERG S. L., 1996, Workplace location, modal split and energy use for commuting trips, *Urban Studies*, 33 (3), pp. 557-580.

NEWMAN P. W. G., KENWORTHY J. R., 1989a, *Cities and automobile dependence. An international sourcebook*, Brookfield, Gower Technicals.

NEWMAN P. W. G., KENWORTHY J. R., 1989b, Gasoline consumption and cities. A comparison of U.S. cities with a global survey, *Journal of the American Planning Association*, 55 (1), pp. 24-37.

NEWMAN P. W. G., KENWORTHY J. R., VINTILA P., 1995, Can we overcome automobile dependence ?, *Cities*, 12 (1), pp. 53-65.

NEWMAN P. W. G., KENWORTHY J. R., 1998, *Sustainability and cities. Overcoming automobile dependence*, Washington D. C., Island Press.

NICOLAS J.-P., POCHET P., POIMBOEUF H., 2001, *Indicateurs de mobilité durable pour l'agglomération lyonnaise – Méthodes et résultats*, Recherche L.E.T. – A.P.D.D réalisée pour le compte de Renault.

NICOLAS J.-P., POCHET P., POIMBOEUF H., 2002, Mobilité urbaine et développement durable. Quels outils de mesure pour quels enjeux ?, *Cahiers Scientifiques du Transport*, 41-2002, pp. 53-76.

NICOT B.-H., Une mesure de l'étalement urbain en France, 1982-1990, *Revue d'Economie Régionale et Urbaine,* 1996-1, pp. 71-98.

NIJKAMP P., PERRELS A., 1994, *Sustainable cities in Europe*, Londres, Earthscan.

NIJKAMP P., PEPPING G. ,1998, A meta-analytical evaluation of sustainable city initiatives, *Urban Studies*, 35 (9), pp. 1481-1500.

OCDE, 1994, *Des villes pour le XXI° siècle*, Paris, Les éditions de l'OCDE.

ORFEUIL J.-P., 1994, *Je suis l'automobile*, Paris, Editions de l'Aube, coll. Monde en cours.

ORFEUIL J.-P., 1997, Qui paye quoi pour aller où ? La mobilité dans la ville éclatée, *La Jaune et la Rouge*, mars, http://www.x-environnement.org/Jaune_Rouge.

OTA M., FUJITA M., 1993, Communication technologies and spatial organization of multi-unit firms in metropolitan areas, *Regional Science and Urban Economics*, 23, pp. 695-729.

PALMA (de) A., THISSE J.-F., 1987, Les modèles de choix discret, *Annales d'économie et de statistique*, 9, pp. 151-190.

PAPAGEORGIOU Y. Y., 1976, *Mathematical land-use theory*, Lexington, Lexington Books.

PAPAGEORGIOU Y. Y., 1990, *The isolated city state. An economic geography of urban spatial structure*, Londres, Routledge.

PAQUOT T., LUSSAULT M., BODY-GENDROT S., 2000, *La ville et l'urbain. L'état des savoirs*, Paris, La Découverte & Syros.

PAQUOT T., RONCAYOLO M., 1992, *Villes et civilisations urbaines, XVIII°-XX° siècle*, Larousse, Paris.

PARFREY E., 2002, *What is Smart Growth ?*, http://www.sierraclub.org, site visité le 27/06/2002.

PARK R. E., BURGESS E. W., McKENZIE R. A. (éd.), *The City*, Chicago, The University of Chicago Press.

PEGUY P.-Y., 2000, *Analyse économique des configurations urbaines et de leur étalement*, Thèse d'Etat ès Sciences Economiques réalisée sous la direction du Pr Alain Bonnafous, Université Lumière Lyon II.

PEGUY P.-Y., GOFFETTE-NAGOT F., SCHMITT B., 2000, L'étalement urbain, *in* BAUMONT C., COMBES P.-P., DERYCKE P.-H., JAYET H. (éd.), *Economie Géographique. Les théories à l'épreuve des faits*, Paris, Economica.

PEISER R. B., 1989, Density and urban sprawl, *Land Economics*, 65 (3), pp. 193-204.

PENG Z.-R., 1997, The jobs-housing balance and urban commuting, *Urban Studies*, 34 (8), pp. 1215-1235.

PENNINGTON M., 1999, Free market environmentalism and the limits of land use planning, *Journal of Environmental Policy and Planning*, 1, pp. 43-59.

PERREUR J., 1988, La localisation des unités de production, *in* PONSARD C. (éd.), *Analyse économique spatiale*, Paris, P.U.F, pp. 93-157.

PINES D., 1975, On the spatial distribution of households relative to income, *Economic Geography*, 51, pp. 142-149.

PIORE M. J., SABEL C. F., 1984, *Les chemins de la prospérité. De la production de masse à la spécialisation flexible*, Paris, Hachette.

PONSARD C. (éd.), 1988, *Analyse économique spatiale*, Paris, P.U.F, coll. Economie.

POUYANNE G., 2004a, Des avantages comparatifs de la ville compacte à l'interaction forme urbaine-mobilité. Méthodologie et premiers résultats, *Cahiers Scientifiques du Transport*, 45-2004, pp. 49-82.

POUYANNE G., 2004b, Urban form and travel patterns. An application to the metropolitan area of Bordeaux, *44th Congress of the European Regional Science Association,* Porto, 25-29august 2004.

PRUD'HOMME R., YATTA F., 1995, *Les prix reflètent-ils les coûts dans les contrats de concession ? Le cas de la collecte des déchets*, Université de Paris XII, ŒIL.

P.U.C.A, 2001, Les coûts de la croissance urbaine, *Compte-rendu de l'atelier « Economies Urbaines » du 06/03/2001.*

PUGH C. (éd.), 1996, *Sustainability, the environment and urbanization*, Londres, Earthscan.

PUISSANT S., 1999, Un moment de la croissance urbaine : la réponse des experts, *in* LACOUR C., PUISSANT S. (éd.), *La métropolisation. Croissance, diversité, fractures*, Paris, Anthropos.

PUMAIN D., SAINT-JULIEN T., 1997, *L'analyse spatiale. 1. Localisations dans l'espace*, Paris, Armand Colin, coll. Cursus.

PURVIS C., 1994, Changes in Regional Travel Characteristics and Travel Time Expenditures in the San Francisco Bay Area: 1960 – 1990, *73rd Transportation Research Board Annual Meeting,* 9-13 juin,, Washington, D. C.

QUINET E., 1998, *Principes d'économie des transports*, Paris, Economica.

RAJAMANI J., BHAT C. B., HANDY S., KNAAP G., SONG Y., 2003, Assessing the impact of urban form measures in nonwork trip mode choice after controlling for demographic and level-of-service effects, *82nd Transportation Research Board 2003 Annual Meeting,* 12-16 janvier, Washington D. C.

RAZE J.-F., 2004, La localisation des équipements publics: renouveau des coûts de la croissance urbaine et élément de réponse au problème des quartiers sensibles?, *Revue d'Economie Régionale et Urbaine*, 2004-2, pp. 195-222.

R.E.R.C. (Real Estate Research Corporation), 1974, *The Costs of sprawl : environmental and econmic costs of alternative residential development patterns at the urban fringe*, Washington D. C., U.S. Government Printing Office.

RICHARDSON H. W., 1978, *Regional and urban economics*, Harmondsworth, Penguin Books.

ROLLIER Y., WIEL M., 1993, La pérégrination au sein de l'agglomération brestoise, *Les Annales de la Recherche Urbaine*, 59-60 (juin-septembre), pp. 152-162.

RONCAOYOLO M., 1990, *La ville et ses territoires*, Paris, Folio Essais.

ROSE-ACKERMAN S., 1975, Racism and urban structure, *Journal of Urban Economics*, 2, pp. 85-103.

ROSELAND M., 1996, Taming urban sprawl : healthy cities and towns, *Northwest Report*, 19.

ROSENTHAL D. B., 1980, *Urban revitalization*, Beverly Hills, Sage Publications, Urban Affairs Annual Reviews (vol. 18).

ROSS C. L., DUNNING A. E., 1997, *Land use transportation interaction : an examination of the 1995 NPTS data*, U. S. Department of Transportation, 50 pp.

ROUSSEAU M.-P., 1998, *La productivité des grandes villes*, Paris, Economica, Anthropos, 192 pp.

ROUSSEAU M.-P., PRUD'HOMME R, 1994, *Les avantages de la concentration parisienne*, document ronéotypé, 22 pp.

SACHS I., 1995, Quelles régulations pour un développement durable, *Ecologie et politique*, 15, pp. 13-22.

SALLEZ A. (éd.), 1993, *Les villes lieux d'Europe,* Paris, Editions de l'Aube.

SALOMON I., 2001, L'aspiration à la mobilité. L'émergence du télétravail en Méditerranée, *Colloque « Mobilités et formes urbaines »,* Avignon, 6-7 décembre 2001.

SAPIR J., 2000, *Les trous noirs de la science économique. Essai sur l'impossibilité de penser le temps et l'argent*, Paris, Albin Michel.

SASSEN S., 1991, *The Global City. New York, Londres, Tokyo*, Princeton, Princeton University Press.

SASSEN S., 2001, Global city and global city-regions : a comparison, *in* SCOTT A. J. (éd.), *Global city regions. Trends, Theory, Policy*, Oxford, Oxford University Press, pp. 78-95.

SATTERTHWAITE D., 1997, Sustainable cities or cities that contribute to sustainable development ?, *Urban Studies*, 34 (10), pp. 1667-1691.

SAUVY A., 1968, *Les quatre roues de la fortune. Essai sur l'automobile*, Paris, Flammarion.

SCHLAY A. B., 1986, Taking apart the American Dream : the influence of income and family composition on residential evaluation, *Urban Studies*, 23 (4), August 1986, pp. 253-270.

SCHMITT B., HENRY M. S., 2000, Size and growth of urban centers in French labor market areas : consequences for rural population and employment, *Regional Science and Urban Economics*, 30 (1), pp. 1-21.

SCHUMACHER E. F., 1978, *Small is beautiful. Une société à la mesure de l'homme*, Paris, Seuil/Contretemps.

SCOTT A. J., 1976, Land use and commodity production, *Regional Science and Urban Economics*, 6 (2), pp. 147-160.

SCOTT A. J., 1988, Flexible production systems and regional development. The rise of new industrial spaces in North America and Western Europe, *International Journal of Urban and Regional Research*, 12 (2), pp. 171-186.

SCOTT A. J. (éd.), 2001, *Global city regions. Trends, Theory, Policy*, Oxford, Oxford University Press.

SECCHI B., 2002, Comment agir sur la « citta diffusa » ?, *Conférence donnée au Club Ville-Aménagement le 24 juin 2002*, http://www.club.amenagement.asso.fr, visité le 18/11/2002.

SIERRA CLUB, 2000, *Sprawl costs us all. How your taxes fuel suburban sprawl*, report funded by a grant from The Sierra Club Foundation.

SIERRA CLUB, 2002, *Sprawl Factsheet*, http://www.sierraclub.org, site visité le 05/03/2002.

SMALL K. A., SONG S., 1992, « Wasteful » commuting : a resolution, *Journal of Political Economy*, 100 (4), pp. 888-898.

SMYTH H., 1996, Running the gauntlet : a compact city within a doughnut of decay, *in* JENKS M., BURTON E., WILLIAMS K., (éd.), *The Compact City : a sustainable urban form ?*, Oxford, E & FN Spon.

SOFRES-CONSEIL, 1997, Analyse des coûts de gestion des déchets municipaux, ADEME.

SOUTHWORTH F., 2001, On the potential impact of land use change policies on automobile vehicle miles of travel, *Energy Policy*, 29 (2001), pp. 1271-1283.

SPECTOR T., THEYS J., 1999, *Villes du XXI° siècle - Entre villes et métropoles : rupture ou continuité ?*, Actes du colloque de La Rochelle des 19, 20 et 21 octobre 2001, Paris, Collections du CERTU.

STANDBACK T. M., 1991, *The new suburbanization : challenges to the central city*, Westview, Boulder.

STEINNES D. N., 1977, Causality and intraurban location, *Journal of Urban Economics*, 4 (1977), pp. 69-79.

STEINNES D. N., 1982, Do 'people follow jobs' or 'jobs follow people' : a causality issue in urban economics, *Urban Studies*, 19, pp. 187-192.

STEINNES D. N., FISCHER W. D., 1974, An econometric model of intraurban location, *Journal of Regional Science*, 14, pp. 65-80.

STEUTEVILLE R., 2000, The New Urbanism. An alternative to modern, automobile-oriented planning and development, *New Urban News*, http://www.newurbannews.com.

SUEUR J.-P., 1999, *Changer la ville. Pour une nouvelle urbanité*, Paris, Odile Jacob.

SUITS D., MASON A., CHAN L., 1978, Spline functions fitted by standard regression methods, *Review of Economics and Statistics*, 6, pp. 132-139.

TABOURIN E., 1995, Les formes de l'étalement urbain, *Les Annales de la Recherche Urbaine*, n°67 (juin), pp. 33-44.

TEBOUL R., CUENCA C., RICHAUD A., 2000, *La question urbaine dans l'histoire de la pensée économique*, Paris, L'Harmattan.

THEYS J., EMELIANOFF C., 1999, Les contradictions de la ville durable, *Le Débat*, 113, pp. 122-135.

THISSE J.-F., YPERSELE T., 1999, Métropoles et concurrence territoriale, *Economie et Statistiques*, 326-327, pp. 19-30.

THOMAS A. , 2000, *Econométrie des variables qualitatives*, Paris, Dunod.

THOMAS L., COUSIN W., 1996, The compact city : a successful, desirable and achievable urban form ?, *in* JENKS M., BURTON E., WILLIAMS K., (éd.), *The Compact City : a sustainable urban form ?*, Oxford, E & FN Spon, pp. 53-65.

THURSTON L., YEZER A. M. J., 1994, Causality in the Suburbanization of Population and Employment, *Journal uf Urban Economics*, 35 (1), pp. 105-108.

TIEBOUT C. M., 1956, A pure theory of local expenditures, *Journal of Political Economy*, 64 (5), pp. 416-424.

TROY P. N., 1992, The new feudalism, *Urban Futures*, 2 (2).

VAN DEN BERG L., 1987, *Urban systems in a dynamic society*, Aldershot, Gower.

VAN DER WALK A., 2002, The Dutch Planning Experience, *Landscape and Urban Planning*, 58 (2002), pp. 201-210.

VAN DIEPEN A., VOOGD H, 2001, Sustainability and planning : does urban form matter ?, *International Journal of Sustainable Development*, 4 (1).

VELTZ P., 1996, *Mondialisation, villes et territoires. L'économie d'archipel*, Paris, PUF.

VIJAYAN S., 2002, A land use - transportation primer, *Working Paper of the University of Milwaukee-Wisconsin, Center for urban transportation studies*.

VOITH R., 1998, The downtown parking syndrome : does curing the illness kill the patient ?, *Business Review*, janvier/février.

VON HOFFMAN A, FELKNER J., 2002, The historical origins and causes of urban decentralization in the United States*, Working Paper 02-1, Joint Center for Housing Studies, Harvard University*.

WELKERS D., 1997, La planification aux Pays-Bas, *Economie et Humanisme*, n°342, pp. 35-41.

WHEATON W., 1974, A comparative static analysis of urban spatial structure, *Journal of Economic Theory*, 9, pp. 223-237.

WHITE M. J., 1976, Firm suburbanisation and urban subcenters, *Journal of Urban Economics*, 24, pp. 129-152.

WHITE M. J., 1988, Urban commuting journeys are not "wasteful", *Journal of Political Economics*, 96 (5), pp. 1097-1110.

WIEL M., 1999, *La transition urbaine*, Maspero, Paris.

WIEL M., 2000, Forme et intensité de la péri-urbanisation et aptitude à la canaliser, *in* MATTEI M.-F., PUMAIN D., *Données Urbaines 3*, Economica, Paris.

WIEL M., 2001, *Ville et automobile*, Paris, Descartes & Cie.

WIEL M., 2002, *Agencement spatial et optimisation du temps*, Rapport effectué pour la D.R.A.S.T. - Ministère des Transports pour le compte du P.R.E.D.I.T., n° 00 MT 36.

WIEL M., 2003, Quelle place donner à la maîtrise de la vitesse automobile en ville ?, *XXXIX° Colloque de l'ASRDLF,* Lyon, 1-3 septembre 2003.

WILLIAMS K., BURTON E., JENKS M., Achieving compact city through intensification : an acceptable option ?, *in* JENKS M., BURTON E., WILLIAMS K., (éd.), *The Compact City : a sustainable urban form ?*, Oxford, E & FN Spon, pp. 83-95.

WILLIAMSON O. E., 1985, *The economic institutions of capitalism*, New York & Londres, The Free Press.

WINDSOR D., 1979, A critique of the Costs of Sprawl, *Journal of the American Planning Association*, 45 (3), pp. 279-292.

WOLFELSPERGER A., 1995, *Economie publique*, Paris, PUF, coll. Thémis.

WUNSCH J. L., 1995, The suburban cliche. *The suburban trend* by H. P Douglass ; *The Suburbanization of the United States* by K. T. Jackson ; *Bourgeois Utopia* by R. Fishman ; *Borderland* by J. Stilgoe ; *Edge City* by Joel Garreau, *Journal of Social History*, 28 (3), pp. 643-658.

ZAHAVI Y. & RYAN J. M., 1980, Stability of Travel Components over Time, *Transportation Research Record*, 750, pp. 19-26.

ZOLLER H. G., 1988, L'espace résidentiel et le logement, *in* PONSARD C. (éd.), *Analyse économique spatiale*, Paris, P.U.F, pp. 59-92.

