

**INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE (INRS-UCS)
UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL (UQAM)**

**LA RELATION ENTRE LA FORME URBAINE
ET LA DISTANCE DE NAVETTAGE :
LES APPORTS DU CONCEPT DE
« POSSIBILITÉ DE NAVETTAGE »**

**Par
MATHIEU CHARRON**

**THÈSE PRÉSENTÉE POUR L'OBTENTION
DU DIPLÔME DE DOCTORAT EN ÉTUDES URBAINES**

MARS 2007

À mes parents,

AVANT-PROPOS

Faire un doctorat, c'est quelque chose! J'ai entrepris cette aventure avec la naïveté du jeune apprenti qui se croit capable de tout. Je l'ai terminée avec l'humilité de celui qui réalise que malgré tout le travail et la bonne volonté, chercher ne veut pas toujours dire trouver.

J'aimerais remercier les nombreuses personnes qui m'ont aidé, d'une façon ou d'une autre, pendant la réalisation de ma thèse. Je me dois de commencer par mon directeur, Richard Sheamur, sans qui je n'aurais jamais commencé ce travail, sans qui je l'aurais abandonné plusieurs fois sans jamais y retourner, et sans qui je n'aurais jamais fini. Son ouverture d'esprit, son intégrité, sa générosité et son intelligence ont été pour moi des sources d'inspiration. Merci, Richard, de m'avoir fait confiance.

Je tiens aussi à remercier Philippe Apparicio pour son humanité, son humour et son empathie. J'ai beaucoup de respect pour toi.

D'autres personnes de l'INRS-UCS m'ont aussi apporté beaucoup. Je tiens à remercier mes compagnons du Second Cup: Laurent, Rémi, Sébastien, Gaétan et les autres. Ces moments ont été importants pour moi, j'y ai décompressé (bin, presque toutes les fois), refait le monde, avancé ma réflexion sur la thèse et le reste... Je dois aussi remercier Nicole Wragg pour ses accueils toujours souriants. Merci à mes collègues du doctorat, pour leur solidarité. Merci aussi à toutes les autres belles rencontres que j'ai pu faire à l'INRS-UCS.

Merci à mes amis, qui m'ont divertis quand il le fallait : Naleks, Paris et Turgeon (Olivier de leurs prénoms), Louise, Mélanie, Roxanne, Mathieu Coveney et Manouane, Lyne, Fanny, Philippe et tous les autres. Merci à Jean-Pierre, tu sais pourquoi.

Merci à Anne et Serge, pour m'avoir si généreusement accueilli. Merci enfin à ma Mireille. Tu rends tout tellement plus agréable!

RÉSUMÉ

Le navettage, c'est-à-dire le déplacement quotidien entre le lieu de résidence et le lieu de travail, constitue une composante fondamentale du phénomène urbain. Pour l'individu, il représente un élément important de sa routine journalière. Mais malgré son caractère indispensable, plusieurs problèmes lui sont attribués : perte de temps, coûts financiers, pollution, stress. Ces problèmes font du navettage un enjeu de société et un sujet d'intérêt pour les analystes de la ville.

La forme urbaine apparaît comme un moyen de contrôler le navettage. En effet, il est généralement supposé que les nuisances du navettage sont associées à la position spatiale relative des lieux de résidence et des lieux de travail. Or, les chercheurs ne s'entendent pas sur la forme que peut prendre une telle association. Ils ne s'entendent pas tous sur son existence.

Cette thèse a pour but d'éclairer la relation entre la forme urbaine et la distance de navettage. Pour ce faire, nous développons un cadre théorique selon lequel la forme urbaine influence indirectement la distance de navettage, par le biais des « possibilités de navettage » qu'elle offre aux travailleurs. En opérationnalisant le concept de possibilités de navettage sur des villes théoriques, des métropoles étasuniennes et des groupes de travailleurs montréalais, nous confirmons cette hypothèse. Nos analyses montrent que deux caractéristiques morphologiques de la forme urbaine définissent les possibilités de navettage offertes : le degré de centralisation et la mixité fonctionnelle. Nous montrons enfin que la relation entre la forme urbaine et la distance de navettage est bilatérale : les travailleurs construisent la forme urbaine en fonction de leur mobilité, de leur capacité à effectuer de longues navettes.

TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS	i
RÉSUMÉ	iii
LISTE DES FIGURES	x
LISTE DES TABLEAUX	xii
INTRODUCTION GÉNÉRALE	1
CHAPITRE I	
DÉFINIR LE NAVETTAGE	4
1.1 Principes de complexité	5
1.1.1 Organisation	6
1.1.2 Échelle	7
1.1.3 Imprévisibilité	8
1.2 La ville comme un phénomène complexe	8
1.2.1 Morphogénèse urbaine : Agglomération, ségrégation et connexion	9
1.2.2 Distance, vitesse, technologie et morphogénèse urbaine	11
1.2.3 Fragmentation et complexification	12
1.3 Navettage et complexité	15
1.4 Décomposition du navettage	17
1.4.1 La forme urbaine (les possibilités)	18
1.4.2 La mobilité (l'accès physique)	20
1.4.3 La compatibilité (l'accès socioéconomique)	27
1.4.4 Navettage et marché du travail	29
1.4.5 Recomposition du navettage	31
1.5 Conclusion	32

CHAPITRE II	
GÉRER LE NAVETTAGE	34
2.1 Nuisances et bénéfices	35
2.1.1 Performance économique	36
2.1.2 Individu	39
2.1.3 Collectivité	40
2.1.4 Le « juste milieu »	42
2.2 Dilemmes et postures	43
2.2.1 Choix sociaux et choix politiques	44
2.2.2 Contraindre ou affranchir? Coordonner ou laisser aller?	45
2.2.3 Développement durable	47
2.3 Modèles d'aménagement	49
2.3.1 Les « urbanistes utopistes »	49
2.3.2 La ville compacte	54
2.3.3 Polycentrisme	55
2.3.4 Réductionnisme	57
2.4 Informer l'aménageur	59
CHAPITRE III	
FORME URBAINE ET DISTANCE DE NAVETTAGE	61
3.1 Analyses théoriques	61
3.1.1 La boucle rétroactive	62
3.1.2 De la forme urbaine au choix de navettage : schéma conceptuel	65
3.1.3 Possibilités et contraintes	68
3.1.4 Modèles monocentriques	69
3.1.5 Modèles polycentriques	72
3.1.6 Conclusion : les structures de la complexité	75

3.2 Analyses empiriques	76
3.2.1 Confusions conceptuelles	76
3.2.2 Difficultés méthodologiques	80
3.2.3 Échelle métropolitaine : Taille, densité et congestion	84
3.2.4 Échelle du quartier : la géométrie des déséquilibres	86
3.2.5 Échelles locales : environnement immédiat et comportements	88
3.2.6 Complications méthodologiques et résidus empiriques	89
3.3 Conclusion	90
CHAPITRE IV	
MÉTHODE	91
4.1 <i>Excess Commuting</i>	91
4.1.1 Évolution du cadre	92
4.1.2 Concepts et mesures	95
4.2 Limites	99
4.2.1 Interchangeabilité	99
4.2.2 Le marché parfait	100
4.2.3 Espace absolu	101
4.2.4 Qu'est-ce que l'excès?	102
4.3 Par rapport aux autres méthodes	104
4.3.1 Association statistique	105
4.3.2 Théorie du choix	105
4.3.3 Simulations	106
4.3.4 <i>Excess commuting</i> et « possibilités de navettage »	107
4.4 Conclusion	108

CHAPITRE V	
FORME URBAINE ET POSSIBILITÉS DE NAVETTAGE	109
5.1 Petits marchés	110
5.1.1 La mesure des possibilités de navettage	110
5.1.2 Taille du marché et normalité de la distribution	113
5.1.3 Configuration spatiale et possibilités de navettage	115
5.2 Grands marchés	120
5.2.1 Description du canevas	120
5.2.2 Dispositions homogènes	125
5.2.3 Dispositions monocentriques	126
5.2.4 Dispositions polycentriques	131
5.2.5 Dispositions aléatoires	135
5.2.6 Comparaison des résultats	137
5.3 Limites et portée des résultats	143
5.3.1 Portée des résultats : Quelques pistes pour la gestion du navettage	143
5.3.2 Limites des résultats : Comment passer du simple au complexe?	146
5.4 Conclusion	147
Annexes	149

CHAPITRE VI	
POSSIBILITÉS ET DISTANCES DE NAVETTAGE	151
6.1 Données et calculs	151
6.2 Résultats	158
6.2.1 Présentation des résultats	158
6.2.2 Forme urbaine et possibilités de navettage	159
6.2.3 Forme urbaine et distance de navettage	163
6.2.4 Spécificités métropolitaines et pratiques de navettage	167
6.2.5 Distance de navettage et appariement aléatoire	169
6.2.6 Distance, possibilités et pratiques de navettage	171
6.3 Discussion	172
6.3.1 Forme urbaine et possibilités de navettage	173
6.3.2 Possibilités et distance de navettage	174
6.4 Conclusion	175
Annexes	176
CHAPITRE VII	
FORME URBAINE, MOBILITÉ ET COMPATIBILITÉ	180
7.1 Données	181
7.1.1 Base de données	181
7.1.2 Population	181
7.1.3 Calculs	182
7.2 Comparaisons inter-métropolitaines	184
7.3 Raffinements intra-métropolitains	186
7.3.1 Retour sur les concepts	186
7.3.2 Ce qui c'est fait	188
7.3.3 Ce que nous faisons	190

7.4 Résultats	193
7.4.1 Classifications	193
7.4.2 Sexe	195
7.4.3 Mode d'occupation	196
7.4.4 Mode de transport	197
7.4.5 Langues officielles	199
7.4.6 Scolarité	200
7.4.7 Type de ménage	201
7.4.8 Revenu	203
7.4.9 Profession	205
7.4.10 Industrie	206
7.5 Synthèse de résultats	208
7.5.1 Polarisation/dispersion de l'emploi	209
7.5.2 Dichotomie centre/périphérie	210
7.5.3 Écarts de mobilité	211
7.5.4 Facteurs externes	212
7.6 Discussion	213
7.6.1 La gestion du navettage	213
7.6.2 Forme urbaine, mobilité et compatibilité	214
7.6.3 Limites et utilité des contraintes	216
7.7 Conclusion	217
CONCLUSION GÉNÉRALE	218
RÉFÉRENCES	227
GLOSSAIRE	240

LISTE DES FIGURES

1.1	Forme urbaine	19
1.2	Mobilité	21
1.3	Le gradient de revenu selon Alonso	24
1.4	Compatibilité	28
2.1	La relation entre la croissance de l'emploi et l'augmentation du temps de navettage	38
2.2	La relation entre le nombre d'emplois et le temps de navettage	39
2.3	Le développement durable	48
2.4	Un système de Cités-jardins	51
2.5	Ville polycentrique sur le modèle du <i>Transit Oriented Development</i>	57
3.1	La relation transport/utilisation du sol	64
3.2	La structure générale d'un <i>Land Use and Transportation model</i>	65
3.3	Forme urbaine, navettage et dynamique métropolitaine	66
3.4	Les éléments de la théorie du choix	69
3.5	La croissance de la ville	71
3.6	Explication monocentrique du navettage	72
3.7	Le modèle de Moses	73
3.8	Le modèle de Allen	75
3.9	Distances et temps de navettage	77
3.10	L'interaction triangulaire	81
3.11	La corrélation entre la densité et la consommation d'énergie per capita (1990)	85
3.12	Déséquilibre fonctionnel et temps de navettage	88
4.1a	Assignment observée	93
4.1b	Assignment optimale	93
4.2	Schématisation des concepts du <i>excess commuting</i>	95
4.3	Schématisation du cadre probabiliste de <i>excess commuting</i>	97
4.4	Estimations du navettage excessif pour différentes définitions d'unités spatiales	102

5.1 Exemple d'un marché d'emplois composé de quatre lieux de résidence et de travail	110
5.2 Distribution des possibilités de navettage de l'exemple	112
5.3 Distributions des possibilités de navettage selon la taille du marché	115
5.4 Configurations alternatives d'un marché de neuf travailleurs	116
5.5 Possibilités de navettage des configurations uniforme et groupée	118
5.6 Possibilités de navettage des configurations uniforme et ségréguée	119
5.7 Grille 20 x 20 : Matrice de distance	121
5.8 Les indices de mixité locale	124
5.9 La relation entre la taille du marché et la dispersion des possibilités de navettage	126
5.10 Dispositions monocentriques des lieux de résidence et de travail	129
5.11a Dispositions polycentriques des lieux de résidence et de travail : trois pôles	132
5.11b Dispositions polycentriques des lieux de résidence et de travail : quatre pôles	133
5.11c Dispositions polycentriques des lieux de résidence et de travail : huit pôles	134
5.12 Exemple d'une disposition aléatoire des lieux de résidence et de travail	136
5.13 Relation entre la centralité et MAX	138
5.14 Relation entre la mixité monocentrique et MIN	139
5.15 Relation entre la mixité intra-zonale et MIN	140
5.16 Relation entre la mixité « élargie » et MIN	141
6.1 MSA sélectionnées	153
6.2 Illustration de l'indice de polycentricité	157
6.3 Possibilités de navettage offertes par les régions métropolitaines, triées par OBS	166
7.1 Niveaux d'agrégation utilisés pour le calcul de DISS	183
7.2 Articulation entre la forme urbaine et la compatibilité	188

LISTE DES TABLEAUX

2.1 Nuisances et bénéfices associés au navettage	42
5.1 Matrice de distance de l'exemple	111
5.2 Les possibilités de navettage de l'exemple	111
5.3 Petits marchés d'emplois : Statistiques descriptives	113
5.4 Configurations alternatives : Statistiques descriptives	117
5.5 Dispositions homogènes : Statistiques descriptives	125
5.6 Dispositions monocentriques : Statistiques descriptives	128
5.7 Dispositions monocentriques : Table des corrélations	130
5.8 Dispositions polycentriques : Statistiques descriptives	134
5.9 Dispositions polycentriques : Table des corrélations	135
5.10 Dispositions aléatoires : Statistiques descriptives	136
5.11 Dispositions aléatoires : Table des corrélations	137
5.12 Association entre MOY, la centralité et la mixité : résultats de régressions linéaires	142
6.1 Les MSA sélectionnées	154
6.2 50 métropoles étasuniennes : Statistiques descriptives	159
6.3 Caractéristiques de la forme urbaine et possibilités de navettage offertes	160
6.4 Caractéristiques de la forme urbaine et possibilités de navettage offertes (2)	161
6.5 Association entre la monocentricité, la polycentricité et les possibilités de navettage : résultats de régressions linéaires	163
6.6 Caractéristiques de la forme urbaine et distance de navettage	164
6.7 Association entre OBS, MIN et MAX : résultats de régressions linéaires	164
6.8 Spécificités métropolitaines et pratiques de navettage	168
6.9 Valeurs possibles et valeurs simulées	170
6.10 Explication statistique de OBS : résultats de régressions linéaires	172

7.1 La RMR de Montréal par rapport à 50 régions métropolitaines étasuniennes	185
7.2 Présentation des classifications utilisées	195
7.3 Différences de sexe	196
7.4 Différences de mode d'occupation	197
7.5 Différences de mode de transport	198
7.6 Différences selon la connaissance des langues officielles	200
7.7 Différences selon la scolarité	201
7.8 Différences selon le type de ménage	203
7.9 Différences selon le revenu	204
7.10 Différences selon la profession	205
7.11 Différences selon le secteur industriel	208
7.12 Association entre OBS, MIN et MOY : résultats de régressions linéaires	215

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Il suffit de questionner les travailleurs sur les modalités de leur navette (lieu de résidence et de travail, heure de départ, mode de transport et chemin emprunté)—comme le ferait à toutes les occasions possibles n'importe quel étudiant au doctorat qui s'intéresse à la question (!)—pour comprendre l'importance de ce déplacement dans le quotidien de ces travailleurs. Lors d'un changement résidentiel ou de la recherche d'un nouvel emploi, la distance de l'éventuelle navette prend une place importante. Une fois les points de départ et d'arrivée fixés, un nombre important de choix (quel mode de transport, quel autobus, à quelle heure, quelle autoroute, quelle sortie, etc.) sont scrupuleusement analysés dans l'unique but de rendre la navette la moins pénible possible. En somme, les stratégies de navettage sont finement calibrées. Elles sont d'abord soigneusement planifiées avant d'être précisément ajustées d'après la longue expérience qu'a le travailleur de son déplacement.

Pour la très grande majorité des travailleurs, le navettage est un mal nécessaire. Il permet de s'intégrer à la vie socioéconomique de la métropole, de gagner un salaire et, ultimement, de vivre hors du travail, en un lieu de résidence confortable. On s'habitue à sa navette, on l'accepte, mais on ne l'apprécie qu'en de très rares occasions. D'un point de vue collectif, la synchronisation de milliers de navettes génère de la congestion routière et encore plus de frustration. De plus, les navettes produisent de la pollution atmosphérique qui participe à l'accélération de l'effet de serre et, surtout, à la constitution d'un smog qui nuit à la qualité de vie et à la santé publique.

Ces considérations nous amènent à penser que des mesures devraient être prises pour réduire les nuisances causées par le navettage. Plus spécifiquement, il est généralement admis qu'en raccourcissant la distance de navettage, les nuisances seront diminuées. Ces questions ne sont pas nouvelles. Elles font depuis déjà longtemps partie des nombreux problèmes auxquels ont à faire face tous les paliers de gouvernements, les entreprises et les citoyens. En ce qui concerne la pollution atmosphérique, plusieurs mesures visent à diminuer la consommation d'essence, principale source d'énergie alimentant les navettes. Les importantes taxes et la consolidation de la « conscience environnementale » devraient, théoriquement, encourager la part modale des autres moyens de transport. Pour ce qui est de la distance des navettes, les travailleurs devraient être amenés, sinon à la diminuer, du moins à la maintenir. Or, ce n'est pas ce qui se produit. Les navettes automobiles sont en croissance constante en Amérique du Nord et leur distance moyenne augmente d'une façon apparemment irrésistible.

On peut cependant se demander si cette croissance prend la même ampleur dans tous les contextes métropolitains. Des études plus fines, que nous citerons amplement dans le cadre de cette thèse, montrent que ce n'est pas le cas. Certaines métropoles, certains quartiers et certains groupes de travailleurs parviennent mieux que d'autres à maintenir leurs distances de navettage à des niveaux plus bas. On peut alors se demander ce qui peut expliquer ces différences. Plusieurs raisons peuvent être évoquées : les mœurs des travailleurs, la topographie, l'histoire locale, etc. Une raison est cependant plus souvent évoquée

que les autres. On se demande en effet si la forme urbaine, que nous comprenons ici comme l'organisation spatiale des lieux de résidence et des lieux de travail, est associée à la distance de navettage. Par exemple, on peut penser qu'une métropole compacte, focalisée autour d'un centre-ville fort soutient de plus courtes navettes. On peut aussi penser qu'une organisation polycentrique (ou dispersée) peut, pour plusieurs raisons, supporter de courtes distances de navettage.

Ces interrogations nous amènent à poser notre question de recherche :

*« Est-ce que la forme urbaine influence la distance de navettage?
Et si oui, comment? »*

Nous nous intéressons donc à la capacité de la forme urbaine à réguler la distance de navettage. En fait, la « relation-entre-la-forme-urbaine-et-la-distance-de-navettage » constitue l'objet de notre thèse et l'expression reviendra régulièrement. Malgré son apparente simplicité, nous verrons que répondre à cette question est un défi d'une grande complexité et que les réponses ne peuvent être que partielles.

Notre analyse est constituée de sept chapitres. Bien que ces derniers concernent des aspects différents de la question, plusieurs arguments reviennent d'un chapitre à l'autre.

Les trois premiers chapitres représentent l'essentiel de la revue de la littérature. Au premier chapitre, nous définissons les deux principaux éléments de notre question de recherche : le navettage et la forme urbaine. Pour ce faire, nous nous positionnons dans le paradigme de la complexité, dont nous esquissons les principes généraux. Ces principes nous permettent de comprendre le navettage comme une connexion entre deux composantes fondamentales au système urbain (la résidence et le travail). Quant à la forme urbaine, elle englobe les lieux de résidence et les lieux de travail ce qui en fait le fournisseur des « possibilités de navettage » à partir desquelles les travailleurs « choisissent » leur navette.

Au deuxième chapitre, nous nous interrogeons sur le caractère « nuisible » de la distance de navettage afin de déterminer si elle constitue vraiment une nuisance. Nous voyons que l'interprétation de ce qui constitue une nuisance varie selon le contexte et la personne interrogée. En fait, la distance de navettage amène aussi des avantages, qui sont sa raison d'être. Reste à savoir comment minimiser ses nuisances et maximiser ses bénéfices. Ici, les opinions divergent et nous présentons les principales stratégies d'aménagement utilisées pour raccourcir la distance de navettage.

Au troisième chapitre, nous nous intéressons plus spécialement à la relation entre la forme urbaine et le navettage, relation dont l'existence est sous-entendue dans la question de recherche. Nous voyons que la relation est très complexe, qu'elle est contingente et rétroactive (c'est-à-dire que la forme urbaine influence le navettage qui l'influence en retour). Nous voyons aussi que les scientifiques ne s'entendent pas au sujet de l'influence (inexistante, faible ou déterminante) de la forme urbaine sur la distance de navettage.

Au quatrième chapitre, nous formulons un cadre méthodologique pour appréhender la relation entre la forme urbaine et le navettage. Ce cadre repose sur le concept de « possibilité de navettage ». Un ensemble de possibilités de navettage serait offert aux travailleurs qui en choisiraient une en particulier. La méthode que nous proposons permet de quantifier les possibilités de navettage.

Les trois derniers chapitres appliquent cette méthode selon des contextes différents. Au cinquième chapitre, nous calculons les possibilités de navettage offertes par diverses villes théoriques (monocentrique, polycentrique, dispersée, etc.). Nous en concluons que deux caractéristiques morphologiques influencent les possibilités de navettage offertes : la mixité fonctionnelle et le degré de centralisation.

Au sixième chapitre, nous appliquons la méthode sur 50 métropoles étasuniennes. Ces dernières diffèrent en taille, en structure spatiale et en plusieurs autres points ce qui nous permet de vérifier la pertinence de notre entendement théorique. De plus, nous montrons que le caractère monocentrique est déterminant pour la distance de navettage, mais que les pratiques de navettage sont aussi très importantes.

Au septième et dernier chapitre, nous appliquons la méthode à divers groupes de travailleurs de la région métropolitaine de recensement de Montréal. Nous concevons plusieurs formes urbaines parallèles (une pour chaque groupe étudié) à l'intérieur de la région métropolitaine et vérifions si elles sont associées à la distance de navettage des travailleurs. Ce faisant, nous proposons certaines mesures de réduction de la distance de navettage, mesures ciblées selon les caractéristiques des travailleurs concernés.

CHAPITRE 1. DÉFINIR LE NAVETTAGE

Nowhere is the rhythm of the city more evident than in its daily commuting patterns. (Taaffe et al. 1996, p.184)

Le terme « navettage », *commuting* en anglais, réfère au déplacement effectué par un travailleur entre son lieu de résidence et son lieu de travail (Horner 2004). Cette appellation dérive de la navette, une composante du métier à tisser qui se déplace en un mouvement alternatif. Comme pour la navette et l'expression équivalente de « déplacement pendulaire », le navettage implique des allées et venues régulières entre deux points fixes. La fréquence et la régularité font du navettage un élément particulièrement structurant de la réalité métropolitaine. En effet, le navettage est une composante majeure de l'économie métropolitaine (Rouwendal et Nijkamp 2004), un des principaux déterminants de la morphologie urbaine (Vance 1990) et, suivant l'expression populaire « métro, boulot, dodo », c'est un élément important de la routine du travailleur.

Dans ce chapitre, nous précisons cette définition, jusqu'ici plutôt large, du navettage. Pour ce faire, nous situons le navettage dans le cadre du paradigme de la complexité. Cette manière de voir les choses nous est ici utile dans la mesure où elle offre un ensemble d'outils conceptuels que nous jugeons particulièrement bien adaptés à la compréhension d'un phénomène spécifiquement complexe : la ville. Le phénomène urbain montre en effet toutes les caractéristiques de la complexité, à savoir qu'il s'agit d'un ensemble structuré de composantes interconnectées. La formalisation du navettage dans le cadre du paradigme de la complexité nous fournira les concepts nécessaires à la compréhension et à la décomposition du navettage (1.4), à l'interprétation des enjeux qui lui sont associés et aux solutions proposées pour y faire face (chapitre 2), à l'analyse théorique et empirique du navettage (chapitre 3) ainsi qu'à l'élaboration de notre méthodologie (chapitre 4).

Ce chapitre vise à définir le navettage à partir de la « pensée complexe » (Morin 1990). Dans un premier temps, nous exposons les principes du paradigme de la complexité (1.1). Cette section est très abstraite et peut, à première vue, paraître superflue. Cependant, elle est pour nous une étape importante dans la formulation de notre projet : c'est à partir de cette position épistémologique très large que nous spécifions notre entendement du navettage, l'objet de notre thèse. Dans un second temps, nous démontrons le caractère complexe du phénomène urbain en décrivant son processus d'organisation spatiale, la morphogenèse urbaine, puis en esquissant les grandes lignes de son évolution récente (1.2). Dans un troisième temps, nous revenons au navettage en décrivant comment le paradigme de la complexité et la morphogenèse urbaine sont utiles à sa compréhension (1.3). Dans un quatrième temps, nous soutenons que le navettage n'est pas réductible à un simple déplacement. Il doit plutôt être compris comme une connexion qui relie et sépare l'espace domestique et l'espace économique, comme un phénomène qui dépend à la fois de la forme

urbaine, de la mobilité des travailleurs et de nombreux codes socioéconomiques (1.4). Enfin, nous concluons en résumant notre propos et revenons sur la question de recherche (1.5).

1.1 PRINCIPES DE COMPLEXITÉ

Le paradigme de la complexité réfère à une nébuleuse de concepts issus d'un vaste horizon disciplinaire. Mais avant de dresser la liste des principes qui lui sont généralement associés, il importe de distinguer la complexité du compliqué. Dans le langage courant, le complexe se confond avec le compliqué. Il s'inscrit dans l'opposition simple/compliqué qui porte « sur la capacité de produire une énonciation aisément accessible et utilisable » (Thibault 2003, p.189). Quant à l'opposition élémentaire/complexe, qui est de nature épistémologique, elle renvoie à deux paradigmes de l'interprétation de la réalité (le premier étant le paradigme analytique et le second celui de la complexité). Le paradigme de la complexité n'aspire pas à la complication... bien au contraire. Il a cependant été développé pour interpréter des réalités difficiles à circonscrire (écosystèmes, climats, villes, etc.) et de ce fait, il est davantage associé au compliqué qu'au simple.

Le paradigme de la complexité tire son origine de la déconstruction de la notion d'unité suivant deux idées qui révolutionnèrent la physique de l'infiniment petit¹ et celle de l'infiniment grand² (Morin 1990). *Plus précisément, il veille à ne pas définir de frontières claires entre les concepts qu'il met en œuvre.* Cette conception est reprise par trois importants courants de pensée : la cybernétique³, le structuralisme⁴ et la systémique⁵. Toutefois, ces courants ne s'émancipent que partiellement de la notion d'unité. Ils singularisent leurs objets d'études (machines, structures et systèmes) d'un environnement plus large qui les dépasse. Le paradigme de la complexité repose quant à lui sur l'acceptation de l'incommensurabilité et de l'indivisibilité de la réalité. S'il propose certaines réductions, c'est uniquement pour offrir des réponses intelligibles. Il s'oppose ainsi au paradigme analytique (ou cartésien) qui repose sur la disjonction (la réalité est compartimentée en concepts ou variables), la réduction (la réalité est résumée en quelques principes élémentaires) et l'unilatéralité (les relations sont des causalités simples). Le paradigme de la complexité repose quant à lui sur la distinction et la conjonction, il cherche à « distinguer sans disjoindre, [à] associer sans identifier ou réduire » (Morin 1990, p. 23).

¹ Les efforts pour trouver l'unité physique élémentaire, après une longue décomposition (molécule, atome, particules, quartz), laissent aujourd'hui penser que « l'élément » n'est pas une unité indivisible, mais une force (une vibration ou un champ), qui ne peut être circonscrite avec précision dans un espace euclidien à trois dimensions.

² En réconciliant deux notions jusqu'alors logiquement distinctes (l'espace et le temps), la relativité met en évidence le penchant du raisonnement scientifique pour le fractionnement de la réalité en concepts.

³ En décrivant le fonctionnement de plusieurs systèmes par des « boucles rétroactives », la cybernétique dénonce l'idée de causalité linéaire et préconise les contradictions créatrices.

⁴ En soutenant que le tout vaut plus que la somme de ses parties, le structuralisme invite à concevoir un phénomène dans sa globalité, à ne pas s'intéresser à ses composantes mais bien à l'organisation de celles-ci.

⁵ La systémique a pour projet de constituer une théorie, à portée universelle, rendant compte des propriétés générales que présente tout système.

Outre sa « réticence à réduire », le paradigme de la complexité se définit par l'intégration de trois idées maîtresses : l'organisation, l'échelle et l'imprévisibilité.

1.1.1 Organisation

L'organisation réfère à l'ordre. Elle implique la distinction d'éléments mais surtout, elle implique que ces éléments sont positionnés et mis en relation les uns par rapport aux autres. En fait, le paradigme de la complexité privilégie l'étude des associations entre les éléments plutôt que l'étude des éléments comme tels (Morin 1990; Manson 2001; Batty 2003a; Thibault 2003). Ces derniers sont considérés davantage comme l'accumulation des relations qu'ils entretiennent avec les autres que des réalités autonomes. L'identité et les frontières des éléments sont définies par leurs interactions, leurs contradictions et leurs transformations.

L'organisation renvoie aussi à l'idée de désordre⁶ : pour mettre en relation des éléments, l'organisation a besoin de diversité. Si tous les éléments sont identiques, l'organisation n'a aucune pertinence parce que tous les arrangements possibles mènent au même résultat. Ainsi le système complexe se nourrit du désordre (de la diversité)—qu'il produit et échange avec son environnement—en exploitant les contradictions qui font sa richesse. L'ordre et le désordre « collaborent et produisent de l'organisation et de la complexité » (Morin 1990, p.99) ou, selon un raisonnement inversé mais tout aussi juste, « l'ordre et le désordre se dissolvent [derrière la complexité] » (ibidem, p.137).

Un phénomène complexe organise plusieurs relations entre divers éléments. Le phénomène (et son organisation) trouve son sens en ce que « son tout vaut plus que la somme de ses parties ». Par l'organisation, des éléments divers et autonomes deviennent cohérents et complémentaires. Ce faisant, l'organisation donne au phénomène complexe un caractère à la fois globalisant (il réunit les éléments dans un tout cohérent) et spécifique (de nouvelles propriétés émergent de son organisation).

Le phénomène complexe peut tendre vers la complexification. C'est le cas du système auto-organisé dont la structure organisationnelle permet « l'émergence » d'une mémoire et d'une capacité d'adaptation (Allen 1997). L'adaptation encourage l'apparition (sélective) de nouveaux liens et l'intégration de nouveaux éléments. Cette accumulation de liens et d'éléments fait la complexité du phénomène et assure sa pérennité. Toutefois, la complexification (l'accumulation) demande aussi plus d'organisation et mène, ou peut mener, à la désintégration (qui est une désorganisation).

⁶ Ordre et désordre sont ici compris au sens de la théorie de l'information (Shannon et Weaver 1963). Selon cette dernière, l'information peut être ordonnée (compressible, structurée) ou désordonnée (incompressible, chaotique). Si les « particules » de l'information (bits, individus, unités spatiales, gènes, etc.) sont différentes les unes des autres, il y a désordre. Mais ce désordre peut être minimisé si ces différences sont organisées.

1.1.2 Échelle

Centrale pour comprendre l'organisation, l'idée selon laquelle le tout vaut plus que la somme de ses parties réfère implicitement au concept d'échelle. Elle suppose en effet que des éléments organisés (les parties) constituent un phénomène à la fois composite et émergent (le tout). En fait, ce phénomène constitue la macro-conséquence d'une micro-organisation. Au premier abord, le rapport scalaire semble être simplement *bottom-up*, c'est-à-dire unilatéralement hiérarchique. Cependant, la réalité n'est que rarement aussi simple. La complexité implique à la fois l'émergence macro à partir du micro et la rétroaction macro sur micro. En des termes plus explicites, les macro-phénomènes influencent les éléments qui les constituent en modifiant les liens qui les unissent. En ce sens, la pensée complexe accepte conjointement la complexité de la micro-organisation (échelle à laquelle les éléments sont divers et complémentaires) et la simplicité de la macro-organisation (échelle à laquelle un phénomène global émerge). Un phénomène se comprend donc, au moins en partie, par les relations qu'il entretient avec d'autres phénomènes qui s'inscrivent à d'autres échelles : relations *bottom-up* mais aussi *top-down* (Phillips 2005)⁷. L'appréciation d'un phénomène est fortement tributaire du choix de l'échelle d'analyse. Ainsi les micro-observations—qui peuvent être considérées comme la somme des influences de tous les phénomènes d'échelles supérieures (Pigozzi 2004)—apparaissent-elles plus complexes, plus hétérogènes et plus difficiles à expliquer statistiquement que les macro-phénomènes, plus ordonnés et stables (Morin 1990).

Morin (1990) illustre bien ces idées en prenant pour exemple la dialectique individu-société : « La société est produite par les interactions entre individus, mais la société, une fois produite, rétroagit sur les individus et les produit. S'il n'y avait pas la société et sa culture, un langage, un savoir acquis, nous ne serions pas des individus humains. Autrement dit, les individus produisent la société qui produit les individus. Nous sommes à la fois produits et producteurs. » (p.100) Ce passage exprime clairement la pensée complexe : aucune frontière claire ne peut être identifiée entre individu et société, les deux sont mutuellement dépendants. De plus, cette rétroaction peut être appréciée à deux échelles : celle des individus dont les interactions composent la société, et celle de la société qui normalise les individus et leurs interactions. La même idée de rétroaction individu-société est centrale à la théorie de la régulation qui ne préconise « ni réductionnisme individualiste, ni invariance structuraliste » (Boyer et Saillard 2002, p.58). Autrement dit, les comportements individuels, qui font la société, ne sont pas purement rationnels : toute rationalité doit être située dans un contexte sociétal plus large. À l'opposé, les comportements individuels ne sont pas totalement déterminés par la régulation : les individus jouissent d'une certaine liberté qu'ils utilisent pour exprimer leurs préférences personnelles, parfois en contradiction avec les normes comportementales.

⁷ Il est intéressant de noter que l'étude des relations scalaires constitue un champ de recherche interdisciplinaire, la synergetique, qui s'attarde à « l'articulation des dynamiques qui opèrent aux différents niveaux d'organisation d'un système » (Sanders 1998, p.371).

1.1.3 Imprévisibilité

En rejetant la notion d'unité, le paradigme de la complexité reconnaît que les tentatives d'interprétation de la réalité sont forcément arbitraires, que les unités modélisées, si elles sont nécessaires à l'intelligibilité, demeurent réductrices et, conséquemment, imparfaites. Toute modélisation mène inévitablement à la réduction et la perte d'information qui lui est conséquente limite la portée prédictive des modèles. Cette limite est d'autant plus forte que le phénomène est complexe. « L'effet papillon » est probablement la formulation la plus connue de cette limite : le battement d'ailes d'un papillon à Pékin peut faire basculer le système climatique d'une phase à une autre et ainsi provoquer, ou éviter, un ouragan en Floride. Il n'est cependant pas réaliste d'intégrer les battements d'ailes de papillons aux modèles climatiques!

L'imprévisibilité des phénomènes sociaux est aussi bien connue. Par exemple, les efforts de modélisation des marchés boursiers, des comportements de foules et de la croissance urbaine sont peu efficaces (la saga de l'aéroport Mirabel le représente bien). Ces manquements, que certains qualifieront d'échecs, ont provoqué d'importantes remises en question chez les modélisateurs. Pour ce qui nous intéresse, ils ont stimulé le développement et l'assimilation du paradigme de la complexité. Les modélisations intègrent désormais les idées d'organisation, de rétroaction, d'échelle, d'adaptation et d'évolution (Torrens 2000; Manson 2001). De plus, elles n'aspirent plus à prédire l'évolution précise des phénomènes étudiés, mais bien à proposer des scénarios et à développer des arguments de débats (Batty et Torrens 2001; Guhathakurta 2001).

Toutefois, la reconnaissance de la complexité en général, et de celle des phénomènes sociaux en particulier, ne discrédite pas les efforts de modélisation. Au contraire, elle les dirige, les rapproche de la réalité immensément complexe qu'ils cherchent à circonscrire. En appelant la prudence, la complexité constitue davantage un défi qu'une impasse (Morin 1990; Castells 1996; Harvey 2001). Reconnaître la complexité, c'est accepter le désordre mais c'est aussi, et surtout, accepter l'ordre dans le désordre.

1.2 LA VILLE COMME UN PHÉNOMÈNE COMPLEXE

Rares sont les définitions de la ville qui n'incluent pas une référence directe à la complexité. En fait, plusieurs théoriciens des « sciences pures » utilisent la ville comme un exemple de complexité⁸. Quant aux théoriciens des sciences humaines, ils la comparent à un organisme vivant (Poëte 1924; McKenzie 1925) ou proposent de la comprendre comme un problème d'organisation complexe (Jacobs 1963). Plus récemment, de nombreux travaux utilisent les fondements théoriques de la complexité pour mieux comprendre la ville (Allen 1997; Couclelis 1997; Frankhauser 1998; Pumain 1998; Sanders 1998; Fujita *et al.* 1999; Batty 2003b).

⁸ Notons, entre autres, Prigogine (1994) pour qui la ville est une « structure dissipative » et Laborit (1971) pour qui elle est la forme d'organisation vivante la plus complexe.

En fait, la ville est le produit de l'interaction sociale, qu'elle est destinée à maximiser (Claval 1981; Simpson 1992; Huriot 1998). Inversement, « [f]aire la ville, c'est d'abord construire des relations » (Bourdin 2005, p.189). Autrement dit, la ville est une organisation de relations sociales. Ce faisant, la ville présente clairement les caractères complexes que nous venons d'énoncer : organisation, relations scalaires, et imprévisibilité.

Les relations sociales qui font la ville sont elles-mêmes fort complexes. Elles sont définies autant par des impératifs économiques, des luttes politiques, des responsabilités familiales, des intérêts individuels, des institutions régulatrices, des technologies médiatrices, etc. Ces « déterminants » des relations sociales sont eux-mêmes fortement associés (Peck 1996; Boyer et Saillard 2002). Enfin, pour rendre la situation encore plus complexe, les relations sociales qui font la ville sont elles-mêmes définies par la ville (Ascher 1995; Bourdin 2005).

L'espace offre une entrée privilégiée pour étudier cette complexité. Les relations socioéconomiques n'apparaissent pas aléatoirement sur un espace homogène et autonome : elles sont partiellement soumises aux variations qu'il comporte et tirent profit de ces mêmes variations (Massey 1984; Thibault 2003). Autrement dit, les relations socioéconomiques construisent les variations spatiales qui les régulent en retour (Peck 1996; Hiebert 1999; Boyer et Saillard 2002; Pecqueur et Rousier 2003). En ce sens, « l'espace est la société » (Castells 1996).

Le reste de cette section s'intéresse à l'organisation spatiale de la ville. Dans un premier temps, nous abordons cette organisation en décrivant le processus de structuration des aires urbaines, la morphogenèse urbaine, processus fondé sur les concepts d'agglomération, de ségrégation et de connexion (1.2.1). Dans un second temps, nous associons les modalités de la morphogenèse urbaine au contexte technologique (1.2.2). Dans un troisième temps, nous démontrons que l'organisation spatiale du phénomène urbain est en cours de complexification (1.2.3).

1.2.1 Morphogenèse urbaine : agglomération, ségrégation et connexion

Nous l'avons noté plus haut, la ville est destinée à optimiser l'interaction sociale. Cette optimisation est opérationnalisée par un jeu complexe de micro-comportements et de macro-structures qui se spatialisent en un réseau tout aussi complexe de fragments territoriaux spécialisés (et donc particularisés) mais complémentaires (et donc dépendants). L'organisation spatiale de la ville peut ainsi être comprise comme un processus de production de l'espace destiné à optimiser l'interaction sociale. C'est ce processus, la morphogenèse urbaine, que nous décrivons dans cette sous-section.

Plusieurs travaux, s'appuyant sur le modèle gravitaire, ont montré que l'intensité et la probabilité de l'interaction sont inversement proportionnelles à la distance (entre autres, Gould et White 1974; Charron et Shearmur 2005b). Autrement dit, plus deux éléments sont distants, plus leur interaction est coûteuse et improbable, et moins ils interagissent. C'est la friction (ou la tyrannie) de la distance mais nous y

reviendrons (1.4.2). Suivant ce constat, il apparaît que la meilleure façon de maximiser l'interaction est la coprésence. En fait, « [l]a ville est, dans son principe même, une option spatiale, un acte géographique. Il s'agit en effet de créer une situation, impliquant une société dans son ensemble, dans laquelle la coprésence permet de tendre vers des distances égales à zéro, vers un espace à zéro dimension, conçu sur le modèle géométrique du point » (Lévy 2003, p.988).

Toutefois, dans un espace fini, la coprésence n'est pas toujours possible. Les acteurs urbains entrent donc en compétition pour l'espace urbain afin d'optimiser leurs interactions. Ce faisant, ils se rapprochent où s'éloignent les uns des autres suivant leurs affinités, leurs antagonismes et leurs rapports de force. Autrement dit, il existe deux façons de « conjurer » la distance : (1) la coprésence ou l'agglomération, (2) la mobilité ou la connexion (Lussault 2004). En conséquence, l'espace urbain est caractérisé par la concentration et la dispersion. Ce processus, la morphogenèse urbaine (*urban morphogenesis*), se comprend par la combinaison de trois concepts : l'**agglomération**, la **ségrégation** et la **connexion** (Vance 1990). Cette combinaison est irréductible : l'agglomération d'éléments homogènes signifie la ségrégation d'autres éléments; la ségrégation d'éléments complémentaires demande leur connexion; enfin, la connexion définit l'agglomération.

L'agglomération repose sur des « économies d'agglomération », un terme référant aux baisses de coûts associées à la proximité géographique (Anas *et al.* 1998), et sur la coprésence qui, en permettant des contacts face-à-face, favorise l'échange constructif et l'établissement de liens de confiance (Gaspar et Glaeser 1998; Urry 2004). Ce faisant, elle optimise les interactions et stimule la croissance économique, faisant des villes « la richesse des nations » (Jacobs 1984). De plus, l'agglomération d'éléments interconnectés favorise l'établissement d'une culture territorialisée qui permet de caractériser et de définir un lieu, de le positionner parmi les autres lieux, d'encourager sa croissance et sa pérennité (Scott 1988; Gilly et Pecqueur 2002). En regroupant spatialement des éléments fortement associés, l'agglomération signifie aussi la mise à l'écart des autres éléments. L'agglomération, c'est aussi de la ségrégation⁹. Plus précisément, la ségrégation fonctionnelle est faite de plusieurs aires spécialisées, destinées à la réalisation d'une activité précise (complexe industriel, centre des affaires ou banlieue-dortoir, pour ne prendre que des exemples dont la spécialisation ne fait aucun doute). Les agglomérations, en rassemblant les éléments les plus solidaires, internalisent leurs interactions mais ce faisant, elles externalisent les interactions qu'elles entretiennent avec les autres éléments.

À l'échelle métropolitaine, ces aires sont ségrégées les unes des autres dans la mesure où elles ne se superposent pas. Bien entendu, ces aires peuvent se chevaucher (comme au centre-ville où les activités

⁹ Il importe ici de spécifier que le terme « ségrégation » a une signification strictement morphologique : la ségrégation est une situation spatiale où les éléments sont organisés en regroupements homogènes et, du coup, ils sont séparés des autres éléments. Ce faisant, les regroupements présentent une cohérence interne et une diversité externe (ils diffèrent entre eux). Le terme « ségrégation » ne réfère donc pas spécifiquement à la ségrégation sociale, économique ou résidentielle comme c'est le cas pour un nombre important de travaux (Massey et Denton 1988; Davies et Murdie 1993; Brun et Rhein 1994; Jargowski 1996; Charron 2002; Prêteceille 2002; Charron et Shearmur 2005a).

commerciales, ludiques et de gestion se partagent l'espace). Cependant, elles forment des polarités spatiales bien réelles dont les usagers reconnaissent les configurations. Si les aires intra-urbaines présentent d'importantes dynamiques internes, elles n'en sont pas moins dépendantes du reste de la ville, c'est-à-dire des autres aires urbaines. Par exemple, les centres commerciaux, dont la structure interne est destinée à la consommation de masse, ne seraient d'aucune utilité s'ils n'étaient pas connectés à d'autres aires. En effet, ils doivent rassembler des produits (qui sont conçus, fabriqués et entreposés ailleurs) et des consommateurs (qui affluent des aires à vocation résidentielle). L'espace urbain est ainsi constitué autant d'aires spécialisées que des flux (de capital, de personnes, de produits, etc.) qui relient et séparent ces aires.

La morphogenèse urbaine est un processus paradoxal qui implique conjointement agglomération, ségrégation et connexion. Plusieurs auteurs l'ont décrit de façon indépendante, dans des mots qui leurs sont propres. Pour Harvey (2001), « l'expansion et la concentration géographique sont toutes deux produites par le même effort d'accumulation du capital » (p.246, notre traduction). Comme Harvey, d'autres auteurs associent l'apparition, la construction et la fragmentation de l'espace urbain au mode de production capitaliste et à la division spatiale du travail (Scott 1992; Meyronin 2003). Cette association remonte en fait aux travaux de Marshall et Marshall (1879), voire d'Adam Smith (Veltz 2004). L'association entre la complexification du travail et la fragmentation de l'espace économique peut être étendue, par le navettage, à l'espace social (Massey 1984; Scott 1988 et 2002). Nous y reviendrons (1.4.4). Pour Bourdin (2005), « la contradiction que représente le double mouvement de spécialisation et d'ouverture est réduite par la connexion. La concentration des activités et des hommes dans un même lieu s'oppose à la dispersion et à la flexibilité territoriale, mais elles se combinent par l'organisation de flux et de centres-réseaux » (p.207). La morphogenèse urbaine est donc fortement associée au concept d'organisation.

La morphogenèse urbaine est un processus complexe. Elle distingue trois concepts sans les disjointre (agglomération, ségrégation et connexion), elle dépend des relations entre les éléments urbains, elle opère à différentes échelles¹⁰, elle est imprévisible mais montre certaines tendances. En somme, la morphogenèse urbaine est un processus complexe d'organisation spatiale.

1.2.2 Distance, vitesse, technologie et morphogenèse urbaine

Pour Harvey (2001), l'économie de marché repose sur une accumulation constante de capital. L'accumulation de capital est associée aux économies d'agglomération et, par conséquent, elle demande une concentration spatiale croissante. Cette concentration ne peut s'effectuer que dans la mesure où la connexion entre les « agglomérations ségréguées », c'est-à-dire la morphogenèse urbaine, est possible. Si tel n'est pas le cas, l'accumulation cesse et l'économie stagne. C'est ce qui arrive lorsque le réseau ne peut

¹⁰ Nous avons vu que les interactions diffèrent selon qu'elles opèrent à l'intérieur des aires spécialisées ou entre ces mêmes aires. Ces aires spécialisées varient elles-mêmes en taille et en nature. Par exemple, le centre commercial, qui forme une aire spécialisée en soi, peut être décomposé en d'autres aires spécialisées (le stationnement, la cafétéria, les magasins, etc.). De même, une région métropolitaine peut elle-même constituer une aire spécialisée : Las Vegas, Pittsburgh ou Ottawa sont des régions urbaines spécialisées. Les villes sont ainsi des systèmes à l'intérieur de systèmes de villes (Berry 1964).

supporter de nouvelles connexions, de nouveaux flux. Dans cette situation, la croissance exige et stimule le progrès technologique.

En effet, « la distance importe peu, à partir du moment où elle n'est pas grande au point d'empêcher la communication » (Cerda 1867, p.144). Ce qui importe pour l'interaction, c'est le temps¹¹. La concentration croissante implique forcément l'expansion spatiale et l'augmentation des distances. Cependant, l'augmentation des distances ne représente une augmentation de temps que dans la mesure où la vitesse reste la même. La croissance de la concentration peut donc être maintenue par l'augmentation de la vitesse ou, selon la formulation de Marx, « l'annihilation de l'espace par le temps » (cité dans Harvey 2001).

La pression à croître stimule le progrès technologique (Jacobs 1984), celui des technologies de concentration (gratte-ciel) et, plus spécialement, celui des technologies de transport et de communication (Vance 1990; Ascher 1995, Batty 2003a). La morphogenèse urbaine est ainsi fortement associée aux technologies disponibles. Les différences entre la ville piétonnière (compacte), la ville ferroviaire (étoilée) et la ville de l'automobile (diffuse) l'illustrent bien (Boal 1968). Cependant, les progrès technologiques n'encouragent pas que l'expansion spatiale. En effet, selon qu'ils constituent un complément ou un substitut à la communication conventionnelle, ils favorisent la dispersion ou la concentration (Giuliano 1998). On comprend bien ici que le contexte technologique est fortement associé à la morphogenèse urbaine, i.e. aux modalités de l'agglomération, de la ségrégation et de la connexion.

1.2.3 Fragmentation et complexification

La morphogenèse urbaine est un processus de construction de l'espace urbain associé à l'économie de marché, à la division du travail et aux technologies de transport et de communication. C'est aussi, comme l'économie de marché, la division du travail et le progrès technologique, un processus expansionniste. Plus précisément, la morphogenèse urbaine implique la complexification croissante de l'espace urbain : plus d'agglomérations, plus de ségrégations et plus de connexions (Scott 1988; Vance 1990; Sassen 1991; Castells 1996; Harvey 2001)¹². Dans cette sous-section, nous décrivons les grandes lignes de la complexification de l'espace urbain depuis la révolution industrielle. Ce faisant, nous terminons notre détour par le paradigme de la complexité et la morphogenèse urbaine, détour qui nous aidera à mieux définir le navettage (sections 1.3 et 1.4).

L'industrialisation et l'économie de marché constituent le fondement de la morphogenèse urbaine. En effet, c'est en considérant l'espace comme une ressource économique rentable et échangeable que les « capitalistes » de l'époque encouragent volontairement la division spatiale du travail et la fragmentation de l'espace urbain (Vance 1971). La morphogenèse urbaine devient alors une « stratégie financière ». L'usine

¹¹ Certains auteurs notent la stabilité des temps de déplacements selon le contexte culturel (Zahavi et Talvitie 1980) et dans le temps (Zahavi et Ryan 1980). Plus précisément, les travailleurs seraient « universellement » prêts à consacrer une demi-heure par jour pour se rendre au travail, une heure pour l'aller-retour. Nous y reviendrons (1.4.2).

