



HAL
open science

Des avantages comparatifs de la ville compacte à l'interaction mobilité-forme urbaine. Méthodologie et premiers résultats

Guillaume Pouyanne

► To cite this version:

Guillaume Pouyanne. Des avantages comparatifs de la ville compacte à l'interaction mobilité-forme urbaine. Méthodologie et premiers résultats. Les Cahiers Scientifiques du Transport / Scientific Papers in Transportation, 2004, 45 | 2004, pp.49-82. 10.46298/cst.12020 . hal-04148278

HAL Id: hal-04148278

<https://hal.science/hal-04148278v1>

Submitted on 2 Jul 2023

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.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - ShareAlike 4.0 International License

DES AVANTAGES COMPARATIFS DE LA VILLE COMPACTE À L'INTERACTION FORME URBAINE- MOBILITÉ. MÉTHODOLOGIE ET PREMIERS RÉSULTATS

GUILLAUME POUYANNE
IERSO, IFRÉDE-GRES
UNIVERSITÉ MONTESQUIEU-BORDEAUX IV

« Un problème sans solution est un problème mal posé »
A. EINSTEIN

INTRODUCTION

Les années 1990 ont vu se développer une forte sensibilité environnementale, mobilisée autour du concept de développement durable. Il compose un ensemble de principes, une idéologie (HART, 2002) visant notamment à concilier les dimensions environnementale et économique du développement des sociétés, souvent antagoniques.

L'application des principes du développement durable à la ville a abouti à la prescription d'un cadre normatif qui guide aussi bien l'action (*via* la *Charte d'Aalborg* en 1994 ou la *Déclaration de Séville* en 1999) que la réflexion. Le développement urbain durable se définit comme « *l'intégration entre les trois sphères du développement urbain* » : économique, social et écologique

(CAMAGNI, GIBELLI, 1997). Il trouve sa légitimité dans le fait que la ville, qui concentre une forte population sur un périmètre restreint, est un espace particulièrement pertinent pour l'application de ce cadre normatif aux activités anthropiques (théorème dit « de la localité » - CAMAGNI, CAPPELLO & NIJKAMP, 1998)¹.

Cette évolution intellectuelle renouvelle les principes de la planification urbaine. Face à des enjeux globaux tels que l'effet de serre, ou locaux tels que la pollution, le bruit et la sécurité, le développement urbain durable affirme la nécessité de limiter la place de l'automobile dans la ville, faisant renaître une contestation déjà ancienne (SAUVY, 1968 ; ILLITCH, 1974). On est loin de « l'adaptation de la ville à l'automobile » voulue par le Président POMPIDOU à la fin des années 1960, et qui a dicté l'orientation de la planification des transports urbains jusqu'à une date récente (MERLIN, 2001). Les pouvoirs publics avalisent cette inversion des priorités : entre autres mesures, la LAURE du 30 décembre 1996 oblige les agglomérations de plus de 100 000 habitants à se doter d'un document d'urbanisme, le plan de déplacements urbains (PDU), 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)². L'orientation principale du PDU 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).

La « renaissance » du tramway dans les grandes villes françaises, censé fournir une alternative performante à l'automobile, illustre parfaitement cette tendance. Les PDU prévoient également un ensemble de mesures destinées à saper l'avantage comparatif de la voiture sur les autres modes (zones 30, piétonisation, pistes cyclables). Au-delà de ces arrangements ponctuels se profile une action plus globale sur l'urbanisation. Est prônée la « nécessaire cohérence entre déplacements et planification urbaine » (CERTU-GART, 2001) : on cherche à « agir sur l'évolution de la morphologie urbaine [pour] limiter le trafic automobile et sa croissance prévisible » (CUB, 2001 : 31).

Cette action globale privilégie la lutte contre l'étalement, rendu responsable de l'utilisation prépondérante de l'automobile (CUB, 2001 : 12). De fait, étalement urbain et part de l'automobile dans les déplacements ont évolué de concert. Il s'agit alors de briser un cercle vicieux où l'automobile, par les gains de vitesse qu'elle procure, a permis une extension considérable du périmètre urbanisé, et où en retour cette dilatation de l'espace renforce –

¹ Autre application du principe *think globally, act locally*.

² La LAURE de 1996 modifie le contenu et les modalités du PDU, initié par la LOTI de 1982. Notons que la loi SRU de 1999 renforce ces dispositions tout en donnant au PDU une force juridique importante, puisqu'il devient opposable au tiers.

voire rend nécessaire – le recours à l'automobile³.

La lutte contre l'étalement devient un *leitmotiv* et fait resurgir la problématique des densités (EWING, 1997 ; FOUCHIER, 1997 ; MINISTÈRE DE L'AMÉNAGEMENT, DU TERRITOIRE ET DE L'ENVIRONNEMENT, 1999). Les avantages des fortes densités en termes de mobilité⁴ (NEWMAN, KENWORTHY, 1989a ; 1989b), mais aussi de mixité sociale (CCE, 1990) aboutissent à forger l'idéal de la « ville compacte », parfait négatif de la ville étalée. Elle est avant tout une ville dense, à l'urbanisation continue. La ville compacte devient rapidement un modèle pour la planification urbaine adopté explicitement par plusieurs pays. Cette application rapide repose sur un ensemble d'études visant à explorer, à la suite des travaux fondateurs de NEWMAN et KENWORTHY, la validité des avantages des forte densités.

Il nous a donc semblé important de s'intéresser au problème des avantages comparatifs de la ville compacte, en considérant celle-ci comme un véritable modèle d'aménagement urbain. Nous avons été amené, face aux considérations précédentes, à reformuler la problématique sous-jacente au débat, qui à notre sens concerne davantage les incidences des formes urbaines sur les comportements de mobilité. A notre sens, la question de départ a été mal posée, et un temps précieux a été perdu à échanger d'inutiles arguties.

L'objet de cet article est double : d'abord, retracer l'articulation des arguments dans le débat sur la ville compacte. Après avoir défini la notion de compacité (I), qui s'inscrit « en creux » par rapport à l'étalement, nous examinerons les avantages comparatifs de la ville compacte (II). Ces avantages, supposés ou réels, ont fait l'objet de critiques que nous exposerons (III). Nous serons amenés à préciser la problématique sous-jacente au débat sur la ville compacte, ainsi qu'une démarche méthodologique et certains résultats préliminaires d'une étude empirique sur l'agglomération bordelaise, résultats qui nous permettent de tracer des perspectives encourageantes (IV).

1. LA VILLE COMPACTE : UNE DÉFINITION « EN CREUX » PAR RAPPORT À L'ÉTALEMENT

Face au besoin de modèles « durables » pour le développement des villes, la ville compacte s'affirme comme une alternative à l'étalement urbain. Elle affirme donc avant tout la nécessité d'enrayer le processus d'étalement en empêchant l'extension géographique de l'agglomération. La ville compacte,

³ C'est la thématique de la « dépendance automobile » développée notamment par DUPUY (1999) et utilisée par NEWMAN et KENWORTHY (1989 ; 1995 ; 1998). Dans la mesure où il fait l'objet d'une polémique sur sa définition (DUPUY, 2002), nous n'utiliserons pas ce terme, préférant parler de croissance de la part de l'automobile dans les déplacements.

⁴ Ici et dans la suite du texte, le terme « mobilité » désigne uniquement les déplacements quotidiens effectués par les résidents d'une aire urbaine déterminée. Ne sont compris que les déplacements intra-urbains.

comme l'étalement, est une « *cible mouvante* » (EWING, 1997). La plupart des définitions se recourent sur deux caractéristiques fondamentales : de fortes densités et une urbanisation continue. Cette définition minimaliste offre l'avantage de la cohérence, puisqu'elle s'inscrit « en creux » non seulement par rapport aux deux acceptions habituelles de l'étalement, mais aussi aux politiques de lutte contre celui-ci :

. L'étalement peut être assimilé à « *une croissance contiguë à faible densité en périphérie* » (BARCELO, 1999). Il se traduirait alors par une diminution des densités globales (BESSY-PIETRI, 2000 ; EWING, 1997 ; LE JEANNIC, 1997) ou du gradient de densité au niveau de l'agglomération (PÉGUY, 2000). La ville compacte s'affirme alors comme un développement privilégiant les fortes densités, et qui doit prendre place « *dans les limites existantes* » de l'agglomération (THEYS, EMELIANOFF, 1999). Les mesures de « rétention urbaine » (*urban containment*) s'inspirent de cette logique, au point de constituer l'essentiel des politiques de compaction - la densification ultérieure n'en étant qu'une conséquence mesurable (BREHENY, 1995 ; 1997).

. Dans « *une société de nomades-sédentaires [qui] répand la ville dans les champs* » (BEAUCHARD, 1999), l'étalement n'opère plus seulement par concrétion aux limites bâties de l'agglomération, mais parfois par « sauts » (développement « en saut-de-mouton »). La croissance urbaine prend la forme de la « *ville diffuse* » (SECCHI, 2002) où les composantes de l'espace urbain ne sont plus agglomérées suivant le principe de proximité, mais au contraire diffusées suivant le principe de l'accessibilité automobile. La ville se disperse tant qu'elle en devient « *invisible* » (BEAUCIRE). La formation de cette « ville au choix » a été initiée par la démocratisation de l'automobile⁵. Un des effets pervers des mesures de rétention urbaine, lorsqu'elles prévoient la constitution de réserves foncières aux franges de l'agglomération (du type « ceinture verte ») est précisément de favoriser ces « sauts » dans l'urbanisation. C'est pourquoi l'étalement est souvent défini comme « *un manque de continuité dans l'expansion* » (PEISER, 1989 ; MILLS, LUBUELE, 1997). Par contraste, les éléments constitutifs de la ville compacte doivent être étroitement serrés, l'urbanisation continue⁶ ; c'est le sens des politiques de « *renouvellement urbain* » et de « *reconstruction de la ville sur elle-même* » (SPECTOR, THEYS, 1999).

Il faut toutefois distinguer compacité et densité. La compacité est un modèle dont la densité n'est qu'un indicateur. Ainsi, la ville compacte reprend les

⁵ Cette expression de « ville au choix » fait écho au mot de RONCAYOLO (1990) pour qui l'automobile permet de remplacer le « menu » par la « carte » dans les déplacements.