Liste des Tableaux, Encadrés, Graphiques et Figures

Encadrés

Encadré III-1. Le zonage en aires urbaines 93
Encadré III-2. Les fonctions *spline* cubiques 104
Encadré III-3. La technique des tests de stabilité structurelle pour les fonctions *spline* cubiques 116
Encadré IV-1. L'économie des coûts de transaction spatialisée 136
Encadré V-1. Le problème de la multicolinéarité dans les régressions par les MCO 183
Encadré V-2. Le modèle logit multinomial (MLN) 200
Encadré V-3. Construction d'un modèle adapté aux régressions typologiques 205

Figures

Figure 1 . Les « trois âges » de la ville 6
Figure I-1. La condition de Muth 28
Figure I-2. L'équilibre spatial du consommateur 29
Figure I-3. Effet de la croissance démographique sur le gradient de densité dans le modèle N.E.U 33
Figure I-4. Fonctions de rente conditionnelles au mode de transport 35
Figure I-5. La substituabilité entre accessibilité et espace habitable 40
Figure I-6. "Test de la pente" et ségrégation spatiale en fonction du revenu 42
Figure II-1. Densité et consommation individuelle d'énergie pour 46 villes dans le monde (données actualisées 1990) 55
Figure II-2. La relation vitesse-débit 64
Figure II-3. Taux d'émission global et par résident à Lyon 75
Figure III-1. Cadre théorique simplifié des déterminants de la consommation d'énergie pour les transports en milieu urbain 90
Figure IV-1. Les 7 séquences de l'étalement des firmes 131
Figure IV-2. Configurations polycentriques d'équilibre (Ogawa & Fujita, 1982) 135
Figure IV-3. Les onze configurations d'équilibres (Ota & Fujita, 1993) 140
Figure IV-4. *VMT (vehicule-miles traveled)* par individu et ratio emplois/ménages ajusté par une fonction *spline* cubique à Portland (Oregon), selon le motif (professionnel et autres) 160
Figure V-1. Le cadre conceptuel de L. S. Frank et G. Pivo (1994) 188

Figure V-2. La causalité directe entre les caractéristiques socio-démographiques et la forme urbaine 189
Figure V-3. La causalité indirecte entre les caractéristiques socio-démographiques et la forme urbaine 194
Figure V-4. « L'interaction triangulaire » 195
Figure V-5. « L'interaction triangulaire » : détail des causalités 197
Figure V-6. Relation théorique entre le degré de mixité fonctionnelle et le ratio emplois/résident pour une zone donnée 215

Graphiques

Graphique II-1. Budget énergie-transports selon la densité humaine nette en Ile-de-France (données 1990) 59
Graphique II-2. Densité urbaine et efficacité des transports en commun 60
Graphique III-1. Distances parcourues et distance au centre pondérée par classe de densité résidentielle brute 99
Graphique III-2. Part modale de la VP par classe de densité résidentielle brute 101
Graphique III-3. Parts modales de la MAP et des TCU par classe de densité résidentielle brute 102
Graphique III-4. Estimations de fonctions *spline* cubique pour la relation entre distances parcourues et logarithme naturel de la densité 108
Graphique III-5. Estimations de fonctions *spline* cubique pour la relation entre distances parcourues et distance au centre pondérée 108
Graphique III-6. Estimations de fonctions *spline* cubique pour la relation entre part modale de la VP et logarithme naturel de la densité 110
Graphique III-7. Estimations de fonctions *spline* cubique pour la relation entre part modale de la VP et distance au centre pondérée 110
Graphique III-8. Estimations de fonctions *spline* cubique pour la relation entre part modale de la MAP et des TCU et logarithme naturel de la densité 115
Graphique III-9. Estimations de fonctions *spline* cubique pour la relation entre part modale de la MAP et des TCU et distance au centre pondérée 115
Graphique V-1. Gradients de densité (forme exponentielle) 185
Graphique V -2. Types de logement suivant la distance au centre 186
Graphique V-3. Motorisation individuelle et taille du ménage (la surface des bulles est proportionnelle à la densité humaine) 190
Graphique V-4. Le lien entre taille du ménage et motorisation individuelle (la surface des bulles est proportionnelle à la surface moyenne du logement) 192
Graphique V-5. Le lien entre population susceptible d'être captive des modes alternatifs et motorisation individuelles (la surface des bulles est proportionnelle à la densité humaine) 194

Graphique V-6. La relation entre le revenu moyen des ménages et la proportion de logements individuels isolés (la surface des bulles est proportionnelle à la densité résidentielle) 226
Graphique V-7. Pourcentage de ménages monoparentaux et biactifs suivant la densité résidentielle 238

Tableaux

Tableau I-1. Comparaison de densités et tissus urbains parisiens 23
Tableau I-2. Gradients de densité selon la taille de l'aire urbaine (*forme exponentielle*) 24
Tableau II-1. Distances parcourues par personne par semaine et par mode, et densité de population 56
Tableau II-2. Densités urbaines existantes et optimales 76
Tableau III-1. Données de cadrage pour les six aires urbaines étudiées 95
Tableau III-2. Estimation de la fonction exponentielle négative par les MCO pour les six aires urbaines étudiées, 1990 et 1999 97
Tableau III-3. Estimation de *spline* cubiques par les MCO pour 3 et 5 intervalles du logarithme naturel de la densité 109
Tableau III-4. Estimation de *spline* cubiques par les MCO pour 3 et 5 intervalles de la distance au centre pondérée 112
Tableau III-5. Test de stabilité structurelle pour les aires urbaines prises deux à deux 118
Tableau IV-1. Déplacements et distances parcourues selon le type de liaison et la zone de résidence, 1982-1994 145
Tableau IV-2. Mobilité par motif, en milliards de voyageurs-km/semaine, tous modes mécanisés, 1982-1994 145
Tableau IV-3. Les déplacements en excès : résultats de quelques études 150
Tableau IV-4. Génération de déplacements par secteur d'activité 164
Tableau IV-5. Les « 13 points » du Nouvel Urbanisme 171
Tableau V-1. Variables utilisées : intitulé, source, et statistiques descriptives 179
Tableau V-2. Kilométrage VP par habitant et usage du sol 209
Tableau V-3. Parts modales et usage du sol 210
Tableau V-4. Distances moyennes de déplacement et usage du sol 211
Tableau V-5. Mobilité, motorisation et usage du sol 212
Tableau V-6. Regroupement de la NES 36 en 9 puis 6 secteurs, et nombre d'établissements 219
Tableau V-7. Le modèle de type de spécialisation 223
Tableau V-8. Le kilométrage VP par habitant et les variables socio-démographiques 229
Tableau V-9. Les parts modales et les variables socio-démographiques 230
Tableau V-10. Distances moyennes de déplacement et modèles socio-démographiques 235
Tableau V-11. Mobilité, motorisation et modèles socio-démographiques 236

ANNEXES

Liste des Annexes

Annexe 1 *– Cartes et liste des communes composant les six aires urbaines de Bordeaux, Dijon, Lyon, Grenoble, Saint-Etienne et Aix-Marseille.*

Annexe 2 *– Résultats des analyses par classes de densité, par aires urbaines.*

Annexe 3 *– Résultats des régressions spline cubiques par aires urbaines.*

Annexe 4 *– Méthode de calcul des distances parcourues en VP dans l'E.M.D Bordeaux, 1998.*

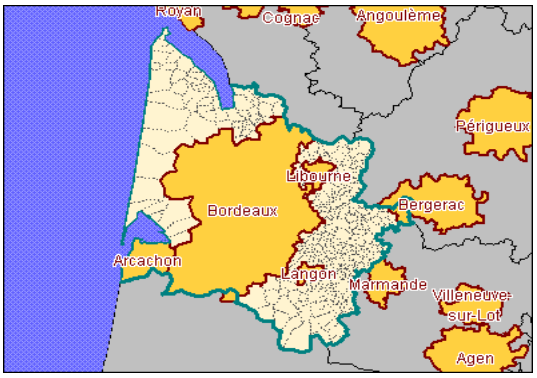
Annexe 5 *– Liste des communes comprises dans l'aire d'étude de l'E.M.D Bordeaux, 1998.*

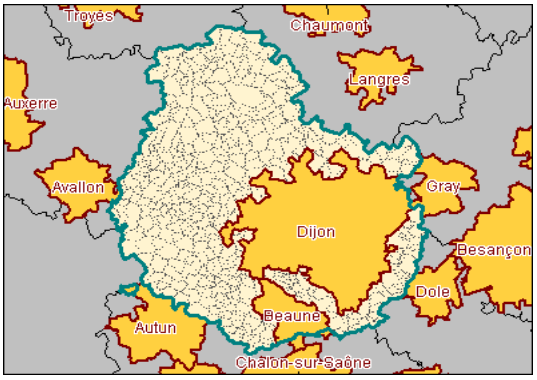
Annexe 6 *– Liste des zones de l'E.M.D Bordeaux, 1998.*

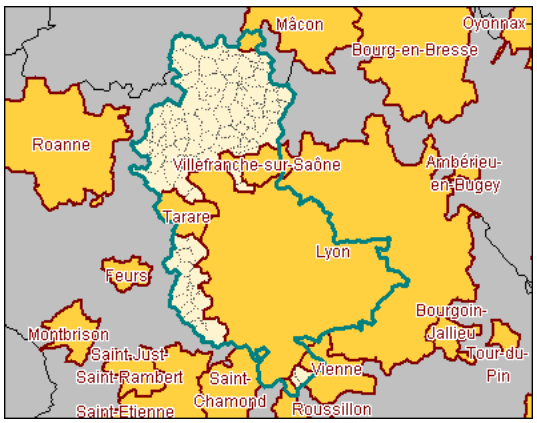
Annexe 7 – *Tableau des élasticités des modes*.

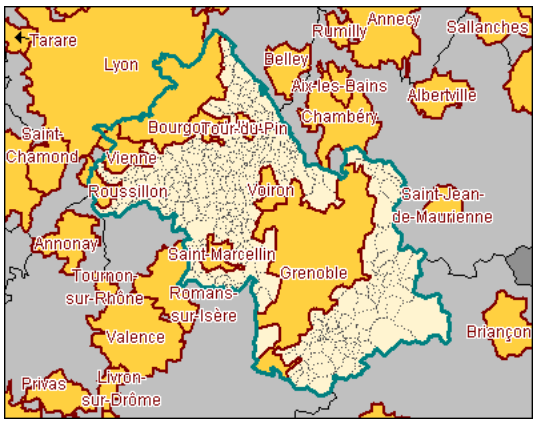
ANNEXE 1

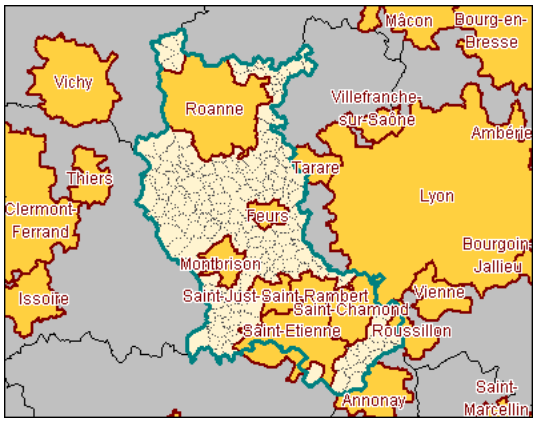
Cartes des six aires urbaines de Bordeaux, Dijon, Lyon, Grenoble, Saint-Etienne et Aix-Marseille

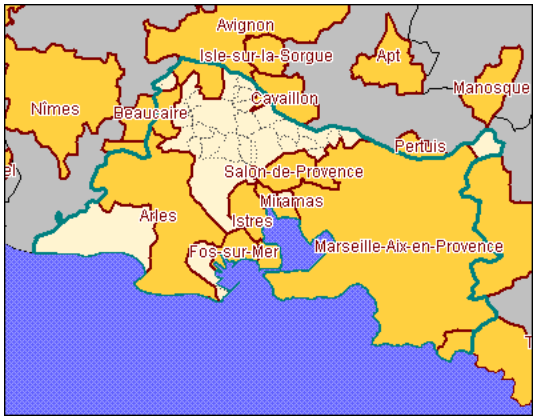







Tarare
Lyon
Rumilly
Annecy
Sallanches
Belley
Aix-les-Bains
Albertville
Chambéry
Bourgoin-Tour-du-Pin
Saint-Chamond
Vienne
Roussillon
Voiron
Saint-Jean-de-Maurienne
Annonay
Saint-Marcellin
Grenoble
Tournon-sur-Rhône
Romans-sur-Isère
Briançon
Valence
Privas
Livron-sur-Drôme


Mâcon
Bourg-en-Bresse
Vichy
Roanne
Villefranche-sur-Saône
Amberieu
Tarare
Thiers
Lyon
Clermont-Ferrand
Feurs
Bourgoin-Jallieu
Montbrison
Vienne
Issoire
Saint-Just-Saint-Rambert
Saint-Chamond
Saint-Etienne
Roussillon
Annonay
Saint-Marcellin


Avignon
Isle-sur-la-Sorgue
Apt
Manosque
Cavaillon
Nîmes
Beaucaire
Pertuis
Salon-de-Provence
Miramas
Arles
Istres
Fos-sur-Mer
Marseille-Aix-en-Provence

ANNEXE 1 (Suite)

Liste des Communes composant les six aires urbaines

	Nom de la commune	Densité (hab./km2)	Population ssdc 1999
	Aire Urbaine de Bordeaux		
1	Ambarès-et-Lagrave	4,640	11488
2	Ambès	0,989	2853
3	Arcins	0,449	304
4	Arsac	0,875	2854
5	Artigues-près-Bordeaux	8,345	6142
6	Asques	0,768	482
7	Aubie-et-Espessas	1,289	973
8	Avensan	0,341	1783
9	Ayguemorte-les-Graves	1,430	905
10	Baron	0,846	875
11	Barp (Le)	0,305	3275
12	Bassens	6,827	7018
13	Baurech	0,915	703
14	Beautiran	3,236	2055
15	Bègles	22,763	22672
16	Beychac-et-Caillau	1,150	1797
17	Blanquefort	4,370	14734
18	Blésignac	1,008	252
19	Bonnetan	1,732	743
20	Bordeaux	44,357	218948
21	Bouliac	4,439	3320
22	Bouscat (Le)	42,934	22669
23	Brach	0,084	241
24	Bruges	7,551	10737
25	Cabanac-et-Villagrains	0,209	1444
26	Cadaujac	2,937	4503
27	Cadillac-en-Fronsadais	2,357	898
28	Camarsac	1,449	775
29	Cambes	2,155	1151
30	Camblanes-et-Meynac	2,612	2267
31	Camiac-et-Saint-Denis	0,386	255
32	Canéjan	4,287	5144
33	Cantenac	0,832	1187
34	Capian	0,346	630
35	Carbon-Blanc	17,308	6681
36	Carignan-de-Bordeaux	3,552	3119
37	Castelnau-de-Médoc	1,349	3226
38	Castres-Gironde	2,198	1532
39	Cénac	2,440	1830
40	Cenon	39,009	21533
41	Cestas	1,724	17170
42	Cézac	0,928	1779
43	Civrac-de-Blaye	0,509	675
44	Créon	3,652	2929
45	Croignon	0,838	387
46	Cubnezais	1,029	1060
47	Cubzac-les-Ponts	2,026	1807
48	Cursan	0,725	440
49	Cussac-Fort-Médoc	0,763	1374
50	Espiet	0,798	542
51	Eysines	15,730	18892
52	Fargues-Saint-Hilaire	3,232	2269
53	Floirac	18,957	16284
54	Gauriaguet	1,773	952
55	Gradignan	14,479	22834
56	Guillos	0,159	360
57	Haillan (Le)	8,948	8286
58	Haux	0,723	738
59	Hostens	0,131	755
60	Isle-Saint-Georges	1,218	530
61	Izon	2,584	4028
62	Labarde	1,338	637
63	Brède (La)	1,505	3504
64	Lande-de-Fronsac (La)	2,247	1917
65	Lamarque	1,080	962
66	Langoiran	1,995	2023
67	Latresne	3,207	3332
68	Léognan	2,036	8434
69	Lestiac-sur-Garonne	1,987	592
70	Lignan-de-Bordeaux	0,771	689
71	Listrac-Médoc	0,302	1868
72	Lormont	29,572	21765
73	Louchats	0,137	539
74	Loupes	0,920	448
75	Ludon-Médoc	1,801	3366
76	Macau	1,488	2910
77	Madirac	0,855	159
78	Marcenais	0,668	604
79	Margaux	1,845	1358
80	Marsas	1,075	874
81	Martignas-sur-Jalle	2,405	6348
82	Martillac	1,193	2039
83	Mérignac	13,141	63300
84	Mombrier	0,816	347
85	Montussan	2,677	2222
86	Moulis-en-Médoc	0,673	1383
87	Nérigean	0,901	899
88	Paillet	4,060	1007
89	Parempuyre	3,057	6665
90	Pessac	14,645	56851
91	Peujard	1,291	1417
92	Pian-Médoc (Le)	1,827	5502
93	Pompignac	2,195	2551
94	Portets	1,302	2017
95	Pout (Le)	0,868	341
96	Prignac-et-Marcamps	1,361	1315
97	Pugnac	1,418	1918
98	Quinsac	2,186	1779
99	Sadirac	1,594	3047
100	Saint-André-de-Cubzac	3,172	7344
101	Saint-Antoine	14,400	288
102	Saint-Aubin-de-Médoc	1,462	5076
103	Saint-Caprais-de-Bordeaux	2,494	2559
104	Sainte-Eulalie	4,672	4233
105	Saint-Genès-de-Fronsac	0,839	584
106	Saint-Genès-de-Lombaud	0,412	253
107	Saint-Germain-du-Puch	1,704	2004
108	Saint-Gervais	2,219	1238
109	Sainte-Hélène	0,140	1796
110	Saint-Jean-d'Illac	0,436	5253
111	Saint-Laurent-d'Arce	1,338	1080
112	Saint-Léon	0,546	245
113	Saint-Loubès	2,858	7164