¹² Bien que ces auteurs n'utilisent pas le même vocabulaire, ils insistent tous sur le fait que l'espace urbain se fragmente et se complexifie.

est créée pour internaliser les interactions de la production industrielle et, avec Taylor, de la chaîne de montage. Comme les travailleurs se déplacent à pied, ils se concentrent autour des usines auxquelles correspondent des quartiers ouvriers compacts et relativement bien définis (Vance 1990; Lewis 2000). La grande ville industrielle est aussi composée d'un *central business district* (CBD) vers lequel convergent les voies de communication et à l'intérieur duquel se côtoient activités de production, centres de consommation et fonctions de gestion.

La spécialisation du travail et des fonctions urbaines, jumelée aux progrès technologiques comme le tramway et le téléphone, encourage la dilatation (et la complexification) progressive de la ville industrielle compacte. Après la seconde Guerre mondiale, dans tout l'Occident et particulièrement en Amérique du Nord, cette expansion régulière est bouleversée par la motorisation. En individualisant la mobilité des travailleurs et en flexibilisant celle des marchandises, l'automobile révolutionne les modalités de la morphogenèse urbaine. Sa première conséquence est l'établissement d'une dichotomie entre le centre et la périphérie. La mobilité accrue des travailleurs leur permet de s'éloigner de leur lieu de travail (qui lui demeure central) et de ses nuisances. Ils le font en masse. Ce mouvement amène la formation de deux agglomérations-ségrégées-mais-connectées (par le navettage) : la ville centre où se concentrent les emplois et la banlieue résidentielle où se dispersent les travailleurs.

La suburbanisation a été si rapide et intense qu'elle a laissé une empreinte durable sur les modèles urbains : la monocentricité. Certains auteurs dénoncent encore aujourd'hui l'obsession des modèles vis-à-vis de la dualité centre-périphérie (Dear 2002). En fait, la réalité n'est pas, et n'a jamais été, réductible à une simple opposition centre-périphérie. En plus de leur caractère monocentrique (qui ne doit pas être ignoré), les grandes villes montrent en effet une structure polynucléaire et ce, depuis l'époque industrielle (Vance 1990). La banlieue s'est elle-même rapidement morcelée, accueillant tour à tour centres commerciaux, manufactures, zones de pauvreté et populations immigrantes. La ville centre s'est elle aussi fractionnée, accolant quartiers bourgeois et ouvriers, centre des affaires et fonction publique, activités commerciales et ludiques. Ce fractionnement est encouragé par l'automobile qui, en plus de supporter la morphogenèse urbaine par la mobilité des acteurs urbains, demande la création d'importantes infrastructures qui lui sont directement associées (stationnement, routes) ou dépendantes (comme les centres commerciaux de banlieue). La ville de l'automobile est une chaîne de production « à ciel ouvert » dont les différentes fonctions (productive, résidentielle, commerciale et ludique) sont connectées par des rues et des autoroutes (Dupuy 1995).

D'autres progrès technologiques (Internet, conteneurisation, transports aériens, etc.) ont aussi encouragé la morphogenèse urbaine. En favorisant le passage de la ville à l'urbain (Choay 1994), ils ont participé à l'organisation d'une structure complexe d'échelle planétaire. La chaîne de montage, jadis confinée à l'usine, est aujourd'hui mondialisée et devient la *global assembly line* (Sassen 1991). Les villes et les régions continuent à se spécialiser, l'espace urbain mondial continue sa fragmentation.

Cette fragmentation globale s'accompagne d'une fragmentation locale. Malgré le fait que les progrès technologiques rendent l'agglomération possible sur l'ensemble du territoire métropolitain (Gordon et Richardson 1996), la distance et l'accessibilité intra-urbaine sont aujourd'hui soumises à des processus de plus en plus complexes (Kwan et Weber 2003; Charron et Shearmur 2005b). En effet, si la mobilité est accrue, elle ne l'est pas pour tous et dans toutes les directions. Une hiérarchie de flux se superpose à une hiérarchie de lieux. Les « hauts lieux » sont liés par des connexions « haute-vitesse » qui y concentrent encore davantage de richesses. Les connexions sont sélectives et « l'espace des flux », dont les connexions sont autant locales que globales, favorise la fragmentation territoriale (Castells 1996). Les « villes globales » (Sassen 1991) sont composées de modules qui échangent parfois davantage sur de longues que sur de courtes distances : c'est le cas des quartiers d'affaires (Haesbaert da Costa 2004) ou de certaines enclaves immigrantes (Straughan et Hondagneu-Sotelo 2002).

À l'intérieur de la métropole, le travail se concentre progressivement dans des lieux spécialisés : pôles d'emplois (Coffey et Shearmur 2001), technopoles (Castells et Hall 1994), *power centres* (Jones et Doucet 2001) et *edge cities* (Garreau 1991). Ces nouvelles polarités partagent toutes les caractéristiques de la morphogenèse urbaine : elles sont spécialisées, elles sont intégrées dans une structure métropolitaine plus large, elles dépendent des relations qu'elles entretiennent au sein de cette structure. De nouvelles polarités apparaissent aussi dans la géographie résidentielle. Les restructurations de l'économie mondiale sont généralement associées à une polarisation économique, i.e. à une augmentation des écarts entre les riches et les pauvres (Alderson et Nielsen 2002). Cette différenciation se manifeste dans l'espace résidentiel, les quartiers riches et pauvres devenant toujours plus exclusifs (Jargowski 1996; Myles *et al.* 2000). Ainsi, l'espace social de la ville centre comme celui de la banlieue se fragmente (Bourne 1993; Charron et Shearmur 2005a). Quartiers gentrifiés, *gated communities*, rassemblements de « maisons de prestige », quartiers et banlieues défavorisés parsèment la ville d'aujourd'hui. Ces fragments résidentiels entretiennent, ou non, des relations « privilégiées » avec les nouvelles polarités du travail. Ce faisant, ils forment parfois un « domaine urbain » (*urban realms*, Vance (1990)) à l'intérieur duquel il est possible de résider, de consommer, de travailler et de se divertir. Ces domaines sont néanmoins intégrés à l'ensemble métropolitain et au reste du monde. Ainsi, « un nombre croissant de résidents des grandes métropoles n'utilisent pas la totalité de leur région urbaine, hormis pour satisfaire certains besoins précis; au lieu de cela, ils vivent et fonctionnent à l'intérieur d'un domaine qui est géographiquement assez restreint pour leur permettre de fonctionner relativement efficacement en termes spatiaux » (ibid. p.502, notre traduction).

Les principales échelles (quartier, domaine urbain, région métropolitaine, système urbain global) et fonctions (travail, résidence, commerce et loisir) de l'organisation spatiale de la ville sont *grosso modo* les mêmes depuis la révolution industrielle. Ce qui a changé, c'est l'importance du morcellement territorial et le degré de dispersion des relations spatiales. En somme, l'organisation spatiale de la ville s'est

sensiblement complexifiée. Cette complexification demande une révision du cadre d'analyse de la ville (Ascher 1995; Dear 2002; Bourdin 2005).

1.3 NAVETTAGE ET COMPLEXITÉ

Nous avons vu à la section 1.1 que le paradigme de la complexité insiste sur l'importance d'analyser un problème dans sa globalité, à partir de son organisation et de focaliser sur les relations plutôt que sur les éléments. Nous avons vu à la section 1.2 que la notion de relation est centrale à la morphogenèse urbaine qui, d'une part, repose sur les contradictions entre les concepts d'agglomération, de ségrégation et de connexion, et, d'autre part, est destinée à optimiser l'interaction.

Le navettage constitue l'une des connexions sur lesquelles repose le système urbain. Il constitue la solution à la contrariante coprésence du lieu de résidence et du lieu de travail¹³. Il constitue une maille importante du tissu urbain qui est, rappelons le une fois de plus, destiné à optimiser les interactions sociales et économiques (Claval 1981; Simpson 1992; Huriot 1998). Nous allons même jusqu'à suggérer que le navettage est la connexion la plus structurante de la métropole (du moins, de sa forme spatiale). C'est d'ailleurs à partir de l'intensité du navettage que sont définies les limites des régions métropolitaines pour bien des organismes statistiques nationaux (Statistique Canada 2005; U.S. Census Bureau 2005). Bien que certains auteurs supposent que l'évolution de la quotidienneté, toujours plus influencée par des activités qui ne sont pas associées au travail, implique une diminution de l'importance du navettage dans la structuration de l'espace urbain (Gordon et Richardson 1996), il est important de rappeler que le navettage représente encore plus de la moitié du kilométrage automobile à Paris (Korsu et Massot 2004) et la moitié (49,95 %) du total des déplacements à Montréal (Enquête Origine-Destination 2003). De plus, les travailleurs organisent plusieurs de leurs déplacements non associés au travail (mener les enfants à la garderie, passer à l'épicerie, etc.), en fonction de leurs déplacements domicile-travail (Kwan 1999a).

¹³ Le télétravail représente une alternative au navettage fondée sur la coprésence. Bien que le télétravail soit une option de plus en plus populaire, il demeure un phénomène marginal. Par exemple, dans la région métropolitaine de Montréal, il représente 5,2 % des travailleurs en 1991, 5,4 % en 1996 et 5,6 % en 2001 (Statistique Canada, résultats tirés de E-Stat). Aux États-Unis, il représente 2,3 % des travailleurs en 1980, 3,0 % en 1990 et 3,3 % en 2002 (McGuckin et Srinivasan 2003). Le télétravail constitue l'exception qui confirme la règle (celle de la morphogenèse urbaine). En effet, sa croissance est une réaction à la saturation des infrastructures de transport alors que sa marginalité rappelle que la séparation domicile-travail est nécessaire pour la très grande majorité des tâches.

Le navettage, dans sa forme actuelle, est le produit de l'industrialisation. C'est en fixant un lieu de travail commun à tous les ouvriers que l'usine sépare l'espace productif de l'espace domestique (Vance 1990). Depuis ce temps, les pressions agglomératives du travail, la tendance à la dispersion des résidences et l'augmentation de la mobilité des travailleurs encouragent la distanciation entre le lieu de travail et le lieu de résidence¹⁴. Comme nous l'avons noté à la section précédente, les résidences se sont suburbanisées plus rapidement que les emplois et les déplacements domicile-travail ont longtemps été des déplacements entre les banlieues et la ville centre. Bien entendu, les travailleurs ne coïncident pas tous avec ce cas de figure. Cependant, le modèle centre-périphérie correspond à une certaine réalité.

Étant donné que les résidences et les emplois continuent leur décentralisation (Heisz et LaRoche-Côté 2005), ce modèle relativement simple n'est plus totalement valide. Avec la continuation de la morphogenèse urbaine, l'espace métropolitain se fragmente, au centre comme en périphérie, en de nombreuses agglomérations spécifiques d'emplois et de résidences. Le navettage se fait aujourd'hui dans tous les sens : de la banlieue à la ville centre mais aussi à l'intérieur de chacune et, en sens inverse, de la ville centre à la banlieue. Les navettes sont aujourd'hui dispersées sur l'ensemble du territoire métropolitain et partent vers toutes les directions (Anas *et al.* 1998; Lowe 1998; Clark *et al.* 2003). Cette complexité (et cette complexification) représente un défi majeur pour les urbanistes et les spécialistes des transports.

La morphogenèse urbaine n'est pas un processus aléatoire : c'est une médiation constante entre dispersion et concentration. Pour ce qui nous intéresse, les lieux de résidence et les lieux de travail se doivent de rester accessibles les uns aux autres. « [Ils] demeurent continuellement sujets de leurs localisations réciproques, et cela garantit que la ville moderne est constituée d'un double système productif et social soudé géographiquement par les comportements de navettage » (Scott 1988, p.121, notre traduction). Autrement dit, les structures de navettage sont construites à partir des choix résidentiels des travailleurs et des stratégies de localisation des entreprises, et ces comportements individuels calibrent la morphogenèse urbaine. De fait, plusieurs travaux s'attardent à identifier les structures du navettage à partir de la complexité des données individuelles (Gordon et Wong 1985; Pipkin 1995; Giuliano 1998; Levine 1998; Levinson 1998; Lowe 1998; Kwan 1999a; Van Ommeren *et al.* 1999; Sultana 2002; Clark *et al.* 2003; Vandersmissen *et al.* 2003; Pouyane 2004; Schwanen *et al.* 2004). Nous y reviendrons (3.2).

Le navettage est un phénomène complexe. Il relève de comportements individuels, de structures spatiales et de relations scalaires entre différents niveaux. Il fait partie intégrante de la morphogenèse urbaine, il participe au morcellement et à la complexification de l'espace métropolitain. Enfin, il ne s'agit pas d'un élément ou d'une réalité autonome mais bien d'une médiation, d'un ensemble de relations entre

¹⁴ À notre connaissance, il n'existe, pour Montréal, le Canada ou les États-Unis, aucune série chronologique portant sur les distances de navettage sur une période de plus de cinq années. Notons l'étude de Vandersmissen *et al.* (2003), basée sur les enquêtes origine-destination de la région de Québec, selon laquelle les distances de navettage sont passées de 8,05 km en 1977 à 9,49 km en 1996. De plus, certaines tendances lourdes comme l'étalement urbain, la motorisation et la croissance des temps de navettage (McGuckin et Srinivasan 2003) suggèrent fortement que les distances de navettage augmentent avec le temps.

diverses composantes. À la prochaine section, nous proposons un cadre conceptuel pour comprendre le navettage et ses diverses composantes.

1.4 DÉCOMPOSITION DU NAVETTAGE

Comme le navettage est une relation structurante du phénomène complexe qu'est la ville, il ne peut, selon notre perspective, être réduit à un élément autonome (qui pourrait être un « trait spatial » entre le domicile et le travail). Il doit être compris dans sa globalité, comme une relation régulière mais temporaire, parce qu'évolutive, comme une continuité entre la vie domestique et la vie économique (Hanson et Pratt 1988; Scott 1988; Peck 1996; Kwan 1999a). Comme le rappelle Lussault (2004), expliquer le déplacement, c'est comprendre sa complexité, c'est comprendre « le rôle fondamental que joue l'espace dans la vie des hommes du fait qu'il y a de la distance entre les objets de société et que cette distance impose des stratégies aux acteurs » (p.110). En somme, le navettage doit être compris comme une réalité complexe, constituée de composantes indissociables.

La décomposition du navettage revient à réduire l'irréductible. Il s'agit en effet de discrétiser le continu, de fractionner une réalité complexe et donc indivisible. Nous convenons que cet exercice, comme tout effort de discrétisation, est nécessairement arbitraire... raisonné mais arbitraire. Il s'avère cependant indispensable à l'intelligibilité du phénomène.

D'autres analystes ont proposé leurs propres conceptualisations du navettage. Pouyanne (2004), présente « l'interaction triangulaire » entre comportements de mobilité, forme urbaine et caractéristiques sociodémographiques. Plusieurs économistes réfèrent quant à eux aux fonctionnements de trois marchés : celui de l'emploi, celui du logement et celui du transport (Rouwendal et Nijkamp 2004). Les aléas de notre recherche et les lectures vers lesquelles ils nous ont dirigés nous amènent à proposer notre propre décomposition du navettage. Celle-ci repose sur les concepts de **forme urbaine**, de **mobilité** et de **compatibilité**.

Nous entrons ici dans le cœur de notre cadre théorique. En effet, forme urbaine, mobilité et compatibilité constituent les concepts sur lesquels repose notre réponse à la question de recherche. La forme urbaine, élément présent dans la question, est ici comprise comme un concept fortement associé au navettage. Nous la définirons dans les lignes qui suivent. Les deux autres composantes, la mobilité et la compatibilité, constituent des variables intermédiaires dans la relation entre la forme urbaine et le navettage. Nous développerons cette conception plus en détail au chapitre 3 (plus spécifiquement à la section 3.1.2). Cette conception théorique conditionne notre approche méthodologique, explicitée au chapitre 4 et opérationnalisée aux chapitres 5, 6 et 7.

Dans cette sous-section, nous décrivons tour à tour la forme urbaine (1.4.1), la mobilité (1.4.2) et la compatibilité (1.4.3). Par la suite, nous décrivons comment la décomposition du navettage nous permet de mieux saisir la nature des marchés d'emploi et, par extension, celle des structures de navettage (1.4.4).

1.4.1 La forme urbaine (les possibilités)

La « forme urbaine » peut être définie de plusieurs façons. Pour les uns, elle correspond au cadre bâti (façades, rues, trottoirs, etc.) alors que pour d'autres, elle correspond à l'organisation sociale, économique ou politique d'un milieu urbain. Dans le cadre des études sur le navettage, sa définition la plus large renvoie à la « structure urbaine », qui est elle-même composée des différentes utilisations du sol et du système de transport permettant leur connexion (Handy 1996; Shen 2000). D'autres chercheurs préfèrent une définition plus restrictive où la forme urbaine se distingue de l'interaction urbaine et, donc, du système de transport (Anderson *et al.* 1996). Dans notre effort de modélisation du navettage, la forme urbaine est entendue dans sa forme plus restrictive. Elle est définie comme la configuration spatiale d'éléments fixes (*ibid.* p.9) ou, sous une formalisation plus cartésienne, comme un nuage de points.¹⁵

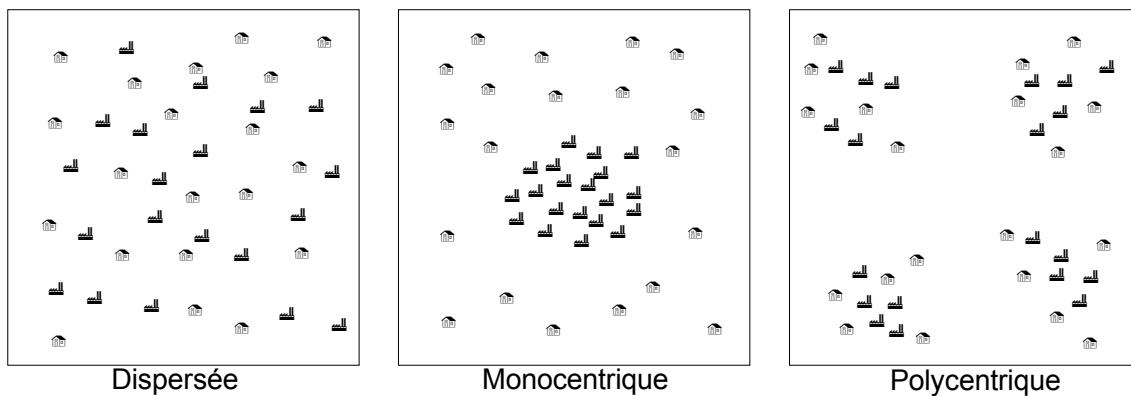
Ces éléments fixes sont des lieux, ils sont les agglomérations de la morphogenèse urbaine, ils sont les *places* de la littérature anglophone. Ils présentent des caractéristiques, des fonctions et des significations qui leurs sont propres et qui sont contenues à l'intérieur des frontières de la contiguïté spatiale. Les caractéristiques, fonctions et significations du lieu sont définies à la fois par le « site » et par la « situation »¹⁶. En effet, le lieu est fixe et localisé dans la mesure où « la qualité et la richesse d'un territoire tiennent à ce dont il dispose en propre et qui n'est ni télécommunicable ni transposable » (Ascher 1995, p.78); il est un site. Mais le lieu est aussi intégré à une structure organisée soutenant des échanges qui participent à sa caractérisation (Gatrell 1983) et à sa territorialisation (Haesbaert da Costa 2004); il est une situation. Ainsi, les lieux forment des points de repère spatialisés, ils participent au positionnement socioéconomique et à la formation de l'identité (Peck 1996, Dreier *et al.* 2001).

¹⁵ Cette distinction est évidemment limitée. Les lieux urbains ne sont pas « fixes ». Ils sont la conséquence de processus temporels. Définie comme telle, la forme urbaine représente un cliché, une cristallisation de la morphogenèse urbaine. La forme urbaine est ici un concept pratique dans la mesure où il permet rendre intelligible un phénomène complexe. Il permet en effet « d'isoler » l'organisation géographique à un moment précis et d'apprécier comment cette structure est associée à d'autres phénomènes comme, et c'est ce qui nous intéresse dans le cadre de notre thèse, le navettage.

¹⁶ Selon la distinction site/situation, les sites sont caractérisés par des attributs locaux alors que les situations représentent la position relative des sites (Béguin 1995).

Les éléments de la forme urbaine (les points du nuage) se réduisent pour nous aux lieux de travail et aux lieux de résidence (figure 1.1). Le lieu de travail fait partie de « l'espace de production » qui est le « domaine du travail ». Le lieu de résidence fait quant à lui parti de « l'espace résidentiel », le « domaine de la vie familiale et communautaire » (Scott 1988, p.219). Lieux de travail et lieux de résidence diffèrent donc d'abord par leurs fonctions.¹⁷ Ce faisant, ils diffèrent aussi dans leur organisation spatiale. Comme le travail nécessite souvent la *coprésence* d'un nombre important de travailleurs spécialisés et complémentaires, les lieux de travail sont généralement concentrés spatialement (Ingram 1998). Leur concentration est cependant faite de multiples polarités dont les localisations correspondent aux exigences spécifiques des différentes industries : très grossièrement, les services financiers s'agglomèrent au centre-ville, les services à la consommation se dispersent dans l'espace résidentiel et les emplois manufacturiers se concentrent dans des pôles péri-centraux (Coffey et Shearmur 2001).

Figure 1.1 Forme urbaine



Trois types de forme urbaine sont représentés ici. Chacune d'elle compte vingt lieux de résidence et vingt lieux d'emplois, elles offrent toutes le même nombre de possibilités de navettage. Mais comme les positions relatives de ces lieux diffèrent pour les formes dispersée, monocentrique et polycentrique, les trois formes offrent différentes possibilités de navettage.

Les lieux de résidence sont quant à eux plus dispersés dans l'espace métropolitain. Pour Scott (1988), une importante fonction de l'espace résidentiel est économique : la reproduction de la main d'œuvre, de ses compétences et de ses institutions. De son point de vue, les profits de la production sont distribués au lieu de travail puis redistribués au lieu de résidence. Comme les lieux de résidence sont fortement associés aux lieux de travail, ils s'agglutinent plus ou moins densément autour des pôles d'emplois (Scott 2002). Mais

¹⁷ L'approche féministe du navettage nous invite à reconsidérer le lieu de résidence en l'étendant vers l'extérieur afin d'y inclure le voisinage, à l'intérieur duquel se déroule une bonne proportion de la vie domestique (Hanson et Pratt 1988). Nous croyons cependant que la réduction du lieu de résidence à un point est utile dans la mesure où elle facilite, voire rend possible, la modélisation et dans la mesure où une très forte proportion de la vie domestique se déroule soit à l'intérieur du logement, soit dans sa proximité immédiate. Au pire, le lieu de résidence n'est qu'un repère pour le travailleur. Mais même dans ce cas limite, il demeure un facteur structurant dans ses déplacements.

les lieux de résidence présentent aussi des formes de regroupement qui ne sont pas directement associées au système de production. Les nombreux travaux sur la ségrégation résidentielle montrent en effet l'existence de regroupements sur la base de l'ethnie, de la langue, du statut familial et de l'âge (Davies et Murdie 1993; Charron 2002; Préteceille 2002).

La forme urbaine peut répondre à plusieurs qualificatifs : dense ou étalée; monocentrique, polycentrique ou dispersée, mixte ou ségréguée. Ces caractères demandent plus d'explications et nous y reviendrons aux chapitres 2 et 3. Ce qu'il importe de retenir pour l'instant, c'est que la forme urbaine, telle que définie dans cette thèse, est composée de deux types de lieux (les lieux de travail et les lieux de résidence) et que ces lieux diffèrent par leur fonction et leur localisation spatiale. Ils sont ainsi décalés dans l'espace et c'est ce décalage qui fait de la forme urbaine une composante du navettage. Leur complémentarité fonctionnelle dans l'organisation économique en fait, pour le travailleur, les « extrémités » spatiales du système de production, les origines-destinations potentielles de sa navette. Ainsi, *la forme urbaine offre les « possibilités » du navettage*[♦].

1.4.2 La mobilité (l'accès physique)

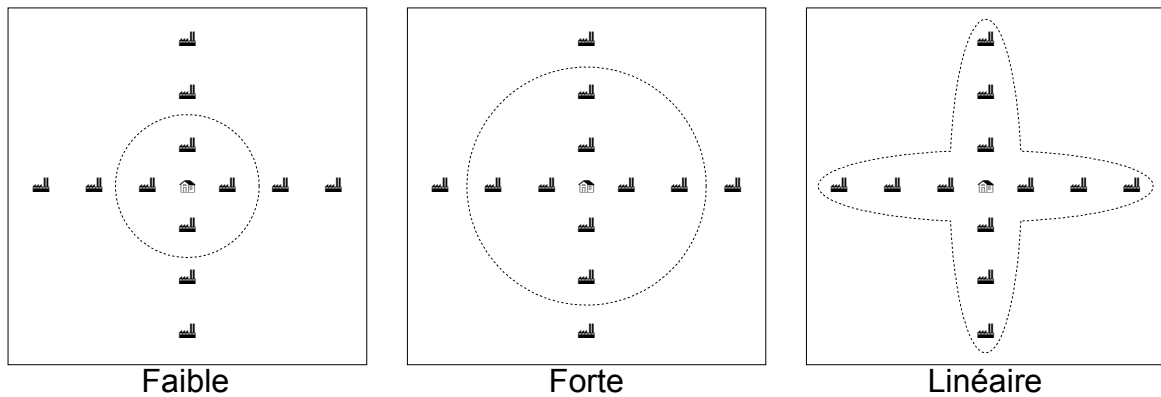
Les travailleurs ne peuvent cependant pas tirer profit de toutes les possibilités de navettage offertes par la forme urbaine. Bien que les possibilités existent, elles ne sont pas toutes accessibles à tous les travailleurs. Ces derniers sont en effet contraints dans leurs possibilités d'emplois, leurs choix résidentiels et leurs comportements de navettage[♦]. Nous distinguons deux types de contraintes : la mobilité (contrainte physique) et la compatibilité (contrainte socioéconomique). Dans cette sous-section, nous traitons de la première.

En plus de référer au déplacement comme tel, la mobilité renvoie à la capacité à se déplacer, à la capacité à maîtriser l'espace et, par extension, à l'accessibilité¹⁸ (Lussault et Stock 2003). Dans le cadre de cette thèse, la mobilité ne réfère pas au déplacement effectif (qui est la navette) mais au potentiel de déplacement (qui représente les possibilités accessibles). Le déplacement résulte du « désir » de participer à des activités qui ont lieu à des endroits différents et à des moments différents. La mobilité représente la capacité à réaliser ce désir. *La mobilité est la capacité à accéder physiquement aux possibilités offertes par la forme urbaine*. Par « accéder physiquement », nous entendons la capacité à maîtriser l'espace pour joindre un lieu de résidence à un lieu d'emploi (figure 1.2).

♦ Les expressions suivies d'un losange constituent des éléments de vocabulaires définis dans le glossaire qui se trouve à la fin de la thèse. Elles représentent des concepts centraux de notre entendement théorique dont les significations, souvent rapprochées, peuvent porter à confusion. Les losanges n'apparaissent qu'une fois, à la première utilisation du terme.

¹⁸ D'un point de vue sémantique, le concept de mobilité est très proche du concept d'accessibilité. Il s'en distingue néanmoins : la mobilité concerne la capacité d'un individu à accéder alors que l'accessibilité représente l'espace des possibles à partir d'un lieu donné.

Figure 1.2 Mobilité



Trois types de mobilité sont représentés dans une même forme urbaine. La faible mobilité du travailleur de gauche limite ses possibilités à quatre emplois alors que le travailleur du centre peut accéder à huit emplois. Le travailleur de droite bénéficie quant à lui d'infrastructures de transport qui lui permettent d'accéder à toutes les options de navettage qui lui sont offertes.

La mobilité a longtemps été sous-évaluée dans les modèles économiques de la ville (Simpson 1992). S'il est vrai que la ville est destinée à optimiser l'interaction sociale, il n'en demeure pas moins que les déplacements intra-urbains impliquent des coûts (Charron et Shearmur 2005b) et que la mobilité des travailleurs limite leur accessibilité à un sous-ensemble—et non à la totalité—des options de navettage[♦]. Dans les modèles de la ville, la mobilité des travailleurs est considérée comme métropolitaine (ils sont libres de se déplacer partout dans les limites de la métropole) ou minimale (la minimisation de leur distance de navette[♦] détermine leurs comportements de navettage). Les modèles économétriques « traditionnels » (Muth 1969; Mills 1972) comprennent la distance de la navette comme une nuisance que les travailleurs cherchent à minimiser. Ce faisant, ils oublient que la mobilité est une médiation entre les nuisances et les bénéfices du déplacement. De même, les modélisateurs du navettage ont longtemps compris ce dernier comme un simple déplacement, une « corde » entre un lieu de résidence et un lieu de travail. En réduisant la mobilité à un déplacement et en lui évacuant l'accessibilité (le potentiel), la modélisation du navettage néglige des aspects importants comme les écarts de mobilité entre hommes et femmes (Hanson et Pratt 1988). Dans les lignes qui suivent, nous décrivons les tensions associées à la mobilité et les façons dont elles sont gérées par différents travailleurs.

Le déplacement est généralement associé à des coûts (en argent mais aussi en temps) et ces coûts sont généralement proportionnels à la distance parcourue. Il s'en suit que la désirabilité d'un déplacement diminue avec sa distance. Comme les déplacements les plus courts sont aussi les plus désirables, l'interaction entre deux lieux est inversement proportionnelle à la distance qui les sépare. La relation entre distance et interaction a été vérifiée à plusieurs reprises pour des phénomènes de différentes natures, y

compris le navettage (Scott 1988; Levinson et Kumar 1997; Charron et Shearmur 2005b). Elle prend la forme de l'équation (1)

$$I_{ij} = \frac{O_i O_j}{D_{ij}} \quad (1)$$

où l'interaction entre les lieux i et j (I_{ij}) est proportionnelle au nombre d'opportunités en i et en j (O_i et O_j) et inversement proportionnelle à la distance entre i et j (D_{ij}). C'est le « modèle gravitaire ». Mais malgré le fait qu'il explique une part significative du navettage observé, le modèle gravitaire laisse d'importants résidus (*ibid.*). Autrement dit, la désirabilité d'un déplacement ne dépend pas que de sa distance.

Une première nuance à apporter tient à la capacité technologique à maîtriser la distance. Comme nous l'avons noté à la section 1.2.2, les progrès technologiques amènent l'augmentation des vitesses et la « compression de l'espace-temps » (Janelle 1968). Dans la mesure où les coûts financiers des déplacements importent généralement moins que les coûts en temps, le temps détermine davantage la désirabilité d'un déplacement que sa distance (Gordon *et al.* 1991). Certains auteurs avancent l'idée qu'il y aurait quelque chose d'universel dans la relation entre désirabilité et le temps de déplacement. Les travailleurs seraient prêts à consacrer 35 minutes pour se rendre au travail et ce dans plusieurs contextes culturels (Zahavi et Talvitie 1980) et malgré l'augmentation des vitesses (Zahavi et Ryan 1980). Mais si l'hypothèse d'une constante de 35 minutes traduit une certaine tendance, la très grande variabilité autour de cette moyenne invalide son universalité (Rouwendal et Nijkamp 2004). Il reste que la journée dure 24 heures et que l'être humain se doit de dormir, manger et travailler durant ces 24 heures. L'idée d'une valeur universelle repose donc sur des constantes pertinentes mais néglige d'autres variables tout aussi importantes.

L'effet discriminant de la distance (ou du temps) sur la désirabilité d'un déplacement est trivial : si le but premier du déplacement est de participer à des activités séparées dans l'espace, il n'a aucune valeur en soi et ne représente que des inconvénients. Cependant, plusieurs facteurs peuvent rendre tolérables de longs déplacements. Par exemple, de longues navettes permettent de combiner une opportunité d'emploi extraordinaire à une opportunité résidentielle tout aussi singulière. Comme le nombre d'opportunités est proportionnel à la distance parcourue, plus la mobilité permet de couvrir de grandes distances, plus le nombre d'opportunités désirables auxquelles elle donne accès est important (Levinson et Kumar 1997). Le navettage est alors un compromis entre la minimisation de la distance de la navette et la maximisation des opportunités (Wachs *et al.* 1993; Korsu et Massot 2004). En termes économiques, un déplacement est désirable dans la mesure où son utilité est supérieure à sa nuisance (Zahavi et Talvitie 1980; Rouwendal et Nijkamp 2004).

Les modalités de ce compromis sont spécifiques à chaque travailleur, elles dépendent de ses caractéristiques socio-économiques, de ses valeurs et de ses trajectoires résidentielle, familiale et socioéconomique. Bien que des études montrent que certaines de ces modalités sont plus importantes que

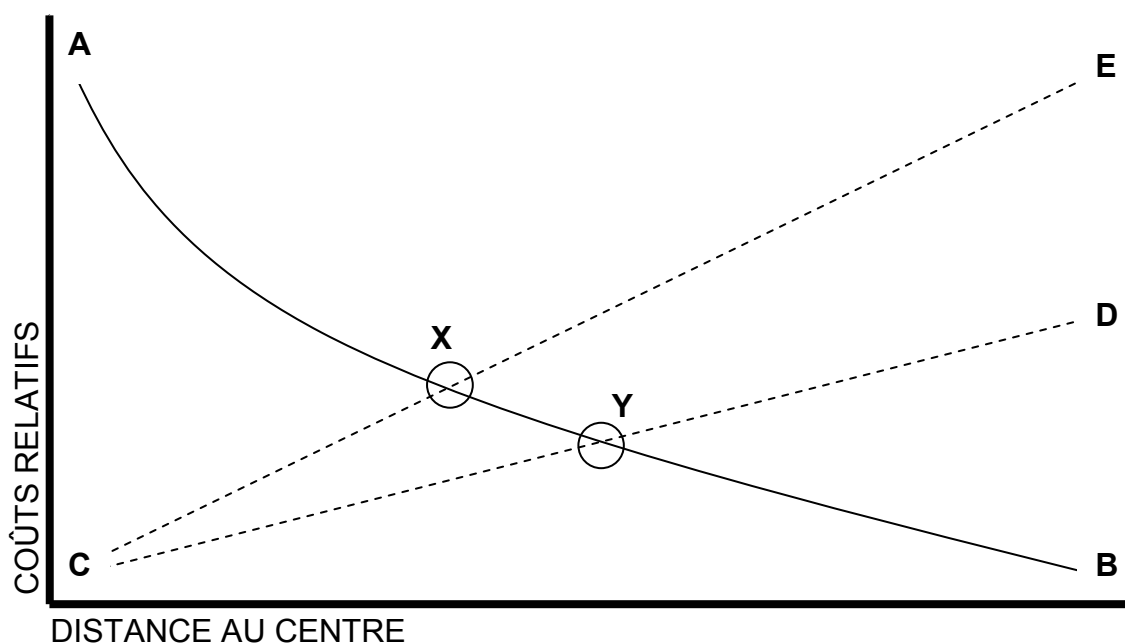
d'autres¹⁹, il ressort que ces nombreuses modalités associées à la mobilité interviennent conjointement sur la distance de la navette et qu'elles le font de façon complexe. Il apparaît, par exemple, que la relation entre le revenu et la distance de la navette est positive en banlieue mais négative dans la ville centre (Shen 2000) et que la présence d'enfants peut encourager l'éloignement par la suburbanisation mais qu'elle peut aussi encourager le rapprochement par les contraintes qu'elle impose sur la mobilité (Wyly 1999). De plus, ces modalités suivent les grandes tendances sociales et l'évolution des priorités du travailleur. Mais malgré l'incertitude des modalités, certaines tendances lourdes peuvent être identifiées.

(1) REVENU

La première modalité du navettage ayant fait l'objet d'une analyse scientifique est le revenu. Le modèle proposé par Alonso (1964) suggère que les travailleurs aisés, plus à même de maîtriser la distance, sont aussi plus à même de profiter des grands terrains peu coûteux de la périphérie (figure 1.3). Ce modèle, quoique très réducteur, résume bien l'opposition entre les banlieues aisées et la ville centre pauvre qui est observée dans les métropoles étasuniennes après les années 1950 (Anas *et al.* 1998). Il montre aussi que la relation entre le revenu et la mobilité repose essentiellement sur le potentiel d'opportunité : étant plus motorisés et mieux nantis, les travailleurs ayant d'importants revenus élargissent leur ensemble d'opportunités et augmentent du coup leur probabilité d'être associé à une longue navette. De plus, les emplois les plus rémunérés sont, de manière générale, les plus spécialisés économiquement et les plus agglomérés spatialement. Ainsi, les travailleurs spécialisés sont contraints à de longues navettes par la concentration géographique de leurs emplois (Charron et Apparicio 2006). En sens inverse, les employeurs doivent compenser les frais de déplacement de leurs travailleurs et ils le font par des salaires plus élevés (Moses 1962; Timothy et Wheaton 2001). En somme, toutes choses étant égales par ailleurs, les travailleurs les mieux rémunérés ont de plus longues navettes parce qu'ils choisissent parmi un plus large éventail d'opportunités résidentielles et parce qu'ils occupent des emplois polarisés spatialement.

¹⁹ Par exemple, les caractéristiques associées à la position dans le ménage (les responsabilités domestiques assumées) seraient plus importantes que celles associées au statut social comme l'occupation et le revenu (Hanson et Schwab 1995).

Figure 1.3 Le gradient résidentiel de revenu selon Alonso



Selon ce modèle, tous les emplois sont localisés au centre-ville. Le navettage se résume donc à la distance entre le lieu de résidence et le centre-ville. Le segment AB représente la relation entre la valeur des terrains et la distance au centre-ville : en s'éloignant du centre, les terrains deviennent plus abordables. Les segments pointillés représentent les coûts de navettage : en s'éloignant du centre, le navettage devient plus dispendieux. Les coûts du navettage diffèrent cependant selon le revenu. Ainsi, les travailleurs touchant des revenus plus importants sont-ils plus mobiles que les travailleurs moins rémunérés. Les coûts de navettage sont moins élevés pour le travailleur riche (CD) qu'ils ne le sont pour le travailleur pauvre (CE). Conséquemment, les travailleurs pauvres se localisent plus près du centre (X) que les travailleurs riches (Y).

(2) GENRE

Il apparaît que, en général, les femmes sont moins mobiles que les hommes. Les raisons invoquées sont la plus grande part des responsabilités familiales qu'elles assument, leur moindre motorisation, leur « confinement » à des emplois spatialement décentralisés et moins rémunérés. En plus d'identifier les différences de mobilité associées au genre, l'approche féministe au navettage a mis en évidence la complexité du phénomène en démontrant que la mobilité est bien plus qu'une affaire de revenu (Hanson et Pratt 1988; Blumen 1994), que ses modalités évoluent tranquillement (Villeneuve et Rose 1988; Vandermissen *et al.* 2001), qu'elle est associée à la forme urbaine (Wyly 1999; Cristaldi 2005) et en suggérant de la considérer comme un potentiel plutôt qu'un déplacement (Hanson et Pratt 1988; Kwan 1999b).

(3) CYCLE DE VIE

Les différences individuelles en termes de responsabilités domestiques, et de modes de vie en général, varient fortement selon la position dans le cycle de vie. Les jeunes travailleurs, moins motorisés, préfèrent le mode de vie « urbain » et sont associés à de courtes navettes (Ory *et al.* 2004). Les couples de travailleurs avec enfant voient leurs navettes allongées par leur propension à vivre en banlieue (Wachs *et al.* 1993) et les compromis qu’imposent leurs différents lieux de travail (Rose et Villeneuve 1998; Clark *et al.* 2003).

(4) VALEURS

En plus des modalités « matérielles » associées au statut économique, au genre et au statut familial, les comportements de mobilité sont soumis aux valeurs et aux modes de vie. Selon les contextes, la mobilité peut être valorisée ou non, autorisée ou non (Lussault 2004). La même navette de 25 kilomètres ne présente pas la même désirabilité pour une jeune famille, un célibataire, un amateur de voiture ou un militant écologiste. Certains travailleurs adhèrent à un mode de vie basé sur la proximité et choisissent volontairement d’habiter des quartiers à forte densité (Wachs *et al.* 1993; Levinson et Kumar 1997; Boarnet et Crane 2001). Ces travailleurs voient dans le navettage une nuisance psychologique (stress), coûteuse en temps, en argent et pour l’environnement. À l’opposé, d’autres travailleurs s’adaptent aux longues navettes. Certains vont jusqu’à les apprécier et les valoriser²⁰. Pour ces derniers, le navettage offre l’occasion de penser, de converser, d’écouter de la musique, de dormir, de rêvasser, d’apprécier le paysage... Le navettage est alors une transition entre la vie publique du lieu de travail et la vie privée du lieu de résidence (Ory *et al.* 2004). Nous reviendrons à ces questions au prochain chapitre, qui est consacré aux différentes interprétations des avantages et des nuisances associées au navettage.

(5) INERTIE

Les travailleurs montrent tous un certain degré de mobilité, modulé par leur revenu, leur sexe, leur âge, etc. Cependant, la capacité d’accéder à une opportunité très désirable ne signifie pas automatiquement un ajustement de la navette. En effet, les travailleurs sont, dans une certaine mesure, « immobilisés » parce qu’un changement d’option de navettage, bien qu’il puisse comporter certains avantages, implique nécessairement certains coûts. Changer d’emploi signifie souvent de perdre son ancienneté, de s’adapter à un nouveau milieu et à de nouvelles procédures. Changer de résidence signifie des frais de déménagement, le développement d’une nouvelle routine et l’adaptation à un nouveau milieu et à de nouveaux voisins. Ainsi, les coûts de relocalisation surpassent généralement les bénéfices associés à une diminution de la

²⁰ Ory *et al.* (2004) montrent, à l’aide d’un échantillon de 1 300 navetteurs de la région de San Francisco, que les variables de personnalité (organisateur, etc.) et d’attitude (valorisation d’un grand terrain, valorisation d’une vie de quartier intense, etc.) sont significativement associées aux distances et aux temps de navettage. De plus, ces mêmes variables sont significativement associées aux biais perceptuels (sur- ou sous-évaluation de la distance de navettage). Les auteurs font remarquer que les travailleurs interrogés considèrent, en moyenne, que le temps de navettage idéal est de seize minutes. Il représente la moitié du temps de navettage effectif (31 minutes) mais il n’est pas nul. Ainsi, le travailleur moyen apprécie et valorise une courte navette.

distance de la navette (Van Ommeren *et al.* 1997). Ce faisant, ces coûts freinent la mobilité et amènent les travailleurs à adopter des stratégies sur le long terme. La localisation optimale n'est pas celle qui minimise la distance de navettage mais bien celle qui minimisera cette distance compte tenu des éventuelles relocalisations (Van Ommeren *et al.* 1999). Par exemple, le choix résidentiel s'arrêtera sur un lieu à partir duquel toutes les opportunités d'emploi désirables et éventuelles sont accessibles. Cette stratégie est d'autant plus intéressante que la sécurité d'emploi se raréfie. Les travailleurs aux emplois précaires préconisent alors des positions résidentielles centrales, accessibles à un maximum d'emplois (Kan 2002).

Pour bien clarifier les propos de cette section, il est important de distinguer entre trois concepts qui seront récurrents dans cette thèse.

1. Le premier, l'accessibilité, est un attribut d'une localisation (résidentielle), et caractérise ce qui en est aisément accessible. Dans le cadre de ce travail c'est l'accessibilité *aux emplois* qui caractérise chaque localisation résidentielle. L'accessibilité d'une localisation découle directement de la *forme urbaine* de la métropole dans laquelle elle se trouve.
2. Le deuxième, la mobilité, est un attribut de chaque individu (travailleur). Elle caractérise, comme nous l'avons décrit ci-dessus, *sa capacité à accéder physiquement aux possibilités offertes par la forme urbaine*. Cependant, dans la mesure où la mobilité d'un individu empiète sur la mobilité des autres, des phénomènes de congestion peuvent apparaître. Si ces phénomènes sont récurrents, elles peuvent modifier l'accessibilité d'une localisation.
3. Le troisième est celui de la mobilité résidentielle, ou du déménagement. Cette forme de mobilité caractérise aussi les individus. Le déménagement peut être considéré comme une forme d'adaptation à long terme visant à équilibrer les besoins en accessibilité et les contraintes de mobilité d'un individu. Il va de soi que d'autres motifs de déménagement sont envisageables : changements familiaux, désir de verdure etc... Dans le cadre ce travail, ce sont les déménagements pour équilibrer mobilité et accessibilité qui seront considérées.

En associant le positionnement spatial à la mobilité, nous abordons les liens entre la mobilité, l'accessibilité et la forme urbaine. En effet, une localisation centrale dans un environnement dense optimise l'accessibilité. À l'opposé, une localisation périphérique dans un environnement étalé restreint l'accessibilité, à moins de bénéficier d'une mobilité privilégiée : c'est bien pour pallier à ce déficit d'accessibilité que les banlieusards sont si dépendants de la mobilité accordée par l'automobile. Mais la relation entre la forme urbaine et l'accessibilité ne peut se résumer à l'opposition entre une banlieue contraignante et un centre optimal. La densité du centre, si elle élargit l'accessibilité, est aussi associée à la congestion et complique l'utilisation de l'automobile, elle-même un gage de mobilité. La mobilité, entendue

ici comme *la capacité à accéder physiquement aux possibilités*, est ainsi indissociable de la forme urbaine, du contexte technologique, des caractéristiques et des préférences du travailleur.

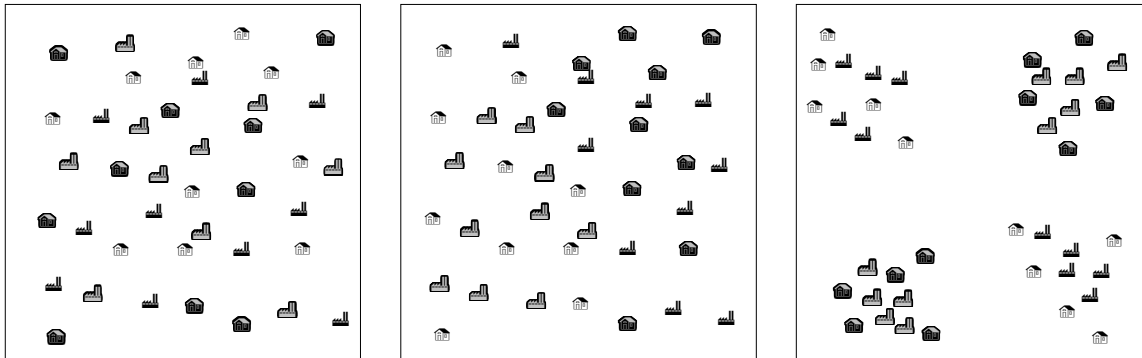
1.4.3 La compatibilité (l'accès socioéconomique)

La forme urbaine et la mobilité ne peuvent expliquer le navettage à elles seules (Rouwendal et Nijkamp 2004). Pour comprendre le navettage, il faut aussi comprendre les modalités de la compatibilité. La forme urbaine et la mobilité sont spatiales par définition : la première positionne les lieux les uns par rapport aux autres; la seconde représente la capacité du travailleur à « maîtriser la distance ». La troisième composante du navettage ne réfère pas à l'espace. La compatibilité réfère plutôt aux modalités qui font la désirabilité des possibilités résidentielles et d'emplois, quelles que soient leurs localisations. En fait, la compatibilité représente *la capacité à accéder socialement aux possibilités*.

Comme nous l'avons spécifié à la section 1.3, la fonction première du navettage est de réunir en un même endroit des travailleurs dont la complémentarité des tâches requiert la coprésence, mais qui sont ou peuvent être, en dehors des heures de travail, dispersés dans l'espace métropolitain. En intégrant le travailleur dans la production économique et le citoyen dans la vie domestique, le navettage exprime l'appartenance de l'individu à la société. Plus précisément, le navettage est un support au travail et le travail rétribue le salaire. Le navettage est donc un moyen d'intégration économique et de cohésion sociale (Vandermissen *et al.* 2001). Cette cohésion s'opère par la spécialisation complémentaire des travailleurs. Enfin, la spécialisation complémentaire signifie que les emplois demandent certaines qualifications et que les travailleurs offrent certaines compétences. La spécialisation fait en sorte qu'un emploi ne peut être comblé par n'importe quel travailleur et vice versa. La compatibilité représente les spécificités socioéconomiques qui font que toutes les options de navettage ne sont pas possibles (figure 1.4).

L'appariement d'un travailleur à un emploi n'est ni libre ni aléatoire. La dynamique du système économique repose sur les interactions entre des individus et ces interactions sont « toujours socialisées par un réseau complexe de normes, de coutumes, de règles, de croyances et d'appartenances multiples » (Boyer et Saillard 2002, p.8). Ces normes, coutumes et autres conventions orientent la recherche d'emploi et le choix résidentiel des travailleurs, les stratégies d'embauche et la localisation spatiale des entreprises. À l'instar de tous les types d'agents économiques, travailleurs et entreprises « ne peuvent se repérer qu'à travers les contraintes, références communes, procédures et régularités que véhiculent ou favorisent les dispositifs collectifs que sont les règles, les conventions, les organisations. Leur création n'est pas gouvernée par une logique économique pure mais s'inscrit dans la construction et le maintien du lien social » (p.58). Autrement dit, la « relation d'emploi »—la compatibilité—est régie par un jeu complexe de règles formelles et informelles, par un mélange de compétences requises et acquises (Scott 1988), d'aspirations et de discriminations produites et reproduites par les interactions sociales, portées par les réseaux sociaux (Peck 1996; Houston 2005).

Figure 1.4 Compatibilité



Chacun des graphiques comprend vingt lieux « gris » (dix résidences et dix emplois) et vingt lieux « noirs ». Une résidence grise est incompatible avec un emploi noir et vice versa. Dans l'exemple de gauche, tous les lieux sont dispersés de façon aléatoire, les options de navettage sont donc diverses. Dans l'exemple du milieu, les emplois gris sont opposés aux résidences grises et vice versa. Cette situation oblige les travailleurs à effectuer de longues navettes. Dans l'exemple de droite, les emplois et résidences sont regroupés selon leurs teintes. Cette situation offre alors beaucoup d'options de navettage associées à de courtes navettes.

La division du travail implique que les travailleurs se spécialisent. Une fois spécialisés, ils sont en quelque sorte assignés à une « niche » industrielle, ils peuvent échanger d'emplois avec les autres travailleurs de la même niche mais ne peuvent changer de niche. C'est la théorie de la segmentation (Wylie 1999). Par la régulation, la segmentation des travailleurs par leurs compétences se diffuse à l'ensemble de l'organisation sociale. La division du travail trouve ainsi écho dans la segmentation socioéconomique, sexuelle, ethnique, linguistique, spatiale, etc. Pour Scott (1988), l'espace social de la ville est essentiellement défini par la reproduction de ces différents « segments ». Pour Peck (1996), la régulation du travail est en grande partie construite à la maison : la désirabilité, la reconnaissance d'un emploi et les canaux qui permettent d'y accéder (informations quant à l'existence de l'emploi, « pistons », etc.) relèvent de l'organisation sociale, fortement structurée autour de la famille et du voisinage. Enfin, la régulation représente autant une assistance (par la sollicitation, la formation, etc.) qu'un obstacle (par la discrimination, le contingentement, etc.) à l'intégration d'individus socialement situés dans des niches industrielles spécifiques. Ainsi, la division du travail, qui s'exprime dans l'espace économique, est accompagnée de la segmentation sociale, qui s'exprime dans l'espace domestique (Scott 1988).