⁶ Ces deux dimensions de la compacité reprennent les termes mêmes du Dictionnaire : est compact ce qui est « *dense et épais ; dont les éléments constitutifs sont étroitement serrés* » (Dictionnaire de l'Académie Française en ligne, IX^e édition, <http://zeus.inalf.fr/academie9.htm>).

attributs de la « ville pédestre » où la marche à pied est le principal mode de transport et façonne l'environnement urbain selon ses contraintes – principalement minimiser les distances de déplacement (DUPUY, 1995 ; NEWMAN, KENWORTHY, 1998 ; WIEL, 2001 : 46). Ainsi, en plus d'être dense, la ville compacte se définit par un degré élevé de mixité fonctionnelle dans l'usage de sols, permettant de multiplier les opportunités de déplacement à distance donnée⁷. L'attribut de continuité lui aussi contribue à différencier densité et compacité, dans la mesure où une même densité peut être obtenue avec différents degrés de continuité dans l'urbanisation. Pour une même densité moyenne, la répartition des densités sur un espace peut être extrêmement différente.

La dualité des acceptations rivales de l'étalement se retrouve dans les politiques de compaction. Pour contrer une tendance spontanée à l'étalement, la compaction suppose un degré relativement élevé d'interventionnisme sur le développement urbain. Il s'agit de jouer sur plusieurs tableaux : limiter l'étalement (rétention urbaine) et rendre les parties bâties attractives (renouvellement urbain), proposer des alternatives à l'automobile (réseau de transports en commun et de pistes cyclables), freiner le déclin du centre au profit de la périphérie en valorisant le patrimoine urbain tout en évitant de le muséifier, etc. Ce plaidoyer en faveur d'un interventionnisme fort a fait resurgir le débat sur l'efficacité comparée de la planification et du recours au marché (GORDON, RICHARDSON, 1989 ; NEWMAN et alii, 1995)⁸. CAMAGNI et alii (2002) distinguent ainsi deux approches interprétatives de la dispersion urbaine : l'approche « néo-libériste » porte un jugement positif sur cette évolution et par voie de conséquence s'oppose à toute intervention destinée à enrayer le phénomène ; l'approche « néo-réformiste », au contraire, considère comme nécessaire d'intervenir sur une dynamique par essence indésirable, du fait des coûts qu'elle fait peser sur la collectivité.

2. LE MODÈLE DE VILLE COMPACTE, FORME « ÉCONOME » DE LA SUBURBANISATION

Si l'étalement est la « forme dispendieuse » (*wasteful form*) de la suburbanisation (EWING, 1997 : 108), la ville compacte s'affirme *a contrario* comme la forme « économe », ce qui justifie qu'elle soit devenue un idéal de planification. Ses avantages comparatifs se déclinent suivant trois thèmes

⁷ Au contraire des pratiques de *zoning* typiques du Mouvement Moderne (CIAM, 1933, art. 15) et de la « ville automobile ». Le zonage serait responsable « d'effets-tunnels » qui allongent les déplacements et encouragent à l'utilisation de l'automobile (OCDE, 1994).

⁸ Débat bien connu des économistes, qui porte plus généralement sur le mode de coordination des actions économiques. Les contributions de BARONE, VON MISES, LANGE, BETTELHEIM et bien sûr VON HAYEK ont été essentielles. Ce débat devait resurgir dans les années 1970 mais être abandonné peu après ; la fin du système soviétique a consacré aux yeux de nombreux économistes la supériorité de la coordination marchande (SAPIR, 2000 : Chap. II).

majeurs : (1) une économie de sols non urbanisés ; (2) une économie dans les coûts d'urbanisation ; (3) une économie d'énergie liée aux déplacements.

2.1. PRÉSERVATION D'ESPACES NON URBANISÉS ET ÉCONOMIES DANS LES COÛTS D'URBANISATION

(1) Par définition même de la densité⁹, les formes compactes de développement consomment moins d'espace pour une même population. L'avantage le plus évident de la ville compacte est donc de permettre une économie de sols non urbanisés. Cette économie permet d'une part la protection de milieux naturels, et d'autre part la préservation de sols cultivables, deux arguments que le développement durable a rendu sensibles. L'étalement étant « l'urbanisation de terres rurales » (NICOT, 1996), il est responsable d'atteintes à l'environnement telles que l'occultation de paysages auxquels ceux qui en jouissent attribuent pourtant une certaine valeur (BREHENY, 1995), ou la disparition d'espèces liée à la destruction de leur habitat naturel (FULFORD, 1996). Ces atteintes se traduisent par des coûts environnementaux que la compacité permet dans une certaine mesure d'éviter.

L'étalement est également à l'origine de la perte d'espaces cultivables, problème que les projections démographiques au niveau mondial peuvent rendre inquiétant¹⁰. La stratégie de réponse des opposants à la ville compacte est double : ils citent d'abord des chiffres optimistes sur l'évolution de la production agricole mondiale. Ensuite, ils se drapent dans l'optimalité de la répartition des sols par le marché, l'allocation des sols allant, par la vertu du principe de concurrence, aux activités les plus rentables (GORDON, RICHARDSON, 1997). Évidemment, cet argument s'effondre si le marché foncier présente des défaillances qui empêchent que la répartition des sols entre usages urbain et agricole soit optimale. EWING (1997 : 116) en dénombre trois possibles : les effets de débordement du bâti, le « syndrome d'impermanence » qui incite les exploitants agricoles à abandonner leur activité car ils anticipent l'avancée de l'urbanisation, et la pression à la hausse sur la productivité - sans que la liste soit exhaustive.

(2) La recherche sur les coûts de l'urbanisation est déjà ancienne (LACOUR, 1975 ; RICHARDSON, 1978). Le renouveau de la problématique des densités urbaines, porté par le débat sur la ville compacte, s'interroge sur l'influence de la densité sur les coûts de l'urbanisation. L'idée est que pour l'ensemble des réseaux (gaz, électricité, etc.) la diminution des densités provoque un allongement des distances et donc un gonflement des coûts. Généralement,

⁹ Rappelons que la densité est le rapport entre une population et l'étendue de l'espace qu'elle occupe. Elle exprime l'intensité de l'occupation de l'espace par l'homme et ses activités.

¹⁰ *United Nations Population Information Network*, POPIN, <http://www.un.org/popin/>, site visité le 16/02/2003. La population mondiale devrait augmenter de 50 % en 50 ans (scénario médian). Signalons au passage l'inspiration clairement malthusienne de cet argument.

les études disponibles ne permettent pas de dégager un consensus à ce propos. Ces quelques exemples fournissent une bonne illustration de l'état de la connaissance sur le sujet :

- . Les coûts de construction des logements sont croissants avec la densité ; le lien est toutefois assez lâche (MORLET, 2001).
- . Deux études apportent des résultats contradictoires quant à l'influence de la densité sur la consommation d'énergie des logements pour le chauffage : pour FOUCHIER (1997), celle-ci décroît avec la densité, et plus particulièrement avec la proportion d'habitats collectifs, en raison des échanges de chaleur entre logements. Mais il ne tient pas compte de différences possibles entre logements : en raison de contraintes techniques plus exigeantes et de la possibilité de mieux maîtriser sa consommation énergétique, les logements individuels et collectifs construits après 1975 sont aussi énergivores les uns que les autres (MORLET, 2001).
- . En ce qui concerne les coûts d'investissement et de fonctionnement des biens et services publics locaux, GUENGANT (1992) ne trouve pas de rapport entre la densité et les coûts de viabilisation de lotissements dans la banlieue de Rennes ; LADD (1992) relie les coûts de fonctionnement de services publics locaux (comme les services de police municipale et de lutte contre le feu) à différents critères de densité : elle obtient une courbe en « U », qu'elle ne réussit pas à expliquer de manière convaincante ; enfin, les coûts de la collecte des ordures ménagères peuvent décroître avec la densité, puisque les distances à parcourir sont plus faibles et le centre de traitement est moins éloigné (SOFRES-CONSEIL, 1997), ou au contraire croître avec la densité, car la capacité de stockage est plus importante en habitat individuel, donc la fréquence moins élevée et les coûts plus faibles (PRUD'HOMME, YATTA, 1995).

Ainsi la relation entre la densité et les coûts d'urbanisation n'est pas univoque, et ces résultats contradictoires doivent être maniés avec une certaine prudence. Cette prudence se révèle nécessaire : une étude de la Real Estate Research Corporation (RERC, 1974) examine les coûts d'urbanisation¹¹ de différents types de développement urbain et conclut à une influence significative de la densité sur ces coûts. Cinq ans plus tard, WINDSOR (1979) utilise les mêmes données avec une méthodologie différente et nuance fortement les résultats de la RERC, pour conclure à l'absence de relation entre la densité et les coûts d'urbanisation.

C'est surtout le lien entre compacité et modalités de déplacements qui fait débat. Nous avons donc choisi de nous concentrer sur celui-ci. La contro-

¹¹ Coûts liés à la fourniture et à l'entretien d'infrastructures (écoles, routes, etc.), à la construction des logements, et aux impacts environnementaux (pollution non automobile, consommation d'eau, etc.).

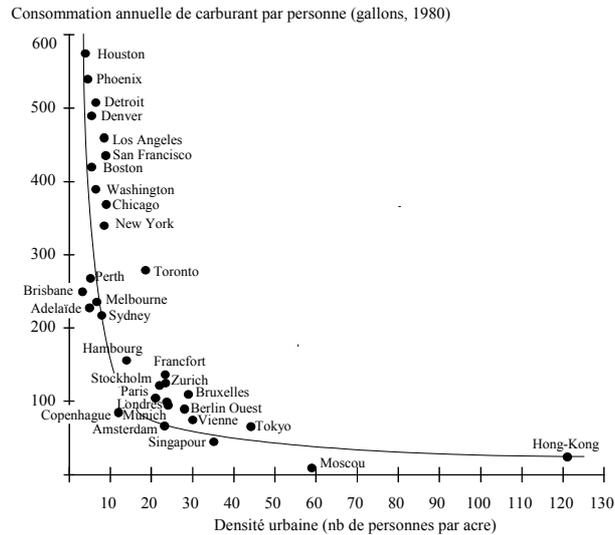
verse se focalise sur les avantages de la ville compacte en termes de mobilité, l'incitation majeure à l'adoption des politiques de compaction étant la réduction de l'usage de l'automobile et des nuisances qui l'accompagnent.