	Nom de la commune	Densité (hab./km2)	Population ssdc 1999
114	Saint-Louis-de-Montferrand	1,747	1887
115	Saint-Magne	0,100	823
116	Saint-Mariens	0,998	1198
117	Saint-Médard-d'Eyrans	1,800	2289
118	Saint-Médard-en-Jalles	3,042	25938
119	Saint-Michel-de-Rieufret	0,265	501
120	Saint-Morillon	0,539	1100
121	Saint-Quentin-de-Baron	1,120	973
122	Saint-Romain-la-Virvée	0,982	768
123	Saint-Selve	0,924	1640
124	Saint-Sulpice-et-Cameyrac	2,661	4002
125	Saint-Vincent-de-Paul	0,766	1063
126	Saint-Yzan-de-Soudiac	1,387	1545
127	Salaunes	0,135	576
128	Salignac	0,898	1171
129	Salleboeuf	1,314	1944
130	Saucats	0,188	1676
131	Saumos	0,060	344
132	Sauve (La)	0,733	1366
133	Soussans	1,005	1362
134	Tabanac	1,230	984
135	Taillan-Médoc (Le)	5,259	7972
136	Talence	46,013	38421
137	Tarnès	1,800	261
138	Tauriac	1,248	1312
139	Temple (Le)	0,070	506
140	Teuillac	0,950	679
141	Tourne (Le)	2,767	700
142	Tresses	3,159	3646
143	Tuzan (Le)	0,090	162
144	Vayres	1,893	2738
145	Villenave-de-Rions	1,105	283
146	Villenave-d'Ornon	13,098	27846
147	Virsac	2,528	910
148	Yvrac	2,593	2199
149	Marcheprime	1,432	3516
	Aire Urbaine de Dijon		
150	Agey	0,312	263
151	Ahuy	2,152	1377
152	Aiserey	1,099	1154
153	Ancey	0,412	349
154	Antheuil	0,066	68
155	Arceau	0,267	577
156	Arcey	0,130	45
157	Arc-sur-Tille	1,039	2359
158	Asnières-lès-Dijon	1,787	813
159	Aubigny-en-Plaine	0,514	326
160	Auvillars-sur-Saône	0,323	218
161	Barbirey-sur-Ouche	0,210	226
162	Barges	0,881	339
163	Baulme-la-Roche	0,179	120
164	Beire-le-Châtel	0,339	652
165	Beire-le-Fort	0,478	252
166	Bellefond	2,976	735
167	Belleneuve	0,979	1416
168	Bessey-lès-Côteaux	0,468	482
169	Binges	0,332	587
170	Blaisy-Bas	0,448	594
171	Blaisy-Haut	0,126	105
172	Bonnencontre	0,323	350
173	Bressey-sur-Tille	0,762	553
174	Bretenière	1,292	779
175	Bretigny	1,058	724
176	Brochon	1,125	839
177	Brognon	0,348	217
178	Broin	0,229	325
179	Broindon	0,131	61
180	Bussière-sur-Ouche (La)	0,095	197
181	Cessey-sur-Tille	0,396	457
182	Chaignay	0,176	440
183	Chambeire	0,378	235
184	Chamboeuf	0,247	278
185	Charencey	0,068	33
186	Charrey-sur-Saône	0,417	240
187	Chenôve	22,175	16454
188	Chevigny-Saint-Sauveur	8,579	10389
189	Cirey-lès-Pontailler	0,132	116
190	Clémencey	0,086	92
191	Clénay	1,032	579
192	Collonges-lès-Premières	0,711	670
193	Corcelles-lès-Côteaux	1,077	727
194	Corcelles-les-Monts	0,505	724
195	Couchey	0,943	1197
196	Couternon	2,247	1530
197	Crimolois	1,471	528
198	Curley	0,209	120
199	Curtil-Saint-Seine	0,092	111
200	Daix	1,275	1504
201	Darois	0,438	356
202	Dijon	38,063	153813
203	Echannay	0,149	107
204	Echigey	0,406	221
205	Epagny	0,178	220
206	Epernay-sous-Gevrey	0,300	164
207	Etaules	0,159	266
208	Etevaux	0,304	264
209	Fauverney	0,781	678
210	Fénay	1,350	1412
211	Fixin	0,797	807
212	Flacey	0,216	147
213	Flagey-Echézeaux	0,617	497
214	Flavignerot	0,250	157
215	Fleurey-sur-Ouche	0,426	1269
216	Fontaine-lès-Dijon	20,118	9033
217	Francheville	0,063	200
218	Gemeaux	0,395	764
219	Genlis	4,416	5334
220	Gergueil	0,101	100
221	Gevrey-Chambertin	1,325	3283
222	Gissey-sur-Ouche	0,211	306
223	Glanon	0,507	185
224	Grenand-lès-Sombernon	0,192	138
225	Hauteville-lès-Dijon	1,215	1095
226	Izeure	0,345	577
227	Izier	0,862	645
228	Labergement-Foigney	0,550	420

	Nom de la commune	Densité (hab./km2)	Population ssdc 1999
229	Lantenay	0,251	430
230	Lechâtelet	0,495	180
231	Longchamp	0,657	1066
232	Longeault	5,556	689
233	Longecourt-en-Plaine	1,198	1199
234	Longvic	8,825	9319
235	Magny-lès-Aubigny	0,283	198
236	Magny-Saint-Médard	0,211	229
237	Magny-sur-Tille	0,616	650
238	Mâlain	0,675	759
239	Marandeuil	0,114	52
240	Marliens	0,908	395
241	Marsannay-la-Côte	4,098	5266
242	Marsannay-le-Bois	0,569	679
243	Mesmont	0,276	176
244	Messigny-et-Vantoux	0,374	1270
245	Montoillot	0,087	67
246	Neuilly-lès-Dijon	4,667	2156
247	Noiron-sous-Gevrey	1,096	719
248	Noiron-sur-Bèze	0,144	170
249	Norges-la-Ville	0,767	844
250	Orgeux	0,716	340
251	Ouges	1,122	1358
252	Pagny-la-Ville	0,584	393
253	Pagny-le-Château	0,207	502
254	Panges	0,125	76
255	Pasques	0,132	270
256	Perrigny-lès-Dijon	2,483	1666
257	Pichanges	0,225	226
258	Plombières-lès-Dijon	1,622	2629
259	Pluvault	1,486	514
260	Pluvet	0,499	325
261	Prâlon	0,288	89
262	Premières	0,398	125
263	Prenois	0,165	316
264	Quemigny-Poisot	0,168	190
265	Quetigny	12,057	9875
266	Remilly-en-Montagne	0,125	106
267	Remilly-sur-Tille	0,753	738
268	Reulle-Vergy	0,165	101
269	Rouvres-en-Plaine	0,601	881
270	Ruffey-lès-Echirey	0,998	1110
271	Saint-Apollinaire	4,978	5097
272	Saint-Bernard	0,797	294
273	Saint-Jean-de-Boeuf	0,055	67
274	Saint-Julien	0,761	1250
275	Sainte-Marie-sur-Ouche	0,762	629
276	Saint-Martin-du-Mont	0,095	358
277	Saint-Philibert	0,877	414
278	Saint-Victor-sur-Ouche	0,184	235
279	Salmaise	0,104	137
280	Saulon-la-Chapelle	0,942	941
281	Saulon-la-Rue	1,172	531
282	Saussy	0,112	104
283	Savigny-le-Sec	0,842	786
284	Savigny-sous-Mâlain	0,328	208
285	Savolles	0,410	128
286	Savouges	0,595	184
287	Semezanges	0,139	113
288	Sennecey-lès-Dijon	6,427	2198
289	Soirans	0,839	371
290	Spoy	0,208	250
291	Talant	25,167	12332
292	Tanay	0,185	234
293	Tart-l'Abbaye	0,663	224
294	Tart-le-Bas	0,427	199
295	Tart-le-Haut	0,789	813
296	Tellecey	0,264	134
297	Ternant	0,046	75
298	Thorey-en-Plaine	1,438	837
299	Tréclun	0,403	229
300	Trochères	0,273	139
301	Trouhaut	0,135	127
302	Turcey	0,138	172
303	Urcy	0,150	119
304	Val-Suzon	0,099	183
305	Varanges	0,713	668
306	Varois-et-Chaignot	1,972	1992
307	Velars-sur-Ouche	1,433	1738
308	Verrey-sous-Salmaise	0,382	314
309	Veuvey-sur-Ouche	0,158	159
310	Viévigne	0,153	205
311	Villebichot	0,264	273
312	Villotte-Saint-Seine	0,097	74
	Aire Urbaine de Lyon		
313	Balan	1,340	2418
314	Béligneux	1,957	2603
315	Beynost	3,346	3560
316	Blyes	0,763	711
317	Boisse (La)	2,916	2741
318	Bourg-Saint-Christophe	0,937	841
319	Bressolles	0,770	595
320	Charnoz-sur-Ain	1,233	816
321	Civrieux	0,580	1146
322	Dagneux	5,710	3797
323	Faramans	0,533	598
324	Loyettes	1,106	2354
325	Massieux	6,932	2149
326	Mionnay	1,083	2125
327	Miribel	3,512	8600
328	Misérieux	2,457	1821
329	Montellier (Le)	0,145	223
330	Monthieux	0,547	588
331	Montluel	1,663	6671
332	Neyron	4,056	2174
333	Niévroz	1,308	1368
334	Parcieux	2,939	923
335	Pizay	0,572	640
336	Rancé	0,526	501
337	Reyrieux	2,371	3722
338	Saint-André-de-Corcy	1,507	3125
339	Saint-Bernard	4,105	1293
340	Sainte-Croix	0,445	473
341	Saint-Didier-de-Formans	2,412	1575

	Nom de la commune	Densité (hab./km2)	Population ssdc 1999		Nom de la commune	Densité (hab./km2)	Population ssdc 1999
342	Ambérieux-en-Dombes	2,554	1162	398	Vernas	0,296	174
343	Saint-Eloi	0,295	420	399	Verpillière (La)	8,750	5810
344	Sainte-Euphémie	2,453	1131	400	Veyssilieu	0,373	242
345	Saint-Jean-de-Niost	0,775	1100	401	Villefontaine	15,506	18034
346	Saint-Jean-de-Thurigneux	0,349	558	402	Villemoirieu	1,127	1498
347	Saint-Marcel	0,916	1066	403	Villette-d'Anthon	1,769	4034
348	Saint-Maurice-de-Beynost	5,804	4057	404	Villette-de-Vienne	1,073	1183
349	Saint-Maurice-de-Gourdans	0,777	1974	405	Dargoire	2,141	411
350	Sainte-Olive	0,345	255	406	Tartaras	1,737	679
351	Thil	1,864	960	407	Albigny-sur-Saône	10,451	2686
352	Toussieux	1,546	733	408	Ambérieux	0,949	432
353	Tramoyes	1,192	1541	409	Anse	3,196	4867
354	Trévoux	11,553	6597	410	Arbresle (L')	17,783	5975
355	Annoisin-Chatelans	0,414	549	411	Belmont-d'Azergues	4,079	616
356	Anthon	1,054	930	412	Bessenay	1,361	1907
357	Artas	0,957	1354	413	Bibost	0,771	403
358	Beauvoir-de-Marc	0,854	963	414	Breuil (Le)	0,652	367
359	Bonnefamille	0,986	930	415	Brignais	10,902	11294
360	Chamagnieu	0,874	1197	416	Brindas	4,115	4638
361	Charantonnay	1,431	1574	417	Bron	36,950	38058
362	Charvieu-Chavagneux	9,208	7965	418	Brullioles	0,475	582
363	Chasse-sur-Rhône	6,190	4896	419	Brussieu	1,242	837
364	Chavanoz	4,847	3994	420	Bully	1,445	1819
365	Chozeau	1,006	825	421	Cailloux-sur-Fontaines	2,521	2191
366	Crémieu	5,226	3209	422	Caluire-et-Cuire	39,873	41667
367	Diémoz	1,650	2264	423	Champagne-au-Mont-d'Or	19,293	4997
368	Dizimieu	0,517	504	424	Chaponost	4,846	7909
369	Four	0,780	922	425	Charbonnières-les-Bains	10,775	4450
370	Frontonas	1,371	1734	426	Charly	7,788	3964
371	Grenay	1,672	1204	427	Charnay	1,377	972
372	Heyrieux	3,004	4190	428	Chassagny	1,148	1071
373	Isle-d'Abeau (L')	13,384	12193	429	Chasselay	2,051	2621
374	Janneyrias	1,116	1174	430	Châtillon	1,801	1929
375	Leyrieu	1,017	650	431	Chaussan	1,207	952
376	Luzinay	1,056	2003	432	Chazay-d'Azergues	6,636	3942
377	Moras	0,508	423	433	Chères (Les)	1,980	1081
378	Optevoz	0,452	542	434	Chessy	3,167	1441
379	Oytier-Saint-Oblas	0,952	1361	435	Chevinay	0,544	480
380	Panossas	0,630	503	436	Civrieux-d'Azergues	2,620	1315
381	Pont-de-Chéruy	18,279	4588	437	Collonges-au-Mont-d'Or	9,193	3475
382	Roche	0,781	1572	438	Courzieu	0,425	1150
383	Saint-Georges-d'Espéranche	1,167	2876	439	Couzon-au-Mont-d'Or	8,415	2617
384	Saint-Hilaire-de-Brens	0,555	417	440	Craponne	17,478	8075
385	Saint-Just-Chaleyssin	1,626	2268	441	Curis-au-Mont-d'Or	2,987	905
386	Saint-Marcel-Bel-Accueil	0,704	1284	442	Dardilly	5,876	8220
387	Saint-Quentin-Fallavier	2,585	5901	443	Dommartin	3,331	2405
388	Saint-Romain-de-Jalionas	2,033	2775	444	Echalas	0,554	1161
389	Satolas-et-Bonce	0,993	1668	445	Ecully	22,218	18774
390	Septème	0,689	1484	446	Eveux	2,452	814
391	Serpaize	1,081	1266	447	Fleurieu-sur-Saône	4,464	1299
392	Siccieu-Saint-Julien-et-Caris	0,354	504	448	Fleurieux-sur-l'Arbresle	2,149	2044
393	Tignieu-Jameyzieu	3,686	4910	449	Fontaines-Saint-Martin	10,007	2742
394	Trept	0,986	1564	450	Fontaines-sur-Saône	29,328	6804
395	Valencin	2,172	2092	451	Francheville	13,974	11431
396	Vaulx-Milieu	2,492	2248	452	Givors	10,705	18562
397	Vénérieu	0,648	389	453	Grézieu-la-Varenne	5,597	4170

	Nom de la commune	Densité (hab./km2)	Population ssdc 1999
454	Grigny	13,830	7952
455	Irigny	9,576	8465
456	Légny	1,136	451
457	Lentilly	2,594	4771
458	Limonest	3,395	2848
459	Lissieu	5,523	3126
460	Loire-sur-Rhône	1,290	2142
461	Lozanne	3,947	2171
462	Lucenay	2,214	1388
463	Lyon	94,670	453187
464	Marcilly-d'Azergues	2,026	847
465	Marcy	1,751	583
466	Marcy-l'Etoile	5,898	3167
467	Messimy	2,450	2719
468	Millery	3,731	3440
469	Montagny	2,827	2346
470	Morancé	1,844	1706
471	Mornant	3,062	4825
472	Mulatière (La)	37,681	6858
473	Neuville-sur-Saône	13,005	7114
474	Nuelles	2,540	513
475	Orliénas	1,918	1999
476	Oullins	57,905	25478
477	Pierre-Bénite	22,355	10015
478	Poleymieux-au-Mont-d'Or	1,755	1090
479	Pollionnay	1,009	1594
480	Quincieux	1,523	2699
481	Riverie	6,524	274
482	Rochetaillée-sur-Saône	8,837	1140
483	Rontalon	0,710	899
484	Sain-Bel	5,245	1930
485	Sarcey	0,797	796
486	Savigny	0,872	1868
487	Soucieu-en-Jarrest	2,282	3240
488	Sourcieux-les-Mines	1,788	1781
489	Saint-Andéol-le-Château	1,392	1385
490	Saint-André-la-Côte	0,384	183
491	Sainte-Catherine	0,635	874
492	Sainte-Consorce	2,947	1712
493	Saint-Cyr-au-Mont-d'Or	7,580	5526
494	Saint-Didier-au-Mont-d'Or	7,463	6224
495	Saint-Didier-sous-Riverie	0,834	1159
496	Saint-Fons	25,957	15730
497	Sainte-Foy-lès-Lyon	31,404	21449
498	Saint-Genis-Laval	15,317	19790
499	Saint-Genis-les-Ollières	12,834	4800
500	Saint-Germain-au-Mont-d'Or	4,429	2405
501	Saint-Germain-sur-l'Arbresle	1,752	1142
502	Saint-Jean-des-Vignes	1,486	382
503	Saint-Jean-de-Touslas	1,127	628
504	Saint-Julien-sur-Bibost	0,386	513
505	Saint-Laurent-d'Agny	1,728	1823
506	Saint-Laurent-de-Vaux	0,814	215
507	Saint-Maurice-sur-Dargoire	1,304	2122
508	Saint-Pierre-la-Palud	2,675	2014
509	Saint-Romain-au-Mont-d'Or	3,817	1000
510	Saint-Romain-en-Gier	1,272	515
511	Saint-Sorlin	1,479	695
512	Taluyers	2,339	1892
513	Tassin-la-Demi-Lune	20,710	16133
514	Thurins	1,277	2473
515	Tour-de-Salvagny (La)	4,104	3460
516	Vaugneray	1,895	4241
517	Vaulx-en-Velin	18,838	39466
518	Vénissieux	36,847	56487
519	Vernaison	10,000	4030
520	Villeurbanne	87,671	127299
521	Vourles	4,954	2774
522	Yzeron	0,723	777
523	Chaponnay	1,765	3335
524	Chassieu	8,073	9340
525	Communay	3,722	3923
526	Corbas	7,836	9309
527	Décines-Charpieu	14,300	24324
528	Feyzin	8,877	8557
529	Genas	4,704	11214
530	Genay	5,536	4700
531	Jonage	4,457	5398
532	Jons	1,487	1102
533	Marennes	1,200	1493
534	Meyzieu	12,272	28238
535	Mions	8,943	10347
536	Montanay	3,378	2419
537	Pusignan	2,386	3111
538	Rillieux-la-Pape	19,848	28740
539	Saint-Bonnet-de-Mure	3,441	5622
540	Saint-Laurent-de-Mure	2,536	4725
541	Saint-Pierre-de-Chandieu	1,420	4159
542	Saint-Priest	13,872	41213
543	Saint-Symphorien-d'Ozon	3,809	5093
544	Sathonay-Camp	23,015	4511
545	Sathonay-Village	3,311	1705
546	Sérézin-du-Rhône	6,249	2481
547	Simandres	1,209	1263
548	Solaize	2,825	2288
549	Ternay	5,764	4646
550	Toussieu	4,046	2031
551	Colombier-Saugnieu	0,765	2113
	Aire Urbaine de Grenoble		
552	Adrets (Les)	0,399	645
553	Avignonet	0,226	190
554	Bernin	3,820	2930
555	Biviers	3,979	2455
556	Bresson	2,723	757
557	Brié-et-Angonnes	1,897	1840
558	Champagnier	1,472	973
559	Champ-près-Froges (Le)	2,408	1163
560	Champ-sur-Drac	3,686	3288
561	Cholonge	0,257	229
562	Claix	3,155	7610
563	Saint-Martin-de-la-Cluze	0,350	569
564	Combe-de-Lancey (La)	0,289	537
565	Corenc	6,075	3949
566	Crolles	5,948	8452