La morphogenèse urbaine fait en sorte que les espaces domestique et économique sont fragmentés en quartiers et en pôles d'emplois spécifiques. Ces fragments territoriaux sont investis par des résidents et des travailleurs tout aussi spécialisés. Ces spécialisations territoriales et individuelles font en sorte que tous les lieux de résidence ne sont pas compatibles avec tous les lieux d'emploi, qu'ils soient, ou non, accessibles physiquement les uns aux autres. Le navettage dépend ainsi de la combinaison de la forme urbaine, la mobilité et la compatibilité.

1.4.4 Navettage et marché du travail

Forme urbaine, mobilité et compatibilité sont fortement associées. Suivant la morphogenèse urbaine, les activités s'agglomèrent, se séparent et se connectent selon leurs affinités, leurs degrés de dépendance et d'autonomie. Pour ce qui est du navettage, les zones compatibles sont généralement connectées et la longueur de la connexion est principalement fonction de la mobilité des travailleurs. Par exemple, les emplois de service à la consommation sont fortement « féminisés » parce qu'ils correspondent à certaines caractéristiques de la main-d'œuvre féminine et parce qu'ils représentent des « niches » socialement considérées comme féminisées. De plus, ces emplois sont dispersés dans l'espace métropolitain. Les femmes sont surreprésentées dans ces emplois parce que leur faible mobilité les y contraints et, suivant un raisonnement inverse, ces emplois sont dispersés dans l'espace résidentiel pour être accessibles à la main-d'œuvre féminine (Hanson et Pratt 1988; Wylie 1999). Ainsi, mobilité, compatibilité et forme urbaine sont indissociables. Par extension, l'espace économique, l'espace résidentiel et les infrastructures de transport sont eux aussi indissociables. Dans cette sous-section, nous décrivons comment forme urbaine, mobilité et compatibilité se construisent conjointement.

La métropole est destinée à maximiser l'interaction socioéconomique. Elle est un marché économique, c'est-à-dire un lieu où se rencontrent une offre et une demande de travail. Théoriquement, un marché est transparent et la concurrence y est pure et parfaite. Les interactions n'y rencontrent donc aucune friction, donc aucune friction de la distance. D'un point de vue spatial, cette formulation est clairement fallacieuse, dans la mesure où la maîtrise de la distance représente un coût. Elle présente cependant l'avantage de décrire un idéal vers lequel tend l'organisation économique de la métropole.

Le navettage est un support à l'interaction du marché du travail. Il assure la connexion dans les nombreux cas où la coprésence résidence-emploi est impossible. Une lecture à l'échelle métropolitaine amène à la conceptualisation de la métropole comme une agglomération dense d'emploi autour de laquelle se greffent des secteurs résidentiels. L'interaction nécessaire à la production économique est assurée par la coprésence offerte par l'agglomération des emplois. Cette même interaction est supportée par le navettage entre le centre économique et la périphérie résidentielle. Cette conceptualisation mène aux modèles monocentriques (Muth 1969; Mills 1972) et à la définition statistique de la métropole (Statistique Canada 2005; U.S. Census Bureau 2005) selon laquelle le navettage définit, littéralement, les limites de la métropole. À l'intérieur de ces limites existe un marché d'emploi où, théoriquement, tous les travailleurs peuvent accéder à tous les emplois.

Cette conceptualisation est évidemment bien réductrice. En effet, la morphogenèse urbaine se poursuit à l'intérieur même de la métropole, elle optimise l'interaction par l'agglomération, la séparation et la connexion. L'organisation intra-métropolitaine du navettage peut s'expliquer par l'hypothèse de la colocation (*colocation hypothesis*, Gordon et Wong 1985). Cette hypothèse décrit comment les ajustements spatiaux des travailleurs et des entreprises mènent de la monocentricité (structure simple) à la polycentricité

(structure complexe). La ville monocentrique, qui correspond dans une certaine mesure à la ville industrielle, est caractérisée par d'importantes migrations pendulaires joignant une périphérie résidentielle à un centre économique. La convergence des navettes y est totale. Elle s'accompagne de la congestion des infrastructures de transport et de la diminution des vitesses. Lorsqu'elle atteint une certaine envergure, la ville monocentrique n'optimise plus les interactions. Les travailleurs comme les entreprises réagissent à cette congestion par la relocalisation. Leurs multiples trajectoires individuelles mènent à une ville polycentrique dont les nouveaux centres, de moindres ampleurs, ne sont pas congestionnés (Gordon *et al.* 1991; modélisé par Allen 1997). En somme, la ville polycentrique ré-optimise l'interaction. Nous y reviendrons au chapitre 3 (3.1.5).

L'hypothèse de la colocation n'est pas toujours vérifiée empiriquement (section 3.2.3). Elle offre cependant un modèle décrivant comment la morphogenèse urbaine mène, par le biais du navettage, à la fragmentation et à la complexification de l'espace métropolitain. En ce sens, elle offre une interprétation de la présence de sous-marchés du travail, polarisés à l'intérieur de la métropole. Plusieurs travaux montrent que les structures de navettage^{*} sont plus chaotiques aux petites échelles (Rouwendal et Nijkamp 2004; Schwanen *et al.* 2004). Ces observations laissent penser que les sous-ensembles du système métropolitain se rapprochent de l'idéal du marché sans friction. Autrement dit, le marché métropolitain du travail serait composé de sous-marchés confinés spatialement.

On réfère généralement à ces sous-marchés comme des *marchés locaux d'emplois* (MLE)²¹. Pour Simpson (1992), « la métropole est composée d'une série de MLE à l'intérieur desquels la mobilité des travailleurs est limitée par leurs perceptions des opportunités d'emplois » (p.9, notre traduction). Pour Peck (1996), ils sont des « phénomènes institutionnels ». Ainsi, les MLE sont construits socialement et ancrés spatialement. D'un point de vue social, ils représentent des unités spatiales spécialisées dans une niche économique et assurent la reproduction de cette spécialisation (Scott 1988; Peck 1996). D'un point de vue spatial, ils dirigent et contiennent les comportements de navettage (Peck 1996)²². Ainsi, les inégalités de la géographie de l'emploi sont associées aux inégalités de la géographie résidentielle (Scott 2002; Ellis *et al.* 2004; Charron et Apparicio 2006). Il en résulte que l'incompatibilité entre un lieu de résidence et un lieu d'emploi—*skill mismatch*—correspond généralement à leur inaccessibilité spatiale—*spatial mismatch* (Houston 2005).

²¹ D'autres concepts peuvent aussi être évoqués (définitions tirées de Benko 2001) :

- Le district industriel : « entité socio-territoriale qui se caractérise par la présence active d'une communauté humaine et d'une population d'entreprises dans un espace géographique et historique » (p.20).
- Le milieu innovateur : « ensemble territorialisé dans lequel des réseaux innovateurs se développent par l'apprentissage que font leurs acteurs des transactions multilatérales génératrices d'externalités spécifiques à l'innovation et par la convergence des apprentissages vers des formes de plus en plus performantes de création technologique » (p.52).

Comme le MLE, ces concepts réfèrent directement au caractère spatial de l'organisation socioéconomique. Ils soulignent le rôle des économies d'agglomération (i.e. l'optimisation des interactions) dans cette structuration sans toutefois faire de références directes à l'espace résidentiel.

²² Peck (1996) insiste toutefois sur le fait que les frontières des MLE ne sont pas tranchées.

La correspondance entre l'espace social et l'espace économique est le résultat de plusieurs processus spatiaux. La mobilité limitée des travailleurs constitue, bien entendu, un facteur important : les travailleurs ne peuvent élargir leurs options de navettage à l'ensemble de celles qui leur sont offertes par la forme urbaine. Toutefois, le fait que la localisation résidentielle influence la spécialisation du travailleur ne peut être expliqué uniquement par la mobilité. En effet, « plusieurs "frictions de l'espace" sont impliquées dans le pairage résidence-emploi, et parcourir la distance ne représente qu'une seule d'entre elles » (O'Reagan et Quigley 1998, p.1188, notre traduction).

Les MLE sont ancrés spatialement et sont tissés par les relations sociales. L'emploi et la résidence y sont assemblés par un continuum d'interactions (Hanson et Pratt 1988; Kwan 1999a). Il apparaît, par exemple, que la recherche d'emploi est tributaire du réseau social (Chapple 2001). Ces interactions forment un ensemble de règles et de routines—une « gouvernance »—qui donne au MLE sa spécificité (Gilly et Pecqueur 2002). En effet, les MLE diffèrent en spécialisation économique et en appartenance sociale. Pour les MLE mieux positionnés, « la proximité facilite la sociabilité, travail social essentiel à travers lequel le groupe cultive et accroît l'une de ses richesses les plus vitales, le capital social » (Pinçon et Pinçon-Charlot 2002, p.8). À l'opposé, les MLE moins nantis nuisent à la mobilité sociale de leurs habitants « en les tenant à l'écart des réseaux d'information, en abaissant leurs aspirations en matière d'emploi et en stigmatisant leur réputation » (Houston 2005, p.230, notre traduction).

En fait, le MLE constitue un territoire au sens où il est un « agencement de ressources matérielles et symboliques capable de structurer les conditions pratiques de l'existence d'un individu ou d'un collectif social et d'informer en retour cet individu et ce collectif sur sa propre identité » (Debarbieux 2003, p.910). Dans sa conceptualisation la plus pure, les MLE constituent des sous-ensembles de la forme urbaine à l'intérieur desquels emplois et résidences sont compatibles mais entre lesquels emplois et résidences sont incompatibles (figure 1.4, exemple de droite).

1.4.5 Recomposition du navettage

L'hypothèse de la colocation et la théorie des MLE montrent bien que si les composantes du navettage—forme urbaine, mobilité et compatibilité—peuvent être isolées, elles demeurent fortement associées les unes aux autres. Dans l'hypothèse de la colocation, l'évolution de la mobilité motive l'évolution de la forme urbaine. La théorie des MLE propose que les emplois et les résidences compatibles se doivent d'être accessibles les uns les autres et que, conséquemment, la forme urbaine est façonnée conjointement par la division du travail, la segmentation sociale et la mobilité des travailleurs.

Il importe de noter que les situations décrites précédemment sont limitées en deux points. D'abord, elles suggèrent généralement que le travailleur choisit son emploi à partir de son lieu de résidence, ce qui est évidemment très réducteur. Le navettage est le résultat d'une médiation entre, d'une part, la recherche d'emploi et le choix résidentiel et, d'autre part, les stratégies de recrutement et de localisation des

entreprises. Ensuite, elles suggèrent que la désirabilité d'une navette est dichotomique, qu'une navette est désirable ou ne l'est pas. En fait, la désirabilité de la navette consiste davantage en un continuum. Toutes choses étant égales par ailleurs, un travailleur préfère généralement une courte navette à une longue navette. La longue navette n'est cependant pas proscrite, elle est moins désirée mais elle demeure tolérable. De même, rares sont les lieux de résidences et les lieux d'emplois qui sont totalement incompatibles les uns aux autres. Plusieurs circonstances peuvent faire en sorte qu'un professeur d'université puisse vivre dans un petit appartement d'un quartier délabré ou qu'un commis-caissier puisse résider dans un manoir.

La décomposition offre une approche originale pour apprécier le navettage et sa complexité, pour mieux comprendre les modalités des liens entre forme urbaine, mobilité et compatibilité. Ce qui nous intéresse particulièrement dans le cadre de notre thèse, c'est qu'elle permet d'isoler la forme urbaine et d'analyser son association avec la mobilité, la compatibilité et la distance de navettage^{*}. C'est donc à partir de ce cadre théorique que nous développons, au chapitre 4, notre cadre méthodologique.

1.5 CONCLUSION

Dans ce chapitre, nous sommes passés du large au particulier. Nous avons d'abord précisé notre position épistémologique qui est celle de la pensée complexe. Nous avons ensuite décrit en quoi cette approche est utile à la compréhension de la ville en général et du navettage en particulier. Nous avons ensuite décomposé le navettage en trois concepts distincts mais associés : la forme urbaine, la mobilité et la compatibilité.

Le paradigme de la complexité repose sur les notions d'organisation, d'échelle et d'imprévisibilité. Il repose sur l'idée que certains phénomènes, les phénomènes complexes, doivent être compris comme des ensembles de relations et non comme des ensembles d'éléments disjoints. Ces relations sont organisées selon des structures scalaires : les micro-éléments construisent les macro-structures qui les régulent. Le phénomène complexe est ainsi constitué d'un nombre colossal de relations entre des éléments indissociables, relations opérant sur plusieurs échelles. Il est de ce fait incommensurable (c'est-à-dire qu'il est trop vaste pour être mesuré dans sa totalité) et imprévisible.

Ces notions sont centrales à la compréhension de la morphogenèse urbaine, un processus de construction de la ville reposant sur l'optimisation des interactions socioéconomiques. En effet, la morphogenèse urbaine consiste à mettre des éléments en relation : soit par l'agglomération et la coprésence, soit par la ségrégation et la connexion. L'optimisation est définie et redéfinie par des structures régulatrices (valeurs, règles, conventions, technologies, etc.), elles-mêmes composées de relations socioéconomiques (famille, communauté, société, etc.).

Le navettage est une forme de connexion associée à la morphogenèse urbaine. Il permet de séparer résidences et emplois tout en les gardant connectés. Ce faisant, il supporte l'optimisation de l'interaction en permettant l'agglomération de zones résidentielles (quartiers ethniques, banlieues familiales, *gated*

communities, etc.) et de zones économiques (pôles d'emplois, centres commerciaux, centres des affaires, *edge cities*, etc.) susceptibles d'instrumentaliser les avantages de la coprésence : économies d'agglomération, solidarité communautaire, sentiment d'appartenance, etc. Ainsi, le navettage structure, supporte et définit le marché de l'emploi métropolitain.

La décomposition du navettage permet d'isoler la forme urbaine (définie comme l'offre des possibilités de navettage) de la mobilité et de la compatibilité (qui représentent la capacité à relier spatialement et socialement lieux d'emploi et lieux de résidence). La forme urbaine offre un potentiel de relations domicile-travail, la mobilité et la compatibilité restreignent ce potentiel.

Cette conceptualisation nous permet d'aborder notre question de recherche : « Est-ce que la forme urbaine influence la distance de navettage²³? Et si oui, comment? » En effet, elle nous permet de définir le navettage comme une connexion entre deux importantes composantes du phénomène urbain (la résidence et le travail) : le navettage est donc associé à une distance. Elle nous permet aussi de définir la forme urbaine comme une offre de possibilités de navettage : la forme urbaine offre les distances de navettage possibles.

Le cadre conceptuel développé dans ce chapitre suggère que la forme urbaine est autant influencée par le navettage qu'elle influence le navettage. Cette théorisation suppose que l'influence de la forme urbaine sur le navettage repose sur une offre de possibilités de navettage et que cette influence est modulée par les contraintes de mobilité et de compatibilité. Au chapitre 3, nous étairons cette théorie en faisant référence aux efforts de modélisation du navettage (3.1) avant de vérifier sa légitimité empirique (3.2). Mais avant, il nous reste à préciser en quoi la question de recherche est pertinente (chapitre 2).

²³ Notre analyse porte sur la distance de navettage *moyenne* pour une métropole donnée (voir glossaire) : la question revient donc à chercher si certaines formes urbaines entraînent une distance de navettage moyenne plus faible que celles entraînées par d'autres formes urbaines.

CHAPITRE 2. GÉRER LE NAVETTAGE

The problem is to build the future city in such a manner that the advantages of urban concentration can be preserved for the benefit of man and the disadvantages minimized.

(Harris et Ullman, 1945, p.91)

Dans le chapitre précédent, nous avons défini le navettage comme une connexion entre l'espace domestique et l'espace résidentiel. Nous avons vu que cette connexion résulte d'une tension entre différentes pressions qui encouragent d'une part la séparation et, d'autre part, le rapprochement de ces espaces. Le navettage peut ainsi être considéré comme un compromis entre les avantages et les inconvénients de la distanciation, entre les avantages et les inconvénients de la proximité. Nous avons décomposé le navettage en trois éléments : la forme urbaine, la mobilité et la compatibilité. Nous avons vu que ces composantes varient selon le contexte. La forme urbaine, la mobilité et la compatibilité constituent les modalités du compromis du navettage. Conjointement, elles définissent sa distance.

Dans ce chapitre, nous verrons que l'interprétation des nuisances et des bénéfices associés à la distance de navettage diffère sensiblement selon les points de vue. Plus précisément, la distance de navettage sera valorisée ou dépréciée par le travailleur (selon qu'il est mobile ou non), par le politicien (selon qu'il reconnaît le navettage comme problématique ou non), par l'entrepreneur (selon qu'il recherche la proximité à la main-d'œuvre, à la clientèle ou à d'autres facteurs de localisation), par l'idéologue (selon qu'il se reconnaît écologiste ou libéraliste, communautariste ou individualiste), par l'aménageur (selon qu'il privilégie la qualité de vie, la performance économique ou le développement durable). Ces différentes représentations compliquent la gestion du navettage. Elles conduisent en effet vers des solutions politiques et urbanistiques qui varient manifestement les unes par rapport aux autres et qui parfois se contredisent carrément.

Dans ce contexte, l'analyse scientifique du navettage est particulièrement délicate. En plus d'être sujette aux représentations personnelles du chercheur, elle se bute à l'imposante complexité du phénomène. En effet, l'analyse des bénéfices et des nuisances associés au navettage se doit d'être nuancée par le choix modal (les conséquences d'une navette en vélo ne sont pas les mêmes que celles d'une navette en automobile). De plus, nous le verrons dans ce chapitre, certains avantages associés au navettage ont un revers négatif. En d'autres termes, il est impossible de distinguer avec certitude les avantages et les inconvénients associés au navettage.

Ce chapitre cherche à exposer les principales positions normatives relatives à cette problématique. Ce faisant, nous montrons que la distance de navettage est associée à plusieurs enjeux et que ces enjeux amènent différentes solutions d'aménagement. Ces solutions renvoient à notre question de recherche : elles reposent sur l'hypothèse d'une influence de la forme urbaine sur le navettage. En fait, c'est parce que la distance de navettage entraîne certaines nuisances et à certains bénéfices qu'elle intéresse urbanistes et

aménageurs. En posant notre question de recherche, nous espérons fournir quelques pistes à la gestion de la distance de navettage. Mais pour cela, il faut se questionner sur les enjeux associés à la distance de navettage, ce que nous ferons dans ce chapitre, et sur la relation entre la forme urbaine et le navettage, ce que nous faisons dans le reste de la thèse.

Ce chapitre est composé de quatre sections. Dans un premier temps, nous dressons la liste des avantages et des inconvénients généralement attribués au navettage (2.1). Dans un second temps, nous voyons que ces avantages et inconvénients sont articulés différemment selon les discours. Ce faisant, nous en identifions les principales positions normatives (2.2). Dans un troisième temps, nous voyons les principales solutions proposées pour organiser le navettage (2.3). Enfin, nous concluons en définissant le rôle de l'analyste urbain dans le débat sur le navettage qui pourrait être, selon nous, d'informer l'aménageur afin de guider la décision (2.4).

2.1 NUISANCES ET BÉNÉFICES

Comme nous l'avons vu au chapitre précédent, la ville résulte d'un long processus de morphogenèse qui implique agglomération, séparation et connexion. Ce faisant, les transports représentent une composante essentielle au bon fonctionnement du système urbain et sont, du coup, associés à ses principaux enjeux : justice, santé, environnement, etc. Comme il constitue la principale source de kilométrage intra-urbain (Enquête Origine-Destination 2003; Korsu et Massot 2004), le navettage ne fait pas exception.

Dans cette section, nous verrons que le navettage est effectivement associé à différents enjeux et problèmes. L'identification des avantages et des inconvénients associés au navettage n'est pas aisée. En effet, comme le navettage peut être réalisé selon plusieurs modes de transport, ses impacts ne sont pas univoques. La marche et le vélo constituent des modes peu polluants mais ils limitent la mobilité et, conséquemment, réduisent les choix des travailleurs. L'automobile multiplie les possibilités de connexions mais encourage le développement de villes énergivores et congestionnées. Les transports en commun ne peuvent pas offrir la même flexibilité et, dans certains contextes métropolitains, ne représentent pas une alternative compétitive face à l'automobile.

Bien que ces nuances existent, elles ne seront que rarement discutées dans cette sous-section. Malgré l'existence d'alternatives, l'automobile représente le mode le plus fréquemment utilisé pour le navettage, particulièrement en Amérique du Nord. De plus, la part modale de l'automobile est en croissance constante²⁴. Pour ces raisons, nous concentrerons notre analyse des avantages et des inconvénients du navettage sur les déplacements en automobile. Cette analyse se fera à partir de trois points de vue : la performance économique, l'individu et la collectivité.

²⁴ Aux États-Unis, la part modale de l'automobile pour le navettage est passée de 69 % en 1960 à 88 % en 2000 (McGuckin et Srinivasan 2003). À Montréal, la part modale de l'automobile pour les déplacements réalisés à l'heure de pointe du matin est passée de 64 % en 1998 à 66 % en 2003 (Enquête Origine-Destination 2003).

2.1.1 Performance économique

Comme nous l'avons vu à la section 1.2, le processus de morphogenèse urbaine consiste dans l'optimisation des interactions urbaines. Cette optimisation repose sur la mise en relation d'individus et d'activités complémentaires et cette mise en relation est instrumentalisée par l'agglomération, la séparation et la connexion. La ville montre ainsi les marques d'une complexification croissante, d'une fragmentation territoriale fonctionnelle et d'un réseau de communication dense. Ces caractéristiques bonifient les économies d'agglomération en assurant les échanges « primaires » par la proximité des zones spécialisées et les échanges « secondaires » par la connexion entre ces zones.

Ainsi, à partir de la morphogenèse urbaine, il semble que le navettage, en tant que connexion fondamentale au système métropolitain, est un outil de performance économique : il permet à la fois la concentration d'activités économiques complémentaires (pôles d'emplois, centres commerciaux, technopoles, etc.) et la constitution de voisinages résidentiels rendant les travailleurs plus performants. De ce point de vue, les longues navettes effectuées en automobile sont bénéfiques dans la mesure où elles encouragent la ségrégation fonctionnelle et stimulent la consommation.

Cette analyse, généralement admise par les différents paliers de gouvernements et les chambres de commerce (Newman et Kenworthy 1999), reçoit cependant plusieurs critiques. On y objecte d'abord que l'allongement des navettes contribue davantage à un étalement urbain aux effets pervers qu'à une optimisation fonctionnelle. En dilatant les activités économiques et les quartiers résidentiels, la fragmentation territoriale ne bonifierait pas les économies d'agglomération; au contraire, elle encouragerait la dislocation territoriale et ferait obstacle à l'échange (Newman et Kenworthy 1999; Dreier *et al.* 2001). Même dans l'éventualité où la connectivité est intégrale, la fragmentation territoriale s'oppose, par nature, au principe de mixité qui constitue l'avantage comparatif de la ville sur la campagne, principal facteur d'économies d'agglomération (Jacobs 1984).

De plus, les travailleurs des métropoles fortement motorisées ne sont pas nécessairement les plus productifs (Cervero 2001). Au contraire, une forte motorisation implique d'importantes dépenses en infrastructures ce qui signifie qu'il faut produire davantage pour accumuler le même niveau de richesse (Newman et Kenworthy 1999). Bien entendu, la navette implique des dépenses énergétiques, mais aussi des coûts d'entretien des véhicules et des infrastructures. Ces coûts varient passablement d'un mode de transport à un autre. Bien que certains chercheurs le nient catégoriquement²⁵, la plupart d'entre eux partagent l'idée selon laquelle l'automobile est le mode de transport le plus coûteux (Newman et Kenworthy (1989 et 1999) sont certainement les plus emblématiques de cette position). À première vue, et dans la plupart des analyses comptables, le transport en commun est plus dispendieux. Cependant, l'automobile implique plusieurs « frais cachés » : principalement les dépenses publiques dans la

²⁵ Les travaux subventionnés par la *Heritage Foundation* sont probablement ceux qui s'opposent le plus à ces conclusions (www.heritage.org).

construction et l'entretien des voies routières et des stationnements (Newman et Kenworthy 1999; Dreier *et al.* 2001). Quoiqu'il en soit, il est évident que, pour l'automobile et le transport en commun, les coûts réels de déplacements sont proportionnels à la distance parcourue. Les déplacements à pied ou à vélo, s'ils impliquent des dépenses insignifiantes, ne concernent qu'une minorité de navettes.

Selon le recensement étasunien de 2000²⁶, le travailleur moyen met 25 minutes pour sa navette ce qui fait, en moyenne, 51 minutes par jour. Selon cette même source, un travailleur sur dix (9,4 %) met plus de 60 minutes (120 minutes aller et retour) pour se rendre à son emploi. De telles statistiques laissent penser que le navettage peut devenir une source de stress et de fatigue pour ces travailleurs qui ne peuvent utiliser ces minutes de façon plus constructive. D'un point de vue économique, ils en sont moins productifs (Cervero 2001).

Ces données mettent en perspective l'hypothèse « Zahavi » sur l'existence d'une constante universelle d'une demi-heure de navettage (1.4.2). Bien que la moyenne se rapproche de la demi-heure, d'importantes variations sont observées autour de cette moyenne. De plus, bien que les temps de navettage soient généralement comparables dans le temps, ils augmentent dans plusieurs régions métropolitaines, particulièrement dans celles qui ont montré une forte croissance de l'emploi (Figure 2.1). Enfin, la corrélation entre la taille métropolitaine et le temps de navettage est claire, du moins aux États-Unis (figure 2.2).

Les conséquences de la croissance économique sur la congestion varient selon que la polarisation spatio-temporelle des activités est monocentrique ou polycentrique (Gordon et Wong 1985). Si la polarisation est dirigée vers un seul centre et un seul moment, la congestion est maximale. Si la polarisation est disséminée vers plusieurs centres et sur plusieurs horaires, la congestion est minimale et les vitesses sont maintenues. Ces deux cas de figure représentent deux importantes positions quant à l'interprétation du lien entre la forme urbaine et le navettage. Nous en discuterons plus longuement au prochain chapitre. Ce qu'il importe de retenir pour l'instant est que la croissance économique et la polarisation des activités s'accompagnent généralement d'une croissance de la congestion, de l'allongement de la distance de navettage et, surtout, du temps de navettage. Cette congestion témoigne à la fois du dynamisme de l'économie métropolitaine et de ses dysfonctionnements (Cervero 2001).

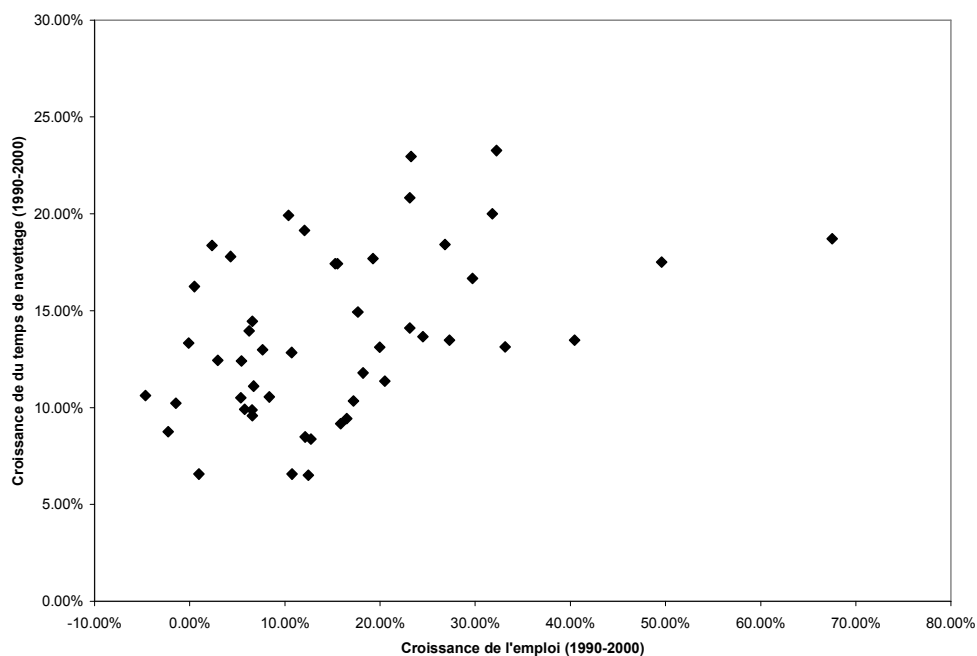
La gestion aux heures de pointe, qui entrave la performance économique (Cervero 2001), est une conséquence de la densité qui est elle-même une façon d'optimiser les interactions (Levinson et Kumar 1997). La congestion s'explique par le besoin de communication qui, pour être comblé, demande la synchronisation spatio-temporelle des activités : les navettes convergent dans le temps et l'espace pour maximiser l'interaction. Congestion et agglomération sont paradoxalement associées. Elles sont indissociables (aucune agglomération spatio-temporelle sans congestion; aucune congestion sans agglomération) tout en étant contradictoires (la congestion nuit à l'agglomération).

²⁶ <http://www.fhwa.dot.gov/ctpp/jtw/index.htm>

Ainsi, la morphogenèse urbaine peut aussi mener à des dysfonctionnements. On pourrait dire que c'est ce qui arrive lorsque l'une de ses composantes (ici la ségrégation) prend le dessus sur une autre (la connexion). Un système métropolitain productif repose sur une ségrégation fonctionnelle circonspecte et sur un ensemble de connexions efficaces (Veltz 2004). En fait, la performance économique dépend de la capacité d'une région métropolitaine à maximiser les économies d'agglomération tout en minimisant ses déséconomies (Cervero 2001).

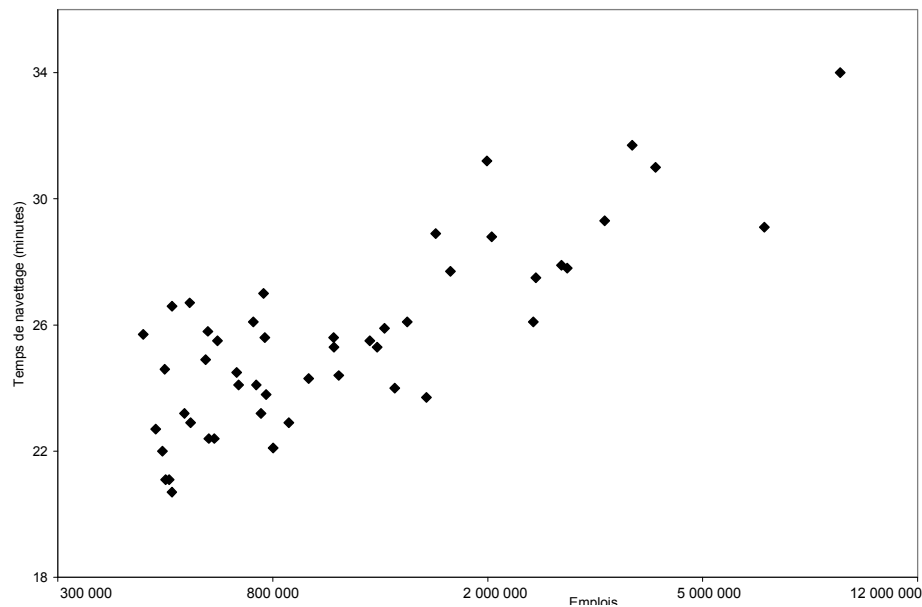
La relation entre le navettage et la performance économique est ainsi bien complexe, il ne s'agit pas d'une simple causalité. Si le navettage est une façon d'optimiser l'interaction, il en est aussi un obstacle. Il s'agit alors de bien choisir les activités à éloigner, de manière à favoriser certains échanges sans trop nuire aux autres. Cette tâche s'avère particulièrement difficile dans le contexte d'une économie « post-industrielle » reposant sur des principes comme la flexibilité, l'hybridation, la synergie et l'information, économie qui demande donc plus d'interactions et de relocalisations mais moins de congestion. Ce contexte demande en effet la coordination d'un nombre croissant d'interactions. Cette coordination est d'autant plus complexe que les acteurs ne s'entendent pas tous sur les connexions à privilégier. Nous y reviendrons (2.1.4).

Figure 2.1 La relation entre la croissance de l'emploi et l'augmentation du temps de navettage



(Données tirées des recensements étasuniens de 1990 et 2000 pour les 49 plus grandes régions métropolitaines. Les emplois à domicile sont exclus.)

Figure 2.2 La relation entre le nombre d'emplois et le temps de navettage



(Données tirées du recensement étasunien de 2000 pour les 49 plus grandes régions métropolitaines. Les emplois à domicile sont exclus.)

2.1.2 Individu

L'évolution récente des sociétés occidentales « s'accompagne d'une demande croissante d'individuation, c'est-à-dire du souhait des individus de pouvoir disposer d'une plus grande autonomie, de pouvoir user à leur manière des choses et des lieux, de maîtriser les espaces et les temps de leur vie quotidienne » (Ascher 2004, p.25). Cette situation est imputable à l'association entre liberté, mobilité et citoyenneté; valeurs mises en relation par la société capitaliste et formalisées, entre autres, par la Révolution française, la constitution américaine et la Déclaration des droits de l'homme (Cresswell 2004). Pour la plupart de nos contemporains, le bonheur est effectivement associé à la capacité à se déplacer.

Dans les termes proposés dans le cadre de cette thèse, les travailleurs aspirent aujourd'hui à une plus grande mobilité et ce, dans le but de « maîtriser l'espace » et de maximiser leurs opportunités au sens large. Nous l'avons vu à la sous-section 1.4.2, les travailleurs les plus mobiles peuvent effectivement choisir parmi un éventail plus large d'activités. Par leur mobilité, ils réduisent le poids de la distance de la navette dans leurs choix et se voient ainsi offrir plus d'options de navettage. Comme la distance de la navette perd de son importance lors du choix, en moyenne, elle s'allonge.

Or comme les préférences mises en valeur par les libertés individuelles encouragent l'étirement des navettes, l'étalement urbain et la motorisation, les conséquences collectives de ces tendances sont paradoxalement à la source de nouvelles entraves pour la mobilité des personnes. En effet, ces phénomènes les contraignent à de longues et polluantes navettes, coûteuses en temps et en argent. De plus, ils

développent une « dépendance à l'automobile » qui, d'une part, isole les non-motorisés mais aussi, d'autre part, restreint les choix des motorisés pour qui l'automobile n'est plus synonyme de liberté mais bien de nécessité (Massot et Orfeuil 2004).

Les nouvelles technologies de transport et de communication mettent en relation un nombre encore inégalé de personnes, de produits et d'informations. Du coup, elles imposent d'importantes réorganisations sociales, économiques et politiques (Castells 1996). Bien que ces réorganisations puissent, dans une certaine mesure, affaiblir les structures de classes, elles entretiennent néanmoins d'importantes inégalités qui reposent, ou non, sur les structures traditionnelles. Plus spécialement, « l'inégalité sociale se réorganise selon une logique directement indexée à la capacité de mobilité des individus [...] Le pauvre est immobile et l'immobilité disqualifie » (Le Breton 2004, p.118).

Comme le navettage relie l'individu au travail, il constitue un important facteur d'intégration socioéconomique : la séparation physique des lieux d'emplois et des lieux de résidence peut être vécue sans problème pour certains individus mais constituer un obstacle insurmontable pour les moins mobiles. Aux États-Unis, cet obstacle semble être bien réel pour une proportion importante des habitants des villes centres ou pour les femmes avec enfants. Ces personnes peu mobiles ne peuvent plus aspirer à obtenir des emplois qui se décentralisent et dont l'accès requiert une longue navette en automobile. Cette problématique est étudiée depuis près de quarante ans sous l'égide de la *spatial mismatch hypothesis* (Kain 1968). Malgré ces travaux et l'application de politiques d'accès à l'emploi, il semble que ces problèmes continuent d'exister (Dreier *et al.* 2001; Blumenberg et Waller 2003). Ces préoccupations sont présentes dans toutes les grandes métropoles et incitent la formalisation du « droit à la mobilité » (Cresswell 2004).

En somme, si les longues navettes constituent pour plusieurs individus un gage d'accessibilité et d'opportunités, elles mènent aussi vers de nouvelles contraintes et exclusions. Ici encore, le navettage ne peut être réduit à une nuisance pas plus qu'il ne peut être réduit à un bénéfice.

2.1.3 Collectivité

Pour ce qui est du navettage, les libertés individuelles impliquent des contraintes collectives. Ces dernières sont de nature multiple, allant de la fragmentation municipale aux pollutions locales et globales en passant par des comportements antisociaux. Dans cette sous-section, nous verrons les principales conséquences des longues navettes sur les collectivités locales et globales.

Les longues navettes, en participant à la ségrégation fonctionnelle et à l'étalement urbain, engagent d'importants coûts sociaux et politiques. En effet, les navettes et l'étalement urbain respectent rarement les limites des municipalités qui, au lieu de coordonner leurs efforts dans le but de gérer la croissance, deviennent des concurrentes pour son appropriation. L'étalement urbain et la ségrégation fonctionnelle s'accompagnent ainsi de la fragmentation municipale et de la désarticulation politique métropolitaine (Hoffmann-Martinot et Sellers 2005). Cette situation entraîne « toutes sortes de dysfonctionnement, de

malfaçons, de surcoûts, d'injustices, de gâchis, de dégradations paysagères, etc. » (Ascher 2004, p.30). Aux États-Unis, les villes centres doivent composer leurs pertes de revenu (les travailleurs se suburbanisent alors que les chômeurs restent) avec le maintien du niveau de leurs dépenses. Les régions métropolitaines sont fracturées : suivant le *white flight*, les travailleurs « productifs » ont laissé la ville pour la banlieue, laissant derrière eux des problèmes sociaux qui n'ont pu que s'étendre dans un contexte de déresponsabilisation de l'individu et du gouvernement, de compétition malsaine entre municipalités et de fractionnement territorial (Dreier *et al.* 2001).

Plusieurs autres critiques visent l'environnement socioculturel offert par l'étalement urbain. On y objecte entre autres son incapacité à supporter des communautés territoriales dynamiques et à déployer une identité et une politisation efficace. De plus, l'omniprésence de l'automobile et des infrastructures qui lui sont associées découragerait le développement, l'appropriation et la sécurité de l'espace public (Newman et Kenworthy 1999). Des critiques plus radicales vont jusqu'à suggérer que les habitants de la banlieue sont « possédés par l'automobile », ce qui les rend égoïstes et xénophobes.²⁷ Ces critiques proviennent généralement de ceux qui habitent la ville et ne sont pas forcément partagées par ceux qui ont grandi et ont choisi la banlieue. Ces dissensions témoignent néanmoins d'un important mouvement de contestation de l'automobile et de ses modes de vie, elles témoignent de la désarticulation sociale, culturelle et économique entre la ville et la banlieue.

En plus de ses impacts sur l'organisation politique et sur la dynamique culturelle, les longues navettes demandent une forte consommation en énergie. Ce faisant, elles rendent les travailleurs, les gouvernements et l'économie métropolitaine particulièrement vulnérables aux approvisionnements en énergie, généralement dérivée du pétrole. De plus, elles s'accompagnent de graves retombées environnementales. À l'échelle locale, les résidus de la combustion, rejetés puis condensés dans l'atmosphère, participent au développement du *smog*, un brouillard nuisible à la visibilité mais surtout à la santé publique. Les véhicules sont quant à eux généralement très bruyants et sont impliqués dans de nombreux accidents. Aussi, les infrastructures que requiert l'automobile—qui recouvrent le sol de surfaces imperméables—nuisent au bon écoulement des eaux de pluie et à la valeur esthétique du paysage (Smets 2004). À l'échelle planétaire, les émissions de dioxyde de carbone, produites en quantité importante par les déplacements automobiles, contribuent à « l'effet de serre », c'est-à-dire au réchauffement global et à la plupart des bouleversements climatiques actuels (Newman et Kenworthy 1999).

Pour les collectivités, les longues navettes semblent principalement avoir des conséquences négatives : elles compliquent l'organisation politique, elles divisent les régions métropolitaines entre la ville centre et ses banlieues, elles sont à la source d'importantes pollutions environnementales.

²⁷ Le « Livre noir de l'automobile » (Bergeron 1999) représente bien cette tendance à diaboliser l'automobile et la banlieue. Par exemple, il y suggère que « nous raisonnons et nous comportons comme si l'automobile avait réactivé en nous ces réalités inavouables tapies au plus profond de notre nature animale : le plaisir de défier la mort, quitte à mourir; le plaisir de menacer de mort, quitte à tuer » (p.103). Bien entendu, ces propos radicaux relèvent plus d'un jugement de valeur extrémiste que d'une analyse sociologique rigoureuse.

2.1.4 Le « juste milieu »

Comme nous l'avons vu dans cette section, le navettage est associé à plusieurs avantages et inconvénients (tableau 2.1) qui sont, généralement, indissociables les uns des autres. Il est à la fois un support et un obstacle à la productivité économique (2.1.1) et un facteur d'émancipation et d'isolement de l'individu (2.1.2). Ces paradoxes expliquent probablement les contradictions entre les discours et les pratiques des individus. Ces écarts représentent bien, d'une part, la complexité de la problématique—une amélioration apparente vient inévitablement avec son lot de nuisances—et, d'autre part, l'importance du point de vue dans son interprétation. En effet, s'il est difficile de remettre en question le fait que la pollution est une nuisance et que la mobilité est un bénéfice, il reste qu'il est impossible de quantifier la mesure selon laquelle la nuisance l'emporte sur le bénéfice ou, autrement dit, quelle est la distance optimale de navettage. Cette mesure est sujette à l'importance relative donnée à chaque critère et le barème d'évaluation dépend du point de vue.

Tableau 2.1. Nuisances et bénéfices associés au navettage

	Nuisances	Bénéfices
Économie	* Congestion	* Économies d'agglomération
	* Dépenses reliées aux infrastructures de transport	* Polarisation de l'emploi
Individu	* Dépendance à l'automobile	* Liberté, mobilité
	* Coûts de transports	* Maximisation du choix résidentiel
	* Injustices socioéconomiques	* Maximisation de la recherche d'emploi
Collectivité	* Fragmentation municipale	
	* Comportements anti-sociaux	
	* Dépendance au pétrole	
	* Empiettement sur le territoire agricole et naturel	
	* Pollution locale (smog, ruissellement)	
	* Pollution globale (effet de serre, pluies acides)	

Les principaux avantages et inconvénients du navettage sont résumés au tableau 2.1. Étant donné que les éléments de ce tableau ne sont pas comparables, ce tableau ne représente pas une grille d'évaluation du navettage. Par exemple, il ne permet pas de dire que le navettage est une nuisance parce que ses nuisances sont plus nombreuses que ses bénéfices; en fait, certaines cases du tableau pourraient être fusionnées (par exemple, pollution locale et pollution globale) ou divisées (la pollution locale pourrait être scindée en smog et ruissellement). De plus, le poids de chacune des cases est sujet à interprétation. Par exemple, certains considèrent que les injustices socioéconomiques associées à la séparation des activités sont nettement plus

importantes que les économies d'agglomération qui peuvent en être retirées, ou le contraire. En fait, le barème associé à cette grille d'interprétation varie selon les intérêts de celui qui l'utilise.

La question du point de vue nous ramène au long débat des économistes sur la taille optimale des villes, taille à laquelle correspondrait le point d'équilibre où l'écart entre les bénéfices et les nuisances de la taille urbaine est maximisé. En fait, « cette recherche s'avère aussi futile que la quête de la pierre philosophale » (Richardson 1973, p.131, notre traduction) dans la mesure où (1) l'analyse empirique croule sous la complexité de la question, l'identification des variables pertinentes et des liens de causalité les unissant et (2) l'optimum diffère selon que l'on privilégie de maximiser l'innovation, la cohésion sociale ou la productivité, de minimiser la pollution, la congestion ou les coûts de gestion (Fischer 1976). Pour ce qui nous intéresse, il n'existe pas une distance de navettage idéale. Cet optimum peut exister dans l'esprit de certains travailleurs ou de certains gestionnaires, mais il s'agit toujours d'un équilibre très instable, qui varie dans le temps et, surtout, selon le point de vue.

Malgré ces réserves, ce tableau constitue une liste des arguments qui sont généralement utilisés dans les débats sur la question du navettage. Ce faisant, il nous sera utile tout au long de ce chapitre alors que nous étudierons les principales attitudes par rapport au navettage (2.2) et les principales propositions quant à sa gestion (2.3).

2.2 DILEMMES ET POSITIONS

Comme nous l'avons vu à la section précédente, le navettage, entendu comme la mise à distance entre espace domestique et espace économique, est associé à plusieurs avantages et inconvénients. Suivant cette situation, la gestion du navettage consiste à aménager l'espace de manière à ce que les bénéfices du navettage soient maximisés et que ses nuisances soient minimisées. Il s'agit donc de faire un compromis, de trouver un « juste milieu ». Ce point d'équilibre est cependant bien difficile à identifier pour deux principales raisons.

D'une part, le navettage est une composante d'un système socioéconomique extrêmement complexe. Même dans l'éventualité d'un consensus sur l'importance des bénéfices et des nuisances associées au navettage, cette complexité brouille toutes les tentatives de détermination de cet équilibre. L'objectif de notre thèse est de débroussailler quelque peu cette complexité. Plus spécialement, nous proposons un outil d'analyse de la relation entre la forme urbaine et la distance de navettage. Nous y reviendrons plus amplement dans les prochains chapitres.

D'autre part, si tous les acteurs acceptent que le navettage soit associé à des avantages et à des inconvénients, aucun consensus n'existe sur leur importance relative. Autrement dit, il est impossible de fixer une grille d'évaluation du navettage universelle, grille définissant avec précision et sans équivoque la mesure selon laquelle les bénéfices paient et les nuisances coûtent. Dans cette section, nous résumons les

principales positions possibles quant à l'élaboration d'une telle grille. Plus précisément, nous verrons d'abord que le navettage constitue un enjeu majeur qui implique des choix de société (2.2.1) avant d'exposer les positions opposant les droits individuels aux responsabilités collectives (2.2.2) et de discuter de la question du développement durable (2.2.3).

2.2.1 Choix sociaux et choix politiques

Nous l'avons déjà souvent répété, le navettage s'inscrit comme une composante d'un système socioéconomique bien plus large. De ce fait, les orientations données à sa gestion ont des conséquences significatives sur l'ensemble du système, conséquences souvent imprévisibles et irréversibles. L'importance de ces choix de gestion les rend très politisés et, dans une démocratie, implique l'ensemble des citoyens (Lévy 2004). Autrement dit, la gestion du navettage résulte du fonctionnement du système politique, de ses conventions et des valeurs qui y sont véhiculées. Il s'agit d'un choix de société.

La gestion des déplacements, y compris celle du navettage, est donc sujette aux pratiques, aux significations et aux idéologies (Cresswell 2004). Les positions face au navettage sont fortement tributaires de l'évolution territoriale. En effet, les disparités spatiales et temporelles des représentations du navettage font en sorte que différentes stratégies seront adoptées selon le contexte historico-culturel. Beaucire (2004) explique, par exemple, que le modèle de la « ville compacte », s'il s'accorde bien à « l'héritage territorial » en Suisse ou en Allemagne, n'est pas simplement transposable en France. À ce sujet, Massot et Orfeuillat (2004) supposent que la société française est en voie de compléter sa « transition automobile », que cette transition des pratiques s'accompagne d'une adaptation des rapports à l'espace et à l'automobile et, éventuellement, au développement d'une « civilité automobile ». Les positions face au navettage varient aussi entre les individus d'une même région métropolitaine. Plusieurs travaux montrent en effet que certains individus vont valoriser la proximité alors que d'autres préfèrent l'extensivité (Wachs *et al.* 1993; Levinson et Kumar 1997; Ory *et al.* 2004).

Ces différentes positions sont catalysées par les groupes d'intérêts qui font pression pour faire adopter leur vision du « juste milieu ». Les décisions relatives à la gestion du navettage sont généralement le résultat d'un bras de fer opposant des belligérants dont les intérêts, les valeurs et l'influence diffèrent : travailleurs du domaine des transports, industriels, citoyens, écologistes, élus, etc. Les différents paliers de gouvernement (international, national, régional ou local), qui, eux aussi, participent activement à ces décisions, présentent encore des intérêts divergents. Il en résulte généralement des compromis contraints qui tendent à s'appuyer sur les infrastructures existantes et ne proposent que rarement des changements drastiques (Wachs 1995).

Ainsi, les décisions de gestion du navettage sont des choix politiques et une analyse du navettage ne peut être complète sans la prise en compte de cette dimension. En effet, les décisions sur les politiques de transport peuvent sembler irrationnelles aux yeux de l'analyste « scientifique », elles reflètent néanmoins le

jeu complexe des différents groupes d'intérêts (ibid.). Il est ainsi important de situer notre analyse scientifique du navettage dans le cadre plus large des valeurs et des intérêts relatifs à la gestion du navettage.

2.2.2 Contraindre ou affranchir? Coordonner ou laisser aller?

Le principe qui polarise le plus le barème d'évaluation du navettage est très certainement la dialectique entre les libertés individuelles et la régulation sociale. Plus spécialement, la tension qui les définit amène le développement de deux positions apparemment opposées, généralement symbolisées par la gauche et la droite, valorisant d'une part les droits de l'individu, le libéralisme économique et l'assainissement de l'État et, d'autre part, le bien-être collectif, le respect d'autrui et la régulation économique. En ce qui a trait au navettage, ces positions²⁸ sont généralement définies ainsi : (1) les nuisances du navettage (pollution, congestion, injustices, etc.) menacent l'intérêt public et il est donc nécessaire de minimiser les distances et les temps de navettage; (2) la coercition vers de courtes navettes est une entrave à la liberté individuelle et au bon fonctionnement de l'économie, il ne faut pas agir sur le navettage, il faut laisser les agents économiques s'exprimer librement.

La première position, celle qui milite généralement pour une minimisation de la distance de navettage, est principalement véhiculée par des spécialistes ou des idéologues qui s'intéressent aux questions d'environnement, de transport urbain et de justice sociale (Newman et Kenworthy 1989 et 1999; Dreier *et al.* 2001). Ce discours est bien diffusé dans les médias, le milieu de la recherche et les différents paliers gouvernementaux. Malgré cette influence, les principes qui correspondent à cette position demeurent peu opérationnalisés pour plusieurs raisons (manque de volonté, écart entre le discours et les intentions réelles, faisabilité, etc.).

Nous l'avons déjà mentionné, notre époque est caractérisée par une impressionnante progression de l'individuation (Ascher 2004), c'est-à-dire d'un ensemble de processus favorisant l'émergence de l'individu, de ses droits, de ses particularités et des ses lubies. Si ces processus sont en forte progression depuis déjà longtemps—ils attirèrent l'attention des « premiers » sociologues dès le XIXe siècle—ils prennent aujourd'hui, et plus particulièrement depuis les années 1980, une place centrale dans les mentalités, les discours politiques, les stratégies économiques, et mêmes dans les épistémologies scientifiques (Ascher 1995; Bourdin 2005).