2.2. VILLE COMPACTE ET MOBILITÉ

2.2.1. La relation densité – consommation de carburant

La ville compacte, par son incidence sur la mobilité, permet une économie d'énergie due aux déplacements. Cet argument est basé sur la désormais célèbre courbe de NEWMAN et KENWORTHY, qui relie de façon inverse la densité résidentielle et la consommation d'énergie par tête (Figure 1). Les deux auteurs obtiennent cette relation à partir d'une comparaison de 32 grandes villes dans le monde ; ils réalisent une partition en sous-ensembles continentaux censés refléter selon eux des spécificités locales dans l'urbanisation qui se répercutent sur les comportements de mobilité. Ils opposent notamment le modèle américain/australien, faiblement dense, dont le développement est basé sur l'usage de l'automobile (*car-dependent*) et le modèle européen/asiatique, aux densités élevées, qui procurent un environnement favorable aux transports en commun et aux modes « doux » - vélo et marche à pied (voir sur cette dualité NEWMAN et alii, 95 ; NEWMAN, KENWORTHY, 98 ; CERVERO, 1998 ; LÉVY, 1998).

Figure 1 – La relation inverse densité urbaine – consommation d'énergie



Source : NEWMAN, KENWORTHY, 1998

La courbe de NEWMAN et KENWORTHY est confirmée par plusieurs études ultérieures. NAESS (1996) obtient une relation croissante entre l'espace habitable par personne (inverse de la densité résidentielle nette) et la consommation d'énergie pour le transport, d'abord pour 22 grandes villes nordiques, puis pour 67 villes suédoises.

Comme le montrent NEWMAN et KENWORTHY dès 1989, la relation inverse entre densité et consommation d'énergie est également valable au niveau intra-urbain (ils utilisent une classique typologie en trois couronnes pour l'aire métropolitaine de New York). La vérification de cette hypothèse à l'échelle intra-urbaine va donner lieu à une littérature abondante¹². Nous nous limiterons à quelques études en langue française, qui confirment le rôle de la densité. Le BEED (Budget Énergie Environnement des Déplacements) est un indicateur des coûts environnementaux dus aux déplacements. Il se compose de la somme de la consommation énergétique et des émissions de polluants dus aux déplacements quotidiens, calculé pour un individu ou un ménage (GALLEZ, HIVERT, 1998). Pour l'ensemble des communes d'Île-de-France, FOUCHIER (1997) teste plusieurs critères de densité, notamment la densité humaine (somme des densités résidentielle et d'emploi, qui reflète plus fidèlement les différences dans l'intensité de l'occupation du sol) et établit une relation inverse avec les consommations énergétiques et les émissions de polluants pour les déplacements. Dans une étude portant sur l'agglomération bordelaise, le BEED varie du simple au double entre les zones situées aux tranches extrêmes de densité (HIVERT, 1998).

En termes de mobilité, l'évidence empirique en faveur de la ville compacte semble solidement établie. La relation négative entre la densité et la consommation d'énergie due aux transports paraît valable aussi bien au niveau inter-urbain qu'au niveau intra-urbain. Cette relation empirique se justifie théoriquement en termes d'accessibilité. Les politiques de compaction tentent de diminuer l'usage de l'automobile par une action sur l'environnement bâti.

2.2.2. Les justifications théoriques et l'application dans les politiques urbaines

Cet ensemble de résultats convergents trouve une double justification dans le fait que des densités élevées permettent :

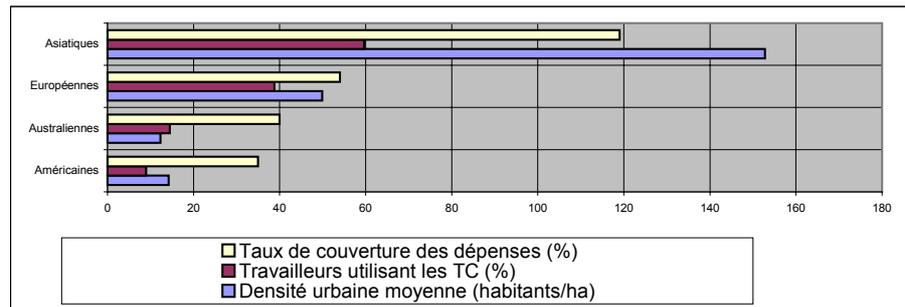
(1) De plus faibles distances de déplacement (FOUCHIER, 1997), avec par conséquent une plus grande facilité de transfert vers les modes « doux » (BURTON, 2000).

(2) Une plus grande efficacité des transports en commun. L'étude de grandes villes de province permet à EMANGARD (1994) de constater une influence positive de la densité sur des variables d'efficacité telles que le coefficient de remplissage, le nombre de voyages par habitant desservi par an, le nombre de voyageurs par véhicule-kilomètre et la densité du réseau. Cet argument est renforcé par un raisonnement en termes de coûts : dans l'actualisation de leur travail de 1989, KENWORTHY et LAUBE (1999) constatent que plus les densités sont fortes, plus le taux de couverture des dépenses de fonction-

¹² Donnant lieu en 2001 à plus de cinquante études empiriques, d'après EWING et CERVERO (2001).

nement¹³ des transports en commun est élevé (Figure 2).

Figure 2 : Densité urbaine et efficacité des transports en commun



Source : KENWORTHY, LAUBE, 1999

De manière générale, il est aujourd'hui communément admis que des densités élevées fournissent un milieu urbain relativement défavorable à l'automobile, et encouragent au contraire à l'usage des modes alternatifs. C'est ce qui fonde l'idéal de la « ville des courtes distances », qui permet de rapprocher le domicile et le lieu de travail et d'avoir accès à un plus grand nombre de biens et services dans un périmètre donné.

L'évidence empirique de l'avantage comparatif de la ville compacte en termes de mobilité semble établie sur des fondements solides, ce qui a pu justifier l'adoption rapide de mesures s'en inspirant. La CEE, un an à peine après la publication de *Cities and Automobile Dependence*, exalte le développement compact et conseille aux édiles « d'éviter d'échapper aux problèmes de la ville en étendant la périphérie » (CCE, 1990)¹⁴.

En Angleterre, la PPG13 (*Planning Policy Guidance*)¹⁵ de mars 1994 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 sont parmi les mesures retenues pour atteindre ces objectifs (FOUCHIER, 1995 ; BREHENY, 1995 : 87). Aux Pays-Bas, la politique de « l'ABC » repose sur le slogan « *the right business at the right place* » ; une approche typologique permet d'attribuer une note (de A à C) à chaque activité, selon le nombre de salariés et de visiteurs et la dépendance au transport routier (activités de logistique par exemple). Le potentiel de mobilité de la firme déterminera un potentiel d'accessibilité, et par suite une localisation. La densification se fait autour de nœuds d'accessibilité (WELKERS, 1997).

¹³ 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. Les données sont de 1990.

¹⁴ FOUCHIER (1997) parle de « *plaidoyer apologétique* » en faveur de la densification.

¹⁵ Note d'orientation pour la planification, publiée par le gouvernement.

Aux États-Unis même est apparue la nécessité de contrer la tendance à l'étalement. L'État de Floride a édicté des lois « anti-sprawl » (EWING, 1997) ; le Nouvel Urbanisme s'inspire des résultats ci-dessus pour préconiser la construction de quartiers « *compacts, favorables aux piétons et aux usages mixtes* » (CNU, 2001) ; le militantisme de certaines associations écologistes comme le Sierra Club en faveur de la « croissance intelligente » (*smart growth* – HOLTZCLAW, 2000) ainsi que l'intérêt manifesté au développement orienté par les transports en commun (*Transit Oriented Development* - LALIBERTÉ, 2002) montrent le succès du thème d'un développement urbain économe en énergie¹⁶.

L'influence de la densité sur la consommation d'énergie pour les déplacements va cependant faire l'objet d'une controverse. Le débat porte sur deux plans : au point de vue pratique, des critiques portant sur la faisabilité des mesures de compaction ; au point de vue théorique, une contestation de la validité des arguments avancés¹⁷.

3. CRITIQUES ET NAISSANCE D'UNE CONTROVERSE

3.1. CRITIQUES PORTANT SUR LA VALIDITÉ DE LA RELATION DENSITÉ – CONSOMMATION D'ÉNERGIE

La relation simple entre densification et moindre usage de l'automobile n'est peut-être pas directement valable ; un grand nombre de facteurs influencent les comportements de mobilité des résidents d'une agglomération, et c'est leur prise en compte qui doit fonder une réflexion approfondie sur les moyens d'une « désautomobilisation » des villes. Nous présentons ici quelques influences qui mettent en doute la simplicité du lien entre densité et mobilité. Le questionnement porte sur le type de déplacements, sur la possibilité d'un accroissement de la congestion et d'une relocalisation des ménages à proximité de leur lieu de travail.

L'idée que de fortes densités constituent un milieu favorable à l'usage de modes de transports alternatifs à l'automobile n'est applicable qu'à certains

¹⁶ Certaines associations religieuses militent même pour l'utilisation de véhicules économes en énergie (www.whatwouldjesusdrive.com, visité le 04/12/2002 – voir aussi *Courrier International*, 28/11/2002).

¹⁷ Cette controverse est parfois violente : GORDON et RICHARDSON vont ainsi accuser NEWMAN et KENWORTHY de « *recommander une pékinisation des villes américaines pour renforcer leurs méthodes de planification maoïstes* » (GORDON, RICHARDSON, 1989 : 344). GOMEZ-IBANEZ (1991) émet quant à lui ce jugement définitif : « *la grande contribution du livre [de NEWMAN et KENWORTHY] est la base de données, et non l'analyse des causes de la dépendance automobile* » (p. 376). De l'autre côté, EWING (1997 : 107) accuse GORDON et RICHARDSON de « *s'être constitué un fonds de commerce en contestant la croyance bien établie des planificateurs en un développement compact* » et NEWMAN et KENWORTHY leur conseillent de « *sortir davantage de chez eux* ».

types de déplacements, comme les déplacements domicile-travail, caractérisés par la régularité et l'unicité de l'origine comme de la destination. Dans la mesure où des densités élevées peuvent s'accompagner d'usages du sol mixtes, d'autres déplacements du type « de proximité » (achats ponctuels, école... [FRANK, PIVO, 1994]), pourraient être affectés par le supplément d'accessibilité que procurent les fortes densités. Pourraient échapper à l'influence des densités des comportements plus complexes : ainsi des déplacements multi-objectifs (*multi-purpose travelling*) ou « pérégrinations » dont la pratique augmente d'autant plus que la spécialisation des espaces au sein de l'agglomération progresse ou que « l'univers de choix » des résidents s'accroît (WIEL, 2001). Sont relativement peu concernés également les trajets de périphérie à périphérie, pour lesquels il n'existe pas d'alternative véritablement performante à l'automobile. L'augmentation constante de ce dernier type de trajets (*Le Monde*, 19/11/1999 : 15), ou des déplacements pour motif non professionnel (WIEL, 2001) conduit à nuancer l'effet de la densité sur les comportements de déplacement.