	Nom de la commune	Densité (hab./km2)	Population ssdc 1999
567	Domène	12,181	6444
568	Echirolles	42,200	33169
569	Engins	0,205	423
570	Eybens	21,213	9546
571	Flachère (La)	1,382	394
572	Fontaine	34,994	23586
573	Fontanil-Cornillon	4,498	2474
574	Froges	4,820	3099
575	Gières	8,896	6165
576	Goncelin	1,359	1951
577	Grenoble	86,157	156203
578	Gua (Le)	0,605	1722
579	Herbeys	1,520	1175
580	Hurtières	0,364	122
581	Jarrie	3,047	4040
582	Laffrey	0,470	316
583	Laval	0,320	810
584	Lumbin	2,176	1473
585	Meylan	15,458	19044
586	Miribel-Lanchâtre	0,263	254
587	Montaud	0,265	386
588	Montbonnot-Saint-Martin	7,122	4544
589	Montchaboud	1,740	341
590	Monteynard	0,375	402
591	Mont-Saint-Martin	0,194	103
592	MorÛtel-de-Mailles	0,453	304
593	Motte-Saint-Martin (La)	0,236	345
594	Murianette	1,020	619
595	Notre-Dame-de-Commiers	0,791	379
596	Notre-Dame-de-Mésage	2,675	1212
597	Notre-Dame-de-Vaux	0,638	503
598	Noyarey	1,314	2215
599	Pierre (La)	1,178	390
600	Poisat	8,266	2116
601	Pommiers-la-Placette	0,350	592
602	Pont-de-Claix (Le)	21,020	11771
603	Proveysieux	0,238	484
604	Quaix-en-Chartreuse	0,417	754
605	Revel	0,396	1171
606	Rivière (La)	0,256	473
607	Sainte-Agnès	0,174	468
608	Saint-Barthélemy-de-Séchilien	0,440	533
609	Saint-Egrève	14,422	15691
610	Saint-Georges-de-Commiers	1,298	1898
611	Saint-Guillaume	0,204	272
612	Saint-Ismier	4,166	6208
613	Saint-Jean-de-Vaulx	0,425	456
614	Saint-Jean-le-Vieux	0,449	206
615	Saint-Joseph-de-Rivière	0,560	974
616	Saint-Julien-de-Raz	0,415	449
617	Sainte-Marie-d'Alloix	1,882	572
618	Saint-Martin-d'Hères	38,798	35927
619	Saint-Martin-d'Uriage	1,633	4848
620	Saint-Martin-le-Vinoux	5,202	5233
621	Saint-Mury-Monteymond	0,284	315
622	Saint-Nazaire-les-Eymes	2,792	2370
623	Saint-Nizier-du-Moucherotte	0,725	816
624	Saint-Pancrasse	0,617	414
625	Saint-Paul-de-Varces	0,941	1852
626	Saint-Pierre-de-Mésage	0,966	679
627	Saint-Quentin-sur-Isère	0,639	1242
628	Saint-Théoffrey	0,600	345
629	Saint-Vincent-de-Mercuze	1,749	1373
630	Sappey-en-Chartreuse (Le)	0,627	949
631	Sarcenas	0,183	142
632	Sassenage	7,486	9964
633	Séchilienne	0,358	768
634	Seyssinet-Pariset	12,401	13207
635	Seyssins	8,671	6937
636	Sinard	0,565	590
637	Tencin	1,332	899
638	Terrasse (La)	2,135	2022
639	Theys	0,453	1620
640	Touvet (Le)	2,462	2846
641	Treffort	0,118	130
642	Tronche (La)	10,393	6672
643	Varces-Allières-et-Risset	3,056	6381
644	Vaulnaveys-le-Bas	0,990	1178
645	Vaulnaveys-le-Haut	1,569	3116
646	Venon	1,574	683
647	Versoud (Le)	6,035	3832
648	Veurey-Voroize	1,102	1346
649	Vif	2,297	6500
650	Villard-Bonnot	11,865	6929
651	Vizille	7,264	7634
652	Voreppe	3,338	9564
	Aire Urbaine de Saint-Etienne		
653	Aboen	0,261	234
654	Aveizieux	1,428	1288
655	Bessat (Le)	0,419	422
656	Caloire	0,585	275
657	Chambles	0,410	775
658	Chambon-Feugerolles (Le)	8,111	14202
659	Etrat (L')	3,084	2615
660	Firminy	18,715	19557
661	Fontanès	0,882	585
662	Fraisses	8,575	3970
663	Gimond (La)	0,650	219
664	Planfoy	0,707	867
665	Ricamarie (La)	12,240	8507
666	Roche-la-Molière	5,821	10152
667	Rozier-Côtes-d'Aurec	0,266	370
668	Saint-Bonnet-les-Oules	1,039	1290
669	Saint-Christo-en-Jarez	0,638	1390
670	Saint-Etienne	22,949	183522
671	Saint-Genest-Lerpt	4,554	5775
672	Saint-Héand	1,204	3770
673	Saint-Jean-Bonnefonds	5,306	6150
674	Saint-Maurice-en-Gourgois	0,406	1292
675	Saint-Paul-en-Cornillon	3,626	1349
676	Saint-Priest-en-Jarez	19,238	5906
677	Saint-Romain-les-Atheux	0,559	821

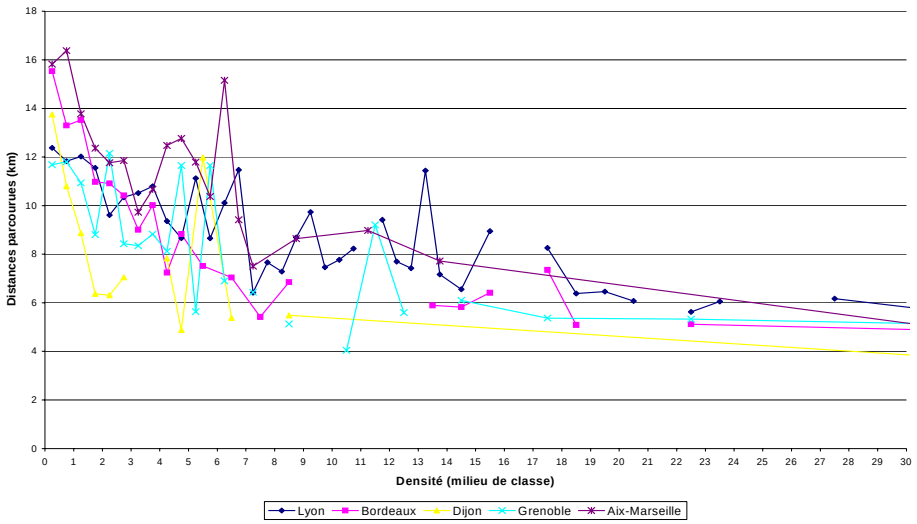
	Nom de la commune	Densité (hab./km2)	Population ssdc 1999
678	Sorbiers	6,174	7526
679	Talaudière (La)	8,874	6771
680	Tarentaise	0,331	416
681	Tour-en-Jarez (La)	2,343	1183
682	Unieux	9,826	8431
683	Villars	15,180	8683
684	Chapelle-d'Aurec (La)	0,539	635
685	Pont-Salomon	1,998	1684
686	Saint-Ferréol-d'Auroure	1,920	2083
	Aire Urbaine d'Aix-Marseille		
687	Aix-en-Provence	7,366	137067
688	Allauch	3,786	19042
689	Aubagne	7,848	43083
690	Auriol	2,134	9528
691	Beaurecueil	0,585	577
692	Belcodène	1,141	1480
693	Berre-l'Etang	3,094	13503
694	Bouc-Bel-Air	5,715	12430
695	Bouilladisse (La)	3,921	4944
696	Cabriès	2,191	8007
697	Cadolive	5,000	2090
698	Carry-le-Rouet	6,047	6107
699	Cassis	3,003	8070
700	Châteauneuf-le-Rouge	1,437	1890
701	Cuges-les-Pins	0,974	3782
702	Destrousse (La)	8,553	2506
703	Eguilles	2,119	7219
704	Ensuès-la-Redonne	1,774	4581
705	Fare-les-Oliviers (La)	4,588	6414
706	Fuveau	2,522	7572
707	Gardanne	7,283	19679
708	Gémenos	1,688	5527
709	Gignac-la-Nerthe	10,722	9264
710	Gréasque	5,842	3593
711	Jouques	0,420	3378
712	Lanèon-Provence	0,985	6786
713	Marignane	14,783	34238
714	Marseille	33,541	807071
715	Meyrargues	0,794	3307

	Nom de la commune	Densité (hab./km2)	Population ssdc 1999
716	Meyreuil	2,211	4450
717	Mimet	2,241	4190
718	Penne-sur-Huveaune (La)	16,952	6035
719	Pennes-Mirabeau (Les)	5,718	19247
720	Peynier	1,192	2952
721	Peypin	3,729	4978
722	Plan-de-Cuques	12,376	10544
723	Puyloubier	0,392	1603
724	Rognac	6,712	11719
725	Rognes	0,730	4255
726	Roquefort-la-Bédoule	1,533	4774
727	Roquevaire	3,325	7924
728	Rousset	1,864	3635
729	Rove (Le)	1,767	4059
730	Saint-Antonin-sur-Bayon	0,096	168
731	Saint-Cannat	1,289	4709
732	Saint-Estève-Janson	0,355	307
733	Saint-Marc-Jaumegarde	0,484	1093
734	Saint-Savournin	4,375	2577
735	Saint-Victoret	14,488	6853
736	Sausset-les-Pins	6,078	7354
737	Septèmes-les-Vallons	5,735	10232
738	Simiane-Collongue	1,786	5329
739	Tholonet (Le)	2,126	2300
740	Trets	1,336	9395
741	Vauvenargues	0,135	733
742	Velaux	3,046	7686
743	Venelles	3,720	7641
744	Ventabren	1,760	4633
745	Vitrolles	10,139	37087
746	Coudoux	2,308	2919
747	Carnoux-en-Provence	20,609	7110
748	Nans-les-Pins	0,663	3181
749	Plan-d'Aups-Sainte-Baume	0,308	768
750	Pourcieux	0,436	926
751	Pourrières	0,711	4005
752	Riboux	0,016	22
753	Saint-Zacharie	1,556	4205

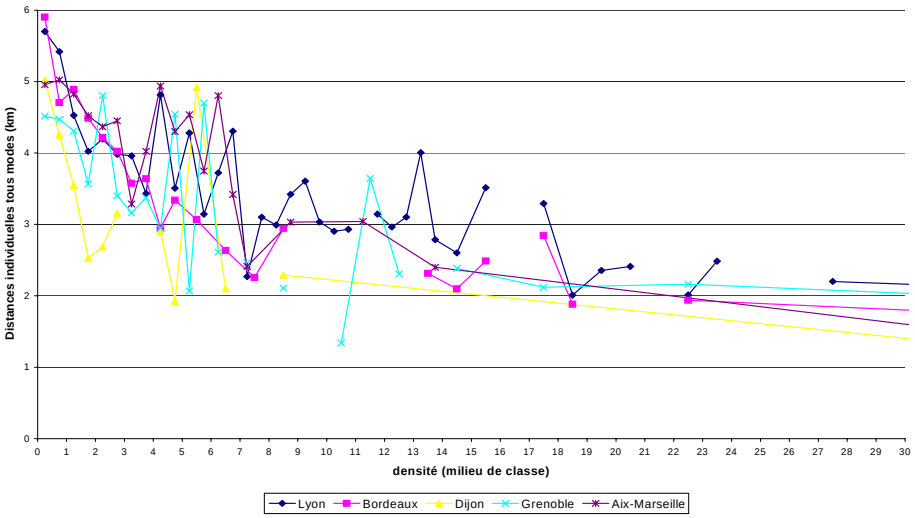
ANNEXE 2

Résultats des analyses par classes de densité par aire urbaine

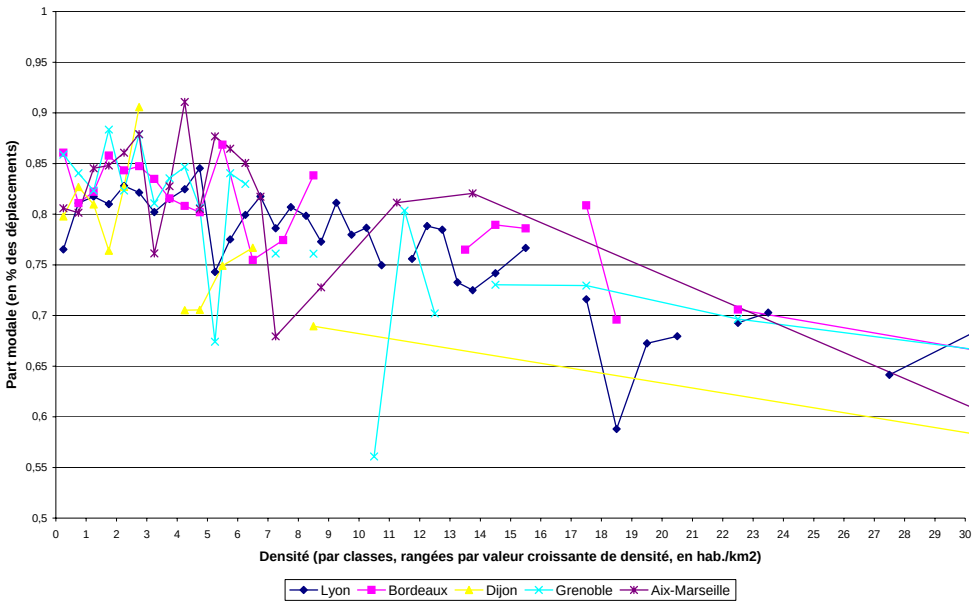
Distances moyennes de déplacement par classe de densité résidentielle brute



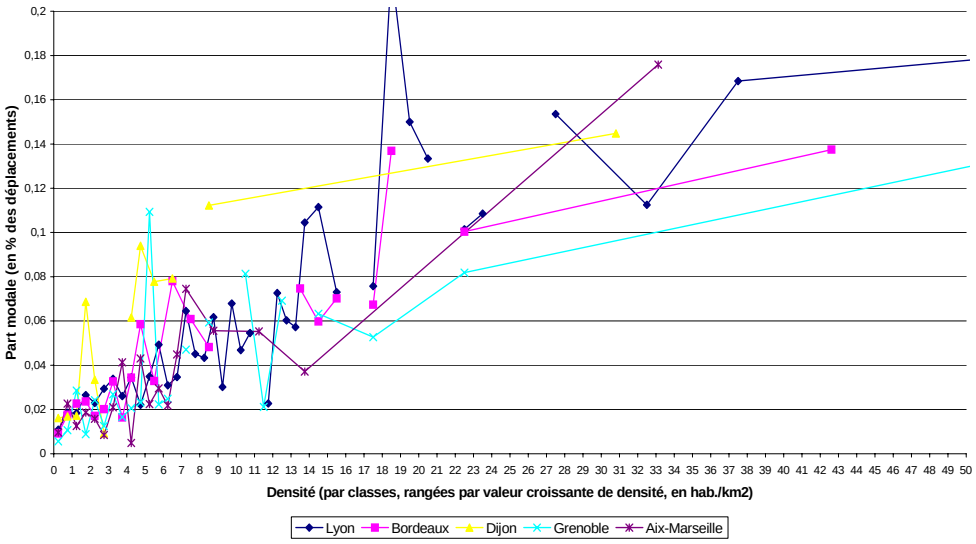
Distances individuelles par classe de densité résidentielle brute



Part modale de la VP par classe de densité résidentielle brute

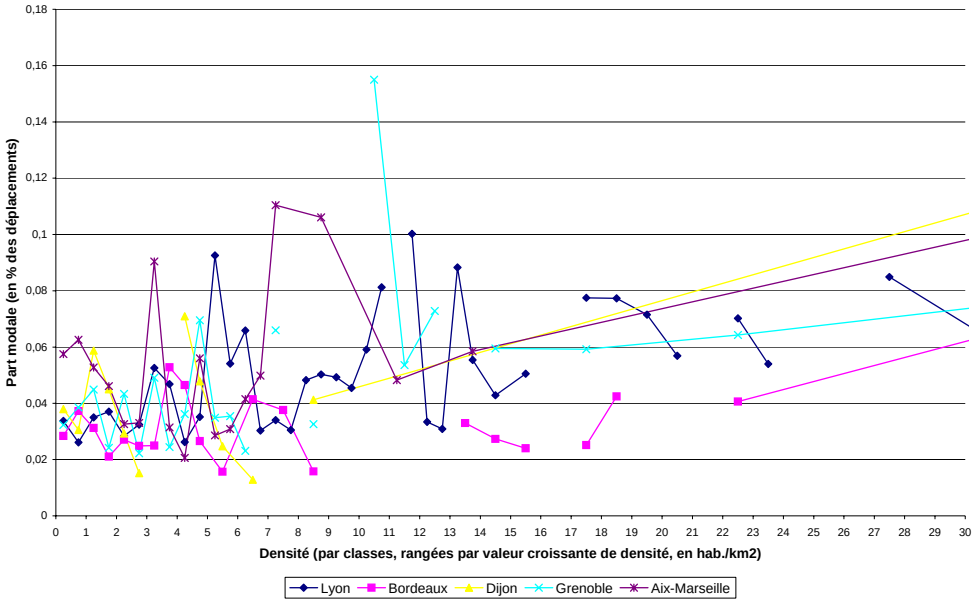


Part modale des TCU par classe de densité résidentielle brute



.