Cette évolution laisse aussi ses marques dans les débats sur le navettage. L'opinion générale quant au navettage, si l'on considère qu'elle est représentée par la pratique, semble favoriser l'accroissement de la distance des navettes. En effet, bien que la croissance de la congestion et les enjeux environnementaux en inquiètent plusieurs, les comportements individuels encouragent toujours plus l'allongement de la distance de navettage : on aspire à la propriété individuelle, à la mobilité flexible, à la spécialisation économique, à

²⁸ Cette classification est évidemment réductrice. L'objectif de cette section est de résumer grossièrement les principaux arguments du débat.

la consommation de masse. Malgré les nombreuses réserves des discours, l'étalement urbain (Bunting *et al.* 2000; Burchfield *et al.* 2006), la polarisation de l'emploi (Coffey et Shearmur 2001) et les distances et les temps de navettage progressent (McGuckin et Srinivasan 2003). Pour plusieurs, en effet, « la densité [...] est écrasante; la proximité [...] est ressentie comme de la promiscuité; l'équipement collectif [...] est vécu comme un palliatif ou comme un choix idéologique » (Ascher 2004, p.28-29). Ces perceptions trouvent écho dans les travaux de certains chercheurs louant les vertus de l'ajustement spontané des agents économiques ou, autrement dit, la capacité du marché à minimiser les distances du navettage (outre les travaux partisans de l'*Heritage Foundation*, notons ceux de Gordon et Wong 1985 et Gordon *et al.* 1991).

Cette tendance au « laisser-aller » a beaucoup d'influence sur la gestion du navettage, particulièrement en Amérique du Nord (Newman et Kenworthy 1999). Les politiques nationales d'accès à la propriété et de soutien à l'industrie de l'automobile encouragent l'étalement urbain (Dreier *et al.* 2001); le récent intérêt porté par la Chambre de communes aux fluctuations des prix de l'essence constitue un autre exemple de l'orientation générale du monde politique. À l'échelle locale, la compétition que se livrent les municipalités pour l'obtention de revenus fonciers laisse libre cours à l'expression des intérêts économiques. Les entrepreneurs exploitent (certains diront créent) les besoins des travailleurs en matière de logement, de styles de vie et de mobilité et encouragent encore, indirectement, l'allongement des navettes. Cette situation est l'aboutissement de la longue évolution des sociétés occidentales vers un mode de vie axé sur la consommation et la motorisation. Cette lente progression a mené à la « dépendance à l'automobile », au développement d'institutions destinées à administrer cette dépendance et au développement de mentalités et de modes de vie où l'automobile apparaît toujours en filigrane (Massot et Orfeuill 2004). Dans ce contexte, il semble que l'allongement des navettes est la continuation d'un long et irrésistible mouvement.

Massot et Orfeuill (2004) rappellent cependant que si cette situation est le fruit d'une longue construction sociale, des ajustements demeurent possibles. Le débat tourne ici autour de la forme que devraient prendre ces ajustements. À cet effet, les pratiques diffèrent sensiblement entre l'Europe et l'Amérique du Nord. En Europe, en général, l'interventionnisme d'État prend une ampleur considérable et s'étend sur différents aspects de la question : forme urbaine, infrastructures de transport, comportements de mobilité, localisation des entreprises, fiscalité, etc. Malgré plusieurs résultats positifs, cette stratégie comporte certaines lacunes et plusieurs font pression pour que les gouvernements adoptent une attitude moins coercitive (Van der Valk 2002). En Amérique du Nord, l'État ne dispose pas d'autant de moyens pour gérer le navettage et, dans ce contexte, les programmes les plus ambitieux n'ont que des conséquences marginales sur les distances parcourues (Levinson et Kumar 1997; Verhetsel 1999). Plusieurs groupes de pression et chercheurs militent activement pour réduire « l'ingérence » de l'État dans les comportements de mobilité (notons encore *Heritage Foundation*). Selon ces derniers, le marché présente une forte capacité autorégulatrice et les agents économiques, s'ils ne sont pas contraints, veilleront naturellement à minimiser la distance de leurs navettes

(Gordon *et al.* 1991). D'autres critiquent sévèrement certaines politiques qui ont eu pour effet l'allongement des navettage et le déploiement des *spatial mismatches* (Levine 1998; Dreier *et al.* 2001).

Ces contradictions nous rappellent la relation dynamique et bilatérale qui unit l'individu à la société : individu et société sont à la fois produits et producteurs l'un de l'autre (Morin 1990). Ce faisant, l'intérêt de l'un est, indirectement, celui de l'autre. Selon l'École de la régulation, l'individu cherche à maximiser ses bénéfices personnels et, pour ce fait, il a recours à une rationalité située (Boyer et Saillard 2002). Sa rationalité est située dans un cadre social plus large, elle représente, imparfaitement, les intérêts sociaux plus larges. L'individu gère alors une tension entre ses « pulsions » et son désir de se « civiliser » (Elias 2003). Notre objectif n'est pas de modéliser comment cette tension définit les comportements individuels ou les structures sociales—ce qui stimule de nombreux travaux en lien, notamment, à la théorie des jeux (Eber 2004). Notre objectif est de souligner que les comportements de navettage, comme les efforts de gestion collective du navettage, résultent de processus complexes. Ceci dit, nous croyons, répétons-le, que cette complexité est, au moins en partie, intelligible.

2.2.3 Développement durable

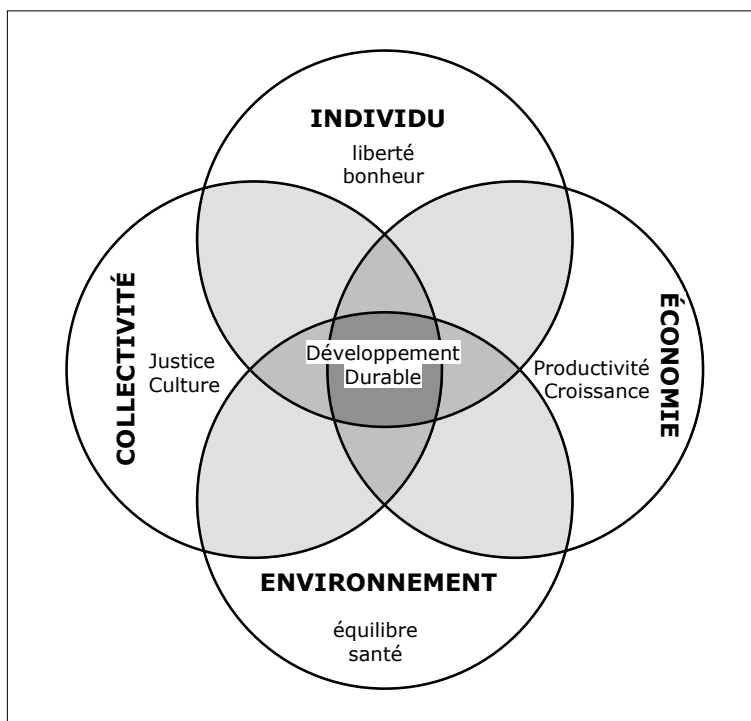
Contrairement aux positions exposées à la sous-section précédente, la position du développement durable ne signifie pas de « choisir » entre les intérêts individuels et les intérêts collectifs (Newman et Kenworthy 1999). En accord avec la pensée complexe, le principe de développement durable repose sur la reconnaissance que les intérêts individuels et collectifs sont indissociables. Ce principe est difficile à circonscrire : il est appliqué de différentes façons par les chercheurs et les professionnels qui l'utilisent. Il repose cependant sur l'idée que la liberté de l'individu, la performance économique, la qualité de vie, la justice sociale, l'équilibre écologique et la dynamique culturelle sont tous interdépendants (*ibid.*). Ainsi, la mobilité (liberté) individuelle dépend des infrastructures collectives; la performance économique dépend de la mobilité des agents mais aussi de la capacité de l'environnement à la supporter; la qualité de vie dépend à la fois de la performance économique et des dynamiques culturelles (figure 2.3). Selon cette perspective, les interventions qui se réduisent à une seule dimension risquent de ne pas avoir les effets escomptés.

Depuis les années 1970, des chiffres toujours plus alarmants sont publiés à propos des réserves de combustibles fossiles, du réchauffement planétaire et des inégalités économiques. C'est dans ce contexte que l'appellation « développement durable » apparaît pour la première fois dans le rapport de la Commission Mondiale sur l'Environnement et le Développement, le rapport Bruntland ou « Notre avenir à tous », paru en 1987 (CMED 1988). Ce rapport en venait à la conclusion que l'avenir de la planète passait par l'harmonisation des intérêts économiques et écologiques, de la nature et de la culture.

Si le développement durable s'applique à l'ensemble des activités humaines, les villes et les métropoles en constituent les principaux enjeux. En plus de constituer le lieu des prises de décision, de la production industrielle et de la diffusion des idées et des valeurs, les villes catalysent les problèmes

planétaires. Plus particulièrement, et pour ce qui nous intéresse, elles sont le lieu de l'étalement urbain, de la motorisation et de la fragmentation socioéconomique (Newman et Kenworthy 1999; Schwanen *et al.* 2002; Horner 2004; Pouyanne 2004).

Figure 2.3 Le développement durable



Le développement durable est une forme de développement qui respecte les intérêts respectifs de l'individu, de l'économie, de l'environnement et de la collectivité. Si l'une de ces sphères prime sur les autres, les conséquences négatives se feront sentir dans toutes les sphères, y compris celle qui semblait être privilégiée au départ (adapté de Newman et Kenworthy (1999), p.4).

Selon la perspective du développement durable, le navettage ne doit être ni long ni court, il doit être durable. Cependant, dans le contexte de la complexification de la forme urbaine et des structures de navettage décrit à la section 1.3, il n'est pas aisé de déterminer ce « niveau durable ». Ainsi pour Cervero (2004), « la recherche des modalités d'une coexistence harmonieuse entre automobilité et mobilité collective, dans un paysage urbain humain, socialement équitable et durablement respectueux de l'environnement, restera l'un des enjeux politiques prioritaires du XXI^e siècle » (p.238). L'objectif de notre thèse est de développer un outil statistique permettant d'éclaircir un peu plus la complexité qui entoure le navettage. Cet outil pourra être exploité par tous les groupes pour lesquels le navettage constitue un enjeu, qu'ils préconisent les libertés individuelles, la justice sociale ou le développement durable.

2.3 MODÈLES D'AMÉNAGEMENT

Les différentes positions vis-à-vis du navettage évoquées à la section précédente préconisent chacune certaines visions de l'aménagement qui mettent en valeur leurs priorités : libertés individuelles, performance économique, justice sociale, développement durable, etc. Ce faisant, différentes formes urbaines²⁹ sont proposées afin de matérialiser le « juste milieu ». C'en est, du moins, l'objectif premier. En fait, nous le verrons au prochain chapitre, la relation entre la forme urbaine et la distance de navettage est fort complexe et les stratégies d'aménagement n'amènent pas toujours les résultats escomptés.

Au cours de la présente section, nous verrons les principales formes urbaines proposées dans le but d'optimiser le navettage. À ce niveau, il est important de se rappeler que l'optimum est déterminé par les valeurs de celui qui le définit et que les modèles morphologiques proposés sont idéalisés. Dans la réalité, les formes urbaines résultent d'une succession de consensus contraints entre des intérêts divergents. Ce faisant, le développement des formes urbaines s'appuie principalement sur les infrastructures existantes, ce qui permet de faire des économies et de ne pas déstabiliser les dynamiques quotidiennes (Wachs 1995). Ceci dit, les modèles morphologiques constituent les arguments des débats sur la gestion du navettage et méritent notre attention.

Nous voyons d'abord comment le navettage est intégré dans les propositions de certains « urbanistes utopistes », en l'occurrence Ebenezer Howard, Le Corbusier et Frank Lloyd Wright (2.3.1). Nous présentons ensuite les principes généraux qui font de la « ville compacte » (2.3.2) et du modèle polycentrique (2.3.3) des arguments récurrents dans les débats sur le navettage. Enfin, nous concluons cette section en soulignant que les modèles morphologiques qui y sont présentés font généralement partie d'un ensemble plus large de politiques publiques (2.3.4).

2.3.1 Les « urbanistes utopistes »

L'aménagement est une façon de matérialiser ses valeurs, i.e. de minimiser ce que l'on considère comme nuisance tout en maximisant ce que l'on considère être des bénéfices. Les « urbanistes utopistes » proposent ainsi des modèles d'aménagement qui, c'est du moins ce qui est espéré, sauront respecter leurs priorités. Ce faisant, ils proposent des façons de gérer le navettage, qui est un élément central à toute forme d'aménagement. En effet, nous l'avons souvent répété, le navettage est une composante majeure du système urbain, il supporte la production économique, il symbolise la participation et l'intégration sociale, il permet à l'individu de se réaliser par le travail. Le lieu de travail (et sa relation avec la résidence) prend donc une place importante dans la plupart des projets d'urbanisme.

L'urbanisme s'est développé comme discipline et pratique à partir du XIXe siècle, en réaction aux nombreux bouleversements sociaux, économiques et environnementaux associés à l'industrialisation

²⁹ Telle que définie au premier chapitre, la forme urbaine est entendue, dans le cadre de cette thèse, comme la localisation spatiale relative des lieux d'emplois et des lieux de résidence.

(LeGates et Stout 1998). À ce moment, la proximité entre l'usine et la résidence pose de graves problèmes de santé publique et attire l'attention des aménagistes qui s'interrogent alors sur les relations Homme-Nature, sur les questions de moralité et sur l'impact des technologies industrielles sur la vie quotidienne. C'est en réaction à la « déshumanisation » des quartiers ouvriers qu'apparaît un « urbanisme romantique » préconisant les parcs urbains, l'assainissement du milieu de vie et l'esthétique traditionnelle. Il s'agit en fait de gérer les tensions, de trouver le « juste milieu » entre les progrès et les méfaits de l'industrialisation. Pour ce qui est du navettage, l'objectif est de gérer la proximité entre les usines et les ouvriers qui ne peuvent éloigner leurs résidences. La solution première passe par l'embellissement et l'assainissement des quartiers centraux. D'autres propositions, qui repositionnent lieux d'emploi et lieux de résidence, apparaissent cependant.

EBENEZER HOWARD

C'est aux problèmes des villes industrielles du Royaume-Uni que Ebenezer Howard (1850-1928) s'est intéressé. Plus particulièrement, il déplore leur congestion et leur promiscuité, qu'il considère être des maux universellement reconnus.³⁰ Sans pouvoir appuyer ses propos d'une théorie économique encore immature à l'époque, il reconnaît néanmoins les avantages de la concentration, en l'occurrence les hauts salaires, les nombreuses opportunités sociales et économiques, la culture et les loisirs. Ces avantages forment « l'aimant » qui attire les travailleurs vers la ville (*the Town magnet*) et provoquent ses dysfonctionnements (hauts loyers, souillure, isolation sociale, distance de navettage)³¹. Selon lui, l'aimant de la ville entre en concurrence avec l'aimant de la campagne (*the Country magnet*) qui correspond lui aussi à des avantages et à des inconvénients. Le modèle qu'il propose veille à concilier ces deux forces—« *the two magnets must be made one* » (Howard 1898, p.325)—c'est-à-dire à trouver le juste milieu où se rencontrent les avantages de la ville et de la campagne (*the Town-Country magnet*).

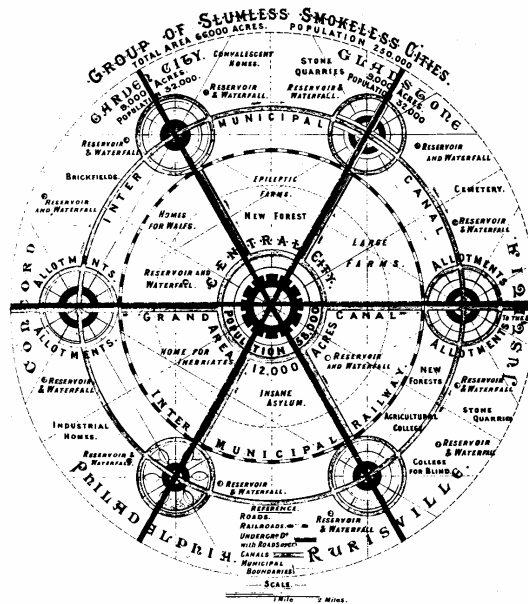
Howard se propose donc de décongestionner la métropole industrielle en bâtissant une série de petites « villes rurales » (figure 2.4). Ses « Cités-jardins » forment un système connecté par des chemins de fer et des canaux mais chacune d'elle demeure autonome économiquement, avec ses propres usines et emplois; aucun navettage interurbain n'est considéré dans son modèle. Le centre de chaque cité comprend des parcs et des édifices d'intérêts publics alors que la périphérie est caractérisée par une voie ferrée circulaire accolée aux usines, aux entrepôts et aux marchés; ce qui décongestionne le centre. Les résidences s'insèrent

³⁰ « It is wellnigh universally agreed by men of all parties, not only in England, but all over Europe and America and our colonies, that it is deeply to be deplored that the people should continue to stream into the already overcrowded cities, and should thus further deplete the country districts. » (Howard 1898, p.322)

³¹ « The Town magnet [...] offers [...] the advantages of high wages, opportunities for employment, tempting prospects of advancement, but these are largely counterbalanced by high rents and prices. Its social opportunities and its places of amusement are very alluring, but excessive hour of toil, distance from work, and the "isolation of crowds" tend greatly to reduce the value of these good things. » (ibid. p.323-324, nous soulignons)

entre le centre et la périphérie de façon à ce que les résidents puissent vaquer à toutes leurs occupations en marchant.

Figure 2.4 Un système de Cités-jardins



reproduit dans LeGates et Stout (2000), plate 25

En somme, afin de décongestionner le centre, Howard propose de restreindre la taille urbaine, de décentraliser les emplois commerciaux et manufacturiers et de limiter la majorité des déplacements à l'intérieur de la Cité-jardin. Ces restrictions peuvent être vues comme des entraves à la liberté mais selon lui, à l'intérieur de la Cité-jardin, « le domaine du droit n'est pas diminué, c'est le choix qui est élargi » (p.327, notre traduction). Le modèle de Howard a été développé à une époque où l'automobile n'était accessible qu'à une petite minorité très aisée. Il était alors concevable que les travailleurs ne soient pas tentés d'effectuer des navettes interurbaines. Ces réserves font douter de la pertinence de ce modèle dans un contexte où la majorité des travailleurs sont motorisés et où les emplois les plus productifs sont regroupés dans des pôles de très grandes tailles (rappelons que ces villes sont relativement petites et rapprochées selon les modalités actuelles). Le modèle des Cités-jardins demeure tout de même une source d'inspiration pour plusieurs plans d'urbanisme proposés aujourd'hui; principalement parce qu'il manipule conjointement concentration et dispersion, ville et campagne.

LE CORBUSIER

Considéré par plusieurs comme étant un des principaux représentants du modernisme (Ascher 1995), Le Corbusier (1887-1965), comme Howard, intègre dans son modèle les contradictions entre la concentration et la dispersion. Toutefois, son approche se démarque nettement de celles de ses prédécesseurs. En rupture totale avec tous les antécédents historiques, il propose, en 1922, de bâtir une « Ville contemporaine de trois millions d'habitants » sur la rive droite de la Seine à Paris, qui serait au préalable totalement rasée! Sa démarche, dans le sillon de la raison moderniste, matérialise les principes fondamentaux de la technocratie (technologie de pointe, lignes géométriques, statistique et fonctionnalisme).

Comme Howard, il part du principe que « la congestion actuelle du centre doit être éliminée » (Le Corbusier 1929, p.337, notre traduction). Pour lui, la décongestion passe par le maintien de la densité puisque la densité diminue les distances. La solution à ce paradoxe passe par la verticalité.³² Vingt-quatre gratte-ciel, encore peu communs à Paris à cette époque, font partie intégrante de son projet. Cette concentration verticale lui permet d'éliminer la rue qui, avec ses nombreux croisements, est « l'ennemie du trafic ». La communication se fait par un réseau hiérarchisé de routes étagées dont les paliers correspondent à des déplacements spécifiques (marchandises, individus, déplacements interrégionaux).

En somme, Le Corbusier se propose d'éliminer la congestion par la concentration des activités dans des tours et par l'implantation d'un réseau de communication efficace entre ces tours. « Une ville faite pour la vitesse est une ville faite pour le succès » (p.343, notre traduction). Bien qu'ils aient obtenu une grande influence sur l'urbanisme contemporain, les projets de Le Corbusier ne virent jamais le jour avec l'ampleur proposée. Plusieurs de ses « tours ceinturées de parcs » ont été construites un peu partout sur la planète mais elles ont plutôt été ceinturées de stationnements en plus d'être le théâtre de plusieurs problèmes sociaux (on pense ici particulièrement aux « Cités » en France mais aussi à plusieurs projets de logements sociaux en Amérique du Nord). On leur reproche notamment de ne pas fournir le milieu propice à l'échange, l'innovation et à la créativité qui fait l'apanage des milieux urbains « conventionnels » (LeGates et Stout 1998). Les localisations et les déplacements peuvent bien être optimisés, ils découragent les rapports humains.

³² « The more dense the population of a city is the less are the distances that have to be covered. The moral, therefore, is that we must increase the density of the centres of our cities, where business affairs are carried on [...] The towns of to-day can only increase in density at the expense of the open spaces which are the lungs of a city. We must increase the open spaces and diminish the distances to be covered. Therefore the centre of the city must be constructed vertically. » (p.339, en italique dans le texte)

FRANK LLOYD WRIGHT

Architecte de renom, Frank Lloyd Wright (1867-1959) privilégie quant à lui la réalisation de l'individu et l'esprit de communauté. Son projet, *Broadacre City*, consacre un acre (environ 4000 m²) de terrain à chaque individu. Cette dé-densification repose sur l'automobile qui fait partie intégrante de son projet : « tous les citoyens de Broadacre possèdent leur propre automobile » (Wright 1935, p.348, notre traduction). Il représente ainsi le rêve américain selon lequel l'individu se réalise parce qu'il est libre et anticipe la banlieue « classique » des années 1950, où chaque famille possède une automobile, un terrain et un bungalow.

Dans ce modèle, l'idée de dispersion est poussée à son paroxysme. Selon son promoteur, cette forme présente certains avantages : elle élimine la congestion³³ et l'oppression³⁴ tout en encourageant l'individuation et l'autonomie³⁵. On peut toutefois lui objecter son homogénéisation (presque tout est produit localement) mais, surtout, son aversion à l'agglomération et à ses économies. En effet, la production économique et culturelle n'est réalisée qu'à petite échelle : « petites fermes, petites industries, petites usines, petites écoles, petites universités répondant aux besoins locaux, petits laboratoires » (p.346-347, notre traduction).

Les modèles proposés par Howard, Le Corbusier et Wright montrent bien la portée réduite des visions guidées par trop peu de critères. Si l'évaluation de la grille des bénéfices/nuisances associés au navettage est trop biaisée, les pratiques résultantes seront déficientes. Les Cités-jardins de Howard offrent la qualité de vie, la décongestion et l'esprit de communauté mais restreignent les possibilités positives de l'agglomération, les choix de mobilité des travailleurs et encouragent la fragmentation interurbaine. La ville moderniste de Le Corbusier assure un écoulement fluide des déplacements en plus de supporter la polarisation économique et de faciliter la gestion régionale mais elle n'offre de choix à ses résidents que d'habiter une tour. La *Broadacre City* de Wright valorise l'individu et ses choix mais ce dernier ne peut plus choisir ni l'urbanité ni sa spécialisation comme travailleur.

Ces modèles ont néanmoins l'avantage de simplifier la réalité et constituent ainsi des arguments de débats qui s'interprètent facilement. Leur caractère réducteur limite cependant leur portée. Les modèles urbains doivent être adaptés à un contexte en constante évolution. Les progrès technologiques, les restructurations économiques, les transformations sociales et culturelles changent constamment la validité des modèles et présentent toujours de nouveaux défis. Malgré tout, certains besoins devront toujours être

³³ « Because traffic may take off or take on at any given point, these arterials are traffic not dated but fluescent. » (p.346)

³⁴ « What differs is only individuality and extent. There is nothing poor or mean in Broadacres. Nor does Broadacres issue any dictum or see any finality in the matter either of pattern or style. » (p.346)

³⁵ « To build Broadacres as conceived would automatically end unemployment and all its evils forever. There would never be labor enough nor could under-consumption ever ensue. Whatever a man did would be done – obviously and directly – mostly by himself in his own interest under the most valuable inspiration and direction: under training, certainly, if necessary. Economic independence would be near, a subsistence certain; life varied and interesting. » (p.347)

comblés : la santé publique, l'efficacité des transports, la valorisation par le travail, la qualité de vie, l'identification à une communauté et l'accès à la nature (LeGates et Stout 1998). Ces impératifs font en sorte que le débat sur la forme urbaine continue et continuera probablement toujours.

2.3.2 La ville compacte

Dans les années 1980 et 1990, l'essentiel du débat sur le rôle de l'aménagement dans la gestion du navettage se fait autour du concept de la « ville compacte ». Ce débat montre plusieurs variantes régionales tout comme le concept de « ville compacte ». En Europe, la « ville compacte » réfère à un ensemble de politiques nationales, régionales et locales, initié aux Pays-Bas en 1985, visant à concentrer la croissance urbaine à l'intérieur des frontières du territoire urbain (Van der Valk 2002). En Amérique du Nord, la compacité réfère, généralement, à un modèle de développement urbain dense et mixte et non à des pratiques urbanistiques particulières. Mais malgré l'ambiguïté sémantique, d'importantes généralités ressortent. La ville compacte serait plus souhaitable par sa densité, par sa mixité fonctionnelle et par la diversité des modes de transport qu'elle supporte. Cette hypothèse a suscité plusieurs études empiriques qui le plus souvent la valident (Pouyanne 2004). Nous y reviendrons au prochain chapitre. Pour l'instant, nous exposons les arguments généralement avancés pour promouvoir la ville compacte comme forme urbaine efficace.

Deux caractéristiques de la ville compacte auraient un impact sur les déplacements et le navettage : la densité et la mixité. L'adéquation entre la densité et la distance de déplacement est claire. Suivant la logique géométrique de Le Corbusier, plus une ville est étendue, plus elle supporte des déplacements longs. À l'opposé, la ville compacte supporte des déplacements courts et encourage ainsi d'autres modes de transport que l'automobile, principalement la marche, le vélo et le transport en commun. En effet, la ville compacte offre la masse critique nécessaire à la justification d'infrastructures de transport en commun : la demande de déplacements est dense. Cette situation est d'autant plus vraie que l'agglomération est dense ET fortement centralisée. Dans ce cas, de nombreux déplacements suivent quelques trajectoires radiales, ce qui stimule et justifie l'investissement dans le transport en commun (Newman et Kenworthy 1989).

La mixité de la ville compacte limite quant à elle les distances des déplacements. En effet, les déplacements unissent généralement une origine et une destination qui diffèrent par leur nature. C'est le cas du navettage qui relie résidence et travail mais c'est aussi le cas des déplacements pour magasinage ou loisirs. Or, à densité égale, une ville où les différentes fonctions sont ségréguées nécessite de plus longs déplacements. Ces derniers doivent en effet relier deux zones spécialisées, séparées dans l'espace. À l'opposé, une ville où les différentes fonctions sont distribuées de façon homogène, une ville mixte, permet de très courts déplacements. Dans une telle ville, le travailleur aura la possibilité de résider et de travailler dans une même zone. Selon certains, la relation entre la mixité et la distance de navettage est particulièrement forte dans le contexte actuel caractérisé par le mouvement continu (emplois précaires,

éclatement des ménages et des identités) et par une spécialisation marquée des lieux de résidence, des emplois et des modes de vie (Newman et Kenworthy 1999).

En plus d'être représentée par les « vieilles villes », le principe de ville compacte influence grandement la pratique urbanistique. On le retrouve en effet dans le concept « poches piétonnières » (*pedestrian pocket*) qui se définit comme « une zone équilibrée et mixte d'un rayon de cinq minutes de marche » (Calthorpe 1989, notre traduction). La proximité des résidences, des bureaux, des commerces, des divertissements et des parcs à l'intérieur de ces zones limite la demande de déplacements « extra-zonaux ». En plus de promouvoir de courts déplacements, les poches piétonnières favoriseraient les échanges entre des individus qui diffèrent en âge, en statut social et en ethnicité, favorisant ainsi la construction d'un esprit de communauté.

Malgré ces caractéristiques avantageuses, la ville compacte suscite plusieurs critiques. On fait justement remarquer qu'une ville dense, fortement centralisée et motorisée canalise les déplacements (qui relient pour la plupart le centre à la périphérie) et provoque ainsi une importante congestion, particulièrement si ces déplacements sont effectués en automobile. À l'opposé, une ville dispersée est caractérisée par des origines et des destinations éparpillées sur l'ensemble du territoire ce qui peut allonger les déplacements mais ne favorise pas la congestion (Gordon et Wong 1985; Gordon *et al.* 1991). De plus, par nature, la ville compacte ne peut offrir la même quantité de territoire à chaque citoyen. Elle décourage l'utilisation de l'automobile et, conséquemment, elle restreint la mobilité de ses habitants. Enfin, les efforts pour la mettre en œuvre doivent se mesurer à l'inertie du système urbain, à la compétition des municipalités environnantes qui ne respectent pas les mêmes restrictions et à la propension de certains citoyens à éviter certaines destinations rapprochées (Headicar 2003).

En somme, la compacité ne présente pas les mêmes avantages et inconvénients selon qu'elle s'accompagne de mixité ou de ségrégation, d'une forte ou d'une faible centralisation, d'une forte motorisation ou d'un réseau de transport en commun efficace. L'appréciation de la ville compacte varie ainsi selon le contexte et les positions idéologiques (Beaucire 2004).

2.3.3 Polycentrisme

Le modèle de la ville compacte repose principalement sur le concept de densité et, dans une moindre mesure, sur celui de mixité. Il évacue cependant plusieurs caractéristiques morphologiques pertinentes. Dans les faits, nous le verrons au prochain chapitre, la densité, la mixité et la polycentricité sont tous des paramètres morphologiques qui influencent le mode et la distance des déplacements. Par exemple, une ville compacte monocentrique et ségréguée sera associée à de plus longues navettes qu'une ville toute autant compacte mais polycentrique et/ou mixte.

Les détracteurs de la ville compacte aux États-Unis font remarquer que la ville compacte étasunienne (la ville industrielle du Nord-Est), grosso modo caractérisée par une forte concentration des emplois au centre

et un gradient résidentiel, présente les plus graves problèmes de congestion (Gordon et Wong 1985; Gordon *et al.* 1991). La croissance d'une ville monocentrique (dans laquelle les emplois sont centralisés) passe inévitablement par l'allongement des navettes et la congestion des voies de communication radiales. Ils suggèrent que les villes étalées du Sud et de l'Ouest étasunien sont dispersées mais fortement polycentriques, ce qui restreint la congestion et la distance. La dispersion offrirait un choix au travailleur parce que les emplois, au lieu d'être uniquement concentrés dans un seul et même centre, sont disséminés un peu partout dans l'espace métropolitain. Parce qu'ils ont la possibilité de choisir, les travailleurs encouragent la formation « spontanée » de pôles suburbains (*ibid.*).

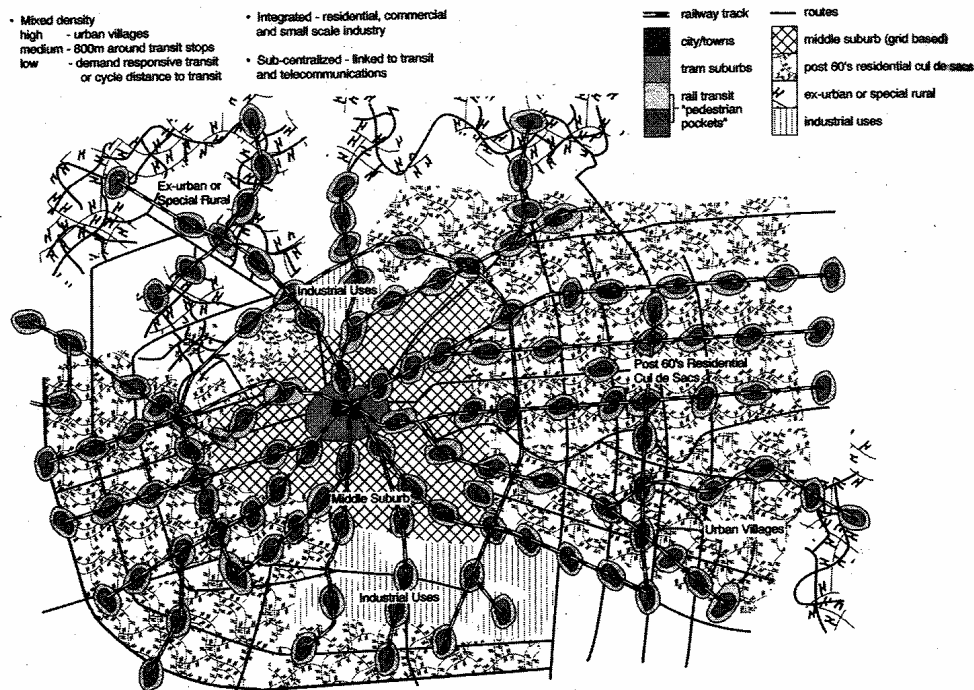
Le polycentrisme influence fortement les modèles d'aménagement en Amérique du Nord comme en Europe, et ce particulièrement depuis les années 1990. Le principe de *Jobs-Housing Balance* (Cervero 1986) est compatible avec le modèle de la ville compacte comme avec celui de la ville étalée. Il stipule que, à l'intérieur d'une zone donnée (une municipalité ou un quartier), le nombre de travailleurs résidents équivaut à celui des emplois locaux. Cet équilibre quantitatif offre la possibilité aux travailleurs de vivre et de résider à l'intérieur de cette même zone, ce qui, théoriquement, concorderait avec leurs aspirations. Pour ce faire, l'équilibre quantitatif doit toutefois être doublé d'un équilibre qualitatif : les emplois locaux doivent convenir aux résidents locaux et, inversement, les résidents locaux doivent avoir les compétences demandées par les emplois locaux (Sultana 2002).

Les *Transit Oriented Developments* (TOD) se veulent des solutions d'aménagement faisant la promotion de l'automobile pour les (courts) déplacements intra-zonaux et du transport en commun pour les (longs) déplacements inter-zonaux (Cervero 2004). Selon cette optique, le schéma d'aménagement régional fait en sorte que la plupart des déplacements sont effectués à l'intérieur d'une même zone. Les TOD n'imposent toutefois pas forcément de *Jobs-Housing Balance* intra-zonal : les navettes peuvent être inter-zonales mais si elles le sont, elles se font en transport en commun. Les TOD peuvent être des *Pedestrian Pockets* ou des zones fortement motorisées, ce qui les définit est leur mixité fonctionnelle et la présence d'une station de transport en commun accessible (figure 2.5).

La capacité du *Jobs-Housing Balance* et des TOD à maîtriser les déplacements laisse cependant plusieurs doutes. Pour que ces initiatives d'aménagement amènent les résultats escomptés, elles doivent être accompagnées de l'adaptation des pratiques de navettage[♦]. Si les travailleurs préfèrent, pour quelque raison que ce soit, effectuer des navettes inter-zonales en automobile, les objectifs ne seront pas atteints. Les promoteurs de tels projets misent sur l'identification à une « nouvelle urbanité », fondée sur la qualité de vie suburbaine et la responsabilisation collective. Certains travailleurs adhèrent probablement à ces valeurs mais rien ne garantit que leurs comportements de mobilité correspondront à leurs discours. Une région métropolitaine se définit, entre autres, par le fait que les échanges qui lui sont internes sont facilités (Claval 1981; Simpson 1992; Huriot 1998). Les pratiques de magasinage, les réseaux sociaux, les opportunités d'emplois et les activités ludiques sont de plus en plus diversifiés et dispersés dans l'espace des métropoles.

Dans un contexte où les identités éclatent, les emplois sont précaires et les passions sont éphémères, on peut douter de la capacité de l'urbanisme à contenir la demande pour les longs déplacements.

Figure 2.5 Ville polycentrique sur le modèle du Transit Oriented Development



Cette métropole est composée d'une multitude de *Pedestrian Pockets* reliées entre elles et au centre-ville par un réseau de tramway (Newman et Kenworthy 1999; p.185).

2.3.4 Réductionnisme

Les exemples des « urbanistes utopistes », de la ville compacte, des *Pedestrian Pockets*, du *Jobs-Housing Balance* et du *Transit Oriented Development* montrent les limites d'une approche réductionniste dans la gestion du navettage. Mis en application, plusieurs projets—comme ceux associés au mouvement de l'*urban renewal* aux États-Unis (Dreier *et al.* 2001)—ont eu des impacts négatifs non-anticipés parce qu'ils étaient issus d'une démarche qui ne respectait pas la complexité des problèmes qu'ils devaient résoudre. Les approches trop biaisées vers des éléments ou des problèmes spécifiques (comme la justice, l'environnement, la croissance ou la liberté), proposent des solutions faciles et utopiques.

Pour ce qui est du navettage, les spécialistes préconisent trop souvent des solutions simplistes, centrées sur leurs domaines d'expertise : les géographes et la forme urbaine, les urbanistes et l'aménagement, les ingénieurs et les infrastructures, les fiscalistes et la taxation (Verhetsel 1999). Ainsi, les ingénieurs en transport établissent des scénarios de déplacements à partir de « boîtes noires » méthodologiques reposant

uniquement sur les relations théoriques entre le zonage et les transports (nous y reviendrons au prochain chapitre; 3.1.3). Ce faisant, ils déterminent avec une certitude généralement erronée les impacts qu'auront les projets d'aménagement (Newman et Kenworthy 1999). De plus, les efforts des uns annulent les efforts des autres. Par exemple, en Belgique, les efforts des urbanistes pour minimiser les distances de déplacements sont contrecarrés par des déductions d'impôts sur les dépenses en transport des particuliers (Verhetsel 1999).

La « saine gestion » du navettage passe donc inévitablement par des pratiques bien informées, par une approche systémique et par la coordination des interventions. Les possibilités d'interventions sont aussi nombreuses que les objectifs. On peut choisir de promouvoir ou de décourager l'automobile, de minimiser les distances ou de maximiser les vitesses, de privilégier l'équilibre environnemental, la performance économique, la qualité de vie... Les moyens pour y arriver peuvent prendre une multitude de formes. Prenons par exemple la politique « ABC », utilisée aux Pays-Bas, selon laquelle la localisation des nouvelles entreprises (ou la relocalisation des anciennes) est fortement dirigée par les instances locales vers un pôle précis selon que cette entreprise nécessite une bonne accessibilité à certains services, à un bassin de main d'œuvre, au réseau routier, ferroviaire ou aérien (Van der Valk 2002).

Comme les objectifs et les interventions peuvent être contradictoires, il importe aux instances métropolitaines—car la métropole est un bassin de navettage (Statistique Canada 2005; U.S. Census Bureau 2005)—de bien définir leurs objectifs et de bien coordonner les moyens pour les atteindre. Il s'agit de se rapprocher du « juste milieu » par un ensemble d'interventions bien calibrées. En accord avec la pensée complexe, il est généralement suggéré que les interventions ont plus d'impacts si elles font l'objet d'une combinaison éclairée que lorsqu'elles sont appliquées indépendamment (Newman et Kenworthy 1989 et 1999; Verhetsel 1999; Shen 2000). Bien que ceci relativise la portée des interventions sur la forme urbaine (Levinson et Kumar 1997; Verhetsel 1999), ces dernières demeurent des outils efficaces dans la gestion du navettage (Newman et Kenworthy 1989 et 1999; Massot et Orfeuill 2004). Elles prennent d'ailleurs une place prépondérante dans les approches globales et « complexes » de la gestion du navettage que sont le *New Urbanism* et le *Smart Growth*³⁶ et dans certaines initiatives gouvernementales comme les Plans de Développement Urbain (PDU)³⁷ en France et le mémoire sur le développement durable de la Communauté Métropolitaine de Montréal³⁸.

³⁶ Ces approches déterminent les principes de la saine gestion métropolitaine aux États-Unis. Cependant, elles rassemblent davantage les groupes de pression qu'elles ne dirigent directement la pratique de l'urbanisme. Les principes de mixité, de densité, d'équité, de gestion régionale et de respect de l'environnement forment le cœur de ces approches. Pour plus de détails : lgc.org/ahwahnee/principles.html et www.smartgrowth.org.

³⁷ « Le Plan de Déplacements Urbains est un document d'urbanisme et de planification. Il élabore un projet global d'aménagement du territoire et de gestion des déplacements sur une période de 10 ans. Il suppose une coordination de tous les acteurs concernés et une culture commune sur les déplacements urbains et leurs enjeux pour la ville. Il doit susciter l'émergence d'une nouvelle mobilité dans l'agglomération, plus conforme au "développement durable" de notre territoire. » www.pdu-tpm.com/pdu/

³⁸ « Agir de façon concertée et harmonieuse », www.cmm.qc.ca/publications/documentscmm/documents/

2.4 INFORMER L'AMÉNAGEUR

Les modèles décrits précédemment ne sont pas tous informés de recherches empiriques rigoureuses. Ils relèvent davantage de l'interprétation de ce qui constitue un bénéfice ou une nuisance à la vie urbaine, et de ce qui constitue la meilleure façon de maximiser ces bénéfices tout en minimisant ces nuisances. Les modèles des « urbanistes utopistes » s'inspirent d'une riche expérience de l'aménagement mais demeurent très réducteurs et, surtout, naïfs ou trop optimistes quant à leur applicabilité. Plusieurs arguments empiriques appuient le modèle de la ville compacte (en particulier les travaux de Newman et Kenworthy) mais d'autres arguments peuvent lui être opposés (notamment les travaux de Gordon, Richardson et Wong). Plusieurs arguments théoriques suggèrent que la polycentricité est particulièrement efficace mais dans les faits, son efficacité dépend autant, sinon plus, des pratiques de navettage que de ses qualités morphologiques. Autrement dit, les arguments en faveur et en défaveur de ces modèles sont davantage théoriques et idéologiques que pratiques et empiriques.

L'aménagement urbain cherche à « organiser et à stabiliser la société par le design rationnel de l'espace urbain et l'agencement systématique des activités humaines » (Newman et Kenworthy 1999; p.299, notre traduction). Pour ce faire, il s'appuie sur des jugements de valeur et sur des régularités empiriques. Ce chapitre se veut un résumé des arguments théoriques et idéologiques dans les débats sur le navettage. Il cherche à poser les critères du « juste ». Le prochain chapitre résume les arguments empiriques de ce même débat. Il cherche à poser les critères du « vrai ». Selon la terminologie de Levinson (1998), le présent chapitre aborde la question à partir de « l'approche normative » alors que le prochain chapitre l'abordera à partir de « l'approche positive ». Nous considérons que ces deux approches sont complémentaires. Nous croyons que les valeurs qui guident l'aménagement sont fondées sur l'expérience et l'empirisme. Et nous croyons que les pratiques de navettage sont guidées par les valeurs des travailleurs et les actions de l'urbanisme.

Cependant, il est fréquemment suggéré que les décisions d'aménagement sont davantage la conséquence des compromis entre des groupes de pression d'inégales influences (Wachs 1995) et que ce contexte favorise les arguments idéologiques (ou certains d'entre eux) au détriment des arguments scientifiques. Il est aussi suggéré que l'interprétation des résultats de recherche (et l'élaboration de la méthode pour les obtenir) est inévitablement dirigée par les intérêts, généralement inconscients mais aussi commandités, des chercheurs (Shen 2000). Ces remarques, qui réfutent la démarche scientifique, méritent toutefois d'être nuancées. En effet, la démarche scientifique, malgré sa faillibilité, constitue probablement l'approche la plus à même d'éclairer le débat sur le navettage et de le dégager de ses considérations politiques. Elle peut aussi s'inspirer des impasses du débat pour soulever des questions pertinentes.

C'est à l'une de ces impasses que sera consacré le reste de ce travail : la relation entre la forme urbaine et la distance de navettage. L'extrême complexité de cette relation brouille les arguments du débat sur le

navettage (Levinson 1998; Shen 2000; Torrens 2000; Dieleman *et al.* 2002; Pouyanne 2004). Il est donc important d'approfondir son étude, de l'éclairer de nouvelles méthodes. L'objectif de la modélisation n'est pas de séparer ce qui est vrai de ce qui est faux. L'objectif est de faire du sens de la réalité (Guhathakurta 2001).

CHAPITRE 3. FORME URBAINE ET DISTANCE DE NAVETTAGE

[T]he fact that urban regions do not extend infinitely over space indicates that commuting time is a significant factor, the fact that the actual commute exceeds the minimum required commute (however defined) indicates that it is not the only factor. (Levinson 1998, p.20)

Comme nous l'avons vu au premier chapitre, les déplacements intra-urbains répondent au besoin de coprésence nécessaire à la réalisation des activités socioéconomiques. Ils résultent de la séparation spatiale d'éléments dont la complémentarité est maintenue par la connexion et non par la contiguïté. Le navettage est la connexion qui relie les éléments indissociables que sont les lieux de résidence et les lieux de travail. Cependant, nous l'avons vu au chapitre précédent, si le navettage est une composante essentielle au système urbain, il est accompagné de plusieurs nuisances associées à sa distance. Ces nuisances amènent chercheurs, aménageurs, politiciens et citoyens à explorer et à proposer de nouvelles façons de gérer les transports. Une bonne partie des solutions proposées font appel à l'aménagement du territoire. Ces propositions reposent sur l'hypothèse que les déplacements et leurs nuisances sont associés aux caractéristiques de la forme urbaine (Handy 1996; Meurs 2003). Autrement dit, elles considèrent que la réponse à notre question de recherche est oui : la forme urbaine influence bel et bien la distance de navettage.

Dans ce chapitre, nous questionnons cette hypothèse en étudiant l'association entre la forme urbaine et le navettage avec plus d'attention. Ce chapitre est composé de deux sections principales. À la première, nous récapitulons les principales théories s'intéressant aux liens entre forme urbaine et navettage (3.1). À la seconde, nous résumons les principaux résultats empiriques des travaux traitant de la question (3.2). Ce faisant, nous identifions les principales caractéristiques morphologiques sensées affecter la distance de navettage.

3.1 ANALYSES THÉORIQUES

Comme nous l'avons vu au premier chapitre, la ville est un système particulièrement complexe au sens où elle met en relation un nombre très important d'acteurs aux intérêts, aux affinités et aux complémentarités variables dans un espace relativement petit (section 1.2). En fait, la ville est destinée à maximiser les relations socioéconomiques qui unissent ces acteurs (Claval 1981; Simpson 1992; Huriot 1998). Suivant la pensée complexe, les acteurs urbains sont tous directement ou indirectement reliés par un tissu de connexions tellement étendu et dense que sa compréhension globale est impossible. Ce faisant, l'évolution du système urbain, à l'instar des autres systèmes complexes, est totalement imprévisible sur le long terme malgré le fait qu'elle montre plusieurs tendances et régularités facilement identifiables.

Cette imprévisibilité repose, bien entendu, sur la démesure du système urbain et des relations qui le composent. Elle repose aussi sur le fait que la plupart de ces relations ne peuvent être comprises comme des

causalités unilatérales. Par exemple, il n'est pas possible de déterminer si les aléas des marchés fonciers sont les causes ou les conséquences de la ségrégation urbaine (Granelle 2002), si la croissance régionale repose sur les compétences locales ou si, au contraire, elle les développe (Shearmur 2005), si la criminalité relève de la concentration de la pauvreté ou si, au contraire, elle la provoque (Dreier *et al.* 2001). Une réflexion sur ces questions amène à penser que ces relations sont bilatérales. En fait, si on les situe dans l'ensemble du phénomène urbain, ces relations sont multilatérales.

Cette réalité s'applique aussi aux déplacements intra-urbains en général, et au navettage en particulier. La relation entre la forme urbaine et les déplacements est en elle-même « hautement complexe ». Aussi, cette relation n'opère pas en vase clos : différentes caractéristiques morphologiques (densité, mixité, etc.), individuelles (revenu, sexe, etc.) et économiques (économies d'agglomération et d'autres facteurs de localisation) s'entremêlent dans la détermination des trajectoires intra-métropolitaines (Taaffe *et al.* 1996; Dieleman *et al.* 2002).

Dans cette section, nous verrons d'abord que la relation entre la forme urbaine et le navettage ne se réduit pas à une simple causalité mais qu'elle consiste en une longue et complexe boucle rétroactive (3.1.1). Par la suite, nous proposons un schéma où sont situés les principaux éléments de cette chaîne de réaction (3.1.2). Nous complétons notre analyse théorique de la relation forme urbaine/navettage en revenant sur les composantes du navettage énoncées au premier chapitre (3.1.3) avant de résumer quelques modèles sociologiques et économiques appliqués à la ville monocentrique (3.1.4) et à la ville polycentrique (3.1.5). Enfin, nous concluons cette section en rappelant que la complexité de la relation constitue davantage un défi à relever qu'un obstacle insurmontable (3.1.6).

3.1.1 La boucle rétroactive

Nous verrons tout au long de cette section que la relation entre le navettage et la forme urbaine n'est pas causale. Nous illustrerons notre propos à l'aide de trois exemples. Premier exemple : le contexte morphologique local (disons une *pedestrian pocket*) favorise certains types de déplacements (piétonniers et de courte distance) mais cela n'empêche pas que les ménages choisissent ce contexte précis justement parce qu'ils privilégient ces types de déplacements (Boarnet et Crane 2001). Second exemple : nous pourrions penser que les tendances à l'individuation et à la motorisation amènent l'étalement urbain (Horner 2004) mais, nous l'avons vu au chapitre précédent, il peut aussi être suggéré que l'étalement urbain encourage l'individualisme et la dépendance à l'automobile. Troisième exemple : la question de la demande induite de déplacement³⁹ (*induced travel demand*) met en évidence l'indissociabilité de la forme urbaine, des

³⁹ Le développement des infrastructures de transport est d'abord prévu pour décongestionner certains axes routiers. Il apparaît cependant que ces nouvelles infrastructures, en rendant certains lieux plus accessibles, encouragent l'étalement urbain et stimulent de nouveaux déplacements. La demande induite de déplacement (*induced travel demand*) représente ces déplacements. Cette question a fait l'objet de plusieurs débats entre ceux pour qui la demande induite est productive ou trop faible pour importer et ceux pour qui elle est néfaste et pour qui on ne peut pas « construire son chemin hors de la congestion » (Cervero 2002). La clarté des débats se heurte toutefois à l'ambiguïté conceptuelle, au manque de données pertinentes et à la complexité du phénomène qui fait en sorte qu'une légère inflexion d'un modèle peut mener à des conclusions diamétralement opposées (*ibid.*).

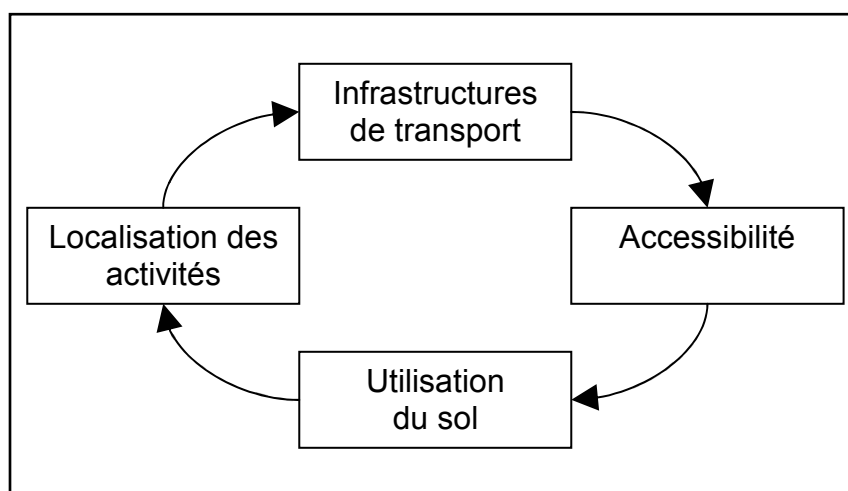
infrastructures de transport et des déplacements intra-métropolitains (Cervero 2002). Ces exemples montrent que les valeurs, le mode de vie, la congestion et les infrastructures de transport agissent comme intermédiaires dans la relation entre la forme urbaine et la distance de navettage. De plus, ils montrent qu'il est impossible de statuer hors de tout doute que la forme urbaine détermine la distance de navettage ou vice versa.