La densification implique un fort risque d'accroissement de la congestion. Ce risque, au-delà du désagrément individuel qu'il procure, rentre en conflit avec les principes de la durabilité : il constitue un gaspillage d'énergie avéré. La congestion génère des coûts, aussi bien individuels (perte de temps) que collectifs (accroissement des pollutions). La relation entre densité et congestion, si elle semble intuitive, s'appuie sur une régularité forte, celle de la stabilité des durées de déplacements dans le temps. Cette loi, dite « de ZAHAVI » (ZAHAVI, RYAN, 1980 ; voir aussi LEVINSON, KUMAR, 1994 ; PURVIS, 1994 ; FOUCHIER, 1997), peut être interprétée comme la résultante d'une adaptation constante des comportements : le gain de vitesse permis par l'usage croissant de l'automobile aurait alimenté l'étalement de préférence à un gain de temps. Aussi peut-on faire le raisonnement inverse : pour maintenir les temps de trajet stables, la réduction des distances moyennes permises par la densification se traduirait par une baisse des vitesses, c'est-à-dire un accroissement de la congestion. Ceci n'est toutefois valable que toutes choses égales par ailleurs, et ne prend pas en considération par exemple la possibilité d'un transfert vers des modes plus lents (abandon de la voiture) qui laisserait la durée de déplacement inchangée, ou une possible relocalisation des activités (avec par exemple l'émergence de « zones profitables » pour le commerce de détail) comme des ménages.

Ainsi la localisation relative des ménages et des emplois constitue-t-elle le fond du problème. GORDON et RICHARDSON (1997) utilisent cet argument ainsi : l'étalement provoque l'augmentation des distances, qui provoque une augmentation du temps de déplacement, qui lui-même accroît le coût de ce déplacement. La réaction des ménages à cette inflation des coûts est de se

relocaliser à proximité de leur lieu de travail (voire de changer d'emploi)¹⁸. Cette relocalisation, en amortissant l'augmentation des temps de déplacement due à l'étalement urbain, serait un des éléments d'explication de la loi de ZAHAVI (LEVINSON, KUMAR, 1994). De plus les faibles densités, en allégeant la pression sur le marché foncier, offriraient plus d'opportunités pour de telles relocalisations, expliquant le « paradoxe » de temps de déplacement un peu plus faibles pour les villes américaines les plus étendues (GORDON et alii, 1991). Cette hypothèse de « *rational locator* » repose sur les hypothèses standard de la microéconomie urbaine : le ménage effectue son choix de localisation grâce à un calcul optimisateur qui met en balance les coûts de transport et la rente effective (condition dite « de MUTH » - MUTH, 1969). Cet argument n'est valable que si le marché foncier fonctionne suivant les canons de la théorie, ce qui est au mieux un vœu pieux (CLAWSON, 1962 ; PEISER, 1973 ; etc.).

3.2. CRITIQUES PORTANT SUR LA FAISABILITÉ DES MESURES DE COMPACTIFICATION

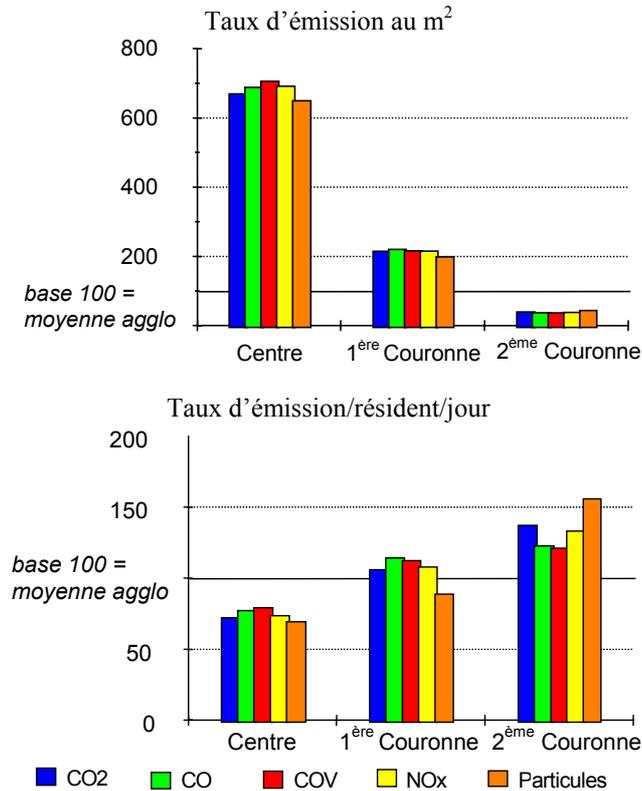
Ces critiques concernant la validité des arguments avancés en faveur de la ville compacte se doublent de doutes émis quant à la faisabilité des mesures de compactification. Même en faisant abstraction des critiques développées ci-dessus et en acceptant le principe des politiques de rétention urbaine, une interrogation forte concerne l'efficacité des outils disponibles (du type « ceinture verte », règle des 7 km dans le ScoT, etc.), le risque étant d'encourager l'urbanisation diffuse. Plus généralement, la compactification comporte quelques contradictions :

- . La première contradiction est la conséquence de la concentration des nuisances dans les parties denses. On a pu vérifier en effet une relation inverse entre la densité des émissions et la proportion des déplacements effectués en automobile (FOUCHIER, 1997). L'analyse effectuée sur Lyon, à partir d'une partition de l'espace urbain en fonction de la distance au centre, montre un décalage évident entre la densité d'émissions polluantes et le montant d'émissions par personne (Figure 3). De fait, les résidents centraux, pourtant les moins utilisateurs de l'automobile, sont ceux qui en subissent le plus les nuisances.
- . La deuxième contradiction est le risque d'exclusion du centre-ville des ménages les moins fortunés. La rétention urbaine, qui par définition restreint l'espace disponible dans l'agglomération, devrait s'accompagner d'une augmentation des prix fonciers. Cette inflation pourrait, si elle est complétée comme c'est le cas aujourd'hui de mesures de

¹⁸ Ce type de réaction a été observé notamment par WIEL (2002). Les ménages sont amenés à se localiser dans le même secteur géographique que leur lieu d'emploi (on parlera de « sectorisation »). SALOMON (2001) détecte un effet-seuil : les ménages ne prennent la décision de se relocaliser qu'à partir d'une certaine durée de déplacement.

renouvellement urbain et de requalification du centre-ville, aboutir à une accélération du mouvement de *gentrification* déjà sensible depuis les années 1980 (BRADWAY LASKA, SPAIN, 1980). On peut craindre que ces évolutions n'aboutissent à une forme en « beignet », ou plus précisément en anneau (*donut*), où le centre ancien, réservé aux classes riches, est bordé par l'habitat des classes défavorisées (SMYTH, 1996). Ce risque peut même aller jusqu'à une « muséification » du centre-ville où le patrimoine bâti, extrêmement valorisé, est principalement dédié aux touristes et à l'habitat des classes les plus riches.

Figure 3 : Densité d'émissions polluantes et émissions par tête, selon la distance au centre à Lyon



Source : NICOLAS et alii, 2001

Enfin, les politiques de compaction ne prennent pas en compte les aspirations spontanées des agents et entendent leur imposer une idéologie environnementaliste qu'ils ne partagent pas forcément. Le choix de la suburbanisation est la résultante d'une préférence – supposée ou réelle – pour le mode de vie périurbain, voire rural, d'une structure de prix favorable à cette évolution et d'une augmentation rapide du revenu qui met l'accession à la propriété à la portée de beaucoup (WIEL, 2002). Ces données ont conduit les ménages à substituer du logement au transport, alimentant ainsi

l'étalement¹⁹. La préférence pour le logement individuel, ou « idéologie du pavillonnaire » (HAUMONT, 1975) est en effet une cause majeure de l'étalement (VON HOFFMANN, FELKNER, 2002). La compacification irait à l'encontre des désirs des agents : étant donnée la force des tendances à la suburbanisation, elle se révélerait donc à plus ou moins long terme inefficace et perverse (BREHENY, 1995 ; GORDON, RICHARDSON, 1997).

4. PROPOSITION DE MÉTHODOLOGIE ET PREMIERS RÉSULTATS

4.1. CRITIQUES MÉTHODOLOGIQUES ET REFORMULATION D'UNE PROBLÉMATIQUE

Il semble que malgré les vives critiques dont ont fait l'objet les avantages comparatifs de la ville compacte sur la ville étalée, la tendance soit à l'adoption d'une sorte de « consensus mou » : l'influence bénéfique de la compacité sur l'adoption d'une mobilité urbaine « durable » semble être aujourd'hui une idée largement admise (e.g. CAMERON et alii, 2003).

Paradoxalement, ce consensus émerge « *en raison du montant limité de preuves académiques qu'une telle politique [de compacification] est une voie appropriée de réduire les problèmes environnementaux* » (BREHENY, 1995 : 81). L'action a besoin de certitudes plutôt que de conclusions nuancées et doit au besoin les forger à partir de preuves ténues. Cette conclusion n'est toutefois pas entièrement satisfaisante. La pertinence des arguments avancés par chaque participant au débat et les interrogations qu'ils suscitent justifient de rouvrir le dossier, dont la problématique a peut-être été mal posée dès le départ.

De manière très générale, la question en filigrane de la controverse sur la ville compacte est l'articulation entre aménagement urbain et comportements de mobilité. L'exposé des critiques méthodologiques à adresser aux études disponibles nous amènera à formuler quelques principes de base pour traiter cette question, que nous serons amené à préciser. Ensuite, nous formulerons notre propre démarche méthodologique pour finir par présenter quelques résultats préliminaires sur la mobilité dans l'agglomération de Bordeaux.