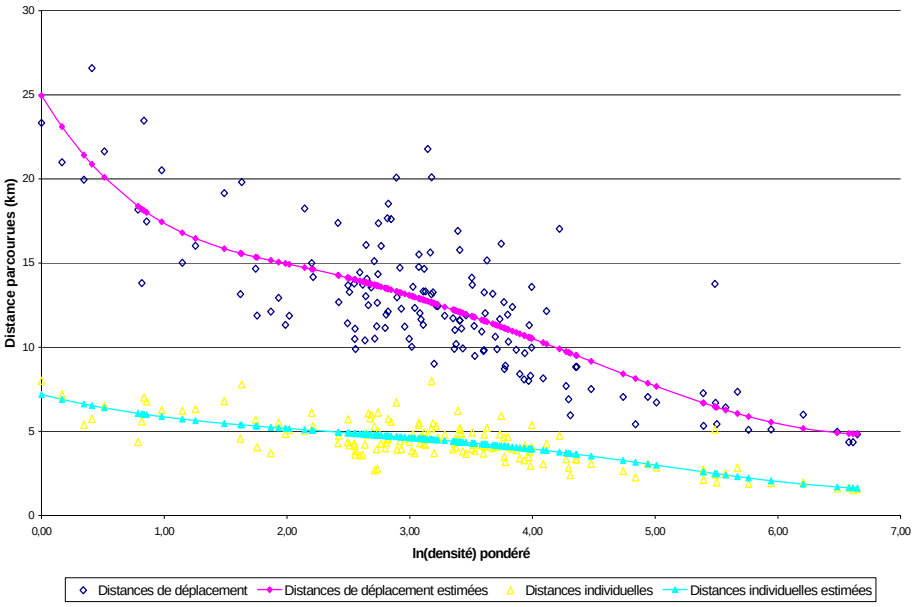
Part modale de la MAP par classe de densité résidentielle brute



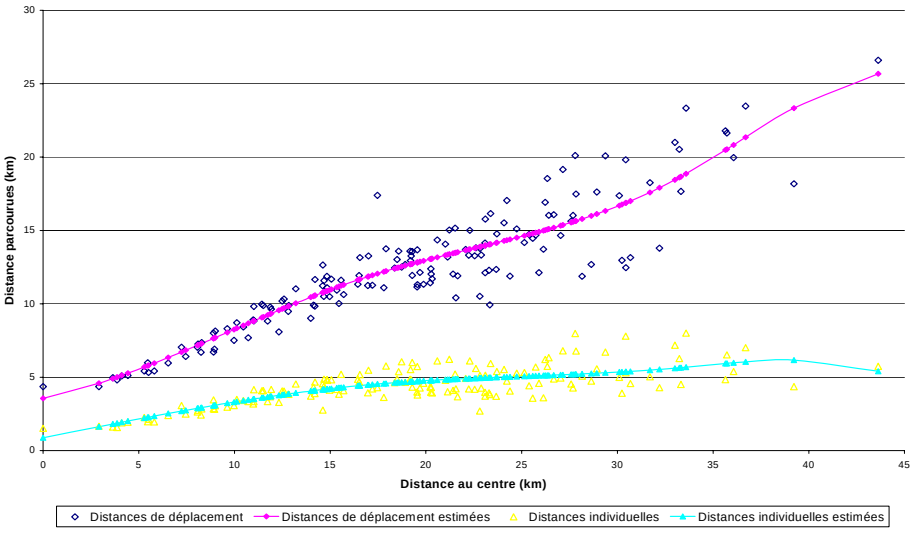
ANNEXE 3

Résultats des régressions *spline* cubiques par aire urbaine

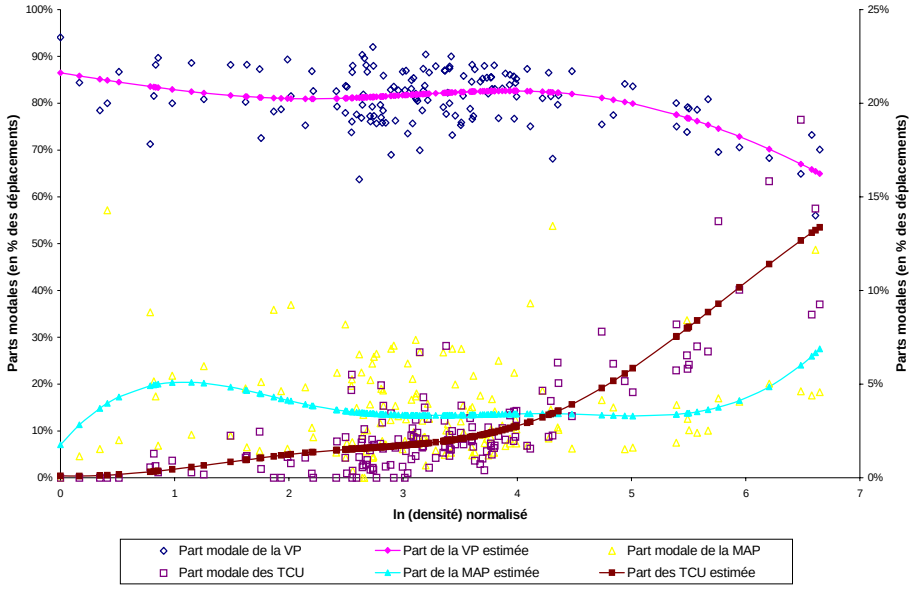
BORDEAUX - Distances parcourues en fonction du logarithme de la densité



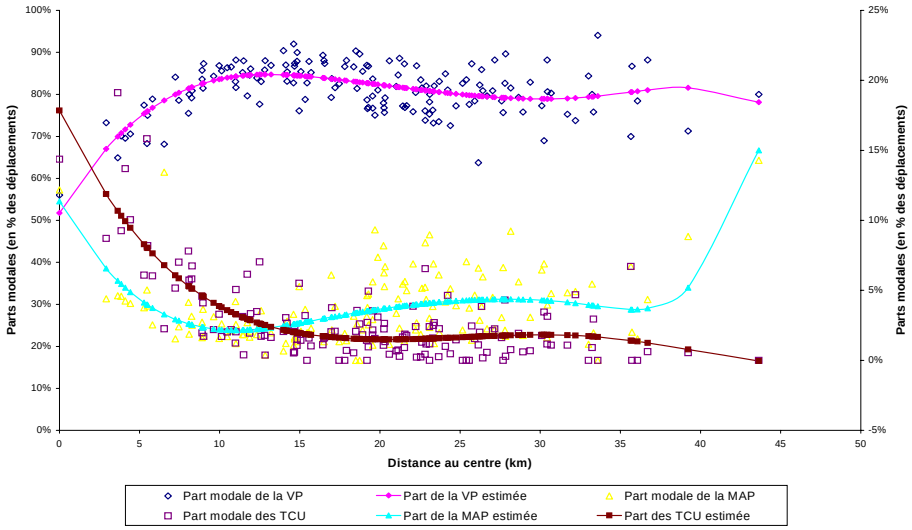
BORDEAUX - Distances parcourues en fonction de la distance au centre



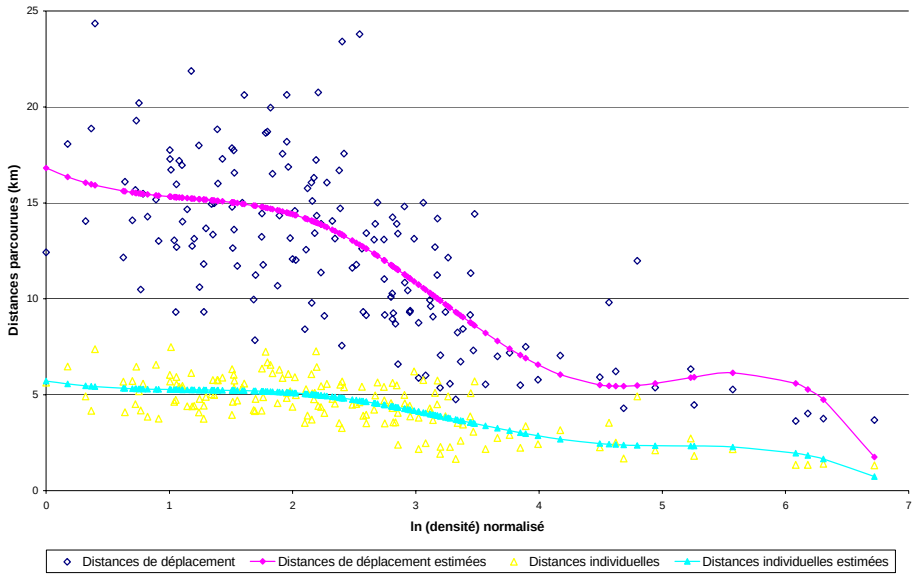
BORDEAUX – Parts modales en fonction du logarithme de la densité



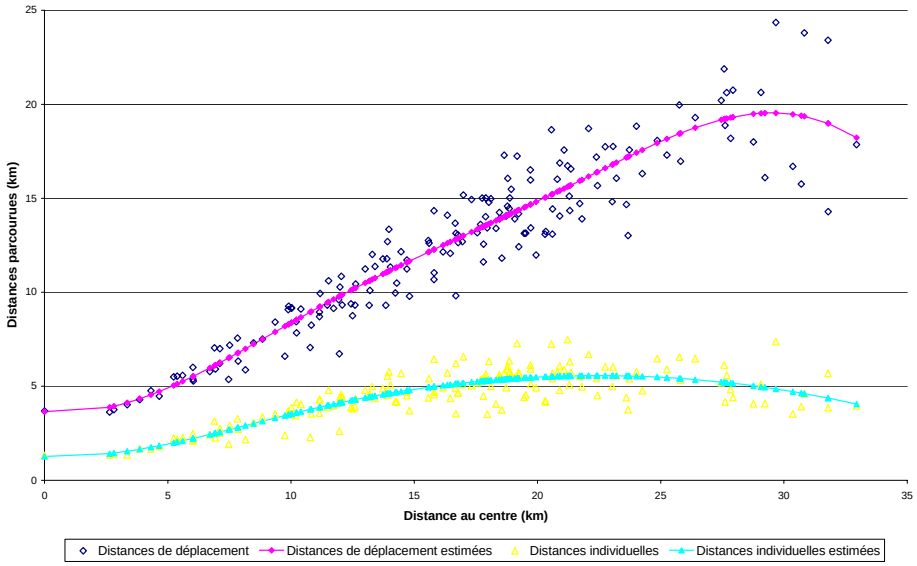
BORDEAUX – Parts modales en fonction de la distance au centre



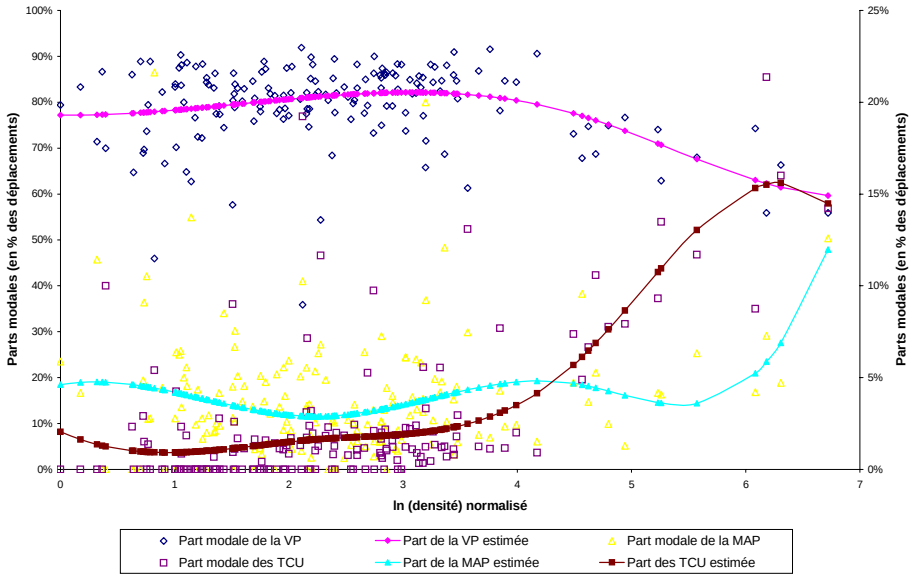
DIJON - Distances parcourues en fonction du logarithme de la densité



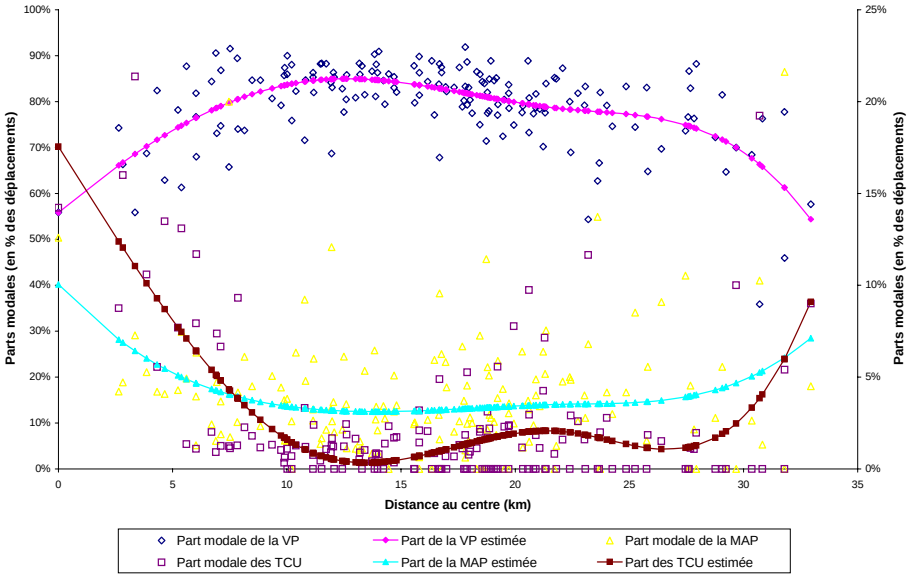
DIJON - Distances parcourues en fonction de la distance au centre



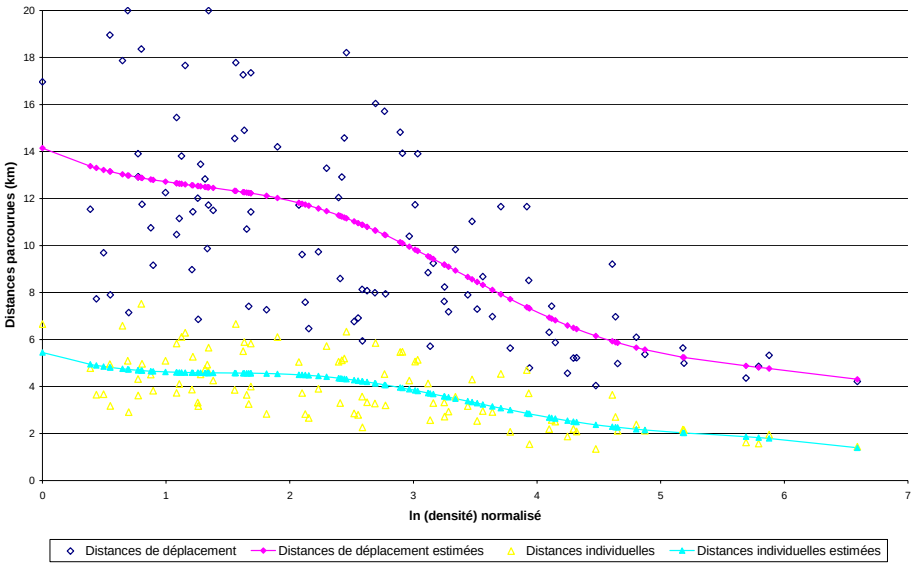
DIJON - Parts modales en fonction du logarithme de la densité