Ces questions « poule-œuf » peuvent être résolues, théoriquement du moins, par l'idée selon laquelle ces composantes (forme urbaine, comportements spatiaux, modes de vie, choix résidentiel, etc.) agissent et rétroagissent les unes sur les autres selon un réseau complexe de relations. La forme urbaine ne détermine pas le navettage plus que le navettage ne détermine la forme urbaine. Forme urbaine et navettage constituent des composantes d'un système urbain irréductible.

Cette compréhension n'est pas nouvelle mais, jusqu'à tout récemment, bien peu de travaux s'attardèrent à construire un cadre théorique qui lui soit adapté (Simpson 1992). Cependant, plusieurs modèles ont été développés récemment. Il est à noter que ces modèles s'intéressent habituellement aux relations générales entre l'utilisation du sol et les déplacements; et non aux relations spécifiques entre la forme urbaine et la distance de navettage. À partir de ces exemples, nous développerons un modèle spécifiquement adapté à la relation entre le navettage et la forme urbaine (section 3.1.2).

Le plus simple et le plus accessible de ces modèles est certainement celui de Giuliano (1995), illustré à la figure 3.1. Selon ce modèle, la localisation des activités domestiques et économiques dirige le développement des infrastructures de transport; ces infrastructures, par les transformations qu'elles imposent à l'espace-temps euclidien, modifient l'accessibilité relative des lieux; l'accessibilité, par le biais du marché foncier, constitue un des principaux déterminant de l'utilisation du sol; enfin, l'utilisation du sol détermine la localisation des activités urbaines. Il importe de noter que ce modèle, malgré sa simplicité théorique, demeure difficilement vérifiable. En effet, ces relations, qui s'apprécient sur le long terme, consistent en de nombreux micro-ajustements qui se trouvent « noyés » dans la complexité du court terme. Dans les mots de Giuliano, « la durabilité du cadre bâti, les coûts de relocalisation des entreprises et de déménagement des résidents, et les longs délais de réalisation des projets de modification aux infrastructures de transport rendent l'analyse empirique de la relation entre l'utilisation du sol et le transport problématique » (p.307; notre traduction).

Figure 3.1 La relation transport/ utilisation du sol

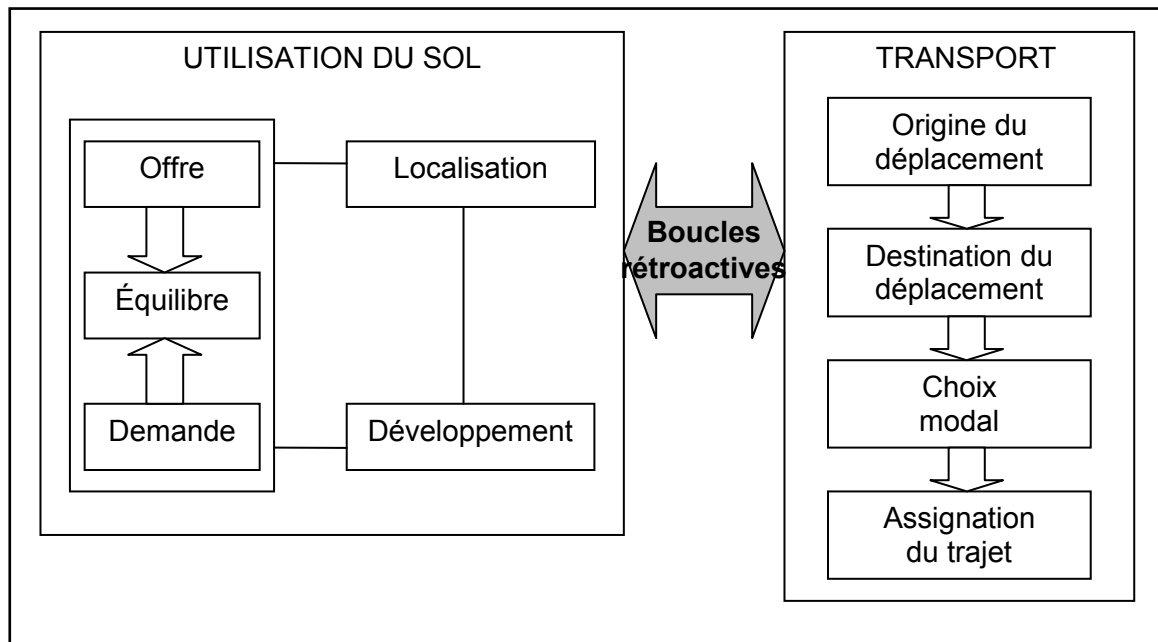


Traduit de Giuliano (1995), p.307.

La reconnaissance de la bilatéralité de la relation entre, d'une part, les infrastructures de transport et les structures spatiales des déplacements et, d'autre part, la localisation des activités urbaines et l'utilisation du sol a amené le développement d'une série de modèles qui associent ces deux volets par une boucle rétroactive (Waddell 2001). Ces modèles prennent l'appellation de *Land Use and Transportation Models* (LUT). Depuis leur origine, les LUT ont pour fonction d'aider l'aménageur à prendre des décisions éclairées, de simuler les conséquences de différentes alternatives et de tester certaines hypothèses quant au fonctionnement du système urbain (Torrens 2000). Bien qu'ils diffèrent en plusieurs points, les LUT comprennent tous trois composantes fondamentales (figure 3.2) : un sous-modèle d'utilisation du sol (estimant la localisation des activités économiques et domestiques), un sous-modèle de transport (estimant les origines et les destinations des déplacements) et une série de mécanismes reliant ces deux sous-modèles (boucles rétroactives).

Malgré leurs fondements théoriques et leur forte présence dans les instances de transport urbain, les LUT essuient plusieurs critiques. On leur reproche principalement leur trop grande complexité et leur « quantitativisme » : on met en doute la capacité de l'analyse statistique à faire du sens d'un système si complexe en faisant remarquer qu'une erreur de donnée ou une légère modification à la structure du modèle peut complètement changer les résultats de l'analyse (Torrens 2000). On leur formule aussi des critiques plus spécifiques, comme leur incapacité à prévoir les déplacements « latents » (Cervero 2002). Les LUT font néanmoins ressortir le consensus de la communauté scientifique sur la complexité et la « multilatéralité » de la relation entre les transports et la forme urbaine.

Figure 3.2 La structure générale d'un *Land Use and Transportation model*



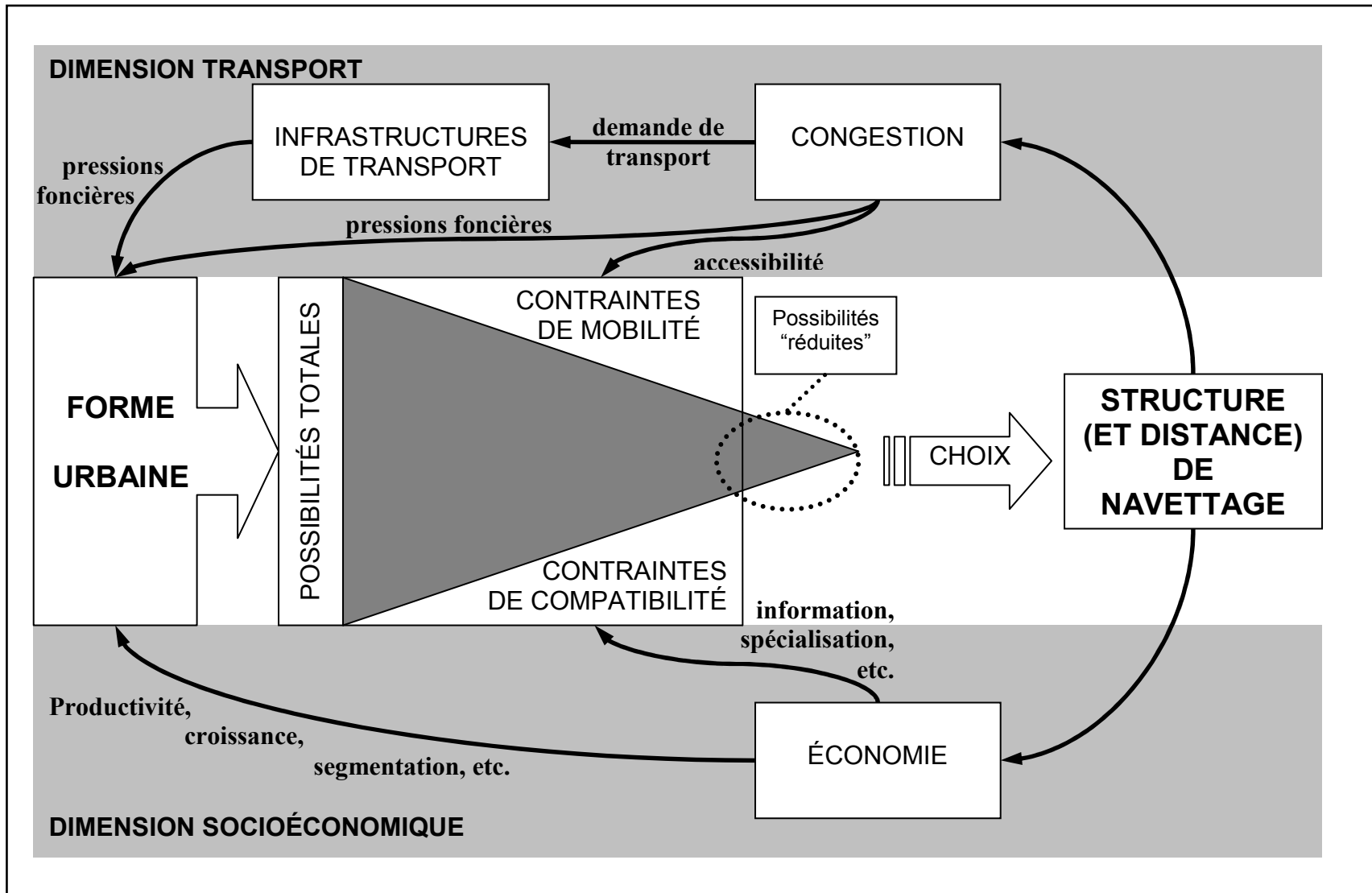
Traduit de Torrens (2000), p.17.

3.1.2 De la forme urbaine au choix de navettage : schéma conceptuel

À partir de notre définition du navettage (section 1.4) et des modèles rétroactifs illustrés à la sous-section précédente, nous proposons un schéma conceptuel représentant la relation dynamique et bilatérale entre la forme urbaine et le navettage (figure 3.3). Selon ce schéma, la forme urbaine (la localisation spatiale relative des lieux d'emplois et des lieux de résidence) constitue l'ensemble des possibilités de navettage. *Les possibilités totales de navettage représentent tous les agencements de paires emplois/résidence que la forme urbaine peut supporter.* Elles constituent un concept majeur de la méthode que nous utilisons dans le cadre de cette thèse. Nous y reviendrons au prochain chapitre.

Les possibilités de navettage ne sont cependant pas toutes réalisables. En effet, comme nous l'avons vu aux sections 1.4.2 et 1.4.3, toutes les options de navettage ne sont pas accessibles à tous les travailleurs. Par exemple, un lieu de travail précis ne peut être atteint par tous les travailleurs parce que ces derniers ne répondent pas aux compétences exigées ou parce que leur lieu de résidence en est trop éloigné. Autrement dit, plusieurs possibilités de navettage ne sont tout simplement pas réalisables à cause de contraintes de mobilité et de compatibilité. Ainsi, les travailleurs choisissent parmi un ensemble réduit de possibilités de navettage (« possibilités réduites » sur le schéma). En somme, la chaîne causale illustrée au centre du schéma signifie que la forme urbaine, modulée par la mobilité et la compatibilité, détermine le navettage ou, plus spécifiquement, les « possibilités réduites » de navettage.

Figure 3.3 Forme urbaine, navettage et dynamique métropolitaine



Mais comme nous l'avons vu à la sous-section précédente, la relation entre la forme urbaine et le navettage n'est pas unilatérale. La circularité de la relation est représentée, dans le schéma, par les boucles rétroactives des dimensions « transport » et « socioéconomique ». Selon la dimension transport, les navettes impliquent de la congestion lorsqu'elles dépassent la capacité de support des infrastructures de transport par leur nombre et leur synchronisation. Cette congestion impose de nouvelles contraintes de mobilité aux travailleurs qui voient leur accessibilité (leurs options de navettage) réduite. Cette même congestion fait pression sur les infrastructures de transport qui font alors l'objet d'ajustements (réfection, réaménagement, extension, etc.). Enfin, ces ajustements redéfinissent l'accessibilité des lieux urbains, et conséquemment leur désirabilité et leur valeur foncière, ce qui peut impliquer des modifications à la forme urbaine (Gordon et Wong 1985; Gordon *et al.* 1991; Giuliano 1995; Torrens 2000; Cervero 2002).

Selon la dimension socioéconomique, les navettes constituent des liens privilégiés entre certaines zones résidentielles et certaines zones d'emplois. Ces liens assurent le bon fonctionnement de l'économie métropolitaine. De plus, ils structurent le marché de l'emploi en favorisant la reproduction de la main d'œuvre spécialisée, la constitution de marchés locaux d'emploi et en canalisant l'information relative au marché du travail (Scott 1988; Peck 1996; Gilly et Pecqueur 2002). Ce faisant, le navettage impose de nouvelles contraintes de compatibilité aux travailleurs qui voient leurs options de navettage réduites. Enfin, le fonctionnement de l'économie métropolitaine stimule la redéfinition constante des relations industrielles ce qui implique des modifications à la forme urbaine (Scott 1988; Simpson 1992; Castells 1996; Scott 2002).

La figure 3.3 résume la relation complexe qui unit la forme urbaine et le navettage. Dans le cadre de cette thèse, nous réduirons notre analyse à l'association entre la forme urbaine et le navettage. Ce faisant, nous ignorons plusieurs éléments importants de la dynamique métropolitaine. Cette réduction n'est toutefois pas sans valeur. En effet, plusieurs solutions d'aménagement (dont certaines sont exposées à la section 2.3) s'appuient sur l'hypothèse d'un lien causal direct entre la forme urbaine et la distance de navettage. Si l'on se réfère au cadre théorique que nous venons d'exposer, cette hypothèse est fortement réductrice.

D'une part, comme la relation n'est pas unilatérale, les solutions purement morphologiques ne sont pas viables sur le long terme. De fait, même si les ajustements à la forme urbaine dirigent les navettes et minimisent leurs distances, ils redéfinissent les conditions d'accessibilité, les valeurs foncières et les dynamiques du marché de l'emploi. À plus long terme, dans un contexte de libre marché, ces adaptations mèneront à des évolutions systémiques insoupçonnées au départ (Torrens 2000; Cervero 2002). Ces questions, hautement complexes, ne seront pas abordées dans le cadre de cette thèse.

D'autre part, l'hypothèse de la relation directe entre la forme urbaine et le navettage sous-estime sa complexité. La forme urbaine ne définit pas le navettage, elle en offre les possibilités. (Nous verrons comment les caractéristiques morphologiques de la forme urbaine déterminent les possibilités de navettage au chapitre 5.) Dans les faits, le navettage observé s'explique à la fois par les possibilités de navettage offertes par la forme urbaine, par les contraintes de mobilité et de compatibilité qui pèsent sur ces possibilités et par les comportements et les pratiques de navettage. (Nous verrons, aux chapitres 6 et 7 que ces « choix sous contraintes » dirigent le navettage.)

À la prochaine sous-section, nous revenons sur les contraintes de mobilité et de compatibilité qui pèsent sur les possibilités de navettage à partir de l'approche économique (3.1.3). Aux sous-sections suivantes, nous résumons les principaux modèles spatiaux qui s'intéressent aux conséquences morphologiques de ces contraintes sur la ville monocentrique (3.1.4) et polycentrique (3.1.5). À la prochaine section (3.2) nous voyons, par l'intermédiaire de la

littérature empirique, que la forme urbaine est, de manière générale, significativement associée à la distance de navettage mais que cette association demeure ambiguë.

3.1.3 Possibilités et contraintes

Nous venons de suggérer que la relation entre la forme urbaine et la distance de navettage consiste en un « choix contraint » parmi un ensemble de possibilités de navettage. Dans cette section, nous voyons comment cette conception s'est intégrée dans certaines analyses du navettage.

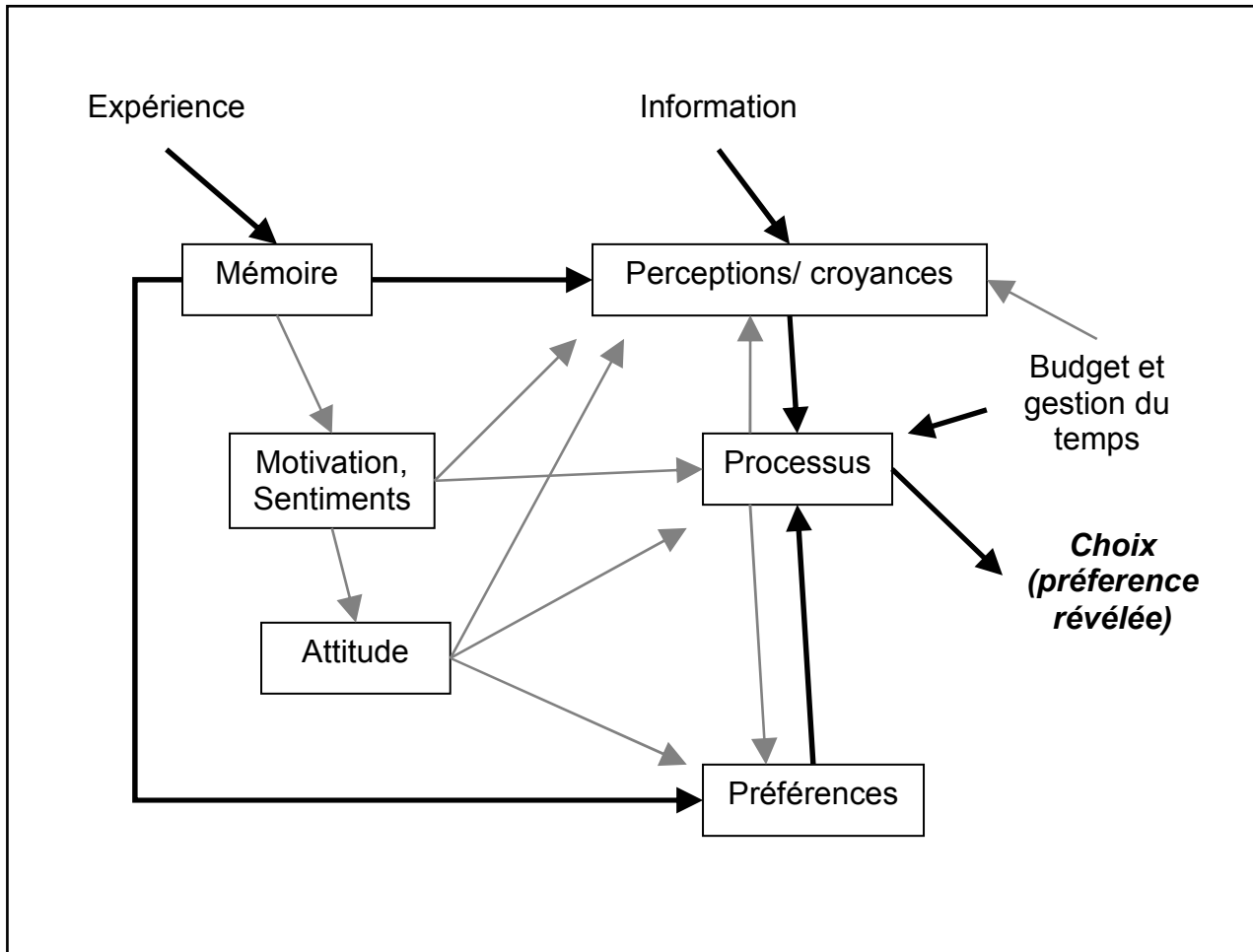
Comme nous l'avons vu plus tôt, les *Land Use and Transportation Models* (LUT) déterminent le navettage à partir de l'utilisation du sol. Pour ce faire, les premiers LUT appliquent le modèle gravitaire et déterminent des déplacements agrégés : l'interaction entre deux zones est fonction de la distance qui sépare ces deux zones et de leurs tailles respectives (Taaffe *et al.* 1996; sous-section 1.4.2). Par la suite, plusieurs ajustements ont permis de raffiner le modèle et d'obtenir des estimations plus précises. Par exemple, la distance est paramétrée en fonction de la mobilité des travailleurs (Torrens 2000). De plus, la distance entre deux zones est ajustée par les caractéristiques des « autres » opportunités. Plus spécifiquement, la distance entre une résidence et un emploi est d'autant plus grande qu'il existe de nombreuses possibilités d'emplois localisées plus près de la résidence (Levinson et Kumar 1997; Levinson 1998) et qu'il existe de nombreux résidents (compétition à l'embauche) à proximité de l'emploi (Van Wee *et al.* 2001).

Malgré ces raffinements, le modèle gravitaire demeure imparfait. L'agrégation des résultats lors de l'ensemble de l'analyse pose particulièrement problème : « les zones ne voyagent pas; les personnes voyagent » (cité dans McFadden 2001, p.17; notre traduction). Autrement dit, le navettage n'est pas une interaction aléatoire déterminée par une loi de la physique, il est le résultat d'une recherche d'emploi modulée par de nombreuses contraintes et aspirations. Cette réalité a stimulé le développement de méthodes basées sur le choix du travailleur dont la plus utilisée est certainement le *Random Utility Model* (RUM). Ces modèles se présentent sous plusieurs formes mais se fondent sur trois postulats : 1- le travailleur choisit parmi un ensemble fini d'options; 2- le travailleur choisit l'option qui lui est la plus désirable; 3- le choix final se comprend en termes de probabilités (Torrens 2000).

Le RUM s'accorde bien avec le schéma exposé précédemment (figure 3.3). L'ensemble fini de possibilités—« possibilités totales » sur le schéma—est déterminé par la forme urbaine. La désirabilité de chacune des possibilités (sur laquelle repose le deuxième postulat) est déterminée par les contraintes de mobilité et de compatibilité. En termes économiques, la désirabilité d'un choix représente son *utilité*. Pour être réalisée, l'utilité d'une navette (le salaire) doit être supérieure à sa désutilité (les coûts du déplacement; Zahavi et Talvitie 1980). Mais l'utilité ne se réduit pas aux considérations financières, elle repose aussi, bien entendu, sur plusieurs autres caractéristiques du travailleur (mobilité, intérêts, mode de vie, etc.) et sur des considérations géographiques (Hanson et Pratt 1988; Kwan 1999b; Wyly 1999; Waddell 2001; Ory *et al.* 2004).

Enfin, les possibilités de navettage et les contraintes à l'appariement sont si nombreuses et leur imbrication est si complexe qu'il est impossible pour tous les travailleurs de faire le choix qui leur est le plus profitable. La complexité du processus de décision (figure 3.4) force l'introduction d'un élément aléatoire, modélisé sous forme de probabilités. À ce titre, l'introduction de notions de psychologie cognitive a permis l'intégration d'une structure de choix hiérarchique (*nested logit models*) qui identifie une séquence dans la décision : la recherche est d'abord locale puis métropolitaine, la localisation de l'emploi est déterminée avant le mode de transport, etc. (Torrens 2000). Il est aussi possible de paramétrer la débrouillardise, l'imitation ou le manque d'information du travailleur (McFadden 2001).

Figure 3.4 Les éléments de la théorie du choix



Traduit de McFadden (2001), p.28.

Malgré ces avancées, certains auteurs (dont Srinivasan 2002) considèrent que les RUM ne peuvent intégrer la dimension géographique de façon adéquate, les indicateurs étant trop imprécis. En plus de considérations culturelles et urbanistiques, la dimension géographique doit être doublée d'un important volet temporel : tous les lieux n'offrent pas la même accessibilité à toutes les heures (Weber et Kwan 2002). Néanmoins, les RUM fournissent un cadre théorique décrivant comment les travailleurs sélectionnent résidence, travail et navette parmi un large ensemble d'options de navettage. Ce faisant, ils offrent une théorie de la relation entre la forme urbaine et la distance de navettage.

3.1.4 Modèles monocentriques

Plusieurs chercheurs se sont intéressés à la relation entre la structure de navettage et la forme urbaine modulée par les contraintes de mobilité et de compatibilité (Hoyt 1939; Clark 1951; Moses 1962; Alonso 1964). Ils ont développé des modèles d'organisation spatiale de la ville reposant sur un petit nombre de postulats. En réduisant la complexité de la ville à quelques relations, ces modèles nous permettent d'y voir un peu plus clair dans les relations entre les caractéristiques des travailleurs, leur mobilité, l'organisation spatiale des activités économiques et la dynamique urbaine.

Afin de faciliter la compréhension, les premiers de ces modèles s'intéressent à la ville théorique la plus simple qui soit : une ville monocentrique établie sur une plaine homogène et dont la totalité des emplois est localisée au centre. Dans cette sous-section, nous révisons les modèles dits « monocentriques ». Ce faisant, nous supposons, à l'instar des modélisateurs interpellés, que la localisation résidentielle est le résultat d'un choix maximisant l'utilité pour des travailleurs aux contraintes inégales. Comme les emplois sont fixés au centre-ville, les contraintes au navettage déterminent la géographie résidentielle de la ville monocentrique.

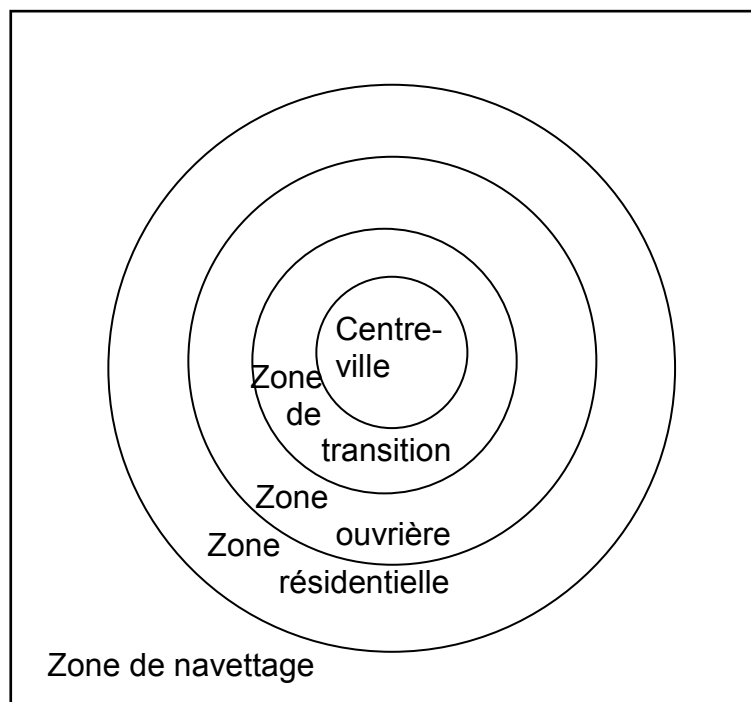
Ironiquement, les modèles monocentriques de la ville trouvent leur origine dans un modèle d'organisation de l'espace rural, celui de Von Thünen (1826). Ce modèle s'intéresse à la localisation de la production agricole en fonction de la distance à un marché ponctuel : une ville. Étant donné que seuls les coûts de transport des marchandises sont considérés, il apparaît que les différentes activités agricoles constituent une série de cercles concentriques, centrés sur la ville. Ainsi, les produits dont le transport est dispendieux par rapport au prix de vente (disons les patates) seront localisés plus près de la ville que les autres produits (disons le blé).

Ce modèle est transposable au problème du navettage dans la mesure où la minimisation des coûts de transport constitue une forme d'utilité économique. Ainsi, il peut être suggéré que la localisation des travailleurs par rapport au centre-ville est déterminée par leur capacité à se déplacer, par leur mobilité. C'est ce que fait Alonso (1964) dans un modèle, évoqué à la sous-section 1.4.2, où les travailleurs les plus mobiles peuvent étendre leurs options résidentielles vers la périphérie, profitant du coup de frais de logement moins élevés. Ce modèle repose sur un cadre économétrique rigoureux dont nous éviterons ici les détails. Ce qu'il importe de retenir est que la mobilité des travailleurs est associée à leur localisation résidentielle : pour maximiser leur utilité (minimiser les frais combinés de logement et de déplacements), les travailleurs éloignent le plus possible leur résidence de leur emploi, dans la mesure où leur mobilité le permet.

La concentricité de la géographie résidentielle trouve aussi écho dans les modèles sociologiques de croissance urbaine associés à l'École de Chicago (Burgess 1925). Le modèle classique est composé de cinq zones concentriques : le *centre-ville* et la *zone de transition* où se localise le gros de l'activité économique, les usines et les taudis; la *zone ouvrière* où résident les travailleurs qui choisissent la proximité à l'emploi; la *zone résidentielle* réservée aux familles; et la *zone de navettage* où les distances domicile-travail dépassent la demi-heure (Figure 3.5). Selon Burgess, la dynamique métropolitaine entraîne la croissance de la métropole—c'est-à-dire l'extension du cercle—et les zones sont constamment amenées à se repousser suivant un processus d'invasion/succession.

La relation bilatérale entre la forme urbaine et les comportements de navettage est abordée dans le modèle de Burgess. Elle l'est aussi dans le modèle de Hoyt (1939) selon lequel la croissance urbaine n'est pas que concentrique, elle est aussi radiale. Selon Hoyt, la métropole est composée de plusieurs quartiers spécialisés qui sont amenés à croître avec le reste de la ville. Ils le font de manière radiale, en gardant le même angle par rapport au centre-ville. Par exemple, un quartier aisé est un secteur du cercle métropolitain allant du centre jusqu'à la périphérie. Ce faisant, ses résidents ont accès à tous les usages du sol (centre-ville, résidences, travail, commerce) dans un seul et même secteur : leurs navettes en sont forcément radiales. Ainsi, l'histoire de la métropole détermine la localisation résidentielle et le navettage au même titre que la distance au centre (Scott 2002).

Figure 3.5 La croissance de la ville

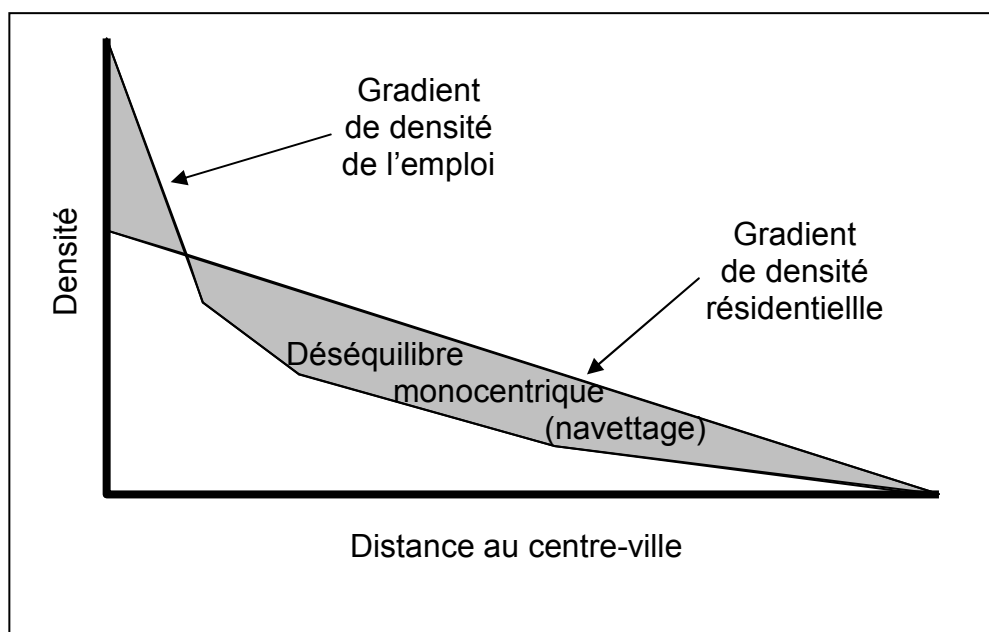


Traduit de Burgess (1925), p.51.

Les modèles monocentriques réfèrent aussi à l'idée de gradient de densité selon laquelle la densité urbaine diminue avec la distance au centre (Clark 1951). Ce gradient, qui, d'une certaine manière, est un indicateur de la demande foncière, explique le fait que les terrains sont moins dispendieux à la périphérie (Anas *et al.* 1998). Le concept de gradient de densité a permis de « relaxer » le postulat selon lequel tous les emplois sont localisés au centre. Hamilton (1982) propose en effet que la densité des emplois suit un gradient monocentrique et que ce gradient est plus abrupt que celui de la densité résidentielle. Selon cette conception, le navettage est une conséquence de l'écart entre ces deux gradients (Figure 3.6). Toujours selon cette conception, le navettage est d'autant plus long que les deux gradients sont différents. Nous y reviendrons (4.1.1).

Ainsi, il existerait une association entre l'étalement urbain et la distance de navettage : l'étalement urbain—qui signifie l'étirement des gradients—amènerait forcément un étirement des navettes. Comme l'extensivité du territoire métropolitain est corrélée à la taille urbaine, il s'en suit que la distance de navettage est d'autant plus longue que la métropole est importante en population et en superficie. Cette association est encore plus forte si l'on considère le temps de navettage et, inéluctablement, le niveau de congestion. Elle constitue le principal argument des promoteurs de la ville compacte telle que décrite à la sous-section 2.3.2. Malgré certaines réserves, ces observations sont généralement vérifiées (Newman et Kenworthy 1989; Levinson et Kumar 1997; Newman et Kenworthy 1999).

Figure 3.6 Explication monocentrique du navettage



La simplicité des modèles monocentriques a fortement contribué à étendre l'ampleur et la longévité de leur influence. Depuis quelques années, cependant, leur popularité a suscité de nombreuses critiques dans le monde de la recherche. On leur reproche notamment de biaiser le regard du chercheur, qui voit trop de monocentricité là où il n'y en a pas (Gordon et Wong 1985; White 1988; Dear 2002). Mais bien que ces critiques soient généralement fondées—nous verrons à la sous-section suivante qu'une conception polycentrique est plus enrichissante—le modèle monocentrique demeure une bonne approximation du marché de l'emploi métropolitain et en facilite grandement la lecture. Ses représentations théoriques ont permis d'éclairer, d'une part, le rôle des contraintes de mobilité et de compatibilité dans la géographie résidentielle et les comportements de navettage et, d'autre part, les relations entre le gradient de densité, la taille urbaine, l'étalement urbain et la distance de navettage.

3.1.5 Modèles polycentriques

Les « vraies » métropoles comptent évidemment plus d'un centre. Outre le centre-ville, autour duquel s'organise généralement l'ensemble métropolitain, la métropole est aussi constituée de regroupements résidentiels (quartiers ethniques, quartiers aisés, etc.) et commerciaux (centres commerciaux, rues commerciales), de pôles d'emplois, de lieux de culte, etc. Ces multiples centralités polarisent l'activité urbaine et les déplacements qui la soutiennent.

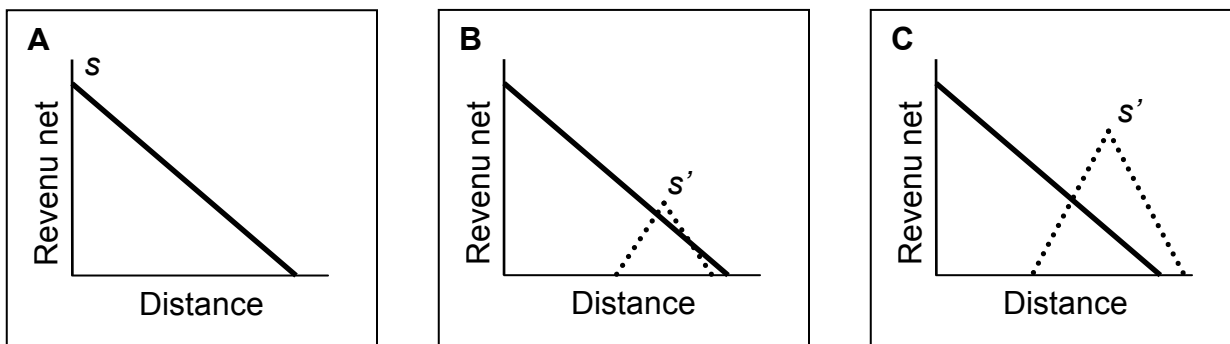
Les modèles théoriques ne sont pas appropriés pour fournir des explications quant aux noyaux associés à des accidents historiques, dont l'existence n'est pas en lien avec le développement métropolitain général (incorporation de villages, particularités topographiques, etc.). Par contre, ils se révèlent particulièrement efficaces quand vient le temps d'analyser la formation des noyaux directement associés à la croissance métropolitaine et au processus général de morphogenèse urbaine. Sans revenir sur tous les détails exposés à la section 1.2, il est ici utile de rappeler que la ville est structurée par un processus complexe qui implique l'agglomération, la ségrégation et la connexion (Vance 1990). Ainsi, ses composantes les plus fortement associées seront fermement liées par la coprésence ou la connexion spatiale. Ce faisant, elles se

concentrent et se dispersent au gré de leurs affinités. Il en résulte un tissu complexe, composé d'une multitude de regroupements imbriqués les uns dans les autres.

Quant aux regroupements résidentiels et aux pôles d'emploi, ils sont reliés par le navettage. Comme nous l'avons décrit à la sous-section 1.2.3, eux aussi peuvent se comprendre en termes de concentration et de dispersion. Mais, dans ce cas précis, les termes de concentration, congestion et éclatement seraient plus appropriés. En effet, la réflexion théorique amène à penser que la proximité des emplois et des résidences, tolérable dans les petites agglomérations, devient de plus en plus difficile au fur et à mesure que progresse la taille urbaine. Une fois un certain seuil de congestion atteint, le centre éclate en une constellation hiérarchisée de pôles d'emplois juxtaposés de bassins de main d'œuvre (Scott 1988).

Cette chaîne concentration-congestion-éclatement se trouve explicitée dans les conceptualisations polycentriques de Moses (1962) et Allen (1997). Moses part de l'idée que tous les emplois sont localisés au centre-ville alors que les travailleurs résident autour de ce centre. Toutes choses étant égales par ailleurs, le revenu net du travailleur correspond au salaire distribué au centre-ville moins les coûts de navettage. Ainsi, dans la ville monocentrique pure, le revenu net du travailleur décroît avec la distance au centre (Figure 3.7a). Dans ce contexte, un employeur se délocalisant en périphérie peut offrir un salaire moindre au travailleur « périphérique » qui l'acceptera parce que son revenu net sera plus élevé (Figure 3.7b). Cependant, comme la densité résidentielle est moindre en périphérie, cet employeur devra élever le salaire offert s'il doit satisfaire d'importants besoins de main d'œuvre (3.7c).

Figure 3.7 Le modèle de Moses



Adapté de Moses (1962).

A Tous les emplois sont concentrés au centre-ville et versent un salaire s . Le revenu net, qui correspond au salaire s moins les coûts de navettage, est inversement proportionnel à la distance. **B** Des emplois suburbains versent un salaire s' inférieur au salaire métropolitain. Cependant, les travailleurs qui résident à proximité de ces emplois ont avantage à opter pour ces derniers dans la mesure où ils correspondent à un revenu net plus élevé. **C** Pour augmenter sa capacité à « capter » les travailleurs locaux, l'employeur suburbain doit verser un salaire plus important.

En examinant les relations entre le navettage, la densité et le salaire, ce modèle démontre que les activités économiques, qui cherchent à maximiser l'accès à la main d'œuvre tout en minimisant les salaires versés, ne se localisent pas forcément au centre de l'agglomération. Il démontre aussi que les pôles d'emploi de grande taille devront verser de plus importants salaires pour compenser les coûts de navettage (Timothy et Wheaton 2001). Enfin, et c'est ce qui nous intéresse particulièrement ici, il démontre l'avantage à la décentralisation de l'emploi et à la création de centres suburbains. En effet, si les emplois demeurent centralisés malgré la croissance métropolitaine, les salaires versés devront

être toujours plus élevés jusqu'à un seuil où plus aucune augmentation n'est possible. À ce moment, la métropole stagne à moins que l'emploi se décentralise et que la métropole se « polycentrise ».

Quant à Allen (1997), son analyse théorique de la polycentricité ne repose pas sur une modélisation économétrique mais sur un automate cellulaire. Sa ville est une grille de cinquante cellules. Au temps zéro, chaque cellule compte 66 habitants. Ces habitants sont encouragés à « déménager » de cellule pour maximiser leur utilité qui ne dépend que de la productivité de la cellule. Cette productivité est déterminée par la présence de certaines « fonctions », qui sont de quatre types : la première représente les emplois « banaux » (essentiellement le commerce de détail) qui se localisent où habitent les travailleurs; la quatrième représente des emplois hautement spécialisés (comme des emplois de gestion et de finance) qui ne peuvent apparaître que dans les cellules les plus peuplées et qui génèrent beaucoup d'emploi; les deux autres fonctions sont des intermédiaires entre ces cas limites. Les fonctions du quatrième type engagent un processus de polarisation de l'emploi et de la population. En effet, elle demande un certain niveau de concentration pour apparaître mais une fois apparues, elles génèrent plus d'emplois et attirent plus de population. Les cellules à l'intérieur desquelles ces fonctions se localiseront montreront une croissance soutenue et exponentielle. Cependant, Allen a introduit dans le modèle des déséconomies d'agglomération (congestion, promiscuité, pollution) qui font en sorte que les cellules trop peuplées perdent en productivité. À chaque itération, les travailleurs sont donc amenés à déménager afin de se maximiser leur utilité.

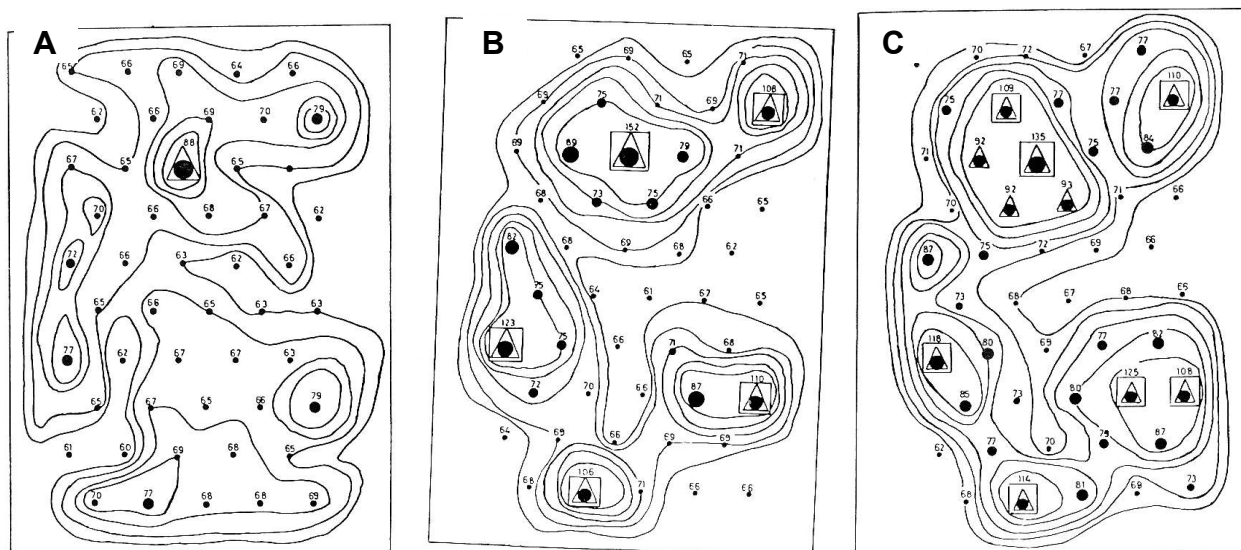
Certains résultats de ces simulations sont illustrés à la figure 3.8. Après seulement quatre itérations (3.8a), six cellules sont assez importantes pour soutenir des fonctions de niveau 2 dont la plus grande (avec 88 habitants) abrite aussi des fonctions de niveau 3. Ces cellules formeront les noyaux du système urbain et regrouperont les fonctions supérieures en plus d'attirer les travailleurs et, éventuellement, d'être associées aux déséconomies d'agglomération. À l'itération 20, cinq cellules combinent effectivement les quatre fonctions (3.8b). Elles exercent une influence sur les cellules avoisinantes et forment des « plateaux suburbains » où résident les travailleurs et où des services de second niveau s'établissent. Après 46 itérations, les « cellules centres », toujours importantes, se sont dé-densifiées au profit des cellules avoisinantes (3.8c). Il y a donc émergence de pôles suburbains, analogues à des *edge cities*, qui bénéficient de la densité locale. Le système urbain est alors composé de six villes multipolaires dont la plus importante compte six cellules : un centre de 122 habitants (il en a déjà compté 152) et cinq sous-centres comptant entre 80 et 98 habitants.

Bien que le modèle de Allen demeure simple dans ses principes, il mène vers des structures complexes suivant des trajectoires organisées mais imprévisibles dans les détails. Il décrit comment les tensions entre économies et déséconomies d'agglomération font émerger des systèmes polycentriques. Ce faisant, il démontre que la polycentricité témoigne de l'adaptabilité du phénomène urbain, de sa capacité à trouver le « juste milieu » entre, d'une part, la concentration, la productivité et la congestion et, d'autre part, la dispersion, l'éloignement et la connexion. Il démontre que la croissance métropolitaine ne peut être soutenue par le modèle monocentrique, il démontre que pour se poursuivre, la métropole doit s'adapter au modèle polycentrique où l'interaction est maximisée à l'intérieur des noyaux et entre ces noyaux. Selon ce modèle, la polycentricité redistribue les déséquilibres travailleurs/emplois et fait en sorte que la longueur des navettes demeure raisonnable.

Pour Gordon *et al.* (1991), cette adaptation se ferait spontanément, la congestion encourageant la décentralisation et la polynucléarisation des emplois et des résidences. Ce processus serait soutenu par les choix individuels des entreprises et des travailleurs qui voient dans la relocalisation spatiale un moyen de maximiser leur utilité. Même Newman et Kenworthy (1999), pourtant farouches opposants à l'étalement urbain, reconnaissent que la croissance urbaine, à l'image de la

maturation d'un écosystème, implique la complexification systémique et, quand le contexte culturel le permet, la progression de l'efficacité systémique. Pour Levinson et Kumar (1997), la polynucléarisation est, comme la densification monocentrique, une réaction du marché pour maintenir les coûts d'interaction sous un seuil respectable. Ces réactions sont successives, la densification monocentrique précédant la polynucléarisation.

Figure 3.8 Le modèle de Allen



- Centre avec des emplois de type 1
- Centre avec des emplois de types 1 et 2
- ▲ Centre avec des emplois de types 1, 2 et 3
- ▲ Centre avec des emplois de types 1, 2, 3 et 4

Tiré de Allen
(1997), pp.48-51.

Pour revenir au schéma de la figure 3.3, les choix de navettage encouragent des ajustements dans les infrastructures de transport et dans l'organisation économique métropolitaine, changements qui, répercutés dans la forme urbaine, offrent de nouvelles possibilités de navettage. Tel qu'illustré à la figure 3.3, les modèles présentés dans cette sous-section reposent sur le caractère dynamique (la rétroactivité) de la relation entre la forme urbaine et le navettage et sur la théorie du choix rationnel.

3.1.6 Conclusion : les structures de la complexité

Nous avons vu dans cette section que la relation entre la forme urbaine et le navettage est très complexe. Elle l'est parce qu'elle n'agit pas en vase clos. En fait, elle s'inscrit dans le cadre beaucoup plus large du système urbain, de ses infrastructures de transport, de ses économies d'agglomération, de sa congestion, des comportements individuels et des normes sociales (Taaffe *et al.* 1996). Mais malgré son incommensurable complexité théorique, certaines tendances ressortent et certaines chaînes causales sont identifiées (Torrens 2000; McFadden 2001).

Nous avons vu que cette relation est bilatérale et rétroactive : la forme urbaine influence le navettage et *vice versa*. Nous avons aussi vu que cette relation s'opère par une série de « choix sous contraintes », déterminés parmi un ensemble de « possibilités de navettage ». Ces principes, appliqués dans des modèles réducteurs, ont permis de mieux comprendre la relation entre la forme urbaine et le navettage. Les modèles monocentriques ont montré comment les caractéristiques propres aux travailleurs et aux employeurs les amènent à faire des choix spécifiques quant à leur localisation spatiale. Ils ont permis de démontrer que ces différents choix, compris en termes de gradient de densité, font que, dans une ville purement monocentrique, la croissance urbaine est inexorablement accompagnée de l'augmentation des distances de navettage. Les modèles polycentriques ont quant à eux permis de démontrer que les choix individuels, qui vacillent entre la concentration et la dispersion, mènent au développement de la ville multipolaire. Ils ont démontré que la polycentricité est un support à la croissance métropolitaine, qu'elle maintient la distance de navettage à un niveau raisonnable. En somme, l'analyse théorique de la relation entre la forme urbaine et le navettage fait ressortir certaines structures malgré sa grande complexité.

3.2 ANALYSES EMPIRIQUES

Dans cette section, nous résumons les analyses empiriques de la relation entre la forme urbaine et la distance de navettage. Comme nous l'avons vu à la section précédente, cette relation est complexe. Son analyse empirique est délicate et les résultats sont souvent contradictoires (Levinson et Kumar 1997; Meurs 2003; Schwanen *et al.* 2004). Certaines analyses amènent à penser que la relation est forte (Handy 1996; Levinson 1998; Shen 2000; Dieleman *et al.* 2002; Sultana 2002), voire déterminante (Newman et Kenworthy 1989 et 1999). D'autres suggèrent que la forme urbaine ne montre qu'une association négligeable avec la distance de navettage, par rapport à d'autres facteurs comme les caractéristiques individuelles (Giuliano et Small 1993; Wachs *et al.* 1993; Hanson et Schwab 1995; Levinson et Kumar 1997; Schwanen *et al.* 2002; Schwanen *et al.* 2004). Ces ambiguïtés font en sorte que les politiques d'aménagement sont difficiles à formuler (Shen 2000; Dieleman *et al.* 2002; Meurs 2003; Pouyanne 2004).

Deux principales raisons expliquent cette confusion. La première est que ces différents travaux, bien qu'ils partagent leur intérêt pour le navettage et la forme urbaine, diffèrent généralement dans les termes utilisés. La deuxième est que leurs approches diffèrent en plusieurs points et de petits écarts méthodologiques peuvent mener à des résultats opposés.