Les études qui traitent du lien entre densité et mobilité présentent un certain nombre de limites, tant en ce qui concerne la variable explicative choisie que le type d'échantillon retenu.

On peut être dubitatif quant à la pertinence des comparaisons internationales qui fondent la courbe de NEWMAN et KENWORTHY. Mettre en parallèle la consommation d'énergie par tête pour des villes de pays aussi différents que

¹⁹ Cette hypothèse de substitution est corroborée par ORFEUIL et POLACCHINI (1999) qui constatent une constance de la part logement+transport dans les dépenses des ménages. Nuançons toutefois ces résultats, qui sont obtenus en incluant les coûts sociaux dans les coûts de transport, alors que ces dépenses ne sont pas effectivement réalisées par les ménages.

les États-Unis, la Suisse, le Japon... nécessite des précautions statistiques indispensables. Il faut notamment neutraliser l'influence de l'efficacité des véhicules (en termes de consommation unitaire), du prix du carburant, et du revenu (les élasticités-prix et revenu de la consommation de carburant pouvant varier d'un pays à l'autre). La méthode retenue par NEWMAN et KENWORTHY (1989 : Tableau 4) est d'ajuster les consommations énergétiques en normalisant par rapport aux valeurs américaines²⁰. Ainsi, tout se passe comme si l'efficacité des véhicules et les élasticités-prix et revenu de la consommation de carburant étaient les mêmes (en l'occurrence, les valeurs américaines) partout dans le monde.

GORDON et RICHARDSON (1989) sont amenés à critiquer cette méthode. Selon eux, les valeurs des élasticités peuvent varier largement selon différents ordres de prix, différents types de comportements, et différents niveaux de prix relatifs. Les variations dans les styles de vie, les revenus et les comportements de mobilité exerceraient une influence au moins aussi déterminante sur la consommation d'énergie pour les déplacements que les variations dans l'usage du sol comme le supposent NEWMAN et KENWORTHY (GOMEZ-IBAÑEZ, 1991).

Nul doute que les études qui reprennent la problématique de NEWMAN et KENWORTHY ont été sensibles à ces critiques : les comparaisons interurbaines seront effectuées au niveau national (NAESS, 1996 ; FOUCHIER, 1997), procurant une certaine homogénéité à l'échantillon retenu. Cette méthode ne permet cependant pas de maîtriser l'effet-taille de la ville : LEVINSON et KUMAR (1997 : Tableau 1) ont en effet montré que la distance moyenne de déplacement croissait avec la population de la ville.

Le critère de la densité n'explique pas tout. Il résume certes fidèlement l'intensité de l'occupation de l'espace par l'homme, et en tant que tel constitue une évaluation de la capacité moyenne des espaces à produire des déplacements. Cette évaluation n'est toutefois que quantitative et ne prend pas en compte la nature des espaces. Or à densité égale, certaines occupations du sol produisent davantage de trajets : ce sont les « générateurs de déplacements » (surfaces commerciales, équipements scolaires ou sportifs, etc.). Une question se pose concernant l'influence de variables qui covarient avec la densité, comme l'offre de services publics ou les caractéristiques socio-économiques de la population, sur les comportements de déplacement (HANDY, 2001). L'influence de la densité sur la mobilité pourrait cacher en fait d'autres influences tout aussi pertinentes qu'il appartient au chercheur de révéler (EWING, CERVERO, 2001).

Cet ensemble de considérations a renforcé notre conviction de la nécessité

²⁰ Pour la méthode de calcul, voir la note de bas du tableau 4 *in* NEWMAN, KENWORTHY, 1989 : 28. Les valeurs des élasticités de court terme (2 ans) et de long terme (20 ans) sont colligées à partir de quatre sources différentes.

d'une **analyse au niveau intra-urbain**. Plutôt que comparer plusieurs villes, il peut être intéressant de comparer plusieurs zones à l'intérieur d'une même ville. Ceci permettrait à la fois de répondre aux critiques portant sur les spécificités nationales et de neutraliser l'effet-taille, et de détecter les influences cachées par celle de la densité. De plus le niveau intra-urbain enrichit l'analyse, puisque certaines modalités de l'occupation du sol, telle la mixité, ne sont captables qu'à ce niveau. Ainsi le rétrécissement de l'échelle d'analyse peut permettre, par un effet comparable à celui du microscope, de mettre en évidence des phénomènes qui ne sont pas visibles à l'échelle inter-urbaine. Dans ce domaine, FOUCHIER (1997) avait déjà permis une avancée importante en travaillant sur une unité homogène (l'ensemble des communes formant l'agglomération parisienne), tout comme CAMAGNI et alii (2002) qui transposent la problématique du lien entre mobilité et occupation du sol à l'échelle de la région métropolitaine de Milan.

Notre approche est comparable. L'échelle d'analyse est résolument « micro » (au sens de GORDON et RICHARDSON (1997) qui l'opposent à la vision « macro » de NEWMAN et KENWORTHY). Il va s'agir d'examiner en quoi l'aménagement urbain interfère avec les comportements de mobilité. On se demande quelle forme urbaine produit quelle mobilité.

Nous testerons donc l'hypothèse de travail suivante : les différences locales de mobilité (au-delà des déterminants socio-économiques habituels : revenu, CSP, composition familiale) sont attribuables aux formes prises par l'urbanisation, c'est-à-dire aux modalités de l'occupation du sol. L'explicitation des termes de cette hypothèse nous permettra de préciser notre approche méthodologique et de présenter quelques résultats.

4.2. POINTS DE MÉTHODE POUR L'ANALYSE DES RAPPORTS ENTRE FORME URBAINE ET COMPORTEMENTS DE MOBILITÉ

Les différences locales de mobilité : les variables habituellement retenues pour une analyse intra-urbaine de la mobilité sont les suivantes : distances moyennes de déplacement, mobilité individuelle (nombre de déplacements par personne), partage modal, et kilométrage individuel moyen, qui est la résultante des trois premières. On peut également inclure la motorisation.

Les modalités de l'occupation du sol : au-delà de différents critères de densité, l'analyse au niveau intra-urbain permet de préciser les modalités d'utilisation des sols pour chaque zone : degré de dispersion du développement (distribution des densités), mixité fonctionnelle (partage du sol entre activité résidentielle et d'emploi [CAMAGNI et alii, 2002], ou distribution des types d'emplois [FRANK, PIVO, 1994]).

Certains résultats peuvent être avancés. Le champ de l'étude est l'agglomération de Bordeaux. Nous avons utilisé l'enquête ménages-déplacements réalisée par l'INSEE en 1998, qui fournit des données sur les déplacements quotidiens de 4 329 ménages de l'agglomération bordelaise. Celle-ci a été

divisée en 66 zones, qui constituent les individus statistiques de l'analyse (Voir Annexe Cartographique).

Le lien entre forme urbaine et mobilité a été testé au moyen de régressions linéaires par les moindres carrés ordinaires pour quatre des variables de mobilité : le kilométrage automobile par habitant, la distance moyenne de déplacement en automobile²¹, la mobilité et la motorisation individuelles (voir Annexe – Variables testées). Pour l'analyse des parts modales, la technique la plus adaptée est un modèle logit multinomial, dans la mesure où le mode de transport est le résultat d'un choix²² (DE PALMA, THISSE, 1987). Dans ces modèles, les individus statistiques sont les ménages, agrégés au niveau des 66 zones pour lesquelles les données d'usage du sol sont disponibles.

L'annexe résume l'ensemble des variables utilisées, leur définition ainsi que, parfois, le mode de calcul. Afin d'éviter des problèmes de multicolinéarité, fréquents dans les données en coupe transversale, les variables d'occupation du sol ont été séparées en deux modèles distincts²³ :

- . Un **modèle de forme urbaine**, qui inclut la densité humaine, le ratio emplois/population active, un indice khi-deux de spécialisation sectorielle, et l'écart-type des densités résidentielles.
- . Un **modèle de type de logement**, qui comprend la part des différents types de logements : logements individuels isolés, logements individuels accolés, petit collectif et grand collectif dans le total des logements, auquel on a ajouté un indicateur d'entassement, le nombre de personnes par pièces.

Les premiers résultats mettent en évidence une relation négative entre la densité humaine et le kilométrage par habitant, quel que soit le motif du déplacement (Tableau 1). Ces résultats confirment à une échelle intra-urbaine les comparaisons de ville établissant une relation inverse entre densité et consommation d'énergie pour les transports, si l'on considère que le kilométrage par habitant est une *proxy* de la consommation énergétique *per capita* qu'utilisent par exemple NEWMAN et KENWORTHY (1989a ; 1989b ; 1998) ou NAESS (1996). Cette influence s'explique, confirmant les habituelles justifications théoriques, par de moindres distances de déplacement mais aussi par un équipement automobile plus faible et un moindre usage de la voiture. La densité humaine conditionne l'usage des modes doux (Tableau 2)

²¹ Ces deux variables ont été différenciées suivant le motif du déplacement. Motif 1 : domicile-travail et domicile-études, motif 2 : achats, loisirs et autres.

²² Bien sûr, ceci représente une hypothèse forte. Dans certains cas le choix n'existe pas, par exemple dans les zones où la desserte en transports en commun est défectueuse, ou à partir d'un certain seuil de distance (SALOMON, 2001). La « dépendance automobile » résume parfaitement cette absence d'alternative (DUPUY, 2002).

²³ Sur la base de la non-significativité des coefficients de corrélation de Pearson au seuil de 5 %.

- et plus particulièrement la marche à pied (voir la valeur du t de Student) - confirmant aussi bien les études déjà citées sur le lien entre densité et offre de transports en commun (EMANGARD, 1994 ; BURTON, 2000) que les allégations sur une ville compacte *pedestrian friendly* (cf. Nouvel Urbanisme).