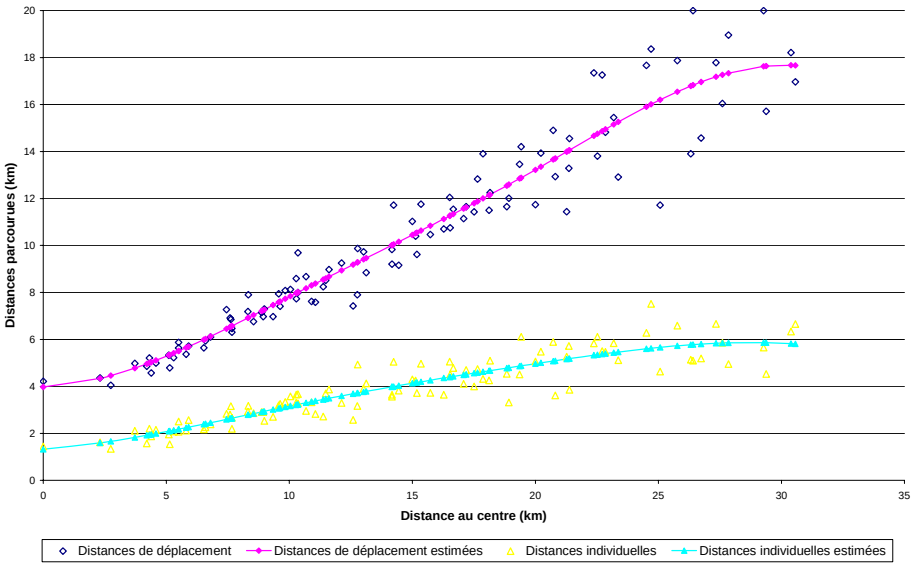
DIJON - Parts modales en fonction de la distance au centre



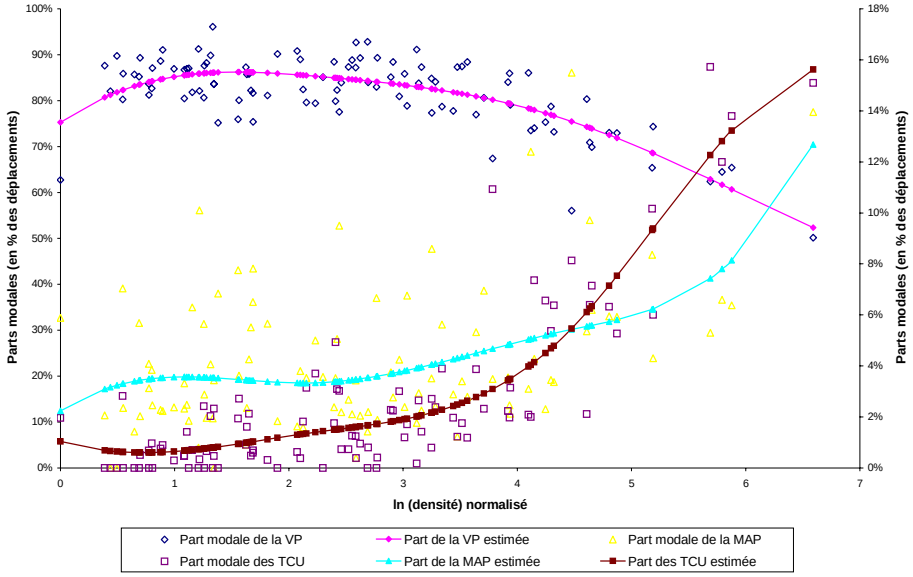
GRENOBLE - Distances parcourues en fonction du logarithme de la densité



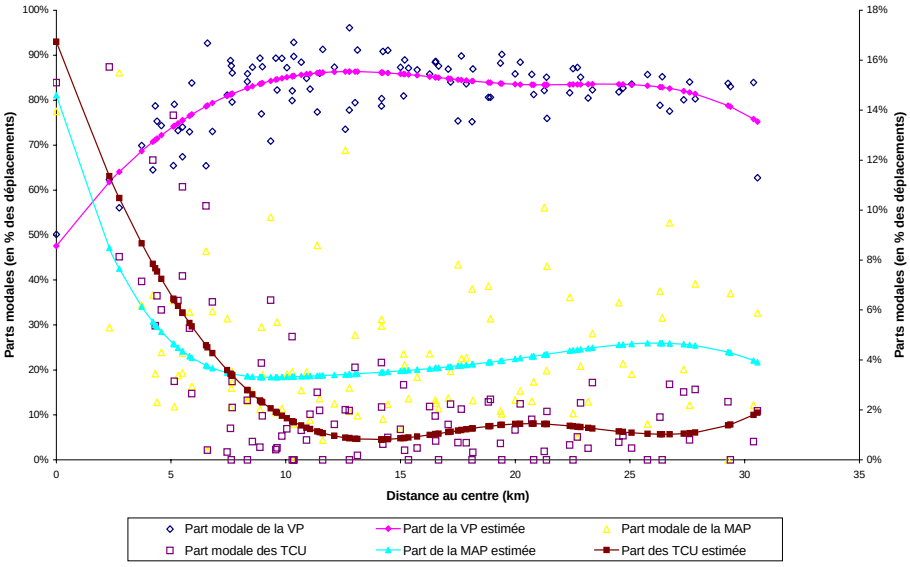
GRENOBLE - Distances parcourues en fonction de la distance au centre



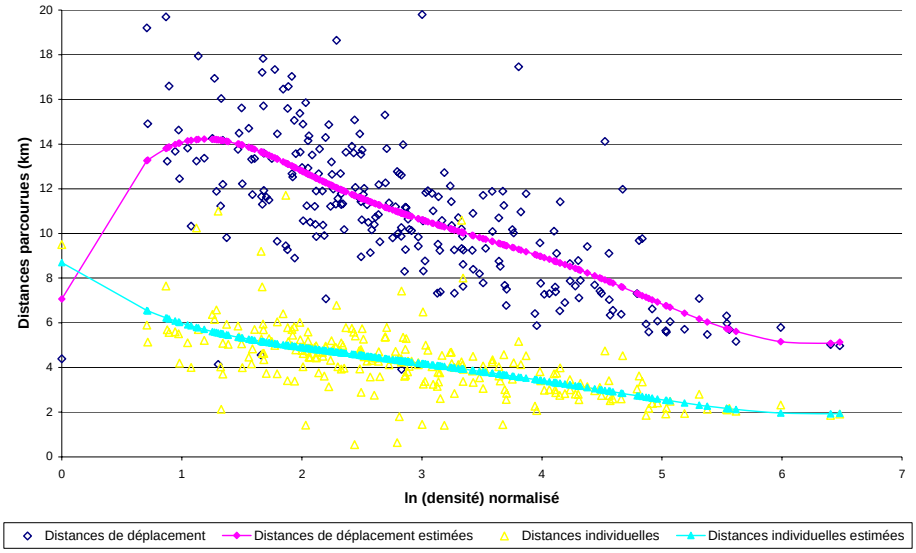
GRENOBLE - Parts modales en fonction du logarithme de la densité



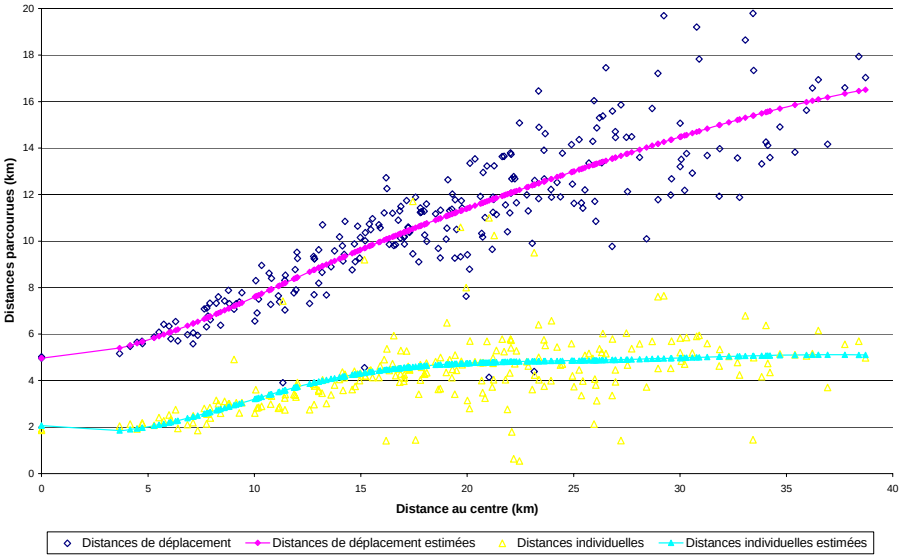
GRENOBLE - Parts modales en fonction de la distance au centre



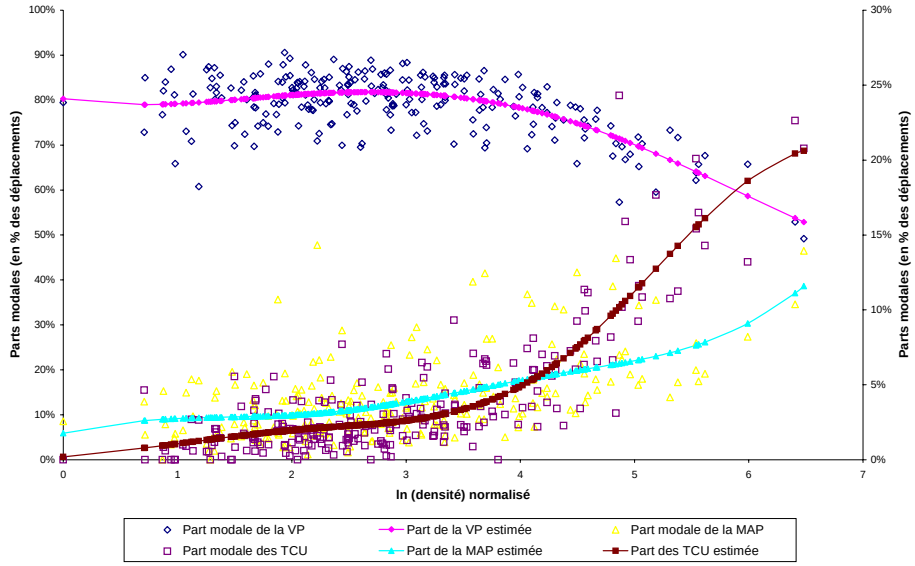
LYON - Distances parcourues en fonction du logarithme de la densité



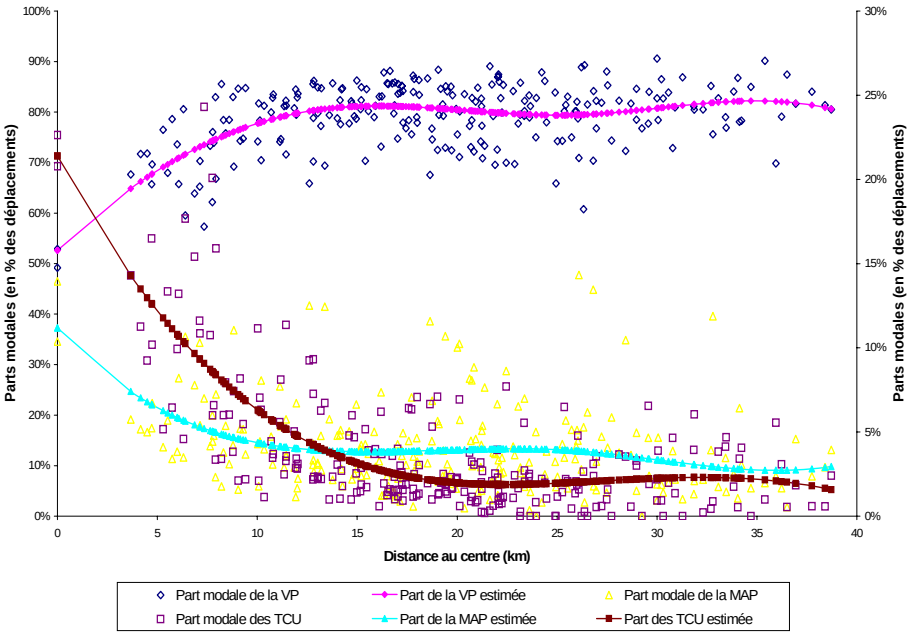
LYON - Distances parcourues en fonction de la distance au centre



LYON - Parts modales en fonction du logarithme de la densité



LYON - Parts modales en fonction de la distance au centre



ANNEXE 4

Méthode de calcul des distances parcourues en VP

L'enquête Ménages Déplacements (E.M.D) de Bordeaux n'est pas renseignée sur les distances de déplacement. Pourtant, la variable du kilométrage parcouru en automobile par personne est une bonne *proxy* de la variable de dépenses énergétiques.

Nous avons donc dû reconstituer les distances parcourues en automobile pour chaque type de déplacement, c'est-à-dire pour chaque couple origine-destination. Etant donné la précision des données, il eût été dommage de se contenter de distances « à vol d'oiseau », trop approximatives. Elles ne tiennent pas compte du tracé du réseau routier, ni surtout de la possibilité d'effectuer un déplacement périphérique plutôt que radial, phénomène qui a été présenté comme une des sources principales de l'accroissement des distances parcourues, et accessoirement comme une résultante de la structure urbaine.

Les distances de déplacement ont été reconstituées au moyen d'un logiciel de routage, MS AutoRoute® 2003, sur la base d'**hypothèses** concernant :

- *La rationalité des agents*. Le logiciel propose plusieurs types d'itinéraires pour un même couple d'origine/destination. Nous avons choisi le trajet « le plus rapide » de préférence au trajet « le plus court » : ce choix nous semblait cadrer avec le type de rationalité habituellement prêté aux agents, qui consiste à optimiser le *temps* de déplacement plutôt que la *distance* (Wiel, 2002, 2003 ; Levinson & Kumar, 1997 ; Gordon *et alii*, 1991). Nous avons pu constater que pour un même couple origine/destination, la distance parcourue pour un trajet de durée comparable pouvait être extrêmement variable ;
- *Les conditions de circulation*. Le logiciel est incapable de prendre en compte la congestion et les différentes friction du déplacement liées à l'attente aux feux, stops, etc. Il fut donc décidé de spécifier des vitesses moyennes légèrement en-dessous des maximales autorisées[162].

Pour chaque zone, il est nécessaire de déterminer un **centroïde** faisant office d'origine et de destination du déplacement. Plusieurs cas de figure se sont présentés :

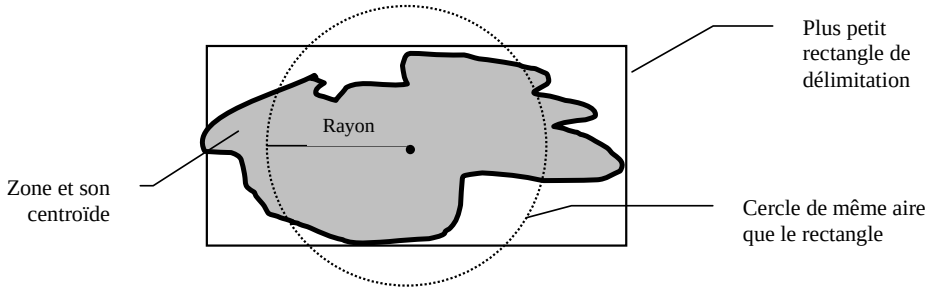
- Pour les petites zones centrales, le choix du centroïde s'est effectué de manière approximative au moyen de cartes routières. Leur faible superficie empêche de trop grandes marges d'erreur ;
- Dans les grandes zones périphériques, pour lesquelles le logiciel ne dispose pas du tracé exact des rues, le centroïde a été assimilé par convention à la mairie de la (des) commune(s) composant la zone[163].

[162] De 100 km/h sur la rocade (au lieu de 110) à 30 km/h dans les rues (au lieu de 50).
[163] Faute de point de repère plus pertinent. La mairie est souvent le point de densité maximale de la commune.

Néanmoins, cette technique n'est valable que pour les échanges entre zones. En ce qui concerne les déplacements intra-zones, plusieurs cas de figure se sont présentés :

- Les déplacements internes d'une zone contenant plusieurs centroïdes (i.e. plusieurs communes, cas de plusieurs zones périphériques), la distance intra-zone a été assimilée à la distance moyenne entre les différents centroïdes, calculée avec MS AutoRoute® ;
- Les déplacements internes aux zones ne contenant qu'un seul centroïde (cas des zones centrales ou des zones ne contenant qu'une seule commune), la distance moyenne intra-zone a été assimilée au rayon du cercle de même aire que la zone ; les aires ont été obtenues à partir du logiciel de cartographie Mapinfo Professional 5.5 ®, qui utilise la méthode du « plus petit rectangle de délimitaion » (cf. pour une correspondance entre la méthode du plus petit rectangle de délimitation et notre méthode de calcul des distances intra-zone).

Calcul de la distance intra-zone pour les zones ne contenant qu'un seul centroïde



En croisant les distances de déplacement ainsi calculées à la matrice origine-destination des déplacements, on obtient le kilométrage total parcouru en VP par les habitants d'une zone. Il suffit ensuite de déflater par rapport à la population ou au nombre de déplacements pour obtenir la variable de kilométrage VP individuel et la distance moyenne de déplacement VP.