Cette section est composée de cinq parties. Les deux premières portent sur les sources de confusion exposées au paragraphe précédent : les confusions conceptuelles (3.2.1) et les difficultés méthodologiques (3.2.2). Les trois sections suivantes résument les principaux résultats de recherche identifiés selon trois échelles d'analyses : l'échelle métropolitaine (3.2.3), l'échelle du quartier (3.2.4) et l'échelle locale (3.2.5).

3.2.1 Confusions conceptuelles

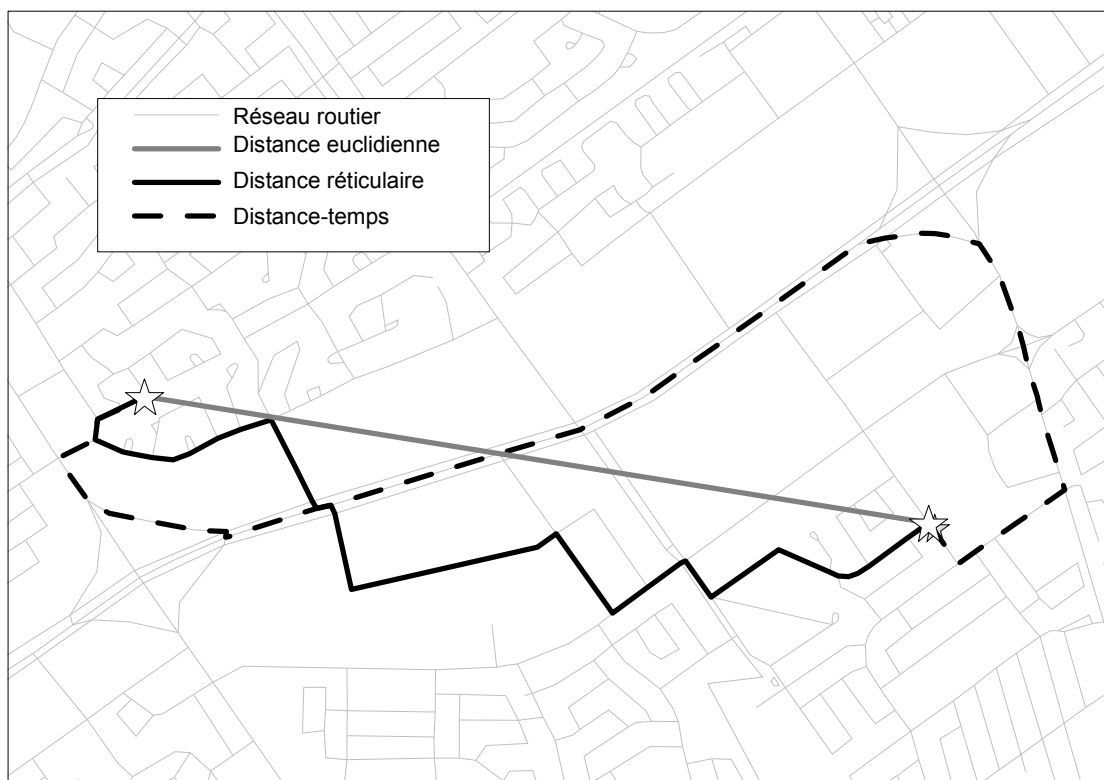
Les travaux empiriques qui s'intéressent à la relation entre la forme urbaine et le navettage supposent presque tous une relation causale directe selon laquelle la forme urbaine influence la structure et la distance de navettage. Cette situation s'explique probablement par le fait que la rétroaction du navettage vers la forme urbaine est plus difficile à saisir, notamment parce qu'elle ne peut être appréciée que sur le long terme (Giuliano 1995). Mais quelle que soit l'explication, l'hypothèse d'une causalité de la forme urbaine vers le navettage amène les chercheurs à considérer le navettage comme la variable dépendante et la forme urbaine comme la variable indépendante de leurs modèles (Handy 1996). Or, dans ces

travaux, la (les) variable(s) dépendante(s) comme la (les) variable(s) indépendante(s) sont définies de différentes façons. Ces confusions conceptuelles forment l'une des explications aux contradictions des résultats : on ne compare pas exactement les mêmes choses. Dans cette sous-section, nous voyons d'abord les différentes définitions possibles du navettage (variable dépendante) avant de nous intéresser aux différentes définitions de la forme urbaine (variable indépendante).

NAVETTAGE

Selon l'objectif de la recherche et les données disponibles, le navettage peut être défini comme une distance moyenne, un temps moyen, un mode de transport ou une quantité de gaz à effet de serre émise (Cervero 2002 et 2003). Par surcroît, la distance et le temps peuvent faire l'objet de plusieurs mesures (Apparicio *et al.* 2003; Charron et Shearmur 2005b). La distance moyenne peut être métrique (comme dans le cas de la distance euclidienne, i.e. la distance à vol d'oiseau) ou réticulaire (le chemin le plus court sur un réseau). Quant au temps de navettage, il peut être mesuré par des simulations effectuées par ordinateur, par expérience (auto-déclaré par le travailleur ou relevé par des « voitures flottantes ») ou par analyse de réseau (en imputant une vitesse aux segments lors du calcul du chemin le plus court sur un réseau).

Figure 3.9 Distances et temps de navettage



Les trajectoires empruntées, et les valeurs conséquentes, varient selon la mesure de la distance. La distance euclidienne est la plus courte, elle relie directement les deux points. En se conformant aux possibilités du réseau routier, la distance réticulaire est plus longue. D'un point de vue géométrique, la distance-temps est la plus longue. En effet, elle implique, dans cet exemple, un détour par une autoroute.

Bien que ces différentes mesures amènent inévitablement des valeurs différentes, il apparaît que les valeurs de distance euclidienne, réticulaire et de temps (hors pointe) en automobile sont très fortement corrélées, du moins à l'échelle métropolitaine à laquelle sont réalisées la plupart des études portant sur le navettage (Charron et Shearmur 2005b). Les corrélations sont toutefois moins fortes si l'on considère les temps en transport en commun (dont l'offre est très inégale) ou les temps en automobile à l'heure de pointe. Les écarts sont particulièrement importants entre ces deux dernières mesures : le transport en commun est généralement plus rapide sur les trajets très fréquentés et aux heures d'achalandage (moins d'attente) alors que le contraire s'applique à l'automobile (plus de congestion). En fait, chaque mesure est représentative d'un « univers » de distance particulier (ibid.). Si ces univers représentent des réalités vécues, leur multiplicité complique la mesure du navettage.

De plus, ces mesures diffèrent quant à leur interprétation. Ainsi, la quantité de gaz à effet de serre émise est la mieux adaptée à l'étude des impacts environnementaux du navettage (Cervero 2002) alors que le temps de déplacement est le mieux adapté à l'étude des comportements de navettage (Gordon *et al.* 1991; Schwanen *et al.* 2002). Cette dernière proposition n'est cependant pas toujours vérifiée et la distance réticulaire pourrait être la plus appropriée pour l'analyse du navettage (Charron et Shearmur 2005b). La distance euclidienne et le mode de transport constituent des indicateurs moins précis mais le faible coût de leur mesure représente un avantage concret. En plus, l'utilisation de la distance et du mode permet d'éviter la double analyse des déplacements en voiture et en transport en commun qu'impose l'utilisation du temps de déplacement (Levinson 1998; Lévy 2004). En somme, les différentes mesures du navettage présentent chacune des avantages et des inconvénients ce qui fait qu'elles sont toutes utilisées et que la comparaison des résultats est délicate.

Enfin, il est important de souligner que plusieurs études traitent de l'ensemble des déplacements intra-métropolitains alors que d'autres se concentrent sur les déplacements domicile-travail et que certains y ajoutent les déplacements de motif scolaire (comme Pouyanne 2004). Ces écarts fragilisent encore la comparaison des résultats.

FORME URBAINE

Comme nous l'avons décrit à la sous-section 1.4.1, la forme urbaine peut elle-aussi prendre plusieurs définitions. Pour nous, comme pour la plupart des travaux empiriques s'intéressant à la question, elle se définit comme la localisation relative des lieux de résidence et des lieux de travail. Mais cette « localisation relative » peut être mesurée de différentes façons. En fait, différentes caractéristiques morphologiques et urbanistiques de la forme urbaine influencent le navettage, chacune à sa manière (Handy 1996). Ainsi, il est possible d'analyser l'association entre la distance de navettage et la taille urbaine, la densité, la « structure urbaine », l'accessibilité, la mixité fonctionnelle, les infrastructures de transport et de design urbain. Ces caractéristiques peuvent elles-mêmes faire l'objet de plusieurs mesures.

La taille urbaine peut être mesurée comme la population, le nombre d'emploi ou la superficie de l'ensemble métropolitain. Ces valeurs, comme la plupart des mesures de la forme urbaine, sont particulièrement sensibles à la définition de la région métropolitaine : plus la définition est « permissive », plus la région sera peuplée et étendue. La taille urbaine influence la distance de navettage en ce que les régions métropolitaines les plus étendues et les plus peuplées offrent plus de possibilités de longues navettes. Cependant, la grossièreté de cette mesure en fait généralement un mauvais indicateur de la forme urbaine dans le cadre des analyses sur le navettage (Newman et Kenworthy 1989). La taille urbaine peut aussi être mesurée en termes relatifs, comme des taux de croissance. Dans ce cas, on suppose qu'une forte croissance est associée à l'allongement des navettes (Levinson et Kumar 1997; Schwanen *et al.* 2004).

La densité est généralement mesurée en termes d'emplois, de résidents ou de travailleurs par unité de superficie. La mesure de la densité est fortement influencée par l'échelle d'analyse. À l'échelle métropolitaine, elle est indissociable de la taille urbaine : pour une même superficie, la densité est d'autant plus importante que la taille est grande et vice versa (Levinson et Kumar 1997). Dans une optique monocentrique, la densité est aussi mesurée en termes de gradients de densité (Torrens et Alberti 2000). Au niveau intra-métropolitain, suivant la logique des gradients de densité, elle est fonction de la distance au centre-ville. Quant à sa relation avec le navettage, elle est ambiguë (Levinson et Kumar 1997). Une forte densité signifie une plus grande proximité physique générale (et de courtes navettes) mais signifie aussi une plus importante congestion et, conséquemment, d'importants temps de déplacement.

Mais la densité est inégalement répartie à l'intérieur même de la métropole et la monocentricité ne peut expliquer ces inégalités à elle seule. La forme urbaine peut aussi se mesurer en termes de structure urbaine, c'est-à-dire par l'analyse de l'organisation intra-métropolitaine de la densité. La mesure de la structure urbaine est plus problématique que celle la taille urbaine ou de la densité (Torrens et Alberti 2000). Le plus souvent, elle est comprise comme polycentricité et, suivant l'hypothèse de la co-localisation (Gordon et Wong 1985), l'on suppose que plus la métropole comprend de centres, plus le navettage y est court. Pour vérifier cette hypothèse, on compte les noyaux intra-métropolitains. Ainsi, Levinson et Kumar (1997) utilisent le nombre de *edge cities* identifiées par Garreau (1991) dans les différentes régions métropolitaines qu'ils étudient. D'autres travaux mesurent le degré de polycentricité en attribuant arbitrairement aux zones une qualité de « monocentrique » ou de « polycentrique » découlant d'une analyse des structures municipales (Dieleman *et al.* 2002; Schwanen *et al.* 2002; Schwanen *et al.* 2004). L'accessibilité et la mixité fonctionnelle, que nous verrons dans les lignes qui suivent, représentent encore d'autres façons de mesurer la structure spatiale intra-métropolitaine.

L'accessibilité, i.e. la capacité des travailleurs à atteindre les emplois, peut aussi être mesurée de plusieurs façons (Kwan et Weber 2003). L'idée générale est d'obtenir un indicateur global de l'accessibilité métropolitaine et de vérifier si la valeur de cet indicateur est associée à la distance des navettes. On juge alors qu'une plus grande accessibilité allonge la navette parce qu'elle étend l'ensemble des possibilités de navettage. La mesure de l'accessibilité peut reposer sur la définition d'une zone tampon de valeur arbitraire (par exemple trente minutes ou dix kilomètres) à l'intérieur de laquelle toutes les options de navettage sont jugées accessibles (Torrens et Alberti 2000). Elle peut aussi être mesurée à l'aide du modèle gravitaire. Ce modèle comprend plusieurs paramètres et peut ainsi amener différentes valeurs selon les choix du chercheur (Van Wee *et al.* 2001). Ces valeurs individuelles sont par la suite agrégées dans un indice métropolitain. Pour les analyses intra-métropolitaines, il est possible de définir des accessibilités locales et de vérifier leur association au navettage (Shen 2000). Cette agrégation implique cependant une grande perte d'information puisqu'il est suggéré que l'accessibilité est déterminée davantage par les caractéristiques individuelles que par la forme urbaine (Kwan et Weber 2003; Weber et Kwan 2003). En fait, l'accessibilité dépend à la fois une caractéristique de la forme urbaine et de la mobilité des travailleurs.

La mixité fonctionnelle représente la diversité locale des fonctions économiques ou, autrement dit, la présence locale d'emplois et de résidences. Il est supposé que plus les quantités d'emplois et de résidences disponibles localement sont équilibrées, plus les navettes sont courtes. C'est le principe du *Jobs-Housing Balance* (Cervero 1986), déjà évoqué à la section 2.3.3. La mesure de la mixité fonctionnelle dépend aussi de l'échelle d'analyse (Horner et Murray 2002). Selon l'approche monocentrique (telle que décrit à la sous-section 3.1.4), il est possible de mesurer le déséquilibre fonctionnel comme la différence entre les gradients de résidence et d'emploi (Charron 2006). Une analyse intra-métropolitaine plus précise peut mesurer la mixité fonctionnelle par l'indice de dissimilarité et ses variantes (*ibid.*) ou par une procédure

d'optimisation (Giuliano et Small 1993). Nous y reviendrons plus amplement aux chapitres qui suivent puisque ces concepts sont centraux à notre méthodologie. Enfin, il importe de mentionner que la mesure de la mixité fonctionnelle peut dépasser le simple ratio travailleur/emplois (Sultana 2002). En effet, les contraintes de compatibilité font en sorte qu'un lieu de résidence ne peut pas nécessairement être attribué à n'importe quel lieu de travail : en général, un caissier dans un petit commerce ne peut résider dans un manoir.

Tel que décrit à la sous-section 3.1.1, les infrastructures de transport, par lesquelles sont réalisées les navettes, définissent directement la forme urbaine, c'est-à-dire la localisation relative des lieux de résidence et des lieux d'emploi. Mais en plus de modifier les modalités de l'accessibilité, ces infrastructures orientent fortement le choix modal de la navette : les comportements de navettage sont évidemment affectés par l'efficacité de la desserte en transport en commun ou par l'importance de la congestion automobile (Levinson et Kumar 1997; Dieleman *et al.* 2002). C'est pourquoi certains chercheurs incluent des variables représentant ces infrastructures dans leur analyse du navettage : pourcentage des navettes effectuées en transport en commun, présence d'un métro, niveau de congestion, etc.

Enfin, certains auteurs suggèrent que la distance de navettage peut être influencée par les caractéristiques du design urbain, principalement la trame de rue. Certaines configurations décourageraient les longs déplacements. Ces considérations urbanistiques sont cependant difficiles à quantifier (Torrens et Alberti 2000). Certains auteurs y arrivent en calculant la densité de rues, de « cul-de-sac », d'intersections (Srinivasan 2002) ou par la taille des îlots résidentiels (Krizek 2003).

En somme, distance de navettage et forme urbaine font l'objet de plusieurs mesures et ces différences compliquent la comparaison des résultats. La confusion est d'autant plus importante que les travaux s'intéressant à la question incluent généralement un nombre important de variables dans leurs modèles, ce qui brouille le rôle spécifique que joue chacune des variables dans l'association statistique entre distance de navettage et forme urbaine. De plus, les différentes mesures de forme urbaine sont parfois regroupées en indices composites, comme le fait Krizek (2003) en utilisant les scores factoriels d'une analyse regroupant douze mesures de forme urbaine.

3.2.2 Difficultés méthodologiques

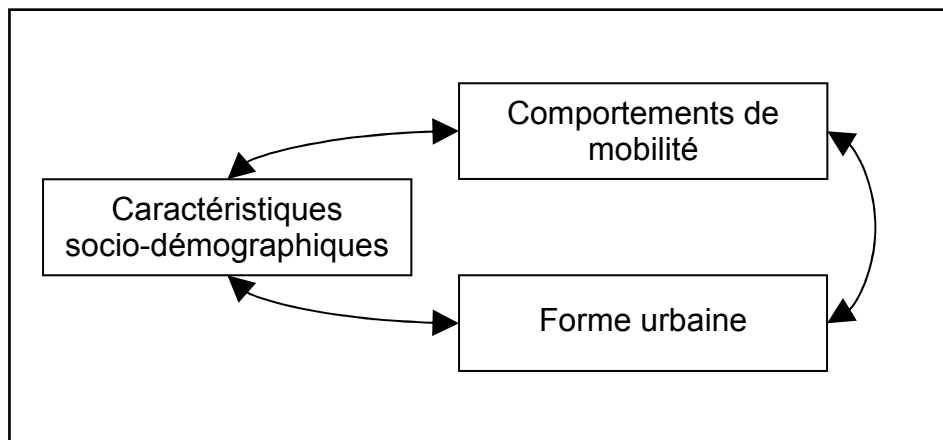
En plus de la confusion conceptuelle, les résultats de l'analyse de la relation entre la forme urbaine et le navettage diffèrent pour des raisons techniques et méthodologiques (Shen 2000, Schwanen *et al.* 2004). Une des principales sources de complication méthodologique concerne les caractéristiques individuelles. Il est bien admis, nous l'avons déjà dit, que le comportement de navettage des travailleurs est sujet aux contraintes de mobilité et de compatibilité. Afin d'analyser la relation entre la forme urbaine et la distance de navettage, il serait donc utile d'isoler cette dernière des caractéristiques individuelles (Boarnet et Crane 2001). Ainsi, les travaux portant sur la question incluent généralement deux « blocs » de variables indépendantes—un bloc « forme urbaine » et un bloc « caractéristiques du travailleur »—et mesurent leur impact respectif sur la variable dépendante, la distance de navettage (Shen 2000; Schwanen *et al.* 2002; Pouyanne 2004). Les modalités de cette séparation et le choix des variables amènent d'importantes variations méthodologiques d'une étude à l'autre.

De plus, l'isolement des blocs « forme urbaine » et « caractéristiques du travailleur » est tout sauf simple. Nous l'avons déjà vu à quelques reprises, les travailleurs et les emplois se positionnent dans l'espace métropolitain en fonction de leurs besoins. Autrement dit, les travailleurs font la forme urbaine par leurs choix résidentiels, l'activité économique fait la

forme urbaine dans sa quête de profit et la forme urbaine est intimement liée à l'évolution des besoins et des aspirations des travailleurs et des entreprises. Pour ce qui touche au navettage de manière plus spécifique, les travailleurs pour lesquels minimiser le temps de navettage est une nécessité seront attirés par des quartiers (voire des métropoles) où ils pourront travailler à proximité de leur résidence alors que les travailleurs pour lesquels le temps de navettage n'est pas prioritaire choisiront des lieux de travail et de résidence pour leurs propriétés intrinsèques, et non pour la distance qui les sépare (Wachs *et al.* 1993; Ory *et al.* 2004). Autrement dit, « 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 » (Pouyanne 2004, p.13).

Selon les termes de la littérature, il y aurait une « auto-sélection » des localisations résidentielles par les travailleurs : selon leurs valeurs et leur mobilité, les travailleurs choisissent entre les quartiers centraux et la banlieue, entre la proximité au transport en commun et la proximité à la « nature », etc. (Boarnet et Crane 2001; Cervero 2003; Krizek 2003). Cette auto-sélection montre encore une fois qu'il est impossible d'isoler la relation (entre la forme urbaine et la distance de navettage) des caractéristiques des travailleurs (Dieleman *et al.* 2002). Pour Pouyanne (2004), il s'agit d'un problème de causalité : « Il semble en effet difficile d'isoler clairement les déterminants des comportements de mobilité, dans la mesure où l'on est en droit de supposer que les deux types de facteurs de la mobilité ne sont pas séparés distinctement, mais en interaction réciproque. » (p.9) Pour résoudre ce problème, il développe un cadre conceptuel alternatif, celui de « l'interaction triangulaire » (figure 3.10).

Figure 3.10 L'interaction triangulaire



Tiré de Pouyanne (2004), p.15.

Selon ce schéma, les trois blocs sont associés par « des interactions complexes entre des caractéristiques individuelles, des caractéristiques de l'environnement, et ce que l'on cherche à expliquer, des comportements. » (p.15) Ce schéma nous ramène aussi à la complexité du navettage, à ses trois dimensions décrites à la section 1.4 (forme urbaine, mobilité et compatibilité) et aux boucles rétroactives décrites en début de chapitre. Bien qu'elle n'invalide pas la question de la relation entre la forme urbaine et la distance de navettage, qui constitue un enjeu d'aménagement, l'interaction triangulaire exprime les difficultés méthodologiques à circonscrire la relation et, conséquemment, à comparer les différents résultats. Devant la complexité et l'insolubilité de la question, chaque chercheur propose sa propre solution.

En plus de l'influence des caractéristiques individuelles, les différentes mesures de la forme urbaine—qui représentent, rappelons-le, des caractéristiques sensées avoir un impact spécifique sur la distance de navettage—sont très fortement associées entre elles. On parle alors de multicollinéarité entre les variables du bloc « forme urbaine » (Pouyanne 2004). En termes statistiques, la significativité de la relation entre la distance de navettage et une caractéristique de la forme urbaine (disons la densité) peut alors être gommée par l'association statistique entre la distance de navettage et une autre caractéristique de forme urbaine incluse dans l'analyse et qui lui est fortement corrélée (disons l'importance du transport en commun). Dans ce cas, il devient difficile d'interpréter dans quelle mesure le navettage est associé à la densité, au transport en commun ou à une combinaison de ces deux caractéristiques.

Le problème de multicollinéarité des caractéristiques de forme urbaine est illustré dans les modèles d'organisation des espaces urbains proposés par Lévy (2004) : le modèle d'Amsterdam et le modèle de Johannesburg. Ces modèles doivent être compris comme des idéaux-types dont les « oppositions se retrouvent pratiquement partout dans une très forte corrélation entre elles. Partout? Ici, il convient de bien comprendre que dans presque toutes les villes, les deux modèles sont plus ou moins présents dans telle ou telle partie de l'aire urbaine. » (p.167) Il poursuit en soulignant que le modèle d'Amsterdam est généralement associé au centre-ville, aux villes de grande taille et aux villes européennes alors que le modèle de Johannesburg s'observe dans les périphéries, les petites villes et en Amérique. Pour ce qui nous intéresse, les oppositions des modèles sont d'ordre morphologique. Le modèle d'Amsterdam, au contraire de celui de Johannesburg, est caractérisé par une forte densité, une forte continuité (peu d'espaces vacants), une forte accessibilité et une forte mixité fonctionnelle. Nous pourrions ajouter à cela un important système de transport en commun (Newman et Kenworthy 1999) et une forte congestion (Levinson et Kumar 1997). Densité, mixité, accessibilité et transport en commun—principales caractéristiques de la forme urbaine—sont ici considérés comme indissociables. Il est alors difficile de déterminer l'impact précis de chacune d'elle sur le navettage.

Outre les problèmes de l'interaction triangulaire et de la multicollinéarité des caractéristiques de la forme urbaine, la comparaison des résultats de l'analyse de la relation entre la distance de navettage et la forme urbaine se bute au problème de l'échelle d'analyse. En effet, les données de navettage (la localisation spatiale des résidences et des emplois) sont généralement agrégées pour des raisons techniques et de confidentialité alors que certaines variables de forme urbaine—en l'occurrence la densité et la mixité—ne peuvent que se rapporter à des zones. Ainsi, même lorsque les données individuelles sont analysées, les variables de forme urbaine sont agrégées : tous les travailleurs d'une même zone sont associés à la même densité et la même mixité. Or l'agrégation des données est nécessairement arbitraire, elle implique que certains choix soient faits à un moment ou à un autre de la structuration des données. Les différentes stratégies d'agrégation des données ajoutent alors une nouvelle source de confusion dans la comparaison des résultats. Le problème est que les résultats de l'analyse dépendent des choix d'agrégation. Cette difficulté, connue sous l'appellation de *Modifiable Areal Unit Problem* (Openshaw 1984), constitue aujourd'hui un champ de recherche très développé en analyse spatiale. Elle peut être divisée en deux volets : celui de la définition et celui de l'échelle (Horner et Murray 2002).

Le problème de la définition de l'agrégation se présente lorsque l'on compare des données collectées par deux organismes différents. Pour ce qui nous intéresse, les stratégies d'agrégation diffèrent selon que les données sont compilées par une municipalité ou un organisme statistique national; selon qu'elles sont compilées par le gouvernement canadien ou le gouvernement français; selon qu'elles sont compilées pour l'analyse des transports, pour l'analyse des grandes tendances socioéconomiques ou pour l'étude d'une particularité locale. Prenons l'exemple des États-Unis. Le U.S. Census Bureau compile des données sur le navettage : origine et destination de la navette; caractéristiques du travailleur.

Cependant, selon la région métropolitaine, ces données sont agrégées selon trois découpages (*census block*, *traffic analysis zone* et *census tract*) qui diffèrent par leur taille et par les principes de leur agrégation (U.S. Census Bureau 2005). La comparaison des régions métropolitaines est brouillée par l'inconstance de l'agrégation.

Le problème du MAUP concerne aussi l'échelle de l'analyse, qui est particulièrement difficile à résoudre lors de la mesure de la densité et de la mixité fonctionnelle. Pour la densité, on peut utiliser la densité de la région métropolitaine (dont il reste à définir les limites) ou les densités « locales » (il reste à définir ce qui est local). Pour Levinson et Kumar (1997), la densité métropolitaine est un substitut de sa taille alors que la densité locale est fonction de la distance au centre. Mais la véritable question quant à la définition des densités locales est de savoir où se termine l'environnement local qui influence le travailleur dans ses comportements spatiaux. La même question se pose quant à la mixité. En effet, plus la zone étudiée est importante, plus elle est mixte : une région métropolitaine, définie comme un marché d'emploi, compte, grosso modo, autant de travailleurs que d'emplois. Les déséquilibres emplois/résidence qui influencent la distance de navettage sont alors d'échelle locale. Mais de quelle échelle locale? Les zones trop petites (disons les îlots) sont toutes très déséquilibrées. L'échelle pertinente serait alors la « méso-échelle » qui correspond à une distance de navettage raisonnable (Sultana 2002). On comprend ici tout l'arbitraire de la définition de la méso-échelle.

Schwanen *et al.* (2004) règlent le problème de l'échelle en incluant toutes les échelles pertinentes (individuelles, locale, intermédiaire, métropolitaine) dans une même analyse multiniveau qui leur permet en plus de vérifier si les différentes échelles jouent un rôle complémentaire dans la détermination des distances de navettage. Ce type d'analyse s'applique aujourd'hui à toutes sortes de phénomènes mais comporte tout de même d'importantes limites. En effet, l'analyse multiniveau est particulièrement sensible aux paramètres fixés par le modélisateur et ses résultats sont difficiles à interpréter. Ce faisant, cette technique ne semble pas être en mesure de faciliter la comparabilité des résultats empiriques.

Finalement, en plus de tous ces problèmes techniques et méthodologiques de l'interaction triangulaire, de la multicolinéarité et du MAUP, les résultats des analyses de la relation entre la forme urbaine et le navettage sont limités par la disponibilité des données assez précises pour modéliser la complexité de la relation. Comme le fait remarquer Cervero (2002), il n'est pas possible de connaître la localisation précise de chaque travailleur en tout moment pas plus qu'il ne l'est de connaître l'ensemble des éléments qu'ils ont pris en considération dans leurs choix de navettage. Les données disponibles ne sont que très rarement collectées dans l'optique d'éclairer la relation entre la forme urbaine et la distance de navettage (Cervero 2003). Il est ainsi particulièrement difficile de fusionner des données sur les caractéristiques des travailleurs, sur les différentes facettes de la forme urbaine et sur les différentes mesures du navettage (distance, temps) parce que ces caractéristiques proviennent de bases différentes et, parfois, incompatibles (Dieleman *et al.* 2002; Srinivasan 2002; Vandermissen *et al.* 2003).

En somme, un nombre important de facteurs fragilise l'analyse comparative des résultats des travaux portant sur la relation entre le navettage et la forme urbaine. Cependant, nous croyons que ces limites n'invalident en aucun cas ce type de recherche. Au contraire, elles représentent un défi supplémentaire. Les confusions conceptuelles autour des définitions des variables de forme urbaine et de distance de navettage n'excluent pas les comparaisons. Elles invitent cependant à dévoiler explicitement ces définitions et les choix qui les accompagnent. Bien que les définitions influencent les résultats, elles mesurent des objets qui, malgré nos difficultés à les circonscrire, demeurent sensiblement les mêmes : distance et temps; densité et taille, etc. Enfin, les ambiguïtés conceptuelles encouragent la réalisation d'enquêtes standardisées, standardisation qui minimiserait les erreurs associées à la mesure des variables.

Au plan méthodologique, nous croyons que les problèmes de l'interaction triangulaire, de la multicollinéarité et du MAUP, bien qu'ils constituent des difficultés réelles, n'invalident pas les travaux sur la question. En effet, des palliatifs techniques existent ou peuvent être développés (Pouyanne 2004). Mais ce qui importe le plus est que la croyance dans l'existence de la relation entre la forme urbaine et la distance de navettage influence grandement la pratique de l'aménagement (chapitre 2). Malgré les nombreuses réserves, il est probable que cette croyance repose sur une relation réelle et l'ampleur des enjeux associés au navettage justifie la poursuite de l'exploration empirique, le développement de méthodes appropriées et la collecte de données précises.

3.2.3 Échelle métropolitaine : Taille, densité et congestion

Malgré les importantes réserves décrites aux sous-sections 3.2.1 et 3.2.2, certaines régularités ressortent des résultats sur l'analyse de la relation entre la forme urbaine et le navettage. Dans cette sous-section, nous résumons les principaux résultats observés à l'échelle métropolitaine. L'échelle métropolitaine correspond au niveau d'agrégation le plus élevé de l'analyse du navettage. Les variables dépendantes sont des moyennes métropolitaines et les variables indépendantes sont des caractéristiques qui s'appliquent à l'ensemble métropolitain. Ainsi, l'analyse à cette échelle est très grossière et exclut d'importantes variations intra-métropolitaines. Elle repose sur l'hypothèse que la structure métropolitaine influence la distance de navettage.

Bien qu'elle représente la caractéristique de la forme urbaine la plus facile à obtenir, la taille urbaine est de plus en plus délaissée dans l'analyse de la relation entre la distance de navettage et la forme urbaine. Cette situation s'explique probablement par le fait qu'elle constitue une caractéristique dont la relation avec le navettage est indirecte. En effet, bien qu'il semble logique que les métropoles les plus peuplées et les plus étendues offrent plus de possibilités de longues navettes (Schwanen *et al.* 2002 et 2004), il n'y a aucune raison de penser que ces possibilités seront exploitées. Ceci s'explique probablement en partie par le fait que la superficie métropolitaine est fortement tributaire de la définition de « l'aire urbaine ». Notons, à titre d'exemple, que la municipalité de Gaspé fait 1 352 km² alors que l'ancienne ville de Montréal n'en fait que 211 ou que les régions métropolitaines de Buffalo-Niagara Falls et de Las Vegas, de population comparable, font respectivement 4 104 km² et 67 780 km². Ces aberrations sont associées à des écarts de définition qui affectent aussi la comparabilité de la population par région métropolitaine.

Malgré ces réserves, la plupart des analyses concluent que la distance de navettage, qu'elle soit mesurée en kilomètres ou en minutes, est positivement corrélée à la taille urbaine (Newman et Kenworthy 1989; Levinson et Kumar 1997; Schwanen *et al.* 2004). Ces résultats doivent cependant être interprétés avec précaution. En effet, les corrélations entre la taille urbaine et la distance de navettage sont moins élevées que les corrélations entre la distance de navettage et d'autres caractéristiques de la forme urbaine; ce qui peut signifier que la taille urbaine n'est associée au navettage que dans la mesure où elle est aussi associée à d'autres caractéristiques plus pertinentes comme la densité, la mixité ou les infrastructures de transport en commun (Levinson et Kumar 1997; Schwanen *et al.* 2004). À ce titre, notons que la relation entre la taille urbaine et la consommation d'énergie par habitant est négative, ce qui s'explique par le fait que la part modale de l'automobile est inversement proportionnelle à la taille urbaine (Newman et Kenworthy 1989).

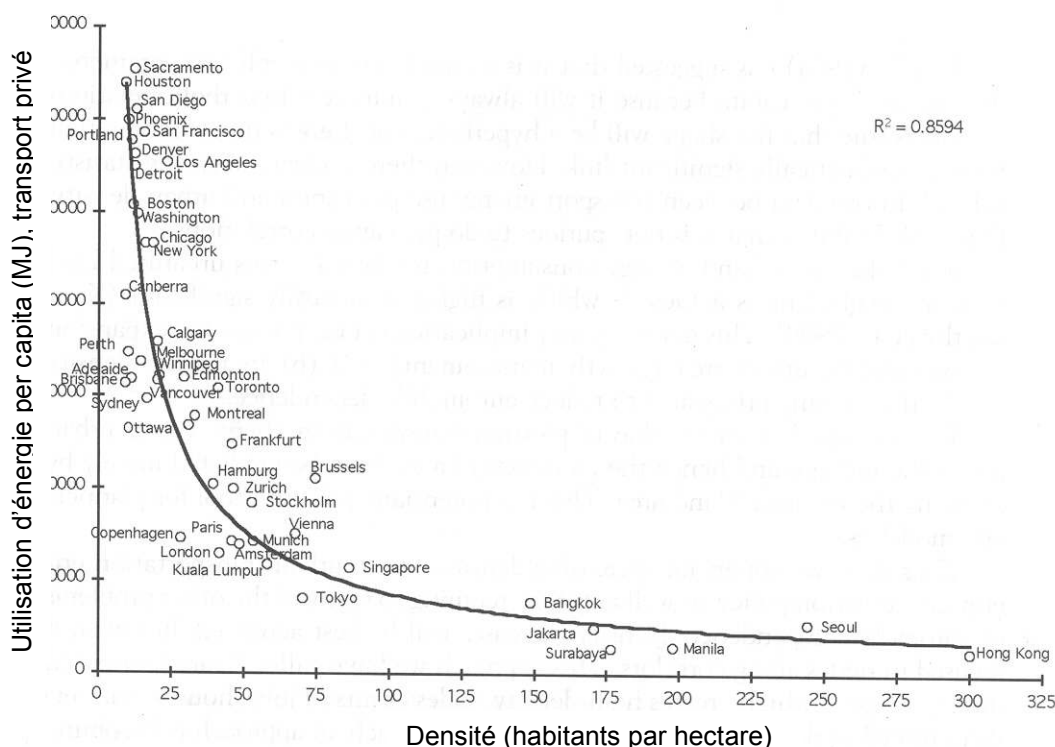
À l'opposé de la taille urbaine, la densité est probablement la caractéristique de la forme urbaine dont la relation avec la distance de navettage est la plus étudiée. La relation entre la densité et la distance de navettage semble être négative pour deux raisons (Newman et Kenworthy 1989; Levinson et Kumar 1997). La première est purement géométrique : la densité signifie que les lieux d'emplois et de résidence sont plus rapprochés. La seconde est indirecte et implique la

congestion : la densité encourage la congestion et la congestion décourage les navettes longues en distance tout en les maintenant longues en temps.

En fait, Schwanen *et al.* (2002) montrent que la relation entre la densité et le temps de navettage est positive en automobile mais négative en transport en commun. Pour Levinson et Kumar (1997), la densité est déterminée par la taille urbaine : elle est donc, comme la taille urbaine, positivement associée à la distance de navettage. Cependant, comme la congestion encourage l'optimisation, la densité est négativement associée à la distance de navettage, une fois que l'influence de la taille est contrôlée. En représentant à la fois la taille urbaine et la congestion, la densité serait un meilleur « explicateur » de la structure de navettage. La même interprétation est faite par Schwanen *et al.* (2004) lorsqu'ils observent que la relation entre la densité et la distance de navettage est positive alors qu'elle n'est pas significative en ce qui concerne le temps de navettage.

Il demeure que la plupart des enquêtes démontrent une association statistique négative entre la densité métropolitaine et la distance navettage (Newman et Kenworthy 1989; Dieleman *et al.* 2002). Newman et Kenworthy (1999) ont dégagé un graphique maintes fois reproduit où la relation entre la consommation énergétique et la densité apparaît clairement comme négative et exponentielle (figure 3.11). Les auteurs interprètent le caractère exponentiel de la relation comme « l'effet multiplicatif » (congestion, transport en commun et courtes distances) de la densité.

Figure 3.11 La corrélation entre la densité et la consommation d'énergie per capita (1990)



Traduit de Newman et Kenworthy (1999), p.101.

Comme nous l'avons vu à la section précédente, la structure urbaine (monocentrique ou polycentrique) influence le navettage. Pour Newman et Kenworthy (1989), les régions métropolitaines comprenant un centre-ville fort minimisent les dépenses énergétiques consacrées au navettage. Il ressort de leur étude que les proportions d'emplois et de résidence dans

la ville centre sont négativement et significativement associées à la consommation d'essence per capita. Ils font cependant remarquer que cette association statistique est moins importante que celle qui existe entre la densité et les dépenses énergétiques.

La relation entre la centralité et le navettage est encore plus complexe. Il apparaît en effet que pour les villes moyennes, la centralité focalise les infrastructures de transport ce qui fait des déplacements radiaux (qui joignent le centre à la périphérie) les déplacements les plus directs et les plus rapides (Vandersmissen *et al.* 2003). Dans les plus grandes villes, les déplacements vers le centre sont plus rapides en transport en commun mais en automobile, à l'heure de pointe, ils sont particulièrement lents (Charron et Shearmur 2005b). Ces constats rappellent les liens complexes entre le navettage, la densité et la congestion.

Les analyses de Gordon et Wong (1985) et de Gordon *et al.* (1991) laissent quant à elles supposer que la structure spatiale polycentrique est la plus efficace. Leur interprétation est que la croissance métropolitaine se fait « spontanément » de manière polycentrique et que, conséquemment, les métropoles de grande taille sont aussi les plus polycentriques. Cette « spontanéité » viendrait du fait que les emplois et les résidences se repositionnent constamment, dans le but de maintenir leur proximité réciproque.

La quantification de la polycentricité pose un problème technique important. C'est ce qui fait que les travaux cités au paragraphe précédent vérifient la relation de manière très indirecte : ils prennent la taille urbaine comme un indicateur de polycentricité. D'autres travaux utilisent des mesures plus directes (par exemple, le dénombrement des *edge cities*) et leurs résultats ne montrent pas une association significative entre le degré de polycentricité et la distance de navettage (Levinson et Kumar 1997; Schwanen *et al.* 2002; Schwanen *et al.* 2004; Aguilera 2005). Schwanen *et al.* (2002) ne rejettent cependant pas la possibilité d'une association, ils suggèrent que les politiques publiques de leur territoire d'étude (les Pays-Bas) sont trop coercitives pour permettre le développement « spontané » d'une polycentricité efficace, i.e. l'hypothèse de la colocation n'est pas valide dans ce contexte. Par contre, Aguilera (2005) montre que pour Paris, Lyon et Marseille, la polycentricité est associée à de longues navettes dans la mesure où un nombre toujours plus important de travailleurs réside dans un pôle mais travaille dans un autre.

3.2.4 Échelle du quartier : la géométrie des déséquilibres

Dans cette sous-section, nous résumons les principaux résultats observés à l'échelle du quartier. Cette échelle correspond à un niveau d'agrégation plus précis que la région métropolitaine mais demeure plus large que l'environnement immédiat. Bien que la taille des unités étudiées puisse varier, ces dernières doivent être assez fines pour permettre d'apprécier les déséquilibres fonctionnels intra-métropolitains. Il est alors possible de comparer les inégalités intra-métropolitaines de distance de navettage.

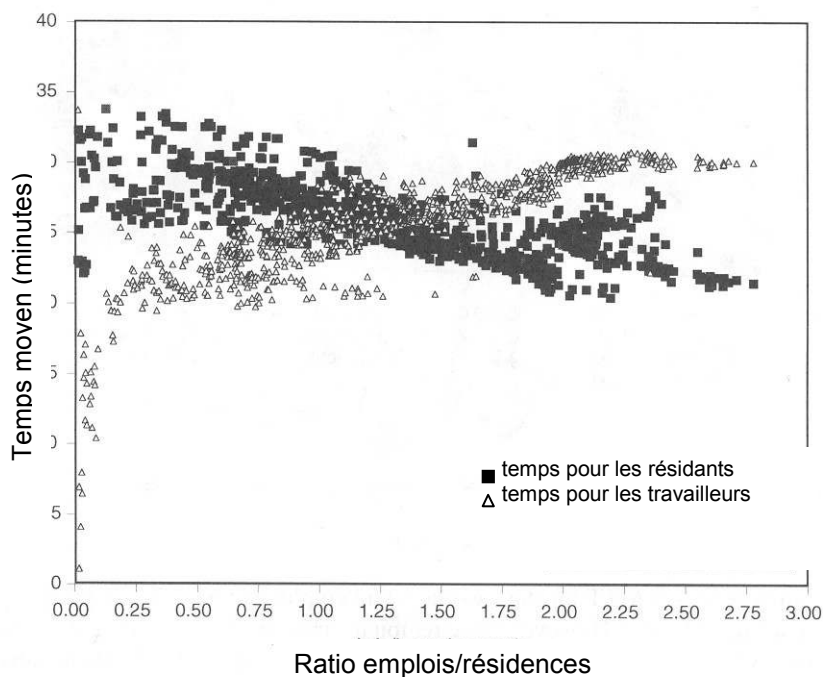
Les inégalités intra-métropolitaines de densité d'emploi sont associées à la distance de navettage dans la mesure où le travailleur habite une zone résidentielle (Giuliano et Small 1993; Pouyanne 2004). En effet, il apparaît que ces derniers doivent parcourir une plus longue distance de navettage s'ils travaillent dans une zone caractérisée par une forte densité d'emploi. Ce résultat s'explique par le fait que les emplois sont polarisés dans des zones de forte densité, éloignées des lieux de résidence. Autrement dit, les pôles d'emplois imposent d'incontournables navettes, ce qui contredit l'hypothèse de la co-location (Gordon et Wong 1985) selon laquelle la polarisation des activités permet de maintenir de courtes navettes. Toutefois, cette relation n'est pas significative si le travailleur habite une zone de forte densité d'emploi (Giuliano et Small 1993; Pouyanne 2004).

La relation entre les densités intra-métropolitaines et la distance de navettage doit cependant être nuancée par les résultats de Levinson et Kumar (1997). Ces derniers montrent que la relation entre la densité urbaine (qui comprend emplois et résidences) et la distance de navettage est négative, une grande densité étant associée à de courtes navettes. La relation entre les densités intra-métropolitaines et la distance de navettage est plus ambiguë. Négative à faible densité (moins de 10 000 habitants par mile²), elle est positive à forte densité (plus de 10 000 habitants par mile²). Cette situation pourrait être expliquée par le fait qu'à faible densité le transport en commun n'est pas une solution compétitive et, conséquemment, une augmentation de densité correspond systématiquement à une augmentation de la congestion. À forte densité, l'efficacité du système de transport en commun est proportionnelle à la densité. Ces deux exemples montrent à quel point la relation entre la densité du quartier et la distance de navettage est complexe.

La façon la plus simple de caractériser un quartier est de mesurer sa distance par rapport au centre de l'agglomération. La distance entre la résidence et le centre, qui est inversement proportionnelle à la densité, est positivement associée à la distance comme au temps de navettage (Levinson 1998; Newman et Kenworthy 1999; Vandersmissen *et al.* 2003). Par contraste, la distance entre l'emploi et le centre montre une relation négative à la distance et au temps de navettage (Levinson 1998; Vandersmissen *et al.* 2003). Ce contraste peut s'expliquer par le fait que les emplois sont plus nombreux que les résidences au centre et vice versa. Le déficit de travailleurs au centre doit être comblé par un influx de travailleurs en provenance de la périphérie, travailleurs associés à une longue navette. Cette situation peut être observée dans la structure du navettage qui est fortement orientée vers le centre (Lowe 1998). Ces constats rejoignent l'analyse théorique des gradients de densité explicitée à la sous-section 3.1.4.

Les déséquilibres emploi/résidence ne sont pas que monocentriques. En effet, la ville est faite de nombreuses zones à vocation résidentielle et d'autres à vocation économique. Ces déséquilibres, aussi appelés *jobs-housing imbalances*, imposent au travailleur de sortir d'une zone résidentielle pour aller travailler dans une zone d'emploi. L'ampleur de ces déséquilibres est donc associée à la distance de navettage. Que ces déséquilibres soient mesurés en termes d'accessibilité (Levinson 1998; Vandersmissen *et al.* 2003) ou de ratio emploi/résidence (Sultana 2002; Korsu et Massot 2004; Schwanen *et al.* 2004), les résultats vont dans le même sens : la distance de navettage est positivement associée à l'accès local à l'emploi et négativement associée à l'accès local aux résidences (Figure 3.12). Notons que pour réduire la navette, les équilibres emplois/résidence doivent être à la fois quantitatifs et qualitatifs; i.e. les lieux de résidence et les lieux de travail locaux doivent être compatibles (Sultana 2002).

Figure 3.12 Déséquilibre fonctionnel et temps de navettage



Traduit de Sultana (2002), p.737.

3.2.5 Échelles locales : environnement immédiat et comportements

Dans cette sous-section, nous résumons les principaux résultats observés aux petites échelles. L'échelle du voisinage correspond au niveau le plus précis de la forme urbaine. Elle concerne en effet l'environnement immédiat de la résidence ou de l'emploi. Il est suggéré que l'accès au transport en commun, la possibilité de se rendre au travail à la marche et les principes d'urbanisme peuvent influencer la distance de navettage.

Étant donné que le temps de navettage est fortement tributaire de choix modal (Schwanen *et al.* 2002), il semble logique de penser que les environnements où l'automobile est valorisée encouragent l'augmentation de la distance de navettage (Newman et Kenworthy 1989). En effet, les grandes vitesses de l'automobile permettent l'élargissement des possibilités de navettage et multiplient les chances de longues navettes (Levinson et Kumar 1997). De plus, elles encouragent le développement de zones périphériques éloignées. L'accessibilité au transport en commun, bien qu'elle ne contraigne pas nécessairement l'usage de l'automobile, favorise le choix de ce mode de transport (Srinivasan 2002) qui est particulièrement apprécié pour ce qui est des déplacements pour le travail (Schwanen *et al.* 2002; Charron et Shearmur 2005b).

Bien que l'existence d'une relation entre l'environnement immédiat et les conditions d'accessibilité est remise en question (Weber et Kwan 2003), certaines études suggèrent qu'elle est réelle (Boarnet et Crane 2001; Krizek 2003). Plusieurs caractéristiques de l'urbanisme (présence de trottoirs et d'arbres, faible congestion, etc.) encourageraient les déplacements à la marche et, indirectement, les comportements et distances de navettage (Cervero 2003). De plus, la localisation des commerces et des loisirs influence, indirectement, les choix de navettage. En effet, certaines activités (culte, activités sportives, magasinage, enfants) prennent une place si importante dans la vie du travailleur qu'elles déterminent son choix résidentiel (Wachs *et al.* 1993). Dans cette mesure, le navettage risque d'être d'autant plus court que toutes les activités (y compris le travail) peuvent être réalisées à proximité de la résidence (Srinivasan 2002, Pouyanne 2005).

3.2.6 Complications méthodologiques et résidus empiriques

En règle générale, les résultats de l'analyse empirique de la relation entre la forme urbaine et la distance de navettage montrent que l'association existe bel et bien. En effet, les résultats apparaissent très souvent comme significatifs d'un point de vue statistique. Cependant, les importantes limites conceptuelles et méthodologiques compliquent sensiblement la comparaison et l'interprétation de ces mêmes résultats. Les nombreuses nuances des résultats de la relation entre la densité et la distance de navettage le montrent bien (Newman et Kenworthy 1989; Levinson et Kumar 1997; Levinson 1998; Newman et Kenworthy 1999; Dieleman *et al.* 2002; Vandersmissen *et al.* 2003; Pouyanne 2004; Schwanen *et al.* 2004). Conséquemment, il est délicat d'inférer des liens de causalité entre les différentes caractéristiques de la forme urbaine et la distance de navettage. En effet, les résultats empiriques ne permettent de dégager que certains détails d'une relation bien plus riche, ils n'offrent que peu d'éclairage sur la complexité de la relation, sa rétroactivité et ses liens avec les caractéristiques des travailleurs.

Malgré leur significativité statistique, les analyses empiriques de la relation entre le navettage et la forme urbaine laissent d'importants résidus (Giuliano et Small 1993; Srinivasan 2002). Autrement dit, la variabilité des longueurs de navettes des travailleurs d'une même zone est nettement plus importante que ne l'est la variabilité des distances de navettage de différentes zones (Schwanen *et al.* 2004). Les différences individuelles sont très importantes alors que les différences zonales sont subtiles. Par exemple, il est fréquent que deux membres d'un même ménage soient associés à des navettes très différentes. Ces « résidus » amènent certains chercheurs à suggérer que les pratiques de l'aménagement ne peuvent avoir qu'un impact dérisoire sur les distances de navettage (Gordon *et al.* 1991; Levinson et Kumar 1997; Verhetsel 1999). Mais bien que ces « résidus » nous rappellent que la forme urbaine ne détermine pas la distance de navettage, la significativité statistique de la relation, vérifiée à maintes reprises, démontre qu'elle l'influence, ne serait-ce que de manière indirecte. Les importants enjeux liés au navettage justifient alors l'approfondissement de la réflexion sur la relation entre la forme urbaine et la distance de navettage.

3.3 CONCLUSION

Dans ce chapitre, nous nous sommes intéressés à la littérature sur la relation entre la forme urbaine et la distance de navettage. L'analyse des réflexions théoriques (section 3.1) permet d'isoler, et de rendre intelligibles, certaines boucles de la relation. Elle fait notamment ressortir sa bilatéralité et ses liens avec les caractéristiques des travailleurs et l'économie urbaine. De plus, elle amène à penser que les comportements de navettage sont le fait de choix contraints effectués par des travailleurs et des entreprises parmi un ensemble de possibilités de navettage offertes par la forme urbaine. Quant à l'analyse des résultats empiriques (section 3.2), elle laisse penser qu'il existe une association statistique significative entre la forme urbaine et la distance de navettage. D'importantes complications conceptuelles et méthodologiques nous empêchent cependant de développer une théorie générale sur cette relation.

Ces analyses nous amènent à revenir sur notre question de recherche : « Est-ce que la forme urbaine influence la distance de navettage? Et si oui, comment? » Bien que l'analyse empirique fasse ressortir une association statistique significative entre la forme urbaine et le navettage, elle ne nous permet pas d'avancer que la première influence la seconde (Handy 1996). Par contre, elle nous encourage à le supposer. D'autant plus que la réflexion théorique permet de développer des modèles qui démontrent que les caractéristiques associées à la forme urbaine (centralisation de l'emploi, économies et déséconomies d'agglomération) dirigent les comportements de navettage. En somme, les modèles théoriques renforcent l'idée que la forme urbaine influence la distance de navettage alors que les résultats empiriques ne la contredisent pas.