La répartition des densités est significative uniquement pour le kilométrage par habitant pour le motif 2 (loisirs, achats, autres), les distances moyennes étant plus faibles (Tableau 1). On peut y voir une traduction des habitudes de loisirs et d'achats des habitants : dans les zones où les densités sont hétérogènes, les opportunités de déplacement sont concentrées en un même lieu. Au contraire, dans les zones où les densités sont homogènes, les destinations sont plutôt dispersées sur l'ensemble de la zone. D'autre part une distribution hétérogène des densités influence positivement l'usage des modes « doux » et négativement la motorisation (Tableau 2). Ces résultats semblent appuyer les avantages d'une structure urbaine non pas uniformément dense, mais où l'activité résidentielle est concentrée dans certaines parties de la zone. On pourrait y voir une confirmation des plaidoyers en faveur d'une ville *polycentrique en réseau* (CAMAGNI, GIBELLI, 1997) où la densification est sélective et ne concerne que certains espaces de l'agglomération. Une étude récente comparant étalement et mobilité pour sept grandes aires urbaines françaises montre ainsi que, si les distances de déplacement sont en moyenne bien supérieures à Aix-Marseille, sa structure bicentrique présente des opportunités supérieures pour le développement de transports en commun et un partage modal en défaveur de la voiture (MIGNOT et alii, 2004). De manière générale, une structure polycentrique offre l'avantage de multiplier les espaces d'intervention pertinents pour les autorités (en application du théorème de la localité) et de pouvoir structurer efficacement l'offre de transports en commun qui viendrait s'appuyer sur ces centres de développement périphériques (selon les principes du Nouvel Urbanisme et du *transit-oriented development* – LALIBERTÉ, 2002).

Le ratio emplois/population active a une influence positive sur le kilométrage par habitant, quel que soit le motif, ce qui va à l'encontre de résultats précédents : CAMAGNI et alii (2002) trouvent une influence négative de ce ratio sur le *Mobility Impact*, qui mesure l'impact environnemental des déplacements quotidiens dans l'aire urbaine de Milan. Ainsi plus le contenu en emplois d'une zone est élevé, plus le kilométrage par habitant est élevé, ce qui ne se justifie pas d'un point de vue théorique, mais qui pourrait provenir d'un effet de structure : par définition en effet, le ratio emplois/population active est d'autant plus élevé que le nombre d'emplois est élevé, mais aussi que la population est faible. Or le ratio emplois/population active a une influence sur le kilométrage automobile *par habitant*, mais cette influence ne peut pas s'expliquer par des distances plus faibles ou un partage modal en faveur de la voiture (les coefficients n'étant pas significatifs). En tout état de cause, ce résultat pose des questions auxquelles, dans l'état d'avancement où se trouve notre recherche, il est encore impossible de répondre, mais que des approfondissements devront éclaircir.

Tableau 1. Régression par les MCO pour l'interaction mobilité- usage du sol*

	MOTIF 1		MOTIF 2		Motivisation individuelle
	Kilométrage VP par habitant	Distance moyenne de déplacement VP	Kilométrage VP par habitant	Distance moyenne de déplacement VP	
Constante	3,574 (5,929)	9,724 (13,442)	12,185 (9,488)	7,404 (13,105)	3,757 (32,852)
Densité humaine	-0,029 (-6,407)	-0,018 (-3,966)	-0,055 (-4,147)	-0,023 (-3,513)	0,003 (1,906)
Emplois/population active	1,431 (5,799)	0,043 (0,387)	2,319 (3,604)	-0,077 (-0,753)	0,069 (2,556)
Indice khi-deux de spécialisation sectorielle	7,259 (3,845)	2,366 (1,013)	3,825 (1,147)	3,525 (2,069)	-0,546 (-1,316)
Ecart-type des densités résidentielles	-0,006 (-0,818)	-0,019 (-1,738)	-0,042 (-2,062)	-0,021 (-2,383)	-0,7^E-3 (-0,285)
R ² ajusté	0,702	0,185	0,543	0,252	0,049
N	66	66	66	66	66
Constante	-17,132 (-1,061)	-1,654 (-0,422)	-8,986 (-0,392)	0,933 (0,318)	6,370 (6,668)
Logements individuels isolés	-0,794 (-0,241)	-5,731 (-3,689)	-7,711 (-0,911)	-4,562 (-3,675)	-0,104 (-0,248)
Logements individuels accolés	-0,911 (-0,307)	-4,108 (-3,539)	3,867 (0,483)	-3,531 (-3,592)	1,131 (4,557)
Petit collectif (R+1 à R+3)	-5,499 (-3,511)	-6,374 (-4,939)	-12,571 (-4,471)	-5,984 (-5,655)	-0,164 (-0,701)
Grand collectif (R+4 et +)	39,202 (1,518)	22,144 (3,559)	41,826 (1,194)	13,950 (2,957)	-4,296 (-2,961)
Personnes par pièce	0,132	0,439	0,436	0,436	0,173
R ² ajusté	0,132	0,439	0,436	0,436	0,173
N	66	66	66	66	66

* Pour pallier les problèmes d'hétéroscédasticité rencontrés dans l'évaluation de ces modèles, nous avons utilisé la correction de White, qui donne une valeur robuste de l'estimateur des MCO (GREENE, 1999 : 547-549).

Note : les chiffres entre parenthèses sont les t de Student. Les coefficients marqués en gras sont significatifs au seuil de 5 %

La mobilité individuelle est mal expliquée par la forme urbaine comme par les types de logements (voir la faiblesse des R^2). Le nombre de déplacements par personne n'est pas lié aux modalités d'usage du sol, et ne semble pas varier beaucoup selon les zones (la constante est très fortement significative). Peut-être la mobilité individuelle s'explique-t-elle mieux par des variables de type socio-économiques ou démographiques comme le revenu, la CSP, l'âge ou encore le nombre d'enfants (QUINET, 1998 ; KAUFFMAN et alii, 2001).

Tableau 2 : La relation entre les parts modales et l'usage du sol (modèle logit multinomial)*

	Voiture particulière (passager)	Transports en commun	Marche à pied	2 Roues	Autres
Constante	-1,355 (-12,071)	-2,719 (-17,392)	-1,701 (-15,963)	-2,564 (-13,284)	-2,724 (-11,028)
Densité humaine	-0,540 ^{E-3} (-0,448)	0,007 (6,872)	0,011 (13,237)	0,006 (3,461)	-0,007 (-1,761)
Emplois/population active	0,014 (0,623)	0,015 (0,390)	0,039 (1,467)	0,071 (1,489)	-0,044 (-0,612)
Indice khi-deux de spécialisation sectorielle	0,258 (0,694)	0,035 (0,073)	-0,372 (-1,095)	-0,643 (-0,960)	0,733 (0,879)
Ecart-type des densités résidentielles	0,978 ^{E-3} (0,449)	0,010 (4,356)	0,006 (3,508)	-0,004 (-1,004)	-0,009 (-1,437)
R^2 ajusté	0,041				
N	4329				
Constante	-2,531 (-2,696)	-7,896 (-6,715)	-2,650 (-3,197)	-0,081 (-0,049)	-2,724 (-11,028)
Logements individuels isolés	Catégorie de référence				
Logements individuels accolés	0,105 (0,297)	2,149 (4,357)	1,791 (5,355)	0,489 (0,825)	-0,007 (-1,761)
Petit collectif (R+1 à R+3)	0,136 (0,341)	2,781 (6,652)	3,837 (13,186)	1,569 (2,636)	-0,044 (-0,612)
Grand collectif (R+4 et +)	-0,062 (-0,241)	2,277 (6,457)	2,072 (8,497)	-0,155 (-0,337)	0,733 (0,879)
Personnes par pièce	1,966 (1,340)	6,953 (3,847)	0,167 (0,130)	-4,313 (-1,652)	-0,009 (-1,437)
R^2 ajusté	0,042				
N	4329				

* Rappelons que pour ce type de modèle les coefficients n'ont aucune signification, seul leur signe est interprétable (THOMAS, 2000). La catégorie VPC (voiture personnelle conducteur) est utilisée comme catégorie de référence. Enfin, la faiblesse des pseudo- R^2 est due au grand nombre d'observations.

Note : les chiffres entre parenthèses sont les *t* de Student
les coefficients marqués en gras sont significatifs au seuil de 5%

L'influence du type d'habitat recoupe celle de la forme urbaine, c'est pourquoi les deux modèles ont été testés séparément. On retrouve d'ailleurs l'influence de la densité sur le kilométrage individuel, à travers le coefficient négatif de la proportion de grand collectif dans le total du logement (Tableau 1). Une nuance doit être apportée cependant, dans la mesure où le grand collectif comprend certes les logements du centre ancien, mais aussi les cités HLM de la banlieue (à Lormont, Cenon ou Mérignac...). Là, la densité n'est pas aussi élevée qu'au centre, et on peut soupçonner que si le kilométrage automobile individuel y est plus faible, c'est aussi pour des raisons de revenu ou d'inactivité. Des précautions doivent être prises dans l'interprétation d'un tel résultat, dans la mesure où l'on ne sait pas quelles relations sont les plus significatives.

L'influence positive du taux de logements individuels isolés sur les distances automobiles moyennes (quel que soit le motif) et la motorisation est clairement montrée, à travers le signe négatif et la significativité des coefficients de toutes les autres variables (Tableau 1). Le même commentaire, au signe des coefficients près, s'applique à l'usage des modes doux (Tableau 2). On retrouve dans l'explication de ces résultats l'argumentaire habituel concernant les conséquences de l'étalement urbain sur la mobilité : un partage modal en faveur de la voiture ainsi que (en raison de ?) des distances de déplacement plus longues. L'hypothèse de la formation d'une « ville automobile » à la limite externe des agglomérations, due à la possibilité d'occuper une maison individuelle²⁴, et qui alimente la « dépendance automobile » (NEWMAN, KENWORTHY, 1998), est ici corroborée pour Bordeaux.

L'influence du nombre de personnes par pièces est positive sur la distance moyenne de déplacement, et négative sur la motorisation (Tableau 1). Ce résultat pourrait recouper l'influence de la taille du ménage : en effet la surface habitable moyenne par personne est relativement constante sur l'ensemble de l'agglomération, par conséquent on peut supposer une corrélation positive entre taille du ménage et nombre de personnes par pièces. Ceci expliquerait non seulement l'influence négative du nombre de personnes par pièce sur la motorisation, qui est individuelle, mais aussi l'influence positive sur les distances parcourues, dans la mesure où, en moyenne, plus la taille du ménage augmente, plus la localisation sera périphérique, pour des raisons d'aménité (on cherche à soustraire ses enfants à la pollution et à l'insécurité du centre-ville) comme de disponibilité foncière (la taille des logements étant décroissante avec la densité en raison d'une disjonction entre gradient de rente et gradient de densité due à la durabilité des bâtiments du centre-ville, souvent conservés pour des raisons esthétiques ou historiques²⁵).