ANNEXE 5

Liste des communes comprises dans l'Enquête Ménages-Déplacements (E.M.D) de Bordeaux, 1998

33003 AMBARES ET LAGRAVE	33143 CUBZAC-LES-PONTS	33334 PORTETS
33004 AMBES	33145 CURSAN	33335 POUT (Le)
33012 ARSAC	33162 EYSINES	33349 QUINSAC
33013 ARTIGUES-PRES-BORDEAUX	33165 FARGUES-STHILAIRE	33363 SADIRAC
33018 AUBIE-ET-ESPESSAS	33167 FLOIRAC	33366 SAINT-ANDRÉ-DE- CUBZAC
33022 AVENSAN	33192 GRADIGNAN	33371 SAINT-ANTOINE
33023 AYGUEMORTES-LES-GRAVES	33200 HAILLAN (Le)	33376 SAINT-AUBIN-DE-MEDOC
33032 BASSENS	33201 HAUX	33381 SAINT-CAPRAIS-DE-BORDEAUX
33033 BAURECH	33206 ISLE-SAINT-GEORGES	33397 SAINTE EULALIE
33037 BEAUTIRAN	33207 IZON	33408 SAINT-GENES-DE-LOMBAUD
33039 BEGLES	33211 LABARDE	33415 SAINT-GERVAIS
33049 BEYCHAC ET CAILLAU	33213 BREDE (La)	33422 SAINT-JEAN-D'ILLAC
33056 BLANQUEFORT	33219 LANDE-DE-FRONSAC (La)	33433 SAINT-LOUBES
33061 BONNETAN	33234 LATRESNE	33434 SAINT-LOUIS-DE-MONTFERRAND
33063 BORDEAUX	33238 LEOGNAN	33448 SAINT-MEDARD-D'EYRANS
33065 BOULIAC	33241 LESTIAC-SUR-GARONNE	33449 SAINT MEDARD-EN-JALLES
33069 BOUSCAT (Le)	33245 LIGNAN-DE-BORDEAUX	33454 SAINT-MORILLON
33075 BRUGES	33249 LORMONT	33474 SAINT-SELVE
33080 CADAUJAC	33252 LOUPES	33483 SAINT-SULPICE-ET-CAMEYRAC
33083 CAMARSAC	33256 LUDON-MEDOC	33487 SAINT-VINCENT-DE-PAUL
33084 CAMBES	33262 MACAU	33494 SALAUNES
33085 CAMBLANES -ET-MEYNAC	33263 MADIRAC	33496 SALLEBOEUF
33090 CANEJAN	33268 MARGAUX	33501 SAUCATS
33091 CANTENAC	33273 MARTIGNAS-SUR-JALLE	33517 SOUSSANS
33096 CARBON-BLANC	33274 MARTILLAC	33518 TABANAC
33099 CARIGNAN-DE-BORDEAUX	33281 MÉRIGNAC	33519 TAILLAN-MÉDOC (Le)
33104 CASTELNAU-DE-MEDOC	33293 MONTUSSAN	33522 TALENCE
33109 CASTRES-GIRONDE	33312 PAREMPUYRE	33534 TOURNE (Le)
33118 CENAC	33318 PESSAC	33535 TRESSES
33119 CENON	33321 PEUJARD	33550 VILLENAVE D'ORNON
33122 CESTAS	33322 PIAN-MÉDOC (Le)	33553 VIRSAC
33140 CRÉON	33330 POMPIGNAC	33554 YVRAC

ANNEXE 6

Liste des zones de l'Enquête Ménages-Déplacements (E.M.D) de Bordeaux, 1998

N°	Nom des zones	Distance au centre (zone 3), en mètres	Densité d'emplois (emplois/ha)	Densité résidentielle (hab./ha)	Rapport emplois/ population	Indice de spécialisation sectorielle
Z01	Saint-Pierre	707	77,363	149,076	1,563	0,531
Z02	Quinconces	915	69,725	25,679	8,179	0,320
Z03	Grands-Hommes-Saint-Christoly	0	225,744	73,508	9,251	0,573
Z04	Palais Justice	1 011	36,486	130,514	0,842	0,379
Z05	Saint-Michel	1 595	25,444	67,938	1,128	0,368
Z06	Bacalan	2 903	14,087	32,962	1,287	0,191
Z07	Le Grand Parc	2 501	45,970	144,770	0,957	0,613
Z08	Jardin Public	1 376	39,740	85,816	1,395	0,198
Z09	Croix-Blanche	1 167	36,003	118,035	0,919	0,266
Z10	La Chartreuse	962	119,583	65,666	5,486	0,416
Z11	Mériadeck	1 389	21,339	105,718	0,608	0,157
Z12	Saint-Genès	2 078	16,485	78,115	0,636	0,235
Z13	Nansouty	2 352	17,128	150,835	0,342	0,155
Z14	Gare Saint-Jean	2 991	29,080	17,793	4,923	0,205
Z15	Le Lac & Claveau	5 424	10,330	4,800	6,483	0,335
Z16	*Les Aubiers*	*Agrégée avec la zone 6*				
Z17*	Bruges	5 441	4,894	9,208	1,601	0,619
Z18*	Le Bouscat	3 149	6,763	44,326	0,460	0,109
Z19	Caudéran-Parc Bordelais	2 333	8,818	46,387	0,573	0,368
Z20	Saint-Augustin	2 292	18,768	47,763	1,184	0,289
Z21	Hopital - Stade Municipal	2 687	16,556	52,865	0,943	0,872
Z22	Talence Centre et Médoquine	3 077	51,544	46,515	3,338	0,134
Z23	Talence - Plume-la-Poule	4 737	6,908	50,380	0,413	0,356
Z24	Villenave d'Ornon-la Maye	5 902	3,593	15,473	0,700	0,264
Z25	Bègles-Mussonville	4 609	3,634	27,793	0,394	0,196
Z26	Bègles-Tartifume	4 978	6,802	14,096	1,454	0,202
Z27	Caudéran-Centre	3 704	4,243	45,715	0,280	0,140
Z28	Mérignac-Arlac	3 497	3,403	50,179	0,204	0,185
Z29	Domaine Universitaire	5 206	3,226	17,512	0,555	0,334
Z30	Eysines-Migron	6 486	3,298	15,148	0,656	0,142
Z31	Mérignac-Capeyron	5 233	11,451	25,406	1,358	0,112
Z32	Mérignac-Pichey-Soleil-Burck	5 787	5,002	35,297	0,427	0,246
Z33	Pessac-Pape Clément	6 609	4,606	20,032	0,693	0,176
Z34	Pessac-Camponac-Saige	7 106	4,654	41,801	0,335	0,440
Z35	*Eysines-le Vigean*	*Agrégée avec la zone 30*				
Z36	Mérignac-Aéroport	10 060	4,429	1,658	8,047	0,746
Z37	Pessac-Bersol-Alouette-Cap de Bos	10 186	2,473	7,718	0,965	0,322
Z38	Cestas-Canéjan-Gazinet	14 478	0,825	3,318	0,749	0,203
Z39*	Gradignan	8 263	3,096	13,125	0,711	0,110
Z40	Villenave d'Ornon-Chambéry	9 001	0,860	18,974	0,137	0,173
Z41	Villenave d'Ornon-Courréjean	8 286	2,408	4,632	1,566	0,211
Z42	Blanquefort - Parempuyre	10 900	2,101	3,617	1,750	0,152
Z43*	Le Haillan	9 311	5,380	6,590	2,459	0,305
Z44	Cestas-Bourg	18 221	0,386	1,245	0,933	0,155

N°	Nom des zones	Distance au centre (zone 3), en mètres	Densité d'emplois (emplois/ha)	Densité résidentielle (hab./ha)	Rapport emplois/ population	Indice de spécialisation sectorielle
Z45**	Léognan-Martillac-Cadaujac	10 100	0,341	1,977	0,520	0,188
Z46**	Ludon-Macau-Labarde-Cantenac-Margaux-Soussans	20 840	0,161	1,400	0,347	0,421
Z47**	Castelnau-Salaunes-Avensan-Arsac-Pian	22 680	0,101	0,691	0,439	0,253
Z48**	Le Taillan-Saint-Aubin	11 950	0,155	2,486	0,188	0,198
Z49	Saint-Médard-en-Jalles (Bourg, Corbiac, Gaja	12 147	1,596	7,329	0,656	0,081
Z50	Saint-Médard-en-Jalles (SNPE, Hastignan)	18 468	0,310	1,792	0,520	0,415
Z51**	Martignas - Saint-Jean-d'Ilac	25 050	0,129	0,752	0,518	0,247
Z52**	Saucats - Saint-Morillon - La Brède - St-Sèlve - Portets - Castres - Beautiran - Ayguemorte - St-Médard-d'Eyrans - Isle-St-Georges	14 860	0,117	0,714	0,494	0,242
Z53	Bordeaux-Bastide	3 280	5,533	14,519	1,148	0,359
Z54	Bas-Floirac	4 827	2,912	17,898	0,490	0,274
Z55	Bas-Cenon	4 444	8,559	28,011	0,920	0,292
Z56	Vieux-Lormont	5 670	2,463	14,167	0,524	0,310
Z57	Lormont-Génicart	6 693	6,924	34,327	0,608	0,168
Z58	Haut-Cenon (La Morlette)	5 137	5,659	51,313	0,332	0,153
Z59	*Haut-Floirac*	*Agrégée avec la zone 54*				
Z60**	Latresne - Camblanes-et-Meynac - Quinsac - Cambès - St-Caprais - Cénac - Lignan	12 357	0,313	1,941	0,485	0,212
Z61**	Baurech - Tabanac - Le Tourne - Haux - Saint Genès-de-Lombaud - Madirac - Sadirac - Créon - Cursan - Le Pou - Camarsac - Loupès	18 075	0,122	1,346	0,273	0,344
Z62**	Carignan - Fargues - Bonnetan - Salleboeuf - Pompignac - Tresses	11 850	0,347	2,322	0,450	0,313
Z63**	Yvrac - Montussan - Saint-Sulpice-et-Cameyrac - Beychac-et-Caillau	14 075	0,375	2,173	0,520	0,312
Z64**	Sainte-Eulalie - St-Loubès - Izon	12 200	0,730	2,617	0,840	0,321
Z65**	Cubzac-les-Ponts - Saint-André-de-Cubzac - Saint-Gervais - Virsac - Peujard - Saint-Antoine - Aubie-et-Espessas - Lalande-de-Fronsac	22 488	0,288	1,958	0,444	0,189
Z66**	Saint-Louis-de-Montferrand - Ambès - Ambarès-et-Lagrave - Saint-Vincent-de-Paul	15 500	0,474	1,980	0,721	0,273
Z67**	Bassens-Carbon-Blanc	9 250	2,958	9,876	0,902	0,416
Z68*	Artigues-près-Bordeaux	7 628	4,577	7,829	1,761	0,328
Z69*	Bouliac	6 642	1,079	3,786	0,859	0,327

*Note : Les zones ne contenant qu'une commune sont indiquées par un astérisque simple **

*Les zones contenant plusieurs communes sont inquées par un double astérisque ***

ANNEXE 7

Tableau des élasticités des modes

		Global			Faibles densités			Densités moyennes			Fortes densités		
		VP	MAP	TCU	VP	MAP	TCU	VP	MAP	TCU	VP	MAP	TCU
Modèle d'usage du sol	Densité Humaine	-0,017	0,060	0,013	-0,111	0,320	0,823	-0,343	0,799	0,305	-0,415	0,375	0,365
		-0,012	*0,041*	*0,014*	*-0,036*	*0,109*	*0,908*	*-0,224*	*0,485*	*0,998*	*-0,519*	*0,571*	*0,443*
	Ecart-type des densités résidentielles	0,027	-0,074	-0,058	-0,015	0,114	-0,014	-0,086	0,151	0,154	-0,233	0,205	0,243
		0,004	*0,001*	*-0,075*	*-0,009*	*0,006*	*0,308*	*-0,102*	*0,237*	*0,334*	*-0,108*	*0,114*	*0,277*
	Rapport emplois/population	0,073	-0,443	-0,075	0,071	-0,240	-0,384	0,149	-0,304	-0,186	0,077	-0,098	-0,046
		0,071	*-0,334*	*-0,527*	*0,012*	*-0,014*	*-0,298*	*0,098*	*-0,192*	*-0,455*	*0,038*	*-0,061*	*0,043*
	Indice de spécialisation régionale	0,060	-0,206	-0,073	-0,168	0,839	10,120	-0,142	0,256	0,358	0,031	-0,047	-0,011
		0,063	*-0,182*	*-0,354*	*-0,028*	*0,143*	*0,897*	*-0,104*	*0,191*	*0,913*	*0,065*	*-0,097*	*-0,049*
Modèle de type de logements	Taux de logement individuel accolé	0,064	-0,308	0,026	-0,045	0,420	-0,087	-0,098	-0,041	0,433	-0,136	0,218	0,093
		0,057	*-0,227*	*-0,019*	*-0,026*	*0,210*	*-0,065*	*-0,100*	*0,256*	*0,623*	*-0,247*	*0,394*	*0,327*
	Taux de petits logements collectifs	-0,040	0,117	0,080	0,001	0,009	-0,031	-0,245	0,458	0,294	-0,385	0,315	0,395
		-0,031	*0,077*	*0,220*	*0,004*	*-0,026*	*-0,016*	*-0,206*	*0,390*	*0,843*	*-0,561*	*0,594*	*0,662*
	Taux de grands logements collectifs	-0,023	0,004	0,104	-0,021	-0,107	0,267	-0,049	0,175	-0,017	-0,614	0,624	0,650
		-0,029	*0,075*	*0,103*	*-0,012*	*-0,011*	*0,390*	*-0,066*	*0,234*	*-0,003*	*-0,688*	*0,972*	*1,169*
	Nombre de personnes par pièce	-0,228	-0,631	2,032	-0,451	3,798	1,264	-	3,971	3,027	-0,528	1,217	-0,347
		-0,154	*0,398*	*0,688*	*-0,221*	*0,733*	-	-	*3,178*	*6,731*	*0,435*	*-0,740*	*-0,274*
Modèle de revenu	Revenu moyen du ménage	0,082	-0,128	-0,258	0,213	-	-	0,645	-	-	0,432	-0,137	-
		0,062	*-0,219*	*-0,030*	*0,110*	*-0,701*	-	*0,525*	-	-	*0,600*	*-0,900*	-
	Age moyen	-0,205	0,895	-0,158	0,236	-	-0,890	0,121	-	1,457	0,810	-	0,414
		-0,305	*0,868*	*0,970*	*0,069*	*-0,391*	-	*0,055*	*-0,710*	*1,765*	*0,554*	-	*-0,103*
	Taux de diplômés du supérieur	0,049	-0,151	-0,062	-0,050	0,036	0,792	-0,110	0,580	-0,164	-0,072	-0,211	0,475
		0,041	*-0,122*	*-0,138*	*0,005*	*-0,047*	*0,088*	*-0,112*	*0,362*	*0,547*	*-0,375*	*0,533*	*0,474*
Modèle de type de population	Taux de chômage	-0,008	-0,113	0,180	-0,104	0,086	1,406	-0,250	0,643	0,381	-0,490	0,495	0,337
		0,022	*-0,093*	*0,050*	*-0,040*	*0,060*	*2,437*	*-0,249*	*0,695*	*1,046*	*-0,421*	*0,470*	*0,542*
	Proportion de retraités	-0,031	0,088	0,038	0,016	0,340	-0,841	0,107	-0,962	0,537	-0,041	0,079	0,009
		-0,013	*0,072*	*-0,115*	*0,014*	*-0,151*	*0,326*	*0,054*	*-0,485*	*0,917*	*0,181*	*-0,363*	*-0,103*
	Proportion de mineurs	0,132	-0,449	-0,080	-0,069	1,582	-	0,668	-	-0,574	-0,394	0,859	-0,216
		0,119	*-0,313*	*-0,508*	*-0,024*	*-0,014*	*2,612*	*0,547*	-	-	*0,018*	*0,010*	*-0,186*
	Proportion d'étudiants	0,024	-0,054	-0,057	-0,015	-0,133	0,437	-0,025	-0,032	0,129	-0,282	0,341	0,176
		0,025	*-0,048*	*-0,235*	*-0,013*	*0,045*	*0,776*	*-0,025*	*-0,009*	*0,230*	*-0,116*	*0,126*	*0,185*
	Proportion de femmes	0,772	-	-0,529	0,285	3,108	-	-	7,168	2,085	-	0,933	2,945
		0,028	*0,012*	*-0,494*	*-0,633*	*5,624*	-	*-0,799*	*3,616*	*-0,596*	-	*4,767*	*2,097*
Modèle de taille	Population	-0,083	0,225	0,106	0,042	-0,096	-0,697	0,108	-0,159	-0,387	0,250	-0,253	-0,354
		-0,141	*0,408*	*0,292*	*0,033*	*-0,243*	*-0,902*	*0,081*	*-0,181*	*-0,889*	*0,267*	*-0,417*	*-0,594*
	Taille de la firme	0,209	-0,777	-0,509	-0,040	0,037	0,469	0,104	-0,424	-0,080	0,061	-0,104	-0,024
		0,167	*-0,574*	-	*-0,013*	*-0,165*	*1.6983*	*0,057*	*-0,186*	*-0,294*	*0,022*	*-0,066*	*0,085*
	Surface habitable par personne	0,466	-0,767	-	0,180	-	-0,222	0,771	-0,754	-	1,034	-	-
		0,465	-	-	*0,292*	-	*2,866*	*0,559*	-	-	*0,446*	*-0,420*	-
	Taille du ménage	-0,233	0,637	0,373	-0,027	0,683	-0,737	0,843	-	-	0,377	0,062	-
		-0,136	*0,233*	*1,229*	*0,110*	*-0,813*	-	*0,634*	-	-	*0,711*	-	-

Note : le tableau se lit de la manière suivante : l'élasticité de la part modale de la VP par rapport à la densité humaine dans le modèle global est de –0,017 (chiffre en haut à gauche). Les chiffres en caractères romans concernent les déplacements pour motif 1 (domicile-travail, domicile-études), *en italique les déplacements pour motif 2 (achats, loisirs, autres)*.