La réflexion théorique nous a permis de développer un schéma expliquant l'influence de la forme urbaine sur la distance de navettage (figure 3.3). Selon ce dernier, la forme urbaine offre les possibilités de navettage à partir desquelles les travailleurs « choisissent » leurs navettes. Ainsi, l'influence de la forme urbaine sur le navettage n'est pas « coercitive ». L'influence n'est donc pas déterminante et l'association statistique n'est pas parfaite. En fait, il ressort de l'analyse empirique que les contraintes de mobilité et de compatibilité représentent des influences plus importantes (Giuliano et Small 1993; Wachs *et al.* 1993; Levinson et Kumar 1997; Schwanen *et al.* 2002; Schwanen *et al.* 2004). La relation causale de la forme urbaine vers le navettage est incomplète, mais elle reste réelle. Cette conceptualisation nous amène à développer une méthode originale pour l'analyse de la relation entre la forme urbaine et la distance de navettage. C'est ce que nous ferons au prochain chapitre.

CHAPITRE 4. MÉTHODE

The wealth of information contained in disaggregate data and the complexity of the patterns such data reveal point to the need for modeling. Without the simplification and the logical structure that models impose, one could easily become lost in the almost infinite ways of describing disaggregate flows. (Hanson et Schwab 1995, p.179)

Les études présentées au chapitre précédent montrent que l'analyse de la relation entre la forme urbaine et la distance de navettage n'est pas commode : la réflexion théorique fait ressortir la complexité de la relation et l'analyse empirique montre que cette complexité est difficile à interroger. Dans ce chapitre, nous proposons une méthode pour aborder la relation entre la forme urbaine et la distance de navettage. Cette méthode nous permettra de vérifier s'il existe une association entre les possibilités de navettage offertes par la forme urbaine et la distance de navettage parcourue par les travailleurs.

Ce chapitre est composé de trois sections. La première section est consacrée à l'évolution du concept de *excess commuting* (4.1). Ce concept prend une place importante dans la méthode proposée mais, surtout, la réflexion sur ce concept nous a amené à développer notre approche théorique. Les détails techniques de la méthode sont par la suite exposés alors que nous illustrons, à l'aide d'exemples simples, la procédure de calcul et la signification des résultats. Les limites de la méthode sont abordées à la deuxième section (4.2). Enfin, la troisième et dernière section situe la méthode proposée par rapport aux autres méthodes d'analyse du navettage. Nous y argumentons que la méthode proposée est complémentaire aux autres méthodes et qu'elle apporte un éclairage nouveau sur cette question complexe (4.3).

4.1 EXCESS COMMUTING⁴⁰

Comme nous l'avons vu au chapitre 2, le navettage est associé à plusieurs nuisances : perte de qualité de vie, pollution environnementale, etc. Ces critiques prennent une place importante dans les débats portant sur le navettage. Dans ce contexte, il arrive souvent que les bénéfices soient oubliés et le navettage devient alors synonyme de nuisance. Le concept de *excess commuting* cherche, dans une certaine mesure, à identifier les longues, inutiles et indésirables navettes qui devraient être éliminées parce qu'elles ne constituent qu'un « gaspillage ». En fait, le concept de *excess commuting* a d'abord pris l'appellation de *wasteful commuting* (Hamilton 1982).

Bien que le concept de *excess commuting* tire son origine de cette vision négative du navettage et que, d'une certaine manière, il continue à être interprété de la sorte, la popularité du concept relève davantage de sa signification morphologique que de sa signification normative⁴¹. En effet, nous le verrons au cours de cette section, la littérature développée autour du concept de *excess commuting* propose une nouvelle façon de quantifier la forme urbaine. En fait, elle propose de mesurer certaines « possibilités de navettage », possibilités particulièrement représentatives des caractéristiques morphologiques des villes.

La littérature du *excess commuting*, dans sa formulation actuelle, offre un cadre méthodologique selon lequel la distance de navettage observée (OBS) est comparée à deux valeurs théoriques : la distance de navettage théoriquement minimale (MIN) et la distance de navettage théoriquement maximale (MAX) (Hamilton 1982; White 1988; Small et Song

⁴⁰ D'importants passages de cette section sont traduits d'un article qui devrait paraître sous peu (Charron 2007).

⁴¹ C'est d'ailleurs pour se dissocier de toute position normative que le terme de *excess commuting* est proposé pour succéder à celui de *wasteful commuting* (Small et Song 1992).

1992; Giuliano et Small 1993; Buliung et Kanaroglou 2002; Horner 2002). Ces valeurs représentent la distance de navettage qui serait observée si l'appariement des lieux de travail aux lieux de résidence était déterminé par des forces optimisatrices irrésistibles. Selon cette conception, le seul obstacle à l'optimisation parfaite—un MIN nul et un MAX infini—est la localisation spatiale des lieux de résidence et des lieux de travail. Plus précisément, le MIN (MAX) représente la distance de navettage qui serait observée si tous les travailleurs se comportaient de manière à minimiser (maximiser) le navettage métropolitain global⁴² et si la forme urbaine était fixe. Ce faisant, la littérature du *excess commuting* distingue deux composantes du navettage : une composante comportementale (qui correspond aux choix individuels et aux contraintes de mobilité et de compatibilité) et une composante morphologique (qui correspond à la forme urbaine).

La composante comportementale permet le navettage sans toutefois l'imposer. La composante morphologique contraint les travailleurs à effectuer la navette entre travail et résidence. Selon la conception du *excess commuting*, MIN représente la structure de navettage optimale offerte par la forme urbaine. Autrement dit, MIN correspond à la structure de navettage qui minimise la distance de navettage. En comparant le OBS au MIN, il est possible de saisir la composante comportementale du navettage, c'est-à-dire la portion de navettage que les travailleurs tolèrent mais pourraient, en théorie, éviter : le navettage excessif.

Dans cette section, nous décrivons d'abord l'évolution du concept de *excess commuting* depuis sa formulation originale jusqu'aux derniers raffinements que nous lui proposons (4.1.1). Par la suite, décrivons la procédure mise en œuvre pour calculer les différentes valeurs qui lui sont associées (4.1.2).

4.1.1 Évolution du cadre

La première formulation du concept de *excess commuting* a été développée par Hamilton (1982) dans le but de critiquer le postulat, généralisé dans la théorie économique de la ville monocentrique, selon lequel les travailleurs, parce qu'ils sont des agents économiques rationnels, minimisent la distance de leur navette pour en minimiser les coûts. Selon ce postulat, ils s'organisent de façon à ce que seuls les emplois et les résidences situés à proximité les uns des autres puissent être appariés.

Étant associé aux modèles monocentriques de la ville, le postulat de la minimisation du navettage est rattaché à l'idée que le centre-ville est le point focal de l'ensemble de l'organisation métropolitaine : résidences et emplois sont distribués autour de ce centre sous la forme de gradients de densité. Comme les emplois répondent à de plus fortes pressions agglomératives, ils présentent un gradient plus prononcé que celui qui est associé aux lieux de résidence. La différence entre les deux gradients implique une séparation spatiale entre les lieux de résidence et les lieux d'emploi. Ce faisant, elle implique aussi du navettage : les résidents de la périphérie, qui y sont plus nombreux que les emplois, se voient forcés d'effectuer des navettes vers le centre, où les emplois sont majoritaires. Nous avons déjà évoqué cette conceptualisation à la sous-section 3.1.4 où elle a fait l'objet de la figure 3.6.

La différence entre les deux gradients de densité implique un navettage morphologique—il est prescrit par la forme urbaine—qui ne peut être évité par les travailleurs. Il constitue ainsi la distance de navettage minimale (MIN). Suivant cette conception monocentrique, Hamilton (1982) calcule le MIN par la différence entre la distance moyenne des

⁴² Il faut ici préciser que l'optimisation du navettage global ne signifie pas nécessairement que chaque lieu de résidence est apparié au lieu de travail qui lui est le plus rapproché. Pour minimiser la distance de navettage (le navettage global), il faut généralement que certains travailleurs soient assignés à de longues navettes.

résidences (A) et des emplois (B) par rapport au centre-ville : $MIN = A - B$. Après avoir mesuré le MIN de quatorze métropoles étasuniennes, il montre que ce dernier—le navettage prévu par la conceptualisation monocentrique—est huit fois inférieur au navettage observé. Il en conclut que le postulat de la minimisation du navettage est faux; i.e. qu'une portion importante du navettage observé est « gaspillée ».

Il est important de préciser que la réflexion de Hamilton embrouille l'évaluation du navettage en ce qu'elle est fortement influencée par les théories monocentriques (Small et Song 1992). En effet, sa critique du postulat comportemental de la minimisation du navettage repose en fait sur un autre postulat monocentrique : le postulat morphologique des gradients de densité. Bien que les régions métropolitaines présentent d'importantes structures monocentriques (Vance 1990; Lowe 1998; Bunting *et al.* 2000; Charron et Shearmur 2005a), la forme urbaine ne se réduit pas à des gradients. Les gradients eux-mêmes peuvent varier selon la direction par rapport au centre et, nous en avons déjà amplement discuté, d'importantes structures polycentriques ont été identifiées (Harris et Ullman 1945; Garreau 1991; Scott 1992; Coffey et Shearmur 2001). Autrement dit, bien que les résultats de Hamilton démontrent que la combinaison de deux importants postulats de la théorie monocentrique n'est pas validée par la vérification empirique, ils reposent sur un cadre théorique trop confus pour contribuer à la compréhension du navettage. Néanmoins, Hamilton a établi les fondations d'un cadre qui isole la composante morphologique du navettage (la forme urbaine, indiquée par MIN) de sa composante comportementale (les pratiques de navettage, indiquées par le navettage excessif).

Pour vérifier avec plus de justesse le postulat de la minimisation du navettage, White (1988) mesure le MIN non pas à partir des gradients de densité mais à partir d'un modèle d'assignation reposant sur la méthode « Simplex ». Ce modèle consiste en un algorithme d'optimisation qui ré-attribue les lieux de travail et les lieux de résidence de manière à ce que la distance de navettage soit la plus courte possible. Étant donné que l'algorithme en question repose sur une logique matricielle difficile (pour une description détaillée, voir Killen (1983)), nous nous contenterons de décrire la procédure à l'aide des exemples simples représentés aux figures 4.1a et 4.1b.⁴³

Figure 4.1a Assignation observée

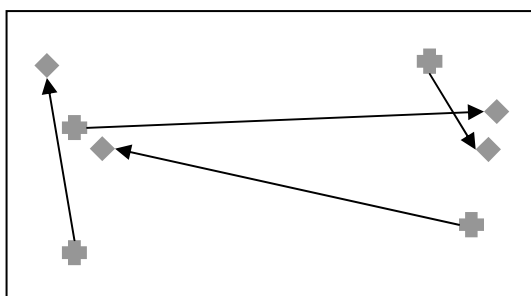
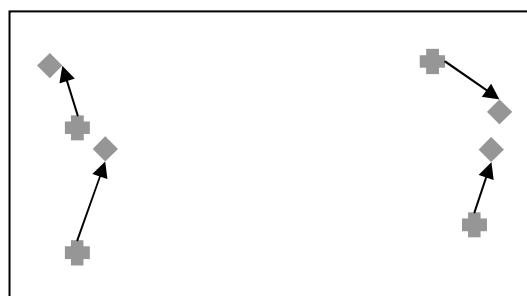


Figure 4.1b. Assignation optimale



Ces deux figures correspondent à la même forme urbaine, c'est-à-dire à la même distribution spatiale des lieux de résidence (croix) et des lieux de travail (losanges). Une des structures de navettage possible est représentée à la figure 4.1a. Dans ce cas précis, deux travailleurs sont associés à de courtes navettes alors que les deux autres ont des navettes

⁴³ Il est important de noter que, malgré leur valeur heuristique, ces figures peuvent être trompeuses pour deux raisons. D'abord, la méthode Simplex ne repose pas sur l'assignation individuelle des travailleurs; il s'agit d'une matrice d'allocation qui est optimisée de façon itérative. De ce fait, tous les travailleurs ne seront pas assignés à l'option de navettage qui leur est la plus courte. C'est la somme des distances qui est minimisée. Pour reprendre la terminologie utilisée dans cette thèse, c'est la distance de navettage qui est minimisée, et non la distance de chacune des navettes. Ensuite, cette optimisation est sujette à certaines contraintes mathématiques. Grosso modo, chaque lieu d'emploi ne peut être assigné qu'à un (et un seul) lieu de résidence et vice versa. Suivant ces contraintes, un lieu de travail n'est pas nécessairement assigné au lieu de résidence qui lui est le plus rapproché. Nous croyons cependant que ces exemples constituent une représentation utile pour la compréhension du fonctionnement de la méthode Simplex.

sensiblement plus allongées. La structure de navettage minimale, obtenue par la méthode Simplex et illustrée à la figure 4.1b, associe les lieux de façon à ce que la distance de navettage soit minimisée. Cette solution, qui est facilement identifiable dans cet exemple simple, devient particulièrement difficile à déterminer pour une région métropolitaine comprenant des milliers de travailleurs. Néanmoins, pour déterminer la structure de navettage optimale, il suffit de détenir une liste d'unités spatiales (comme les secteurs de recensement) avec le nombre de lieux de résidence et de lieux de travail qui leurs correspondent, une matrice de distance entre toutes les paires d'unités spatiales et un algorithme pour calculer la solution.

Parce qu'ils reposent uniquement sur des gradients de densité, les résultats de Hamilton sous-estiment la valeur réelle de MIN, i.e. la structure de navettage la plus efficace supportée par la forme urbaine. En utilisant la méthode Simplex sur le même échantillon que Hamilton, White constate que seulement 11 % du navettage observé peut être défini comme excessif alors que les résultats de Hamilton suggèrent que 87 % du navettage est excessif. En intégrant la méthode Simplex dans le cadre théorique du *excess commuting*, White propose une mesure plus élégante du MIN et, conséquemment, une estimation plus appropriée de la forme urbaine comme composante morphologique du navettage.

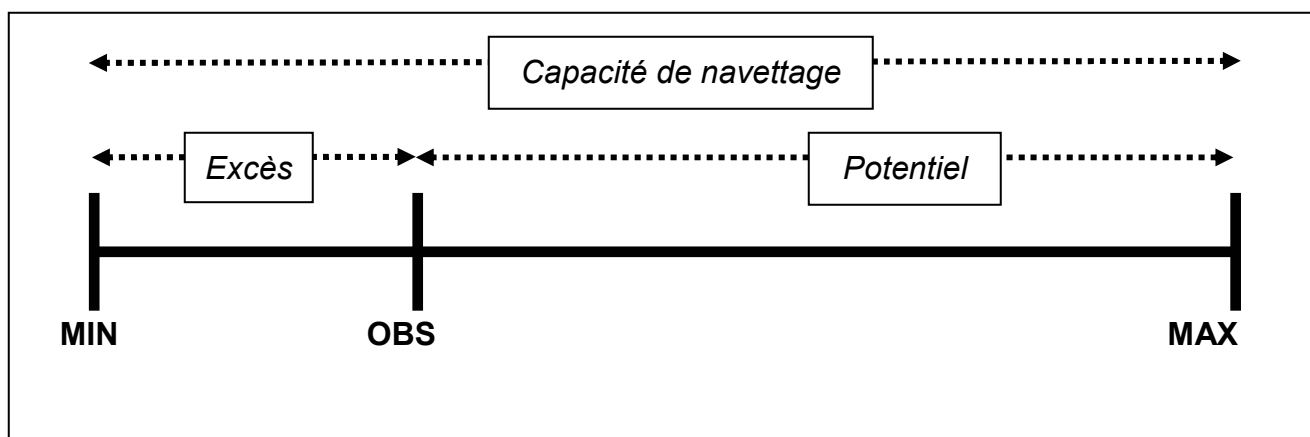
Cependant, dans la réalité, les travailleurs ne sont pas forcés à minimiser leurs navettes. Comme nous l'avons vu (1.4.2), ils ne le désirent peut-être même pas. MIN constitue une représentation utile mais l'offre de la forme urbaine ne se réduit pas à cette unique possibilité de navettage. C'est pourquoi Horner (2002) introduit le concept de distance de navettage théoriquement maximale (MAX). Ce concept est l'exact opposé de MIN. Sa mesure requiert la méthode Simplex mais au lieu de minimiser la distance de navettage, elle est maximisée. MIN et MAX forment alors les limites de la « capacité de navettage » (*commuting capacity*) supportée par la forme urbaine. Le concept de capacité de navettage suggère que chaque forme urbaine offre un ensemble de possibilités de navettage et que cet ensemble est représenté conjointement par les valeurs de MIN et de MAX. La distance de navettage observée (OBS) peut alors être évaluée à la lumière de ces valeurs : sa position relative à MIN et à MAX nous informe sur les « choix contraints » des travailleurs, sur leurs pratiques de navettage. Les résultats de Horner montrent que les travailleurs de certaines régions métropolitaines (comme Boise) ne génèrent que peu de navettage excessif mais « utilisent » une part importante de leur « capacité de navettage ». Les travailleurs d'autres régions métropolitaines (comme Boston) génèrent d'importants excès de navettage tout en « utilisant » une faible portion de leur « capacité de navettage ». Autrement dit, les navettes observées dans certaines régions métropolitaines peuvent paraître excessives par rapport au MIN tout en paraissant efficaces par rapport au MAX.

En fait, les pratiques de navettage sont mal représentées par le postulat comportemental de l'optimisation (minimisation et maximisation) du navettage. MIN et MAX sont en fait les valeurs extrêmes d'une distribution beaucoup plus riche de possibilités de navettage. Nous considérons que toutes ces possibilités doivent être prises en compte lors de l'évaluation de OBS. C'est pourquoi nous développons, à la sous-section suivante, un cadre probabiliste selon lequel la forme urbaine est associée à une distribution statistique de « possibilités de navettage », avec une moyenne et un écart-type, à l'intérieur de laquelle MIN et MAX représentent deux valeurs extrêmes et très improbables.

4.1.2 Concepts et mesures

Le cadre théorique du *excess commuting* introduit plusieurs concepts (figure 4.2). Ces concepts peuvent être considérés comme des valeurs repères, ou *benchmarks*, utiles pour la comparaison de différents contextes de navettage (Horner 2002). Afin de clarifier la signification de ces concepts et, ainsi, de préciser les termes de la comparaison, nous les définissons dans cette sous-section en nous concentrant sur leurs significations morphologiques et comportementales.

Figure 4.2 Schématisation des concepts du *excess commuting*



DISTANCE DE NAVETTAGE OBSERVÉE (*OBS*)

Pour des raisons techniques et des considérations de confidentialité, *OBS* est généralement calculé à partir de données agrégées en unités spatiales suivant l'équation (2) :

$$OBS = \frac{1}{N} \sum_i \sum_j n_{ij} d_{ij} \quad (2)$$

où i et j sont les unités spatiales des lieux de résidence et de travail, n_{ij} est le nombre de navettes entre i et j , d_{ij} est la distance entre i et j , et N est le nombre total de navettes. Comme son nom l'indique, *OBS* est simplement la longueur moyenne des navettes des travailleurs. Lors de l'analyse du navettage, *OBS* est la principale variable dépendante et est supposée être influencée à la fois par les variables morphologiques associées à la forme urbaine et les variables comportementales associées aux pratiques de navettage.

DISTANCE DE NAVETTAGE THÉORIQUEMENT MINIMALE (*MIN*)

Le *MIN* est lui aussi calculé selon l'équation (2) à la différence notable que le nombre de navettes entre chaque zone (n_{ij}) ne représente pas les déplacements observés mais plutôt les déplacements déterminés par la méthode Simplex (la solution minimale). Du point de vue comportemental, il représente la structure de navettage qui serait observée si tous les travailleurs se comportaient de façon à minimiser le navettage global métropolitain. Du point de vue morphologique, il devient un indicateur de l'équilibre fonctionnel, le *jobs-housing balance* (Giuliano et Small 1993; Horner 2002) ou, dit autrement, de la correspondance entre la distribution spatiale des lieux de résidence et celle des lieux de travail. En somme, *MIN* représente la situation théorique où les travailleurs sont contraints de minimiser le navettage collectif et où l'unique obstacle à cette minimisation est la forme urbaine.

DISTANCE DE NAVETTAGE THÉORIQUEMENT MAXIMALE (*MAX*)

Le *MAX* est calculé selon les déplacements déterminés par la méthode Simplex (la solution maximale). D'un point de vue comportemental, il représente la structure de navettage qui serait observée si tous les travailleurs se comportaient de façon à maximiser le navettage global métropolitain et si la forme urbaine était le seul obstacle à cette maximisation. Étant donné qu'il n'existe aucune raison plausible pour qu'un travailleur cherche à maximiser sa navette⁴⁴, le *MAX* ne représente aucun comportement de navettage probable. Malgré cela, le *MAX* représente d'importants aspects de la forme urbaine. Pour Horner (2002), il représente la « complexité de la région dans sa globalité » (p.563; notre traduction), c'est-à-dire le degré de décentralisation et de polynucléarisation de la région métropolitaine.

NAVETTAGE EXCESSIF (*Excès*)

Le navettage excessif (« excès » sur la figure 4.2) est la différence entre *OBS* et *MIN*. Dans le cadre de comparaisons inter-métropolitaines, sa valeur est divisée par *OBS* (3) :

$$Excès = \frac{OBS - MIN}{OBS} \quad (3)$$

Comme il compare les observations empiriques (*OBS*) à une situation théorique où les comportements de navettage sont optimisés (*MIN*), le navettage excessif extrait la composante morphologique du navettage. Conséquemment, il représente la composante comportementale ou la mesure selon laquelle le navettage est la conséquence de pratiques de navettage.

NAVETTAGE EXPLOITÉ (*Exploité*)

Le navettage exploité représente la position de *OBS* à l'intérieur de la capacité de navettage (4) :

$$Exploité = \frac{OBS - MIN}{MAX - MIN} \quad (4)$$

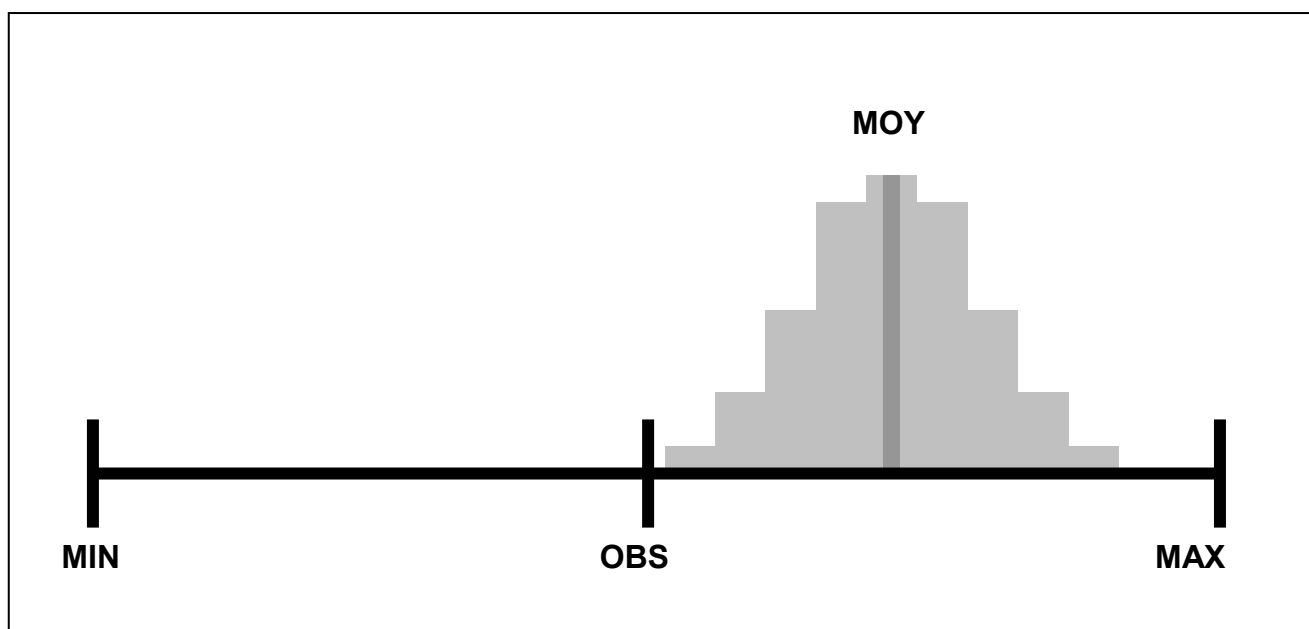
Le navettage exploité évalue *OBS* à partir d'une représentation plus complète de la forme urbaine que ne le fait le navettage excessif. Au lieu de limiter la comparaison au *MIN*, le navettage exploité étend la comparaison à l'ensemble des possibilités de navettage supportées par la forme urbaine. Ce faisant, il représente les *tendances* à la minimisation des pratiques de navettage.

Comme nous l'avons décrit à la sous-section précédente, la littérature sur le *excess commuting*, au départ une critique de la théorie monocentrique, offre désormais un cadre conceptuel pour l'exploration des composantes morphologique et comportementale du navettage. Cependant, les concepts définis précédemment n'offrent pas, à notre avis, toutes les ressources pour apprécier la relation entre la forme urbaine et la distance de navettage. En effet, les concepts de *MIN* et de *MAX* peuvent être associés aux concepts de valeurs minimales et maximales qui, parmi les statistiques descriptives, représentent des valeurs extrêmes et qui ne sont généralement pas considérées comme des valeurs représentatives de l'ensemble des valeurs. C'est pourquoi nous proposons d'aborder les concepts du *excess commuting* à partir d'un cadre probabiliste à l'intérieur duquel la représentation de la forme urbaine est étendue à l'ensemble des possibilités de navettage.

⁴⁴ Comme nous l'avons vu à la section 1.2, plusieurs pressions encouragent la séparation de la résidence et de l'emploi (pollution, économies d'agglomération, valeurs foncières, etc.). Cependant, nous n'avons aucune raison de penser que cette séparation spatiale demande la distance maximale. En fait, les pressions à la séparation opèrent sur une certaine zone tampon—dont la superficie dépend du contexte de la séparation—au-delà de laquelle elles n'ont plus d'impact.

Cette idée est illustrée à la figure 4.3. Dans cet exemple, OBS se situe à la même distance de MIN et de MAX. Ainsi, selon l'approche actuelle du *excess commuting*, nous concluons que les travailleurs ne cherchent pas à minimiser leurs navettes. Cependant, si nous comparons OBS à l'ensemble des possibilités de navettage (en gris), nous constatons que OBS est inférieur à la plupart de ces possibilités en plus d'être inférieur à leur valeur moyenne (MOY). Conséquemment, selon l'approche probabiliste du *excess commuting*, nous concluons que les travailleurs montrent une tendance à la minimisation de leurs navettes.

Figure 4.3 Schématisation du cadre probabiliste de *excess commuting*



Dans ce cas particulier, ni MIN ni MAX ne constituent une expression représentative de l'ensemble des possibilités de navettage offert par la forme urbaine. En fait, dépendamment du nombre de travailleurs, la forme urbaine offre une quantité colossale de possibilités de navettage. Par exemple, une région métropolitaine de seulement 100 travailleurs offre plus de 10^{158} possibilités de navettage⁴⁵. Le MIN et le MAX ne représentent que deux de ces possibilités. Étant donné les nombreuses contraintes de mobilité et de compatibilité qui pèsent sur les choix de navettage, il est à peu près impossible que les travailleurs, même s'ils essaient, puissent coordonner leurs efforts pour réaliser, ou même approcher, la structure de navettage optimale.

Ces considérations nous amènent à penser que le cadre actuel du *excess commuting* n'offre qu'un aperçu partiel de l'ensemble des possibilités de navettage. Pour apprécier la complexité du navettage et de ses composantes, nous proposons deux nouvelles extensions : la notion de la distance de navettage théorique moyenne (MOY) et la notion de distribution des possibilités de navettage.

⁴⁵ Ce nombre est le facteur du nombre de travailleur; dans ce cas $1 * 2 * 3 \dots * 98 * 99 * 100$.

DISTANCE DE NAVETTAGE THÉORIQUEMENT MOYENNE (MOY)

Le MOY représente la valeur moyenne de toutes les distances de navettage offertes par la forme urbaine. De façon surprenante, ce concept a été introduit par Hamilton (1982) dans son article fondateur mais, à notre connaissance, il n'a pas été repris depuis. Le MOY représente la situation théorique où la distance de la navette n'est pas du tout considérée par le travailleur. Lieux de résidence et lieux de travail sont appariés de façon aléatoire dans la mesure où ils sont localisés à l'intérieur des limites d'une même région métropolitaine. Du point de vue comportemental, MOY combine deux postulats : (a) la distance n'influence pas les pratiques de navettage à l'intérieur des limites d'un marché d'emploi et (b) le marché d'emploi opère à l'échelle métropolitaine. Du point de vue morphologique, MOY résume toutes les possibilités de navettage supportées par la forme urbaine. En fait, il s'agit d'une mesure de tendance centrale, la moyenne, qui ne représente pas l'ensemble de possibilités.

MOY peut être mesuré de deux différentes manières. Premièrement, il peut être calculé selon l'équation (5) :

$$MOY = \frac{1}{N^2} \sum_i \sum_j r_i t_j d_{ij} \quad (5)$$

où r_i est le nombre de lieux de résidence dans i , t_j est le nombre de lieux de travail dans j , d_{ij} est la distance entre i et j , et N est le nombre de navettes dans la région métropolitaine. Cette équation est simple mais renvoie une valeur légèrement biaisée de MOY. En effet, l'équation n'implique pas les contraintes de la méthode Simplex : tous les lieux de résidence sont appariés à tous les lieux de travail. Pour obtenir la valeur réelle de MOY, nous devrions déterminer la distance de chacune des possibilités de navettage et en faire la moyenne. Cependant, comme ces possibilités viennent en nombre colossal (10^{158} pour une région métropolitaine de 100 travailleurs), nous avons renoncé à obtenir la valeur exacte de MOY. Néanmoins, il est possible d'en obtenir une estimation relativement précise. Suivant la méthode de Monte Carlo, il est possible de simuler un nombre important de situations de navettage en appariant aléatoirement les lieux de résidence et les lieux de travail tout en tenant compte des contraintes de la méthode Simplex. La moyenne de ces valeurs simulées constitue une autre approximation de MOY.

LE RAPPORT ENTRE OBS ET MOY (O/M)

MOY constitue, avec MIN et MAX, une troisième valeur repère pour l'évaluation de OBS. Un simple ratio (OBS / MOY) représente la position de OBS sur la distribution des possibilités de navettage. Si sa valeur est inférieure (supérieure) à un, OBS est inférieur (supérieur) à MOY et les travailleurs tendent à réduire (allonger) la distance de leurs navettes.

Il est aussi possible de déterminer si O/M est statistiquement significatif, c'est-à-dire si les pratiques de navettage sont, ou non, influencées par la distance de navettage. Pour ce faire, nous avons recours à un test Z. Suivant la méthode de Monte Carlo, il est possible d'estimer la distribution des possibilités de navettage, sa moyenne (MOY) et son écart-type⁴⁶. Si OBS est significativement différent de MOY, cela signifie que la distance de la navette est un facteur statistiquement significatif et potentiellement important dans les comportements de navettage.

⁴⁶ Malheureusement, nous ne possédons pas les connaissances pour fournir une preuve mathématique démontrant que la distribution des possibilités de navettage est toujours normale. Cependant, nos nombreuses explorations théoriques (chapitre 5) et empiriques (chapitres 6 et 7), qui ont toujours montré des distributions normales, nous laissent le croire.

Comme nous venons de le voir, le cadre conceptuel du *excess commuting* offre une nouvelle approche pour évaluer la relation entre la distance de navettage et la forme urbaine. Selon cette approche, la forme urbaine, variable indépendante, est représentée par les indicateurs morphologiques que sont MIN et MAX. En développant cette approche davantage, nous étendons notre compréhension de la forme urbaine à l'ensemble des possibilités de navettage qu'elle offre. Ce faisant, nous rejoignons notre compréhension théorique de la relation entre la forme urbaine et le navettage, schématisée à la figure 3.3. Mais avant d'utiliser cette méthode, nous devons en identifier les limites (4.2) et la situer par rapport aux autres méthodes (4.3).

4.2 LIMITES

Étant donné l'abondance d'information contenue dans les bases de données pertinentes et la complexité de la relation entre la forme urbaine et la distance de navettage, notre question de recherche impose le développement d'un cadre conceptuel rigoureux, permettant de simplifier suffisamment la réalité pour la rendre intelligible sans toutefois trop la réduire et omettre des éléments de réponse importants. C'est pourquoi nous avons développé, à la section précédente, un modèle quantitatif qui opérationnalise notre entendement conceptuel de la question. Ce modèle nous permettra d'interroger des données de navettage et d'apporter un éclairage nouveau sur la relation entre la distance de navettage et la forme urbaine. Le modèle repose cependant sur des postulats contrariants, qui réduisent considérablement sa portée. L'utilisation de la méthode Simplex pour l'analyse des données de navettage impose en effet l'acceptation de l'interchangeabilité des lieux d'emplois et des lieux de résidence (4.2.1), d'un marché de l'emploi parfait (4.2.2) et d'un espace métropolitain absolu (4.2.3). Dans cette section, nous discutons de ces limites.

4.2.1 Interchangeabilité

Le postulat d'interchangeabilité, sur lequel repose le principe de *excess commuting*, est tellement réducteur qu'il est mentionné dans tous les travaux s'intéressant à la question (Hamilton 1982; White 1988; Small et Song 1992; Giuliano et Small 1993; Buliung et Kanaroglou 2002; Horner 2002). Selon ce postulat, les lieux de résidence et les lieux de travail sont uniformes et tous les travailleurs peuvent y être assignés. Lors de l'appariement des lieux de résidence aux lieux de travail, seules les quantités par unités spatiales sont prises en compte. Autrement dit, ce postulat nie l'existence des contraintes de compatibilité. Cependant, l'agrégation des données, les caprices de la méthode et l'absence d'information sur les caractéristiques des lieux la rendent inévitable (Pooler 1993).

Bien que ce postulat rende le cadre simple et élégant, il le rend aussi très irréaliste. Évidemment, les lieux de résidence et les lieux de travail sont caractérisés par de nombreuses propriétés dont les spécificités influencent leurs compatibilités réciproques et, par le fait même, les comportements de navettage. Étant donné que n'importe quel lieu de résidence peut être apparié à n'importe quel lieu de travail, la mesure du navettage excessif repose en partie sur l'assignation de lieux incompatibles : par exemple, un ménage familial composé de deux travailleurs très bien rémunérés peut être assigné à un petit logement de mauvaise qualité.

La réduction associée au postulat d'interchangeabilité dépend des caractéristiques des lieux (Pooler 1993). Dans le cas des analyses sur le navettage, la spécialisation des emplois et la segmentation du marché résidentiel sont importantes (Waddell 2001). Mais en fait, ce ne sont pas les spécificités des lieux qui comptent, ce qui importe le plus est l'articulation entre les caractéristiques du lieu de résidence et celles du lieu de travail. Par exemple, on peut supposer que la valeur d'une

résidence (ou le loyer d'un logement) soit associée au revenu du travailleur qui l'habite (Sultana 2002). Dans ce cas, la caractéristique du lieu de résidence (sa valeur) s'articule avec la caractéristique du lieu de travail (le salaire qui y est versé). Le postulat d'interchangeabilité évite aussi de confronter le problème des ménages à multiples revenus (Kim 1995). En effet, la « particule élémentaire » de la méthode du *excess commuting* est le travailleur, et non le ménage, ce qui signifie que les travailleurs d'un même ménage (conjoint, enfants, colocataires) sont, dans presque tous les cas, séparés lors de la détermination des possibilités de navettage.

Afin de « relaxer » le postulat d'interchangeabilité, il est possible d'ajouter des contraintes à l'appariement. Par exemple, Giuliano et Small (1993) catégorisent les lieux de résidence et les lieux de travail selon sept types d'occupation et excluent les appariements entre des lieux associés à des occupations différentes. Leurs résultats montrent que l'appariement sans contraintes surestime le navettage excessif : le MIN sans contraintes est de 8,42 minutes alors que le MIN contraint par l'occupation est de 10,27 minutes. Horner (2002) fait de même avec 28 catégories (14 occupations croisées avec le genre) et obtient des résultats comparables : le MIN sans contraintes est de 3,57 miles alors qu'il est de 3,74 miles lorsque les contraintes sont considérées. Il est ainsi possible de catégoriser les lieux selon un bon nombre de caractéristiques croisées (Buliung et Kanaroglou 2002). Les contraintes visant à préserver l'intégrité des ménages sont toutefois particulièrement difficiles à opérationnaliser (Kim 1995).

Ces contraintes introduisent de nouvelles aberrations. En effet, bien que la plupart des travailleurs peu rémunérés ne peuvent être appariés à des résidences luxueuses, de nombreuses exceptions existent : à l'exemple des enfants qui étudient, travaillent à temps partiel et habitent chez leurs parents. À l'opposé, certaines circonstances ou certains choix de vie peuvent amener des médecins, par exemple, à résider dans des logements qui demeurent abordables pour de jeunes étudiants. Les contraintes imposées à l'appariement sont très arbitraires et introduisent de nouvelles réductions. Nous en analyserons quelques-unes au chapitre 7. Cependant, il est toujours possible d'assumer le postulat d'interchangeabilité et d'en accepter les limites : une partie du navettage déterminé comme excessif ne l'est pas (Pooler 1993).

4.2.2 Le marché parfait

Le modèle du *excess commuting* s'est développé autour de l'idée que les travailleurs font des choix de navettage rationnels, qu'ils cherchent à maximiser leur utilité. Pour faire ces choix, ils disposent d'une connaissance parfaite des marchés métropolitains de l'emploi et du travail. Ces connaissances les amènent à considérer toutes les options de navettage possibles et à déterminer le meilleur choix. Toutefois, le marché métropolitain est loin d'être parfait : les informations sur les lieux de résidence et les lieux de travail sont canalisées par des réseaux sociaux inégaux et territorialisés alors que leur appariement peut être contraint par la discrimination (Boyer et Saillard 2002) ou les interventions gouvernementales (Gordon *et al.* 1991). Dans ce contexte, les travailleurs ne peuvent considérer plusieurs options de navettage potentiellement avantageuses.

De plus, les changements de lieux de résidence et de lieux de travail impliquent d'importants frais de déménagement ce qui amènent les travailleurs, même rationnels, à ne pas choisir la combinaison la plus profitable à court terme pour privilégier une solution optimale à long terme; solution qui anticipe les éventuels changements d'emplois et déménagements de résidence (Van Ommeren *et al.* 1997; Van Ommeren *et al.* 1999; Kan 2002; sous-section 1.4.2). De plus, il est supposé que les travailleurs coordonnent leurs comportements. Autrement dit, ils seraient dirigés par une rationalité « sociale » et non individuelle. Dans les faits, la rationalité des agents doit être mise en contexte (Peck 1996; Boyer et Saillard 2002) : une option de navettage peut être optimale pour un travailleur et ne pas l'être pour l'autre.

Ces considérations font en sorte que, même dans la mesure où les lieux sont interchangeables, le navettage mesuré comme excessif peut être associé aux imperfections du marché. Autrement dit, les résultats issus de l'analyse du *excess commuting* ne nous permettent pas d'évaluer la rationalité des travailleurs, elles nous permettent de dire si OBS est plus ou moins important par rapport à des valeurs de référence (MIN, MAX, MOY). Ce faisant, les résultats nous permettent uniquement d'évaluer si certaines caractéristiques de la forme urbaine favorisent, ou non, la minimisation des distances de navettage.

4.2.3 Espace absolu

C'est parce qu'elle est associée à différents coûts de transport (perte de temps, pollution, etc.), que la longueur de la navette est l'objet du *excess commuting*. Plus spécifiquement, ces coûts sont représentés par les distances de navette, compilée dans une matrice. Cette matrice représente la « friction de la distance » à l'intérieur de la région métropolitaine. Elle peut être représentée par une, et une seule, mesure : que celle-ci soit la distance euclidienne, la distance réticulaire, le temps en automobile, le temps en transport en commun ou une autre mesure de distance. « L'universalité » de la mesure de distance simplifie sensiblement la réalité. En effet, deux lieux peuvent être distants en temps mais rapprochés en distance. Si un automobiliste et un usager du transport en commun peuvent échanger leurs lieux de résidence, ils ne « sentiront » pas cet échange de la même manière (Charron et Shearmur 2005b; sous-section 3.2.1).

L'espace et la distance sont des concepts relatifs et leurs valeurs doivent être mises en contexte (Miller et Wentz 2003). Dans leurs comportements spatiaux, les travailleurs sont guidés par leurs réseaux sociaux (Chapple 2001) et leurs personnalités (Ory *et al.* 2004). Dans ce contexte, chaque travailleur fait ses choix à partir de sa propre « carte mentale » (Gould et White 1974). En fait, les choix des travailleurs ne se font pas sur la base d'un espace absolu mais bien sur la perception qu'ils se font de cet espace (Handy 1996). De plus, les vitesses (et donc les temps) de déplacements varient sensiblement selon le moment de la journée et la période de l'année (Cervero 2002; Weber et Kwan 2002). La distance de la navette est donc relative aux particularités du travailleur comme elle l'est au moment du déplacement. Autrement dit, il n'existe pas de matrice de distance universelle et le postulat de l'espace absolu nie les contraintes de mobilité.

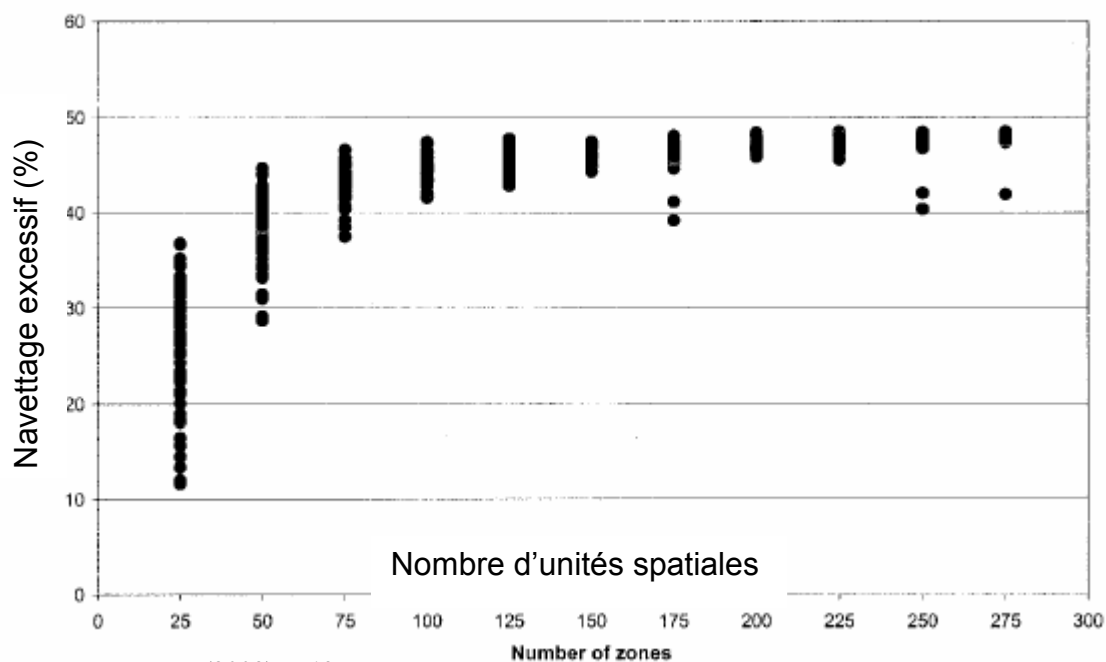
Le système métropolitain est en constante évolution. Certains lieux apparaissent (développement résidentiel, création d'emplois, etc.), certains disparaissent (incendies, faillites, etc.) alors que d'autres se relocalisent. Nous l'avons vu au chapitre précédent (3.1.1), le navettage et la forme urbaine évoluent ensemble, ils rétroagissent l'un sur l'autre. Le modèle du *excess commuting*, cependant, est statique : les lieux de résidence et les lieux de travail sont fixés à la localisation qu'ils occupaient lors de la collecte des données. Les valeurs dérivées de ce modèle sont théoriques et transitoires, elles doivent être interprétées avec prudence. En fait, si la situation minimale (MIN) était mise en pratique, d'importantes réorganisations métropolitaines (congestion, valeurs foncières, etc.) s'en suivraient. Le contexte serait complètement différent. Ainsi, les valeurs dérivées du modèle du *excess commuting* se doivent d'être considérées comme des références théoriques, et non comme des idéaux à atteindre ou à éviter.

Enfin, dans la procédure du *excess commuting*, il est supposé que la région métropolitaine est un marché régional de l'emploi parfaitement équilibré, comptant autant de lieux de résidence que de lieux de travail. De plus, la région métropolitaine est un marché fermé : aucun de ses résidents ne travaille hors de ses frontières pas plus qu'un de ses travailleurs ne réside hors de ses frontières. Ce postulat est contredit par le fait qu'une région métropolitaine compte plus de travailleurs que d'emplois—les chômeurs, par exemple, ne sont pas considérés—et qu'il existe des navettes inter-

métropolitaines. En fait, la définition des frontières du marché de l'emploi, qui constitue un problème insoluble (Peck 1996), a un impact sur les résultats de l'analyse. C'est un exemple du MAUP (voir section 3.2.2).

En plus du problème de la définition des frontières métropolitaines, le MAUP pose la question de la définition des unités spatiales intra-métropolitaines (secteurs de recensement, municipalités, etc.). Étant donné que l'agrégation spatiale des données implique une perte d'information, la taille et la définition de ces unités influencent les résultats de l'analyse. Horner et Murray (2002) ont en effet montré que plus le découpage est grossier, plus il tend à sous-estimer le navettage excessif (figure 4.4).

Figure 4.4 Estimations du navettage excessif pour différentes définitions d'unités spatiales



Traduit de Horner et Murray (2002); p.137.

En somme, en supposant que l'espace métropolitain est un espace absolu—c'est-à-dire un espace dont les distances sont « senties » de la même façon par tous les travailleurs à tous les moments de la journée, et un espace fermé et équilibré—la méthode des possibilités de navettage réduit sensiblement la réalité. En fait, la relativité de l'espace et l'arbitraire de la définition des unités spatiales introduisent une erreur dans l'estimation des distances de navettage associées aux différentes possibilités de navettage.

4.2.4 Qu'est-ce que l'excès?

Comme nous l'avons vu au second chapitre (2.1), le navettage implique de nombreuses nuisances mais aussi, il amène de nombreux bénéfices. De plus, nous avons vu que l'interprétation de l'importance relative des nuisances et des bénéfices est variable et que, conséquemment, il est impossible de déterminer de façon univoque sous quelles conditions une navette devient trop longue. Le concept de navettage excessif est alors très contestable, particulièrement sa connotation normative (Small et Song 1992). Pour ces raisons, nous l'avons déjà mentionné (4.1.1), le navettage excessif est avant tout utilisé pour sa signification morphologique. Malgré tout, une discussion sur ce que représente, ou devrait représenter, « l'excès » de navettage s'impose.

Du point de vue le plus large, l'excès est le navettage qui peut être réduit sans entraîner de conséquences négatives. Comme la mise en place de nouveaux lieux de résidence et de travail implique des coûts substantiels en termes financiers, socioéconomiques et environnementaux, il est accepté, du moins selon la logique du *excess commuting*, que la meilleure, voire la seule, façon de réduire les nuisances du navettage est l'optimisation des liens de navettage. En fait, toujours selon la même logique, une amélioration de l'efficacité énergétique des déplacements (transport en commun, covoiturage, moteurs moins polluants) ne constitue pas une réduction de l'excès. Seul un raccourcissement des distances de navettage constitue une réduction de l'excès.

Mais même lorsque l'on considère que le raccourcissement des navettes constitue la seule façon de réduire l'excès, des problèmes se posent. En effet, pour être considérées comme une diminution de l'excès, les conséquences négatives d'un ré-appariement doivent être inférieures à leurs conséquences positives. Ainsi, d'un point de vue strictement comptable, les bénéfices du raccourcissement des navettes doivent être supérieurs aux coûts de déménagements des travailleurs et/ou des entreprises. Autrement dit, les éléments à considérer lors du ré-appariement sont nombreux.

Si tous ces éléments pouvaient être pris en compte dans la modélisation du *excess commuting*, le navettage excessif serait beaucoup moins important qu'il ne l'est lorsque la forme urbaine est le seul critère de définition. Il serait représenté par ces rares situations où deux ménages sont intéressés à échanger leurs logements et à défrayer les coûts du déménagement. Ces situations existent : les résidents et les entreprises cherchent sinon constamment, du moins épisodiquement, à optimiser leur localisation spatiale pour réduire leurs frais de logement, pour accéder à un lieu central et, parmi toutes les autres raisons, pour se rapprocher du travail (ou de leur main d'œuvre). Ces ajustements spontanés, à la base de l'hypothèse de la co-localisation (Gordon et Wong 1985), permettent au système urbain de maximiser l'interaction en participant à la morphogenèse urbaine (1.2).

Néanmoins, malgré son efficacité, le système urbain demeure imparfait. Comme pour tous les marchés, le marché métropolitain de l'emploi est caractérisé par des délais incommodes et ses agents agissent en fonction d'informations partielles. Le navettage « gaspillé », associé à ces imperfections devrait, d'un point de vue normatif, être considéré comme excessif : il allonge la navette sans amener aucun avantage.

Mais la méthode proposée catégorise bien plus que ce navettage justement considéré comme excessif. En effet, elle présuppose, par le postulat d'interchangeabilité, que tous les travailleurs doivent et peuvent accepter tous les emplois disponibles. Ce faisant, la structure de navettage qui minimise la distance impose des lieux de résidence et des lieux d'emploi qui ne correspondent pas aux compétences, aux exigences, aux goûts, aux valeurs et aux ressources des travailleurs. Plus spécifiquement, les ménages composés de plusieurs travailleurs, les quartiers ethniques ou les pôles d'emplois spécialisés génèrent du navettage excessif parce qu'ils favorisent la ségrégation et la séparation spatiale.

En somme, le navettage excessif identifié par la méthode du *excess commuting* est composé de deux parties : le navettage réellement « gaspillé », qui est associé aux imperfections du marché, et le navettage « profitable » qui, d'un point de vue normatif, n'est pas excessif. Il n'est pas aisé de distinguer ces deux types d'excès. La méthode proposée, celle des possibilités de navettage n'implique, de prime abord, aucune prise de position normative. Elle offre une approche pour l'analyse de la relation entre la forme urbaine et la distance de navettage reposant sur l'articulation entre les structures potentielles de navettage et les structures observées de navettage. Pour y arriver, la réalité est sensiblement réduite. Les postulats d'interchangeabilité, de marché parfait et d'espace absolu font en sorte que les structures potentielles de navettage (les « possibilités de navettage »), déterminées statistiquement, ne sont que des estimations imprécises de ce que pourrait être le navettage métropolitain. Néanmoins, elles offrent des valeurs de référence qui éclairent notre

compréhension de l'influence de la forme urbaine sur la distance de navettage. Ces valeurs permettent en effet de vérifier l'hypothèse selon laquelle les pratiques de navettage sont balisées par les possibilités de navettage. C'est ce que nous ferons aux chapitres 6 et 7. En fait, ce cadre méthodologique offre, malgré ses importantes limites, une nouvelle approche pour comprendre la relation entre la forme urbaine et les structures de navettage et pour réfléchir sur les stratégies d'aménagement à mettre en place pour minimiser les nuisances associées au navettage.