²⁴ Sur le lien entre étalement urbain et accession à la propriété d'une maison individuelle, voir WIEL (2002).

²⁵ Pour une explication théorique de ce mécanisme (à partir d'une fonction de production de logements), voir MUTH, 1969 : Chap. 5.

Là encore, la relation entre variables de mobilité et variables socio-économiques et démographiques pourrait être extrêmement riche d'enseignements pour l'explication de la relation forme urbaine-mobilité : on en est ramené à chercher les influences cachées par celle de la densité.

4.3. DÉPASSEMENTS ENVISAGÉS ET POSSIBILITÉ D'UNE ANALYSE PAR LES COÛTS

L'exposé de ces quelques résultats nous a permis de confirmer de manière relativement robuste l'influence de la densité sur les comportements de mobilité, aussi bien à travers l'indicateur de densité humaine que la distribution des logements. Si l'influence des variables de mixité (selon les deux acceptations mentionnées *supra*) semble cacher un effet de structure, la significativité des coefficients de l'indicateur de répartition des densités au sein de la zone est intéressante, car elle nous permet de conclure à une influence du degré d'homogénéité des densités au sein d'une zone sur les déplacements de type 2 (achats, loisirs et autres) et les parts modales tous motifs. Ces résultats confirment les hypothèses posées dans la deuxième partie, ce qui ne peut que nous encourager à approfondir l'analyse. Nous mentionnons trois pistes de recherche :

- . L'intégration des variables socio-économiques et démographiques. Nos premiers résultats suggèrent la nécessité de renforcer l'interprétation par la prise en compte de ce type de facteurs, dont l'influence peut être dissimulée par celle des modalités d'usage du sol. Si cette prise en compte doit permettre de préciser l'interprétation causale, elle risque aussi de la rendre moins facile : si les variables d'occupation du sol et les variables socio-économiques influencent toutes deux la mobilité, elles s'influencent également l'une l'autre, ce qui pourrait nous amener à une indétermination logique.
- . Compléter l'appréciation de la forme urbaine : si dans cette étude préliminaire nous nous sommes cantonnés à caractériser la forme urbaine par ses attributs de compacité relative (densité, mixité et répartition des densités), certains attributs, plus difficilement mesurables, pourraient venir compléter utilement la caractérisation de l'occupation du sol : présence ou non de générateurs de déplacement, prise en compte des centres périphériques et éventuellement de leur spécialisation relative (GASCHET, 2001).
- . Enfin, la monétarisation des effets externes de la mobilité quotidienne intra-urbaine pourrait apporter une plus-value certaine à l'analyse. Une approche par les coûts de la mobilité présente l'avantage d'autoriser la comparaison de phénomènes disparates (pollutions, bruit, consommation énergétique...) en les ramenant à une même unité monétaire. Le calcul d'un coût généralisé des déplacements peut faire apparaître des phénomènes intéressants du type inéquité spatiale (on pense plus particulièrement aux nuisances que font supporter les résidents

péricentraux aux résidents centraux). Il est possible également de supposer l'existence « d'économies de compacité » : en faisant l'hypothèse que la structure des coûts privés détermine le comportement des agents et, partant, la structure urbaine actuelle - notamment son degré de dispersion - la prise en compte des coûts sociaux de la mobilité et son intégration dans les processus de décision pourrait aboutir à une structure plus compacte ou, suivant le mot de CAMAGNI (1997), une forme « *judicieusement compacte* ». Le besoin de telles études se fait sentir en effet, puisque les politiques de compacification sont prônées et appliquées alors que les résultats à avancer sur l'efficacité relative des formes compactes (CRANE, 1996 : 279 ; CAMAGNI et alii, 2002), ainsi que sur les modalités de « *la redistribution massive (...) des gains et des bénéfiques* » (BREHENY, 1995) associée au développement compact restent incertains.

CONCLUSION

La méthodologie exposée dans cet article vise à éclaircir les rapports compliqués qu'entretiennent la forme des villes et la mobilité de leurs habitants. Le questionnement sous-jacent provient d'interrogations renouvelées sur les densités et l'étalement, portées à la fois par une controverse académique et la nécessité d'une action que les principes du développement durable rendent urgente.

Les résultats de cette étude sont encourageants, dans la mesure où ils permettent de confirmer la plupart des hypothèses posées et où ils ouvrent des pistes de recherche prometteuses. Les résultats à venir pourraient trouver une application directe, par exemple en fournissant des arguments en faveur de l'intégration des politiques de transport et d'aménagement urbain, souvent négligée et pourtant, aux dires de beaucoup, indispensable (e.g. CAMAGNI, GIBELLI, 1997 ; SPECTOR, THEYS, 1999 ; WELKERS, 1997). Cette intégration est aujourd'hui largement revendiquée dans les documents d'urbanisme tels que le PLU.

Plus généralement, cette étude pourrait dans une certaine mesure constituer un guide pour l'aménagement urbain. Nous n'avons pas discuté de la pertinence du développement urbain durable, le considérant comme cadre normatif pré-existant à la réflexion, et édictant les principes de l'action planificatrice. Nous n'avons pas non plus la prétention de déterminer une « forme urbaine optimale », conscients qu'une telle approche est vaine, mais plus modestement d'effectuer une avancée quant aux caractéristiques d'usage du sol qui influent sur la mobilité urbaine. Cette avancée pourrait se révéler utile pour les collectivités locales impliquées dans le développement urbain durable et prêtes à mettre en œuvre des moyens importants pour sortir de la dépendance à l'automobile.

BIBLIOGRAPHIE

- ANTONI J.-P. (2002) Modélisation de l'étalement urbain : une approche méthodologique. **Cybergéo**, n° 207.
- BARCELO M. (1999) **Les indicateurs d'étalement urbain et de développement durable en milieu métropolitain**. Rapport de recherche, Faculté de l'Aménagement, Institut d'Urbanisme de l'Université de Montréal.
- BARCELO M. (2002) La difficile définition de l'étalement urbain. **Page personnelle**, visitée le 11/02/2002.
- BEAUCHARD J. (1999) **La bataille du territoire**. Paris, L'Harmattan.
- BESSY-PIETRI P. (2000) Les formes récentes de la croissance urbaine. **Économie et Statistiques**, n° 336, pp. 35-52.
- BRADWAY LASKA S., SPAIN D. (1980) **Back to the city - Issues in neighborhood renovation**. New York, Pergamon Press.
- 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 M. JENKS, E. BURTON, K. WILLIAMS (ed.), **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.
- BURTON E. (2000) The compact city : just or just compact? **Urban Studies**, 37 (11), pp. 1969-2001.
- CAMAGNI R., CAPELLO R., NIJKAMP P. (1998) Towards sustainable city policy: an economy-environment technology nexus. **Ecological Economics**, 24 (1), pp. 103-108.
- CAMAGNI R., GIBELLI M. C. (éd.) (1997) **Développement urbain durable : quatre métropoles européennes**. Paris, DATAR, Éd. 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'Économie 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.
- C.C.E (COMMISSION DES COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES) (1990) **Livre vert sur l'environnement urbain**. Luxembourg, CEE.

CERTU-GART, 2001, **Synthèse de l'état d'avancement et de l'analyse des PDU**. 6 pp., <http://www1.certu.fr>, site visité le 03/06/2003.

CERVERO R. (1998) **The transit metropolis –A global inquiry**. Washington D.C., Island Press.

C.I.A.M. (1933) **La Charte d'Athènes**. Paris, Éditions de Minuit.

CLAWSON M. (1962) Urban Sprawl and Speculation in Suburban Land. **Land Economics**, 38(2), pp. 99-111.

C.N.U (Congress for the New Urbanism) (2001) **Charter of the New Urbanism**. <http://www.cnu.org>, page visitée le 12/11/2003.

CRANE R. (1997) Sprawl, I hardly know ya. **Journal of the American Planning Association**, 63 (3), pp. 278-279.

C.U.B (Communauté Urbaine de Bordeaux) (2000) **Plan des déplacements urbains 2000-2005**. 165 p.

DOWNS A. (1998) The costs of sprawl – and alternatives forms of growth. Communication au **CTS Transportation Research Conference**, Minneapolis, 19 mai 1998.

DUPUY G. (1995) **Les territoires de l'automobile**. Paris, Economica.

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'Économie Régionale et Urbaine**, 2002-1, pp. 141-156.

EMANGARD P.-H. (1994) Espace urbain et efficacité des réseaux de province. **Transports urbains**, n° 83, pp. 5-16.

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.

FOUCHIER V. (1995) La densification : une comparaison internationale entre politiques contrastées. **Les Annales de la Recherche Urbaine**, n° 67, pp. 33-44.

FOUCHIER V. (1997) **Des fortes densités urbaines. Les villes nouvelles dans l'espace métropolitain**. Thèse d'État en Urbanisme, Université de Paris VIII.

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**, n° 1466, pp. 44-52.

FULFORD C. (1996) The compact city and the market: the case of residential development. In M. JENKS, E. BURTON, K. WILLIAMS (ed.), **The Compact City: a sustainable urban form?** Oxford, E & FN Spon, pp. 122-133.

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.

GASCHET F. (2001) **La polycentralité urbaine**. Thèse d'Etat ès Sciences Economiques, Université Montesquieu Bordeaux IV.

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. (1997) Are compact cities a desirable planning goal? **Journal of the American Planning Association**, 63(1), pp. 95-106.

GORDON P., RICHARDSON H.W., JUN M.-J. (1991) The commuting paradox – Evidence from the Top Twenty. **Journal of the American Planning Association**, 57(4), pp. 416-420.

GREENE W. H. (1999) **Econometric Analysis**. Prentice Hall, 1040 pp. (4th edition).

GUENGANT A. (1992) **Les coûts de la croissance périurbaine**. ADEF, Paris.

HANDY S. (2001) New Urbanism and Travel Behaviour. **Comments prepared for the C.N.U IX, New York City, June 9.**

HART R. (2002) Growth, environment, and culture-encompassing competing ideologies in one 'new growth' model. **Ecological Economics**, 40(2), pp. 253-267.

HAUMONT N. (1975) **Les pavillonnaires**. Paris, CDU (2^e édition).

HIVERT L. (1998) **Budgets Énergie Environnement des Déplacements (BEED) dans l'agglomération bordelaise**. Rapport Convention ADEME-INRETS, n° 690-9611, 95 pp.