Table des Matières

Introduction Générale *4*

PREMIERE PARTIE - DENSITE URBAINE ET MOBILITE QUOTIDIENNE 15

Introduction de la première partie 16

CHAPITRE I - L'ETALEMENT RESIDENTIEL, FORME CONTEMPORAINE DE LA CROISSANCE URBAINE 18

Introduction 19

SECTION I - L'étalement dans le cadre de la ville monocentrique *26*
I - Les fondements théoriques de la relation densité-distance au centre 26
A - Hypothèses et formulation du modèle de la N.E.U 27
B - La décroissance des densités avec la distance au centre : l'*état* d'étalement 30
II - La décroissance des densités dans le temps : le *processus* d'étalement 32
A - La diminution des coûts de transport 34
B - L'accroissement du revenu net 36

SECTION II - L'analyse de l'étalement par les aménités urbaines *39*
I - La perception socio-culturelle des aménités 39
A - Etalement et revenu : la dépendance du modèle à la structure des préférences 39
B - La répartition des revenus et l'occupation du sol urbain : un révélateur des préférences des ménages 41
C - Les aménités urbaines et leur perception socio-culturelle 43
II - D'une localisation choisie à une localisation subie : l'hypothèse de « fuite face à la rouille » 45
A - Les facteurs de la « fuite face à la rouille » 46
B - La « fuite face à la rouille » et l'étalement urbain 47

Conclusion 49

CHAPITRE II ETALEMENT ET MOBILITE. LE MODELE DE LA VILLE COMPACTE _____ 50

Introduction _____ 51

SECTION I - Les avantages comparatifs de la Ville Compacte : la notion d'économies de compacité _____ 54

I - Le lien empirique entre densité urbaine et consommation d'énergie due aux déplacements _____ 54

A - La courbe de P. Newman et J. Kenworthy _____ 54

B - Le lien densité-consommation d'énergie à l'échelle inter-urbaine _____ 55

C - Le lien densité-consommation d'énergie à l'échelle intra-urbaine _____ 58

1 - L'interaction densité et mobilité à l'échelle intra-urbaine à partir d'un découpage fonction de la distance au centre _____ 58

2 - L'interaction entre densité et mobilité à l'échelle intra-urbaine à partir d'un découpage fin et d'attributs de densité _____ 59

II - Les justifications théoriques d'une interaction entre densité urbaine et comportements de mobilité _____ 61

A - Densité et accessibilité _____ 61

1 - Concentration, densité et accessibilité _____ 61

2 - Une limite : la dissociation entre proximité et connexité _____ 62

B - Densité et congestion _____ 63

1 - L'influence de la densité sur le niveau de congestion intra-urbain _____ 63

2 - Congestion et compétitivité-temps : l'explication du report modal dû à la densité par la réciproque de la conjecture de Mogridge _____ 65

III - Autres avantages comparatifs de la Ville Compacte _____ 66

A - L'économie de terres non urbanisées _____ 66

B - Economie sur les coûts du développement urbain _____ 67

C - Un accès plus équitable aux ressources urbaines _____ 69

SECTION II - Critique et application du modèle de Ville Compacte _____ 71

I - La ville « judicieusement compacte » _____ 71

A - Les inconvénients de la compacité _____ 71

1 - Compacité et préférences des individus _____ 72

2 - La compacification : densifier ou entasser ? _____ 72

3 - Les contradictions de la Ville Compacte _____ 74

B - La question des densités optimales _____ 75

II - La faisabilité des politiques de compacification _____ 77

A - La mise en œuvre du modèle de Ville Compacte : les politiques de compacification _____ 77

1 - Objectifs des politiques de compacification _____ 77

2 - Influencer directement les densités : rétention et renouveau urbains _____ 78

3 - Les politiques basées sur l'accessibilité : une influence indirecte sur les densités _____ 80

B - Les critiques des politiques de compacification _____ 81

1 - L'efficacité économique des politiques de compacification en question ___ 81

2 - La controverse sur le mode optimal de régulation des actions économiques 82

3 - Compacification et prix du sol _____ 84

Conclusion _____ 85

CHAPITRE III - DENSITES URBAINES ET MOBILITE DANS SIX AIRES URBAINES FRANCAISES _ 87

Introduction _____ 88

SECTION I - Le sens de la relation densité-mobilité _____ 89
I - Présentation des données et du cadre théorique d'analyse _____ 89
A - Cadrage théorique et hypothèses testées _____ 90
B - Présentation et cadrage des données utilisées _____ 92
1 - Sources de données _____ 92
2 - Données de cadrage _____ 94
3 - Apprécier le degré de compacité : l'estimation de fonctions de densité ____ 96
II - Mobilité quotidienne et classes de densité _____ 98
A - Le lien négatif entre la densité et les distances parcourues _____ 99
B - Les parts modales : l'opposition fortes densités/faibles densités en question _ 100
SECTION II - La forme de la relation densité-mobilité _____ 103
I - La méthode des fonctions *spline* cubiques _____ 103
II - Les résultats de l'estimation de fonctions *spline* cubiques : vers une remise en cause limitée du lien densité-mobilité _____ 106
A - La confirmation du sens de la relation densité-mobilité _____ 106
B - L'indépendance du choix modal et de la densité _____ 110
C - L'hypothèse de sectorisation comme limite au lien densité-mobilité _____ 113
III - Eléments de comparaison des aires urbaines _____ 115

Conclusion _____ 119

Conclusion de la première partie _____ 122

DEUXIEME PARTIE - DES DENSITES AUX FORMES URBAINES : UNE APPROCHE PAR LES DETERMINANTS DE LA MOBILITE QUOTIDIENNE __ 124

Introduction de la deuxième partie _____ 125

CHAPITRE IV - DE LA POLYCENTRALITE AUX FORMES URBAINES : LA « VILLE COHERENTE » _ _____ 127
Introduction _____ 128

SECTION I - La polycentralité urbaine et ses conséquences sur la mobilité quotidienne __ 129
I - La polycentralité urbaine : l'émergence d'une structure urbaine originale _____ 129
A - La « décentralisation concentrée » _____ 129
B - L'hypothèse de substituabilité : expliquer l'émergence de centres périphériques concurrents de la ville-centre _____ 133
1 - Les edge cities et les modèles de la Nouvelle Economie Géographique ___ 133
2 - La théorie des « Nouveaux Espaces Industriels » _____ 136

C - L'hypothèse de complémentarité : expliquer la spécialisation relative des centres périphériques 139
1 - Spécialisation relative du CBD et des centres périphériques 139
2 - Les mécanismes de spécialisation relative des centres périphériques : le rôle des macro-agents 141
II - Polycentralité urbaine et mobilité quotidienne : une interaction ambiguë 143
A - La polycentralité à l'origine d'une croissance des distances de déplacement 143
1 - La croissance des déplacements atypiques ; l'automobile comme mode dominant 143
2 - Déplacements atypiques et polycentralité 146
3 - L'excess commuting : un essai de quantification des déplacements en excès dûs à l'abandon de la structure monocentrique 147
(a) Théorie et méthode 148
(b) Principaux résultats 148
B - L'hypothèse de localisation conjointe des firmes et des ménages 151
1 - Etalement, polycentralité et relocalisation domicile-travail 151
2 - La critique de l'hypothèse de localisation conjointe 153
3 - Les facteurs de la dissociation spatiale de l'habitat et du lieu d'emploi 154
(a) Les modifications du rapport à l'emploi 154
(b) L'hypothèse de mauvais appariement spatial entre emplois et actifs 155

SECTION II - L'interaction entre les usages du sol et la mobilité quotidienne 156
I - Caractérisation de la forme urbaine et lien avec la mobilité quotidienne 156
A - La diversité des méthodes employées : une revue 157
B - Une revue empirique de l'interaction entre forme urbaine et mobilité quotidienne 158
1 - La diversité des usages du sol 158
(a) L'équilibre entre emplois et résidences 159
(b) La répartition sectorielle des emplois 161
(c) La prise en compte explicite des centres périphériques 162
2 - Le dessin urbain 164
II - De la Ville Compacte à la Ville Cohérente 166
A - Formulation du modèle de la Ville Cohérente 166
1 - Le modèle polycentrique en réseau 166
2 - La prise en compte de la composition qualitative des espaces : la Ville Cohérente 167
B - La mise en œuvre de la Ville Cohérente : *Smart Growth* et *New Urbanism* 169

Conclusion 172

CHAPITRE V - LES DETERMINANTS DE LA MOBILITE QUOTIDIENNE : UNE APPLICATION A L'AGGLOMERATION BORDELAISE 173

Introduction 174

SECTION I - Construction d'un cadre adapté à l'étude des liens entre forme urbaine et mobilite 175
I - Présentation des données 175
A - Méthode de recueil et présentation de l'aire d'étude 175
B - Description des variables 177

II - Problèmes de méthode liés à l'étude des liens forme urbaine-mobilité 178
A - Le problème technique de la multicolinéarité 178
1 - Multicolinéarité et efficience des MCO 178
2 - Spécification des 5 modèles 184
B - Le problème de la causalité 187
1 - Causalité directe entre la forme urbaine et les caractéristiques individuelles 189
2 - Causalité indirecte entre la forme urbaine et les caractéristiques individuelles 192
III - La formulation d'un cadre théorique adapté à l'étude des interactions entre la forme urbaine et la mobilité quotidienne 195
A - L'interaction triangulaire 195
B - Une approche systémique : l'individu, l'environnement et le comportement 196

SECTION II - Les déterminants de la mobilité quotidienne : le cas de l'agglomération bordelaise 198
I - Les techniques économétriques utilisées 198
A - La nécessité du contrôle statistique 198
B - Les techniques économétriques de base 199
C - Les régressions typologiques 202
II - Les résultats de l'analyse des déterminants de la mobilité dans l'agglomération bordelaise 207
A - Les modèles d'occupation du sol 208
1 - Le modèle de forme urbaine : l'influence des densités et de la diversité 208
2 - L'analyse fine de l'influence de la spécialisation sectorielle sur la mobilité 217
3 - Le modèle de type de logement 222
B - Les modèles socio-démographiques 224
1 - Le revenu, une illustration de l'interaction triangulaire 224
2 - L'âge moyen : entre « effet localisation » et « effet urbanisation » 227
3 - La proportion de diplômés : médiatisation de la forme urbaine 231
4 - Le type de population : l'examen de « l'effet grégaire » 233
5 - La prise en compte des effets de taille : l'effet-localisation 238

Conclusion 240

Conclusion de la deuxième partie 242

Conclusion Générale *244*

BIBLIOGRAPHIE 250

LISTE DES TABLEAUX, ENCADRES, GRAPHIQUES ET FIGURES 275

ANNEXES 278

Sommaire

Introduction Générale *4*

PREMIERE PARTIE - DENSITE URBAINE ET MOBILITE QUOTIDIENNE **15**

CHAPITRE I L'ETALEMENT RESIDENTIEL, FORME CONTEMPORAINE DE LA CROISSANCE URBAINE 18

CHAPITRE II ETALEMENT ET MOBILITE. LE MODELE DE LA VILLE COMPACTE 50

CHAPITRE III DENSITES URBAINES ET MOBILITE DANS SIX AIRES URBAINES FRANCAISES 87

DEUXIEME PARTIE - DES DENSITES AUX FORMES URBAINES : UNE APPROCHE PAR LES DETERMINANTS DE LA MOBILITE QUOTIDIENNE **124**

CHAPITRE IV DE LA POLYCENTRALITE AUX FORMES URBAINES : LA « VILLE COHERENTE » 127

CHAPITRE V LES DETERMINANTS DE LA MOBILITE QUOTIDIENNE : UNE APPLICATION A L'AGGLOMERATION BORDELAISE 173

Conclusion Générale *244*

BIBLIOGRAPHIE *250*
LISTE DES TABLEAUX, ENCADRES, GRAPHIQUES ET FIGURES *275*
ANNEXES *278*
TABLE DES MATIERES *305*

Remerciements

Je tiens à remercier tout particulièrement Claude Lacour, qui m'a toujours accordé sa confiance et son soutien. Une thèse est une expérience personnelle ; je crois qu'il a su, en posant des questions plus qu'en apportant des réponses (et malgré le désir que j'en avais), m'accompagner à la découverte de moi-même.

Je remercie Guy Joignaux et Philippe Mathis pour avoir accepté d'être rapporteurs, ainsi que Roberto Camagni, Maurice Goze et Jean-Marie Huriot qui me font l'honneur de faire partie de mon jury.

J'adresse un remerciement particulier à Frédéric, pour avoir réussi à dompter, par son exceptionnelle sagacité, un pensée parfois un peu brouillonne.

Ceux qui m'ont accompagné depuis le D.E.A. sont devenus mes amis. Nous avons partagé nos doutes et nos jubilations, nos joies et nos peines. Marie, Jeanne et Stéphane, veuillez trouver ici le témoignage de mon amitié sincère.

J'ai partagé quelques moments inoubliables de ces quatre années avec les occupants du bureau E335, Stéphane (remember mérou-day), Carole et son rire, Stéphanie et sa gentillesse.

La relecture de mes épreuves en fut parfois une : merci à Nathalie et à Julie pour s'être attaquées aux chapitres les plus redoutables.

Merci à tous les membres de l'IFReDE, pour l'ambiance chaleureuse qu'ils ont su créer dans le laboratoire. Merci à eux pour m'avoir accepté et intégré, pour avoir initié le jeune chercheur que je suis à un métier qui ne s'apprend pas, enfin pour avoir stimulé ma pensée et ouvert mon esprit.

Merci à ceux qui n'ont jamais rien compris à ce que je faisais (peut-être aussi ne leur ai-je jamais expliqué ?), mais dont l'amitié est chère à mon coeur.

Mes parents et mes sœurs m'ont toujours soutenu. Ils m'ont, chacun dans son registre et souvent sans s'en rendre compte, aidé à mener ce travail à sa fin.

Enfin, qui dois-je remercier pour t'avoir rencontrée ? Quand je t'ai regardée pour la première fois, ma vieille liberté s'est mise à tituber… Depuis ce jour, ton amour m'a évité bien des découragements et m'a causé les plus grands bonheurs. C'est à toi que doit être dédiée cette thèse.

Un état bien dangereux : croire comprendre

Paul Valéry, *Choses Tues*

UNIVERSITE MONTESQUIEU-BORDEAUX IV

DROIT, SCIENCES SOCIALES ET POLITIQUES
SCIENCES ECONOMIQUES ET DE GESTION

FORME URBAINE
ET MOBILITE QUOTIDIENNE

Thèse pour le Doctorat ès Sciences Economiques

présentée par

Guillaume POUYANNE

et soutenue publiquement
le 13 décembre 2004.

Membres du Jury :

M. Roberto CAMAGNI
Professeur au Politecnico di Milano.

M. Maurice GOZE
Professeur à l'Université Michel de Montaigne-Bordeaux III.

M. Jean-Marie HURIOT
Professeur à l'Université de Bourgogne.

M. Guy JOIGNAUX
Directeur de Recherche à l'INRETS, ***rapporteur***.

M. Claude LACOUR
Professeur à l'Université Montesquieu-Bordeaux IV, ***directeur de thèse***.

M. Philippe MATHIS
Professeur à l'Université de Tours, ***rapporteur***.

Forme Urbaine et Mobilité Quotidienne

Résumé

L'application du cadre du développement durable à la question de l'interaction entre la forme urbaine et la mobilité quotidienne aboutit à une stigmatisation de l'étalement. Par contraste, en réduisant les distances parcourues et en favorisant l'usage des modes alternatifs à l'automobile, la Ville Compacte se présente comme la forme « économe » de la croissance urbaine. Cependant, les contradictions nées de sa formulation comme de son application provoquent l'émergence d'une controverse sur les avantages de la compacité. Les liens entre densité et mobilité quotidienne sont explicités, puis analysés empiriquement à partir de l'étude de six aires urbaines françaises. Les résultats corroborent le sens attendu de cette relation, mais l'appréciation de ses modalités remet en cause sa validité. L'émergence d'une structure urbaine polycentrique, dont l'effet sur la mobilité est ambigu, invite à caractériser plus précisément les usages du sol urbain. Le problème est alors de comprendre l'interaction entre la forme urbaine et la mobilité quotidienne à l'échelle de l'agglomération. En raison de la nécessaire prise en compte des caractéristiques socio-démographiques des individus, cette interaction est à placer au cœur d'interdépendances complexes qui compliquent la mise en évidence de liens de causalité. L'utilisation d'une technique économétrique fondée sur le contrôle statistique d'un type de facteurs et son application à l'agglomération bordelaise permettent de préciser la contribution de la forme urbaine à la détermination des pratiques de mobilité.

Mots-clés : forme urbaine, ville compacte, mobilité quotidienne, étalement urbain, densité.

Urban Form and Daily Mobility

Abstract

The conceptual framework of urban sustainability applied to the urban form-daily travel interaction denounces urban sprawl. By reducing distances travelled and by favouring the use of « soft » travel modes, the Compact City is presented as a « thrifty » form of urban growth. Nevertheless, the contradictions of the Compact City give rise to a controversy on the advantages of density. In this work, the links between density and mobility are made explicit. An empirical analysis of six large French urban areas backs up such a relationship, whilst some irregularities questions its validity. The emergence of a polycentric urban structure, which effect on travel patterns is ambiguous, induces to characterize land use more precisely. Thus, the main objective is to understand the interaction between urban form and daily mobility at an infra-urban scale. As we must take into account individuals' characteristics in the analysis, such an interaction is in fact a set of complex relationships with no obvious causality. We use an econometrical method based on statistical control so as to determine the relative contribution of urban form in the determination of urban mobility in the Bordeaux (France) area.

Keywords : urban form, Compact City, travel patterns, urban sprawl, density.

Discipline : Economie Urbaine

Adresse du Laboratoire
IERSO, IFReDE-GRES
Université Montesquieu-Bordeaux IV
Avenue Léon Duguit
33608 Pessac, France.