Von HOFFMAN A, FELKNER J. (2002) **The historical origins and causes of urban decentralization in the United States**. Joint Center for Housing Studies, Harvard University (WP 02-1).

HOLTZCLAW J.W. (2000) Smart growth – as seen from the air. Convenient neighbourhood, skip the car. Presented at **the Air & Waste Management Association's 93rd Annual Meeting & Exhibition**, 23 June, Salt Lake City, UT, <http://www.sierraclub.org>, site visité le 05/03/2002.

ILLICH I. (1974) **Energy and equity**. New York, Harper and Row.

INSEE (1987) **Enquête prix de revient des logements neufs**. MELT/INSEE.

JENKS M., BURTON E., WILLIAMS K. (ed.) (1996) **The Compact City: a sustainable urban form?** Oxford, E & FN Spon.

KAUFMANN V., JEMELIN C., GUIDEZ J.-M. (2001) **Automobile et modes de vie urbains : quel degré de liberté ?** Paris, La Documentation Française (Coll. Transports, Recherche, Innovation).

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, pp. 691-723.

LACOUR C. (1975) Les coûts de la croissance urbaine. **Revue Economique du Sud-Ouest**, n° 4.

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° édition).

LALIBERTE P. (2002) Un développement urbain pour réduire concrètement la dépendance à l'automobile. **Vertigo**, 3(2), www.vertigo.uqam.ca.

LE JEANNIC T. (1997) Trente ans de périurbanisation : extension et dilution des villes. **Économie et Statistiques**, n° 307, pp. 21-41.

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, 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)**, n° 24, 1997 (reproduit dans **Problèmes Économiques**, n° 2574, 24/06/1998).

MERLIN P. (2001) Choix de transports, densités urbaines, et cadre de vie. Intervention au **colloque « Mobilités et formes urbaines »**, Avignon, 6-7 décembre.

- 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.
- MILLS E.S., LUBUELE L.S. (1997) Inner cities. **Journal of Economic Literature**, Vol. 35, 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, 15/10/1999.
- MORLET O. (2001) **Coûts-avantages des basses densités résidentielles : état des lieux**. Paris, ADEF.
- MUTH R.F. (1969) **Cities and housing. The spatial pattern of urban residential land use**. Chicago, The University of Chicago Press.
- NAESS P. (1996) **Urban form and energy use for transport. A nordic experience**. Oslo, N.T.H.
- 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. (1998) **Sustainability and cities - Overcoming automobile dependence**. Washington D.C., Island Press.
- NEWMAN P.W.G., KENWORTHY J.R., VINTILA P. (1995) Can we overcome automobile dependence? **Cities**, 12 (1), pp. 53-65.
- NICOLAS J.-P., POCHEP P., POIMBOEUF H. (2001) **Indicateurs de mobilité durable pour l'agglomération lyonnaise – Méthodes et résultats**. Recherche LET-APDD réalisée pour le compte de Renault.
- NICOT B.-H. (1996) Une mesure de l'étalement urbain en France, 1982-1990. **Revue d'Économie Régionale et Urbaine**, 1, pp. 71-98.
- OCDE (1994) **Des villes pour le XXI^e siècle**. Paris, Les éditions de l'OCDE.
- ORFEUIL J.-P., POLACCHINI A. (1999) Les dépenses des ménages franciliens pour le logement et les transports. **Recherche Transports Sécurité**, n° 63, pp. 31-44.
- PEGUY P.-Y. (2000) **Analyse économique des configurations urbaines et de leur étalement**. Thèse pour le doctorat ès Sciences Économiques, Université Lumière Lyon II.
- PEISER R. B. (1989) Density and urban sprawl. **Land Economics**, 65(3), pp. 193-204.

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, CEIL.

PURVIS C. (1994) Changes in Regional Travel Characteristics and Travel Time Expenditures in the San Francisco Bay Area: 1960-1990. Paper submitted to the Transportation Research Board for Presentation at **the 73rd Annual Meeting**, January 9-13, Washington, D.C.

QUINET E. (1998) **Principes d'économie des transports.** Paris, Economica.

RERC (1974) **The Costs of sprawl: environmental and economic costs of alternative residential development patterns at the urban fringe.** US Government Printing Office, Washington DC.

RICHARDSON H.W. (1978) **Regional and urban economics.** Harmondsworth, Penguin Books.

RONCAOYOLO M. (1990) **La ville et ses territoires.** Paris, Gallimard (Coll. Folio Essais).

SALOMON I. (2001) L'aspiration à la mobilité, l'émergence du télétravail en Méditerranée. **Colloque « Mobilités et formes urbaines »**, Avignon, 6-7 décembre.

SAPIR J. (2000) **Les trous noirs de la science économique. Essai sur l'impossibilité de penser le temps et l'argent,** Paris, Albin Michel.

SAUVY A. (1968) **Les quatre roues de la fortune. Essai sur l'automobile.** Paris, Flammarion.

SECCHI B. (2002) Comment agir sur la « citta diffusa » ? Conférence (24/6) au Club Ville-Aménagement, <http://www.club.amenagement.asso.fr/CITTADIFFUSA-verbatim.rtf>, visité le 18/11/2002.

SIERRA CLUB (2002) **Sprawl Factsheet.** <http://www.sierraclub.org>, site visité le 05/03/2002.

SMYTH H. (1996) Running the gauntlet : a compact city within a doughnut of decay. In M. JENKS, E. BURTON, K. WILLIAMS (ed.) **The Compact City: a sustainable urban form?**, Oxford, E & FN Spon.

SOFRES-CONSEIL (1997) **Analyse des coûts de gestion des déchets municipaux.** Rapport ADEME.

SPECTOR T., THEYS J. (1999) **Villes du XXI^e siècle - Entre villes et métropoles : rupture ou continuité ?** Synthèse du colloque de La Rochelle des 19, 20 et 21/10, Paris, Collections du CERTU.

THEYS J., EMELIANOFF C. (1999) Les contradictions de la ville durable. **Notes CPVS (série "équipement")**, n° 13, pp. 53-65.

- THOMAS A. (2000) **Économétrie des variables qualitatives**. Paris, Dunod.
- Van der WALK A. (2002) The Dutch Planning Experience. **Landscape and Urban Planning**, 58, pp. 201-210.
- WELKERS D. (1997) La planification aux Pays-Bas. **Économie et Humanisme**, n° 342.
- WIEL M. (2001) **Ville et automobile**. Paris, Descartes & Cie.
- WIEL M. (2002) **Agencement spatial et optimisation du temps**. Rapport effectué pour la DRAST-Ministère des Transports pour le compte du PREDIT, n° 00 MT 36.
- WINDSOR D. (1979) A critique of the Costs of Sprawl. **Journal of the American Planning Association**, 45(3), pp. 279-292.
- ZAHAVI Y., RYAN J. M. (1980) Stability of Travel Components over Time. **Transportation Research Record**, n° 750, pp. 19-26.

ANNEXE – VARIABLES TESTEES

1. Variables d'occupation du sol

Modèle de forme urbaine

Densité humaine	Densité humaine (en nombre d'emplois et d'habitants par hectare) <i>Source : Enquête-ménages, 1998</i>
Emplois/population active	Mixité fonctionnelle 1 : ratio emplois/population active, normalisé à 1 pour l'ensemble de l'agglomération <i>Source : Enquête-ménages, 1998 et IRIS 5000, 1998</i>
Indice khi-deux de spécialisation sectorielle	Mixité fonctionnelle 2 : indice khi-deux de spécialisation sectorielle* <i>Source : Enquête-ménages, 1998 et IRIS 5000, 1998</i>
Ecart-type des densités résidentielles	Ecart-type de la densité résidentielle (à partir d'un regroupement du zonage IRIS 2000 en zonage enquête-ménages) <i>Source : Enquête-ménages, 1998 et IRIS 2000, 1999</i>

Modèle de type de logement

Logements individuels isolés	Proportion de logements individuels isolés dans le total des logements de la zone <i>Source : Enquête-ménages, 1998</i>
Logements individuels accolés	Proportion de logements individuels accolés dans le total des logements de la zone <i>Source : Enquête-ménages, 1998</i>
Petit collectif (R+1 à R+3)	Proportion de logements petit collectif (moins de R+4) dans le total des logements de la zone <i>Source : Enquête-ménages, 1998</i>
Grand collectif (R+4 et +)	Proportion de logements grand collectif (R+4 et plus) dans le total des logements de la zone <i>Source : Enquête-ménages, 1998</i>
Personnes par pièce	Nombre moyen de personnes par pièce <i>Source : Enquête-ménages, 1998 et IRIS 2000, 1999</i>

* Calculé à partir du découpage des établissements selon la nomenclature NES 36. L'indice khi-deux de spécialisation sectorielle des espaces est normalisé à l'ensemble de l'agglomération. Il se calcule à la manière d'un indice entropique : plus il est élevé, plus la zone est spécialisée, c'est-à-dire plus la distribution sectorielle des établissements de la zone est éloignée de la distribution totale de l'agglomération. Pour plus de précisions sur le mode de calcul, voir LAJUGIE et alii, 1985 : 700-701

2. Variables de mobilité

Kilométrage VP par habitant (motif 1)	Kilométrage par habitant effectué depuis la zone origine pour le motif 1 (domicile-travail et domicile-études) <i>Source : Enquête-ménages, 1998 et MS AutoRoute ©</i>
Kilométrage VP par habitant (motif 2)	Kilométrage par habitant effectué depuis la zone origine pour le motif 2 (loisirs, achats, autres) <i>Source : Enquête-ménages, 1998 et MS AutoRoute ©</i>
Distance moyenne de déplacement VP (motif 1)	Distance moyenne par déplacement, effectuée depuis la zone origine pour le motif 1 (domicile-travail et domicile-études) <i>Source : Enquête-ménages, 1998 et MS AutoRoute ©</i>
Distance moyenne de déplacement VP (motif 2)	Distance moyenne par déplacement, effectuée depuis la zone origine pour le motif 2 (loisirs, achats, autres) <i>Source : Enquête-ménages, 1998 et MS AutoRoute ©</i>
Mobilité individuelle	Mobilité individuelle (en nombre de déplacements par jour et par personne) <i>Source : Enquête-ménages, 1998</i>
Motorisation individuelle	Motorisation individuelle (nombre de véhicules particuliers possédés par personne) <i>Source : Enquête-ménages, 1998</i>

ANNEXE CARTOGRAPHIQUE