4.3 PAR RAPPORT AUX AUTRES MÉTHODES

Malgré ses limites, exposées à la section précédente, la méthode des possibilités de navettage, offre quelques avantages par rapport aux autres méthodes qui s'intéressent à la relation entre la distance de navettage et la forme urbaine. En fait, chaque méthode permet d'éclairer la relation d'une lumière qui lui est propre. Avec leurs limites et leurs avantages, les différentes méthodes d'analyse sont complémentaires.

Devant la complexité de la question du navettage, nous sommes forcés de simplifier la réalité afin de la rendre intelligible. Nous émettons des postulats, nous cherchons à extraire certains aspects de la relation, à les isoler conceptuellement, à les contrôler statistiquement. Pour ce qui est de la relation entre la forme urbaine et la distance de navettage, ces réductions éclairent notre compréhension. Par exemple, nous l'avons vu à la sous-section 3.1.4, les modèles monocentriques, en concentrant tous les emplois au centre-ville, fournissent une théorie sommaire et accessible du rôle de la mobilité des travailleurs dans la formation des banlieues et des configurations spatiales conséquentes aux économies d'agglomération. Mais malgré leur valeur heuristique, ces modèles demeurent fortement déconnectés d'une réalité bien plus complexe. Ainsi, ils ne sont pas d'une très grande précision lorsque vient le temps d'estimer les impacts qu'auront certaines pratiques d'aménagement sur les structures de navettage (Gordon et Wong 1985; White 1988).

La simplification de la réalité peut prendre une multitude de formes. L'échelle d'analyse, l'encadrement conceptuel, les causalités appréhendées, la définition des variables et les subtilités de la paramétrisation font en sorte qu'il est difficile de s'y retrouver parmi la panoplie d'études portant sur la relation entre la forme urbaine et les déplacements (Boarnet et Crane 2001). Bien que la standardisation des méthodes faciliterait les analyses comparatives, nous croyons que la compréhension passe par la multiplication (éclairée) des approches. En fait, la complexité de la relation fait en sorte qu'une seule méthode ne peut permettre d'éclairer l'ensemble de la problématique.

Ceci dit, il importe de bien expliciter les objectifs des méthodes, afin d'en connaître les limites et les apports respectifs. Pour ce qui est de la relation entre la forme urbaine et la distance de navettage, les méthodes doivent, ultimement et complémentirement, éclairer la pratique de l'aménagement afin de réduire les nuisances et d'accroître les bénéfiques (Handy 1996). À cette section, nous verrons les limites et les apports des différentes méthodes d'analyse quantitative⁴⁷ de la relation entre la distance de navettage et la forme urbaine. Pour ce faire, nous regroupons les nombreuses méthodes selon trois types : l'association statistique, la théorie du choix et les simulations.

⁴⁷ Les analyses qualitatives permettent une meilleure compréhension du rôle de la forme urbaine sur les comportements de navettage. Cependant, de telles analyses ne peuvent aspirer à dresser un portrait exhaustif et représentatif des structures métropolitaines de navettage : chaque entrevue demande trop de temps.

4.3.1 Association statistique

Bien qu'elles puissent prendre des formes très diverses, les méthodes reposant sur l'association statistique (corrélation et régression) vérifient généralement l'hypothèse d'une relation causale directe selon laquelle la forme urbaine (variable indépendante) explique la distance de navettage (variable dépendante; Handy 1996). Les travaux étudiés à la section 3.2 correspondent presque tous à ce type de méthode (Newman et Kenworthy 1989; Wachs *et al.* 1993; Levinson et Kumar 1997; Levinson 1998; Newman et Kenworthy 1999; Shen 2000; Dieleman *et al.* 2002; Schwanen *et al.* 2002; Sultana 2002; Pouyanne 2004; Schwanen *et al.* 2004; Pouyanne 2005). De prime abord, ces méthodes éliminent la plupart des éléments de la relation entre la distance de navettage et la forme urbaine (i.e. les contraintes de mobilité et de compatibilité; figure 3.3) pour ne s'intéresser qu'à ces deux objets. Ce faisant, elles quantifient l'importance de l'association statistique mais n'offrent que peu d'éclairage sur les théories à propos de cette relation (Handy 1996).

Ces méthodes sont cependant très flexibles quant au choix et à la définition des variables à inclure. Il est possible, en intervertissant les variables incluses, de tester certaines hypothèses complémentaires. Par exemple, il est possible d'inclure les caractéristiques socioéconomiques des travailleurs et de vérifier la mesure selon laquelle les contraintes de mobilité et de compatibilité rendent compte, conjointement à la forme urbaine, de la distance de navettage (Handy 1996; Shen 2000). Par contre, ces méthodes rendent difficile l'évaluation distincte des « blocs » de variables associés à la forme urbaine et aux caractéristiques socioéconomiques. Diverses solutions existent cependant. Shen (2000) multiplie et compare des régressions incluant différentes combinaisons de variables. Pouyanne (2004 et 2005) utilise des régressions contrôlées, des « régressions typologiques », par une catégorisation des travailleurs en sous-groupes considérés homogènes. Enfin, l'analyse multiniveau permet à Schwanen *et al.* (2004) d'isoler les effets socioéconomiques (associés aux niveaux de l'individu et du ménage) des effets environnementaux (associés au quartier et à la municipalité).

À l'instar de Handy (1996), nous croyons que les nombreuses variantes et les difficultés techniques de ces méthodes témoignent du fait qu'elles ne s'appuient pas sur un cadre théorique décrivant la relation entre la forme urbaine et la distance de navettage. Nous croyons que l'idée de possibilités de navettage—présente dans les méthodes reposant sur la théorie du choix que nous décrivons dans les prochaines lignes comme dans la méthode que nous développons—fournit une réponse robuste à ce problème. Les méthodes reposant sur l'association statistique permettent néanmoins de vérifier si l'association existe ou non.

4.3.2 Théorie du choix

Les méthodes relevant de la théorie du choix s'attardent à estimer la probabilité qu'un travailleur choisisse une option de navettage. Cette probabilité est définie selon le principe d'utilité, déjà mentionné (3.1.3), selon lequel une option de navettage est d'autant plus désirable (probable) qu'elle présente d'importants bénéfices et peu d'inconvénients. L'évaluation de l'utilité s'appuie sur un riche corpus théorique portant sur les décisions de navettage (Waddell 2001). Cette approche repose donc sur un cadre théorique plus robuste que les méthodes présentées à la sous-section précédente (Handy 1996).

Les *Random Utility Models* (RUM), aussi évoqués à la section 3.1.3, opérationnalisent les fondements conceptuels de la théorie du choix. Les données entrantes sont les travailleurs—avec leurs caractéristiques propres—et un ensemble discret d'options de navettage—c'est-à-dire les lieux de résidence et les lieux de travail. L'objet de l'analyse est l'interaction entre le travailleur et ses options, interaction qui, ultimement, détermine la structure de navettage (Levine 1998; Torrens 2000).

La forme urbaine n'est qu'implicitement représentée dans ces modèles : elle définit l'ensemble des options de navettage offertes aux travailleurs (Handy 1996). Ces options de navettage, combinaison d'un lieu de résidence et d'un lieu de travail, sont associées à certaines caractéristiques morphologiques (distance/proximité, compatibilité, etc.) qui participent, conjointement avec les caractéristiques des travailleurs (mobilité, compétences, préférences, etc.), à la définition de leur utilité. Par exemple, les métropoles denses et mixtes offrent, toutes choses étant égales par ailleurs, des options de navettage plus « utiles » (Levinson 1998). Cependant, comme cette reconnaissance est implicite, les caractéristiques de la forme urbaine sont insuffisamment intégrées aux méthodes relevant de la théorie du choix (Srinivasan 2002).

Ces méthodes s'intéressent aux comportements de navettage et non aux structures de navettage. La distance de la navette y est comprise comme une forme de désutilité alors que la forme urbaine offre les options de navettage en plus de définir leur désirabilité. L'objectif n'est pas de comprendre comment la forme urbaine influence la distance de navettage mais plutôt de prévoir les comportements de navettage selon divers contextes. Ce faisant, les RUM reposent sur d'importants postulats relatifs aux préférences des travailleurs. Par exemple, il y est déterminé à l'avance la mesure selon laquelle la distance de la navette est une désutilité et le salaire versé est une utilité. Ces fondements théoriques rendent difficile l'appréciation de la relation entre la forme urbaine et la distance de navettage, qui n'apparaît qu'en filigrane dans ces méthodes. Néanmoins, ces méthodes permettent d'éclairer les modalités selon lesquelles les contraintes de mobilité et de compatibilité influencent les comportements de navettage. En somme, l'intérêt de ces méthodes réside davantage dans la compréhension du rôle des caractéristiques socioéconomiques sur la distance de navettage que dans celui de la forme urbaine.

4.3.3 Simulations

Les RUM constituent un module important des *Land Use and Transportation Models* (LUT). Ces derniers cherchent à modéliser la dynamique métropolitaine dans le but de comprendre et de prévoir son évolution à long terme. De plus, ils permettent de proposer des scénarios quant aux impacts de certaines interventions (Torrens 2000).

Les LUT sont composés de deux modules : un module « transport » et un module « utilisation du sol ». En plus des importants postulats émis par leur module « transport » (le RUM), les LUT s'appuient sur des postulats concernant les mécanismes du marché foncier, la localisation spatiale des entreprises et des travailleurs, et les interactions entre les transports et l'utilisation du sol (Handy 1996). La lourdeur de ces modèles et l'arbitraire de leurs nombreux postulats entachent significativement leur capacité prédictive (Newman et Kenworthy 1999). Néanmoins, en intégrant les principaux éléments du système métropolitain et en opérationnalisant les principes de la morphogenèse urbaine, les LUT éclairent notre compréhension de la relation entre la forme urbaine et la distance navettage dans la mesure où ils les situent à l'intérieur d'un modèle somme toute représentatif de la complexité du réel (Torrens 2000).

4.3.4 *Excess commuting* et possibilités de navettage

Selon sa formulation initiale, la méthode du *excess commuting* cherche à vérifier l'exactitude du postulat de la minimisation du navettage (Hamilton 1982) en comparant la distance de navettage observée à la distance de navettage qui devrait être observée si le postulat s'avérait être fondé. Ainsi, la méthode du *excess commuting* reconnaît que la forme urbaine définit la structure de navettage optimale, celle qui devrait être observée si le postulat de minimisation s'avérait être vrai.

Le développement du concept de MAX (Horner 2002), introduit une seconde représentation de la forme urbaine dans la méthode du *excess commuting*. Le navettage observé (OBS) peut alors être comparé aux valeurs de MIN et de MAX, qui constituent les deux extrêmes de l'ensemble des structures de navettage possibles. Ce faisant, la méthode du *excess commuting* se rapproche des méthodes reposant sur la théorie du choix, décrites dans cette section, en ce que la forme urbaine est comprise comme l'offre des structures de navettage potentielles, les possibilités de navettage.

Les possibilités de navettage offrent de nouvelles façons de représenter la forme urbaine pour l'analyse de la distance navettage. Au lieu de la définir comme une taille, une densité ou un équilibre fonctionnel (3.2.1), elle peut être définie par l'ensemble des possibilités qu'elle supporte, ou plutôt par certaines valeurs de référence comme MIN, MOY et MAX. Comme elle repose sur une théorie de la relation entre la forme urbaine et la distance de navettage, la méthode des possibilités de navettage permet de s'interroger sur l'adéquation entre la structure de navettage observée et les choix offerts.

La méthode des possibilités de navettage se distingue des méthodes basées sur l'association statistique (qui vérifient l'existence d'une relation entre la forme urbaine et la distance de navettage sans toutefois s'intéresser au choix), des méthodes basées sur la théorie du choix (qui cherchent à identifier la structure de navettage la plus probable en fonction des contraintes de mobilité et de compatibilité mais qui ne s'intéressent pas aux structures potentielles) et des simulations (qui immobilisent la relation entre la forme urbaine et le navettage à l'intérieur de lourds postulats). Ce faisant, cette méthode ouvre de nouvelles possibilités d'exploration de la relation complexe entre la forme urbaine et la distance de navettage. Il est ainsi possible de vérifier dans quelle mesure certaines caractéristiques de la forme urbaine (densité, polycentricité, mixité, etc.) définissent les possibilités de navettage offertes. Nous étudierons cette question, qui ne peut être abordée par aucune des autres méthodes d'analyse du navettage, au prochain chapitre. Il est aussi possible de vérifier, en complément aux méthodes du type « association statistique », si les possibilités de navettage offertes par la forme urbaine montrent une association statistique avec les distances de navettage observées (chapitre 6). Enfin, il est possible, en introduisant des contraintes à l'appariement, de vérifier si certaines catégories de travailleurs sont associées à des formes urbaines et/ou des pratiques de navettage spécifiques (chapitre 7). Ces analyses sauront, éventuellement, informer et raffiner la paramétrisation des RUM et des LUT.

4.4 CONCLUSION

Nous avons vu au chapitre 2 que le navettage amène son lot de nuisances et de bénéfices et que les enjeux qui en découlent motivent les aménageurs à proposer des formes urbaines qui minimiseraient les inconvénients tout en maximisant les avantages. Ces propositions reposent sur le postulat que la forme urbaine influence la distance de navettage et, conséquemment, elles justifient les études sur la relation entre la forme urbaine et la distance de navettage.

Nous avons vu au chapitre 3 que la plupart des études montrent que la relation entre la forme urbaine et la distance de navettage est statistiquement significative. La réponse à notre première question de recherche—« Est-ce que la forme urbaine influence la distance de navettage? »—semble donc être « oui ». Cependant, ces travaux montrent aussi que la relation est relativement faible et pleine de subtilités. Ces considérations pourraient remettre en question la légitimité des interventions qui utilisent l'aménagement pour gérer le navettage. De plus, elles embrouillent sensiblement les tentatives pour répondre à notre seconde question de recherche—« Comment la forme urbaine influence-t-elle la distance de navettage? ».

Les diverses méthodes décrites à la section précédente offrent différentes approches pour analyser la relation entre la forme urbaine et la distance de navettage. Cette multiplicité, à l'image de la triangulation, permet d'éclairer la complexité de la question de différents angles. Conjointement et complémentirement, ces méthodes rendent la question intelligible et favorisent notre compréhension (Handy 1996).

C'est dans cette optique que nous proposons une nouvelle méthode d'analyse de la relation entre la forme urbaine et la distance de navettage. La méthode des possibilités de navettage offre en effet un cadre original pour étudier comment la forme urbaine, en présentant des structures de navettage potentielles au travailleur, influence distance de navettage. Les trois derniers chapitres de la thèse sont consacrés à l'application de cette méthode.

CHAPITRE 5. FORME URBAINE ET POSSIBILITÉS DE NAVETTAGE

C'est la forme elle-même, en tant que génératrice d'un objet virtuel, l'urbain, rencontre et rassemblement de tous les objets et sujets existants et possibles, qu'il faut explorer. (Lefebvre 1970, p.227)

Lors des deux chapitres précédents, nous avons présenté un cadre théorique selon lequel la forme urbaine influence la distance de navettage dans la mesure où elle propose un certain nombre de possibilités de navettage. Suivant leurs contraintes de mobilité et de compatibilité, les travailleurs sont amenés à choisir parmi ces possibilités. La distance de navettage est ainsi déterminée à la fois par la forme urbaine (dans la mesure où elle constitue l'offre de possibilités de navettage) et les caractéristiques des travailleurs (leurs pratiques de navettage).

À ce chapitre, à défaut d'étudier les pratiques de navettage, nous nous concentrons sur l'offre des possibilités de navettage. Plus spécifiquement, nous analysons comment certaines caractéristiques de la forme urbaine (comme la mixité fonctionnelle et le degré de centralisation) définissent les possibilités de navettage. Pour ce faire, nous étudions les associations statistiques entre ces caractéristiques morphologiques et les valeurs représentatives des possibilités de navettage (MIN, MAX, MOY) telles qu'elles se présentent pour diverses villes théoriques. En s'intéressant à des formes urbaines idéalisées, cette démarche offre l'avantage d'isoler la relation qui nous intéresse et d'en simplifier la compréhension. Nous serons ainsi en mesure d'apprécier l'effet d'un changement morphologique (par exemple une décentralisation) sur l'offre des possibilités de navettage. Cet exercice nous sera d'une grande utilité lors des chapitres subséquents, qui étendent l'analyse aux distances de navettage observées dans divers contextes métropolitains. En effet, il nous permettra de fixer des balises à l'interprétation de valeurs qui, jusqu'à aujourd'hui, demeurent difficiles à déchiffrer.

Ce chapitre est composé de trois sections. À la première, nous étudions l'ensemble des possibilités de navettage offertes par des marchés d'emploi constitués de neuf travailleurs ou moins (5.1). La petite taille de ces exemples limite la portée des analyses qui leur sont associées. En effet, en plus de n'être aucunement représentatifs de la taille des vrais marchés d'emplois, ces exemples ne nous permettent pas d'étudier différentes configurations de forme urbaine. Cependant, parce qu'ils sont suffisamment réduits pour permettre l'analyse de l'ensemble des possibilités de navettage, ils nous seront utiles pour illustrer la procédure de calcul des possibilités de navettage, pour comprendre la composition des distributions de possibilités de navettage et pour tester leur normalité. À la seconde section, nous étudions les possibilités de navettage simulées pour des villes théoriques composées de 400 unités spatiales et 40 000 travailleurs (5.2). Ces exemples nous permettront d'analyser les liens entre certaines caractéristiques morphologiques (principalement la centralité et la mixité) et les possibilités de navettage pour diverses configurations de forme urbaine (uniforme, monocentrique, polycentrique et aléatoire). Enfin, nous discutons des limites et de la portée des résultats présentés au cours de ce chapitre (5.3).

5.1 PETITS MARCHÉS

Comme nous l'avons vu au chapitre précédent, les possibilités de navettage viennent en nombre colossal. En fait, pour un marché d'emploi de seulement 100 travailleurs, il en existe 10^{158} . C'est pour cette raison que la distribution des possibilités de navettage doit être simulée à l'aide de la méthode de Monte Carlo (sous-section 4.1.2). Pour des marchés plus petits, la distribution peut cependant être déterminée avec précision et c'est ce que nous faisons à cette section.

Dans un premier temps, nous décrivons la procédure pour déterminer les possibilités de navettage à partir de l'exemple particulièrement réduit d'un marché de quatre travailleurs disposés de façon linéaire (5.1.1). Par la suite, nous analysons les caractéristiques (asymétrie et aplatissement) des distributions et leur association avec la taille du marché d'emploi (5.1.2). Enfin, nous étudions comment, pour un marché de neuf travailleurs, les possibilités de navettage changent selon la configuration spatiale (5.1.3).

5.1.1 La mesure des possibilités de navettage

Comme nous l'avons décrit au chapitre précédent, une possibilité de navettage représente une des structures de navettage que la forme urbaine peut supporter. Plus spécifiquement, elle représente la distance de navettage associée à cette structure de navettage. Pour déterminer l'ensemble de la distribution des possibilités de navettage, nous devons identifier l'ensemble des structures de navettage possibles et déterminer leurs distances moyennes.

C'est ce que nous faisons à partir de l'exemple d'un marché d'emploi composé de quatre travailleurs. Ce marché d'emploi est donc composé de quatre lieux de travail et de quatre lieux de résidence. Dans notre exemple, illustré à la figure 5.1, ces lieux sont disposés le long d'une ligne. Chaque lieu de travail (A, B, C et D) est coprésent d'un lieu de résidence (1, 2, 3, 4) : 1 est coprésent de A, 2 et coprésent de B, etc. Les distances qui séparent ces différents lieux sont présentées au tableau 5.1.

Figure 5.1 Exemple d'un marché d'emplois composé de quatre lieux de résidence et de travail

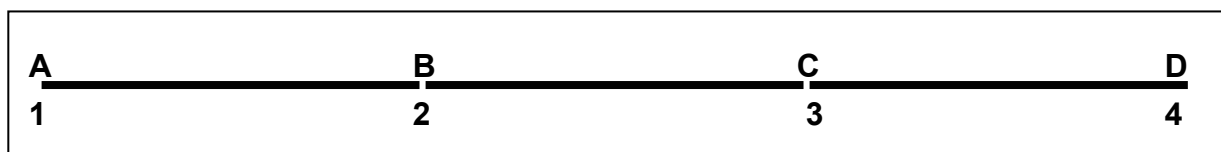


Tableau 5.1 Matrice de distance de l'exemple

	A	B	C	D
1	0	1	2	3
2	1	0	1	2
3	2	1	0	1
4	3	2	1	0

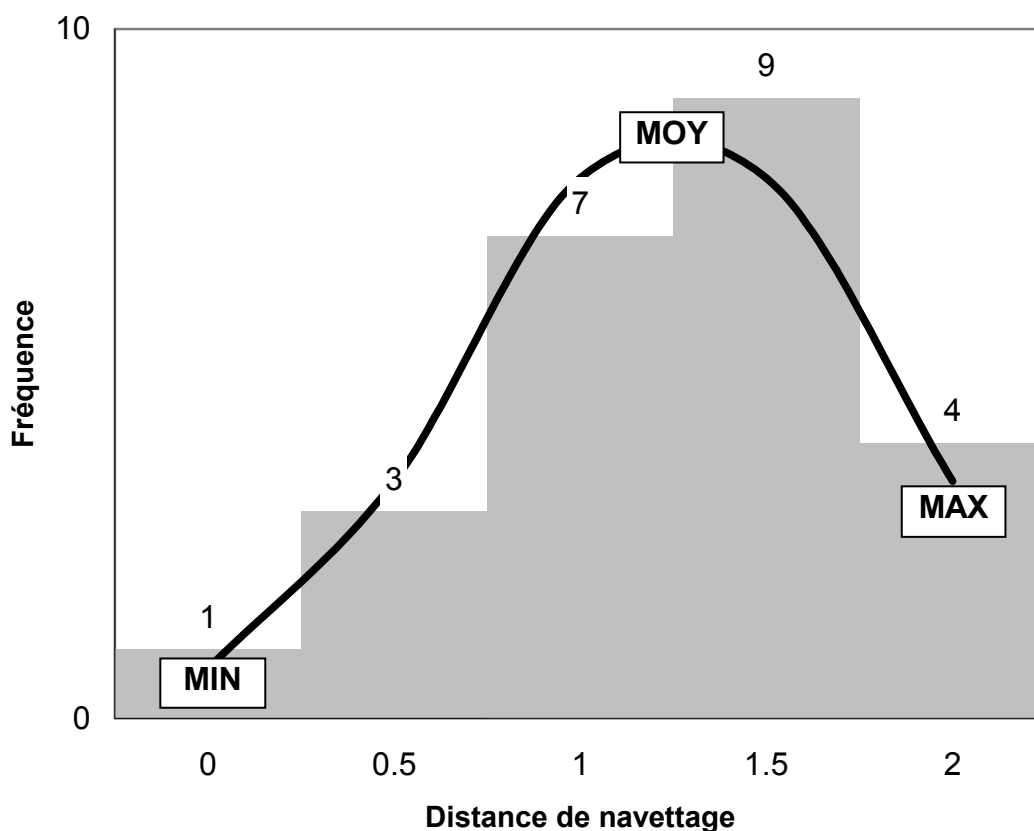
Chaque possibilité de navettage représente une structure de navettage. Autrement dit, chaque possibilité de navettage associe chaque lieu de résidence à un et un seul lieu de travail. Dans le cas présent, il existe 24 possibilités de navettage, dont les paires résidence-travail et les distances de navettage sont présentées au tableau 5.2. On y remarque que la structure de navettage associé à la distance moyenne la moins élevée, qui serait identifiée par la méthode simplex comme étant la structure minimale, apparie les résidences et les emplois coprésents (A-1, B-2, C-3, D-4). Sa distance moyenne est donc nulle. Cette possibilité correspond au MIN.

Tableau 5.2 Les possibilités de navettage de l'exemple

Possibilité	paires travail/ résidence				Distance moyenne
	A	B	C	D	
1	1	2	3	4	0
2	1	2	4	3	0.5
3	1	3	2	4	0.5
4	1	3	4	2	1
5	1	4	2	3	1
6	1	4	3	2	1
7	2	1	3	4	0.5
8	2	1	4	3	1
9	2	3	1	4	1
10	2	3	4	1	1.5
11	2	4	1	3	1.5
12	2	4	3	1	1.5
13	3	1	2	4	1
14	3	1	4	2	1.5
15	3	2	1	4	1
16	3	2	4	1	1.5
17	3	4	1	2	2
18	3	4	2	1	2
19	4	1	2	3	1.5
20	4	1	3	2	1.5
21	4	2	1	3	1.5
22	4	2	3	1	1.5
23	4	3	1	2	2
24	4	3	2	1	2

On remarque aussi que la distance moyenne la plus élevée (qui est de 2) caractérise quatre possibilités de navettage (les possibilités 17, 18, 23 et 24). En fait, l'ensemble des 24 possibilités de navettage ne renvoie que cinq valeurs de distance de navettage : 0, 0.5, 1, 1.5 et 2. Représentée en histogramme (figure 5.2), la distribution des possibilités de navettage s'apparente à une distribution normale, avec une légère asymétrie vers la droite. Autre constat : sensiblement la même quantité de possibilités de navettage se positionne de part et d'autre de la moyenne, qui est de 1.25 (11 possibilités lui sont inférieures alors que 13 lui sont supérieures) malgré le fait que la « zone gauche » de la distribution est plus étendue que la « zone droite » : avec des étendues respectives de 1.25 et de 0.75. Nous le verrons, ces deux propriétés (normalité et « excentricité ») caractérisent toutes, sauf rares exceptions, les distributions de possibilités de navettage.

Figure 5.2 Distribution des possibilités de navettage de l'exemple



Ces propriétés ont des implications sur l'analyse de la relation entre la forme urbaine et la distance de navettage. En effet, la normalité permet d'évaluer si la valeur de OBS est significativement différente de la valeur de MOY et ainsi de vérifier si les travailleurs organisent leurs navettes de façon à réduire la distance de navettage (4.1.2). Nous le vérifierons au prochain chapitre (6.2.5). L'excentricité de la moyenne à

l'intérieur de la distribution signifie quant à elle que les possibilités de navettage associées à de courtes distances de navettage s'éloignent davantage de la moyenne globale que les possibilités associées à de longues distances. Les possibilités de navettage associées à de très courtes distances de navettage sont ainsi à la fois plus éloignées de la moyenne et moins probables, d'un point de vue statistique. Nous y reviendrons.

5.1.2 Taille du marché et normalité de la distribution

À la sous-section précédente, nous avons décrit la procédure pour mesurer les différentes possibilités de navettage. En analysant l'exemple d'un marché linéaire de quatre travailleurs, nous avons observé que la distribution des possibilités est normale quoique légèrement asymétrique vers la droite.

Dans cette sous-section, nous vérifions si ces propriétés sont vérifiées pour des marchés d'emplois de cinq, six, sept, huit et neuf travailleurs. Comme pour l'exemple de la sous-section précédente, ces marchés sont linéaires, des paires emploi-résidence étant distribuées à égale distance sur une ligne. Cependant, comme le nombre de travailleurs augmente, les distances maximales augmentent. Par exemple, pour le marché de neuf travailleurs, la distance entre les lieux les plus éloignés est de 8 alors qu'elle est de 3 pour le marché de quatre travailleurs. Comme le nombre de possibilités de navettage devient considérable (362 880 pour un marché de neuf travailleurs), les distributions sont calculées à l'aide d'une routine que nous avons développée dans *Visual Basic* dont le pseudocode est disponible à l'annexe 5.1. Pour chacun de ces marchés d'emplois, quelques statistiques descriptives sont affichées au tableau 5.3.

Tableau 5.3 Petits marchés d'emplois : Statistiques descriptives

Taille du marché	4	5	6	7	8	9
N	24	120	720	5 040	40 320	362 880
MIN	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MOY	1.25	2.26	2.75	3.23	3.71	4.19
MAX	2.00	3.39	4.24	4.85	5.66	6.29
ÉCART-TYPE	0.53	0.78	0.83	0.87	0.92	0.96
CV	0.43	0.35	0.30	0.27	0.25	0.23
TEST KS	0.185	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000
ASYMÉTRIE	-0.47	-0.35	-0.28	-0.24	-0.22	-0.20
APLATISSEMENT	-0.01	-0.33	-0.36	-0.34	-0.31	-0.29
EXCENTRICITÉ	0.63	0.67	0.65	0.67	0.66	0.67

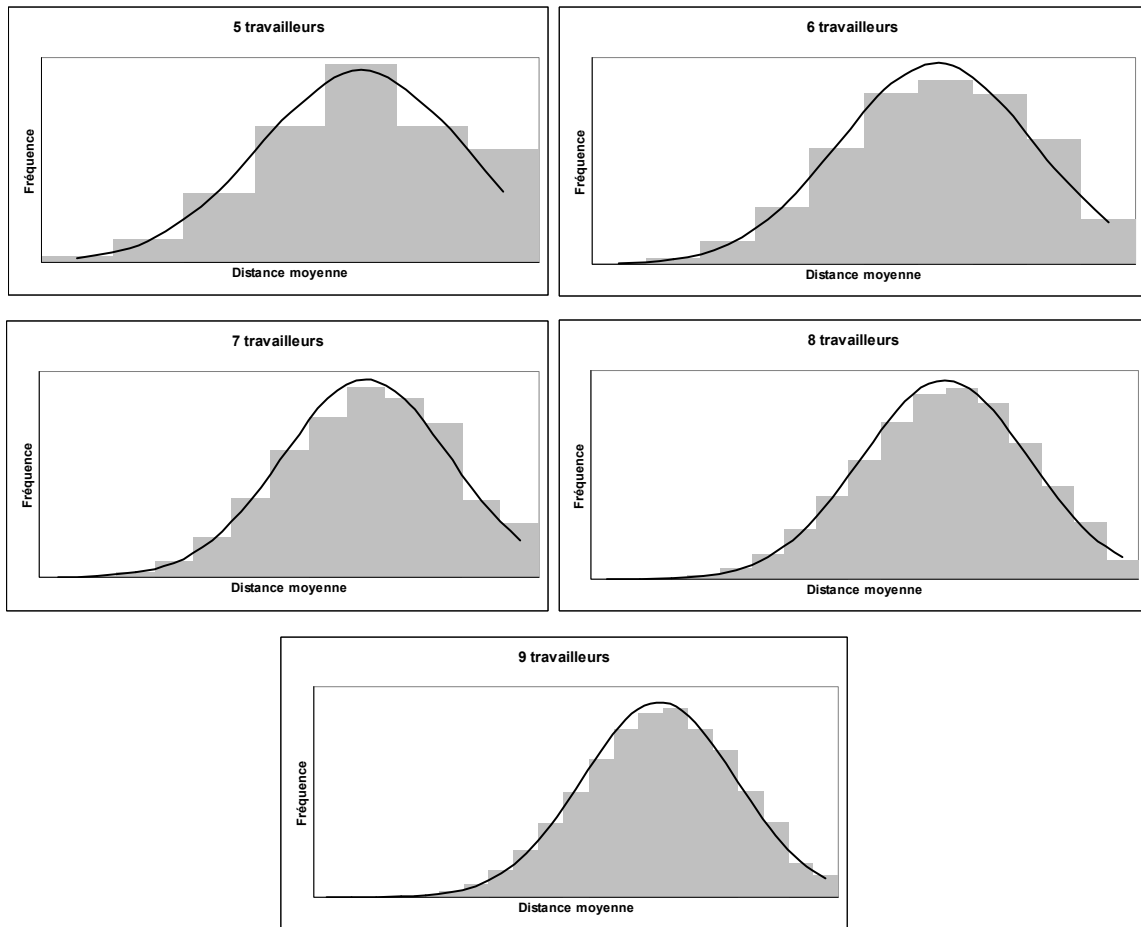
On y remarque d'abord que le nombre de possibilités de navettage croît très rapidement avec le nombre de travailleurs : de 24 pour un marché de quatre travailleurs, elles sont 362 880 pour un marché de neuf travailleurs. Étant donné que les lieux de résidence et les lieux de travail sont groupés par paires, tous les marchés offrent une (et une seule) possibilité pour que la distance moyenne de navettage soit nulle.

Cependant, comme la longueur de la « ligne » du marché augmente avec le nombre de travailleurs, les valeurs de MAX et de MOY sont proportionnelles au nombre de travailleurs.

Il en est de même pour l'écart-type des distributions. Cependant, si l'on considère le coefficient de variation (CV; l'écart-type divisé par la moyenne), qui passe de 0.43 pour le marché de quatre travailleurs à 0.23 pour le marché qui en compte neuf, il apparaît que la dispersion des valeurs autour de la moyenne diminue avec la taille du marché. Cette observation s'explique par le fait que les valeurs extrêmes demandent l'appariement de tous ou presque tous les lieux très rapprochés (dans le cas de MIN) ou éloignés (dans le cas de MAX). Ainsi, plus on augmente le nombre de lieux à apparier, plus on diminue la probabilité que les situations extrêmes se réalisent lors d'un appariement aléatoire. Prenons pour exemple la valeur de MIN. Pour tous les marchés observés, une seule situation lui correspond : la situation où toutes les résidences sont appariées à l'emploi qui leur est coprésent. Or, comme le nombre de possibilités de navettage augmente très rapidement avec la taille du marché, la proportion représentée par MIN sur l'ensemble des possibilités passe de 1/24 pour le marché à quatre travailleurs à 1/362 880 pour le marché à neuf travailleurs. Nous identifions donc une nouvelle propriété de la distribution des possibilités de navettage : sa dispersion diminue avec la taille du marché. Nous y reviendrons (5.2.2).

L'interprétation des statistiques décrivant la normalité de la distribution (asymétrie, aplatissement et excentricité) sera facilitée par les histogrammes de fréquence (figure 5.3). Il apparaît d'abord que toutes les distributions, à l'exception de la distribution du marché de quatre travailleurs, sont significativement normales. En effet, la significativité des tests de Kolmogorov-Smirnov (Test KS) est très importante. Les coefficients d'asymétrie sont tous inférieurs à zéro, ce qui signifie que les distributions tendent vers la droite. Cependant, ces coefficients diminuent proportionnellement à la taille des marchés, ce qui s'explique par le fait que les valeurs extrêmes représentent une proportion plus faible du total des valeurs. Quant aux valeurs des coefficients d'aplatissement, elles ne montrent pas de relation claire avec la taille du marché. Enfin, il apparaît que pour tous les cas analysés, la moyenne est excentrée sur l'étendue des valeurs. En fait, elles se situent aux alentours des deux tiers de l'étendue des valeurs, plus près du maximum que du minimum (excentricité sur le tableau 5.3). Bien qu'ils ne constituent pas une preuve mathématique irréfutable, ces résultats corroborent la normalité et l'excentricité des distributions de possibilités de navettage, déjà observées à la sous-section précédente.

Figure 5.3 Distributions des possibilités de navettage selon la taille du marché



5.1.3 Configuration spatiale et possibilités de navettage

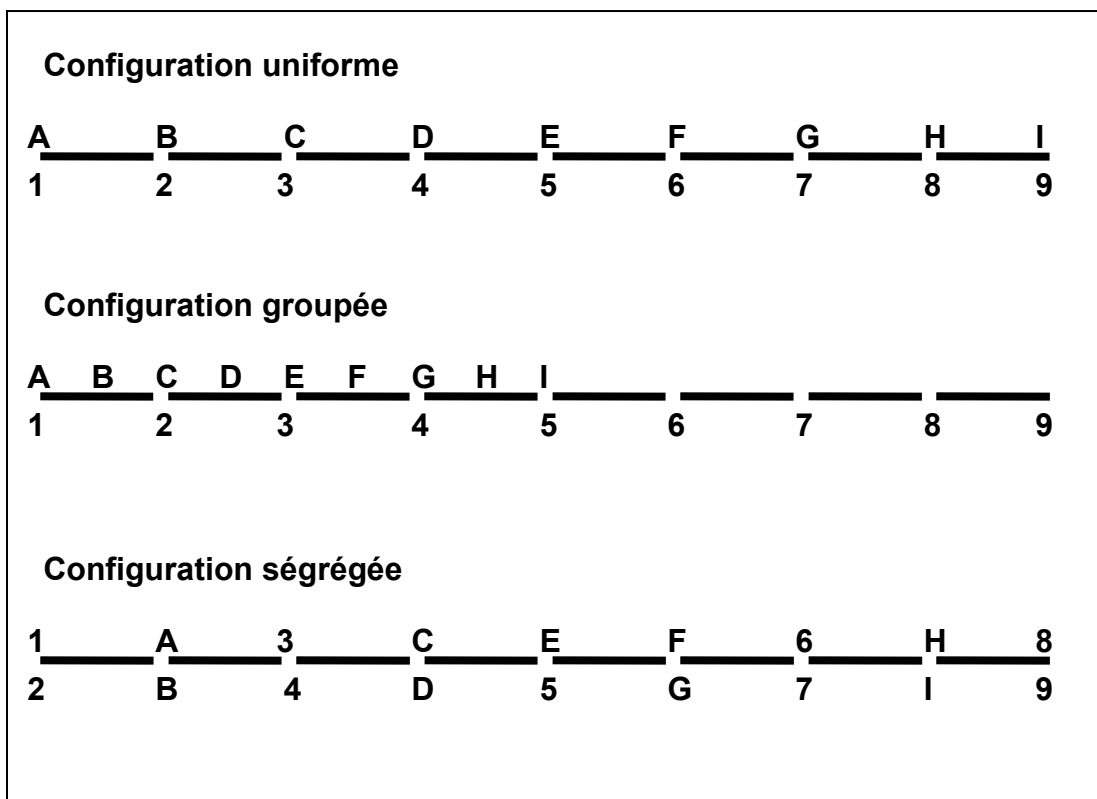
L'intérêt principal de l'analyse théorique des liens entre des formes urbaines idéalisées et les possibilités de navettage offertes est de comprendre comment certaines caractéristiques morphologiques définissent l'offre de possibilités de navettage. Comme, jusqu'ici, nous ne nous sommes intéressés qu'à de très petits marchés d'emploi, cette question demeure, pour l'instant, sans réponse. Malgré les limites associées à leur taille, l'analyse des petits marchés, nous venons de le voir, permet l'étude de la distribution de l'ensemble des possibilités de navettage et ainsi d'identifier certaines de ses propriétés comme la normalité et l'excentricité.

Nous profiterons de cette même opportunité—celle de lire l'ensemble des possibilités de navettage—pour vérifier comment la configuration des lieux de résidence et des lieux de travail influence la distribution de possibilités de navettage. Bien entendu, cet examen sera limité : il n'est pas possible, par exemple, de vérifier l'influence de la polycentricité sur l'offre de possibilités de navettage avec un marché ne comptant

que neuf travailleurs. Néanmoins, la lecture de l'ensemble des possibilités de navettage nous permettra d'avoir une vision complète du problème. Les analyses de la prochaine section, qui portent sur des marchés de 40 000 travailleurs répartis sur 400 unités spatiales, offrent quant à elles plus de flexibilité pour l'analyse des caractéristiques morphologiques mais elles n'offrent qu'une vision partielle de la totalité des possibilités de navettage offertes.

Notre analyse de l'influence de la configuration spatiale sur l'offre de possibilités de navettage porte sur trois exemples, référant tous à un marché linéaire de neuf travailleurs (figure 5.4). Le premier exemple, « configuration uniforme », est identique au marché linéaire de neuf travailleurs interprété à la sous-section précédente. Les neuf résidences et emplois y sont distribués par paires, à égale distance sur une ligne. Dans le second exemple, « configuration groupée », les lieux de travail (les lettres de A à I) sont distribués sur la moitié gauche de la ligne. Ce faisant, seules cinq paires résidence-emploi sont caractérisées par la coprésence : A-1, C-2, E-3, G-4 et I-5. Dans le troisième exemple, « configuration ségréguée », seule une paire résidence-emploi subsiste : E-5. Les autres sont des paires résidence-résidence ou emploi-emploi.

Figure 5.4 Configurations alternatives d'un marché de neuf travailleurs



Quelques statistiques descriptives associées à ces configurations sont affichées au tableau 5.4. Remarquons d'abord que, comme ils sont tous composés de neuf travailleurs, les trois exemples offrent

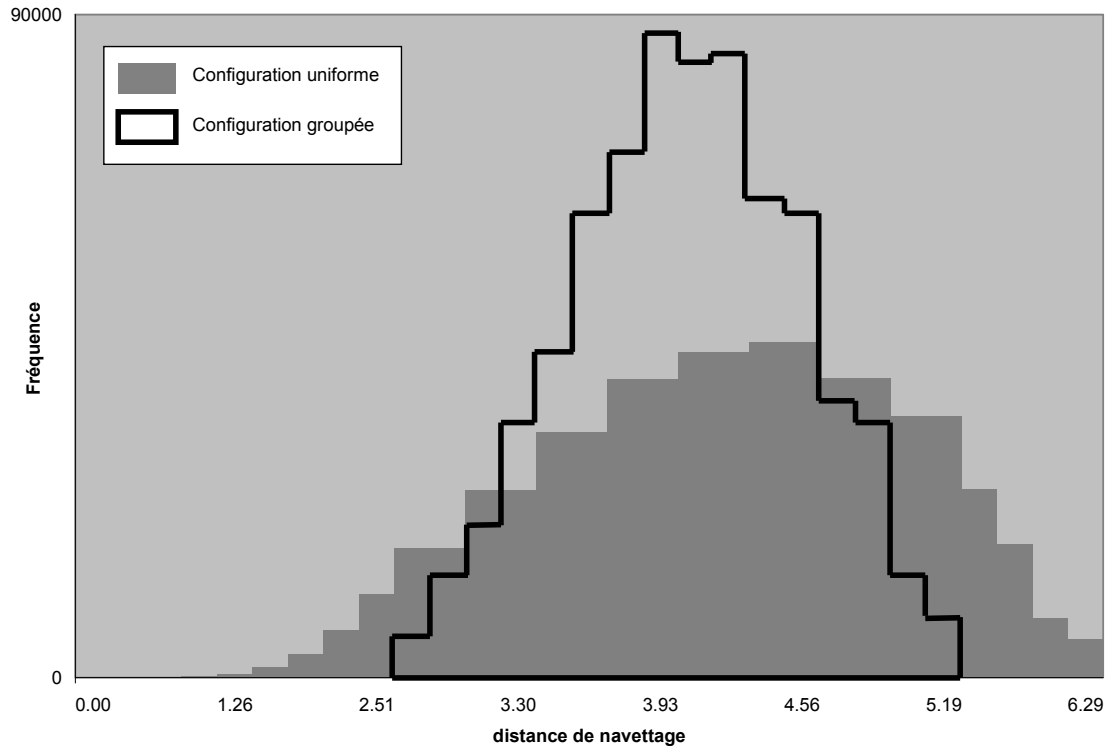
chacun 362 880 possibilités de navettage. Le seul exemple à compter une possibilité nulle est la configuration uniforme (valeurs de MIN). Comme toutes les résidences ne sont pas coprésentes à un emploi dans les deux autres exemples, ces derniers n'offrent aucune structure de navettage associée à une distance nulle. Notons que la possibilité minimale offerte par la configuration groupée est particulièrement grande (2.83) parce que les résidences 6, 7, 8 et 9 se retrouvent relativement éloignées des lieux de travail. À l'opposé, comme tous les lieux de travail sont concentrés spatialement, les possibilités de maximiser la distance globale sont réduites; la possibilité maximale (comme la moyenne de l'ensemble des possibilités) de la configuration groupée est inférieure à celles des autres exemples. Étant donné que les possibilités de navettage offertes par la configuration groupée se distribuent sur une plus petite étendue de valeurs (le minimum est plus élevé alors que le maximum est plus faible), les valeurs sont davantage regroupées autour de la moyenne et le coefficient de variation est moindre (0.12).

Tableau 5.4 Configurations alternatives : Statistiques descriptives

Exemple	Configuration uniforme	Configuration groupée	Configuration ségréguée
N	362 880	362 880	362 880
MIN	0.00	2.83	1.26
MAX	6.29	5.19	6.29
MOY	4.19	4.05	4.33
ÉCART-TYPE	0.96	0.50	0.88
CV	0.23	0.12	0.20
TEST KS	0.000	0.000	0.000
ASYMÉTRIE	-0.20	-0.07	-0.12
APLATISSEMENT	-0.29	-0.49	-0.38
EXCENTRICITÉ	0.67	0.52	0.61

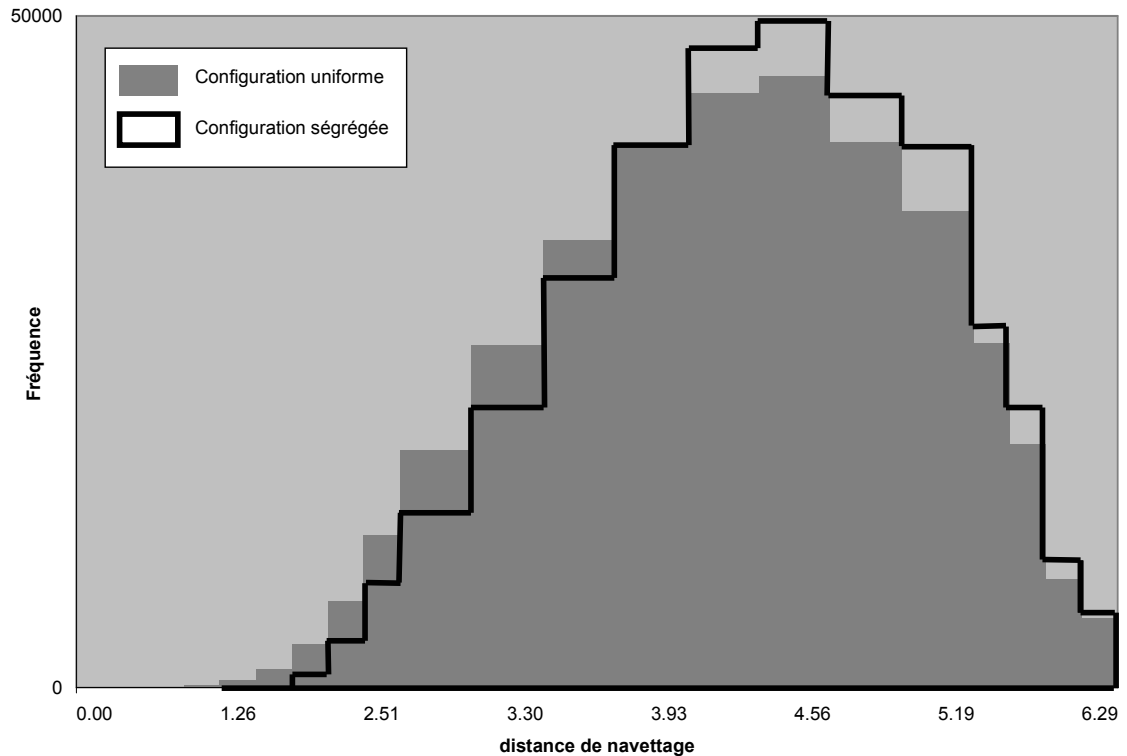
Les trois exemples affichent des distributions statistiquement normales (test KS). Une analyse graphique de ces distributions nous informe davantage. Lorsque l'on compare les possibilités de navettage offertes par la configuration uniforme à celles offertes par la configuration groupée, on remarque que la distribution de ces dernières est beaucoup plus étroite (figure 5.5). Cette situation s'explique par le fait que les emplois de la distribution groupée sont concentrés spatialement, ce qui réduit les possibilités de navettage associées à des distances longues et courtes. Remarquons aussi que, pour la configuration groupée, la valeur moyenne se rapproche du centre de l'étendue des valeurs. Ainsi, il est bon de noter que MOY n'est pas toujours plus rapprochée de MAX que de MIN.

Figure 5.5 Possibilités de navettage des configurations uniforme et groupée



Si l'on compare les possibilités de navettage offertes par la configuration uniforme à celles offertes par la configuration ségrégée, on remarque que malgré leur forte similarité, la distribution de la dernière est légèrement décalée vers la droite (figure 5.6). Comme dans la configuration ségrégée, les possibilités d'appariement d'une résidence et d'un emploi coprésents sont limitées à la paire E-5, ces dernières sont très rares. Les distances de navettage sont donc, en règle générale, légèrement supérieures.

Figure 5.6 Possibilités de navettage des configurations uniforme et ségrégée



Ces analyses, certes limitées, nous ont permis d'éclairer un peu le lien entre la forme urbaine et les possibilités de navettage offertes. En somme, nous avons remarqué que différentes configurations amènent différentes valeurs de MIN, de MAX et de MOY, différents coefficients de variation et différentes distributions de valeurs. Plus spécifiquement, l'exemple de la distribution groupée montre que la concentration des lieux (de résidence ou de travail) comprime la distribution des valeurs autour de la moyenne. De plus, l'exemple de la distribution ségrégée montre que la ségrégation fonctionnelle (l'absence de coprésence résidence-emploi) allonge les possibilités offertes.

Les analyses présentées à cette section, très techniques, semblent, au premier abord, bien peu nous apprendre sur la relation entre la forme urbaine et la distance de navettage. En fait, leur but premier est d'observer les distributions de possibilités de navettage et d'en identifier les propriétés et non de les utiliser comme pistes d'aménagement. Ces premières explorations nous ont d'abord permis de décrire, d'une manière intelligible, comment sont calculées les possibilités de navettage (5.1.1). Par la suite, les analyses ont démontré que ces distributions se rapprochent significativement de la normalité. Cette propriété mathématique légitime la vérification de certaines hypothèses quant à l'importance de la distance de la

navette sur le comportement de navettage. Nous avons aussi montré que, malgré leur normalité, la moyenne des valeurs ne se situe pas nécessairement à égale distance des valeurs minimales et maximales. Cette excentricité fait en sorte qu'il est possible, si la configuration spatiale le permet, d'offrir des possibilités de navettage associées à de très courtes navettes mais que ces possibilités ne forment qu'une très faible proportion du total des possibilités offertes (5.1.2). Nous avons ensuite montré que la concentration spatiale des lieux est associée à une compression des possibilités de navettage autour de la moyenne. À l'opposé, la déconcentration offre davantage de possibilités associées à de courtes et de longues navettes. Enfin, il apparaît que la mixité fonctionnelle tend à raccourcir les distances associées à l'ensemble des possibilités de navettage (5.1.3). Nous reviendrons sur la portée de ces observations à la section 5.3.

5.2 GRANDS MARCHÉS

À la section précédente, nous avons appliqué la méthode des possibilités de navettage sur des marchés d'emplois théoriques de moins de dix travailleurs. Ce faisant, nous avons pu analyser l'ensemble de la distribution des possibilités de navettage. Toutefois, la petite taille de ces marchés ne nous a pas permis d'identifier les caractéristiques de la forme urbaine qui définissent les possibilités de navettage offertes. C'est ce que nous ferons à cette section à l'aide de marchés d'emplois plus importants, comprenant 400 unités spatiales et 40 000 travailleurs.

Dans un premier temps, nous décrivons le canevas à partir duquel nous effectuerons nos analyses (5.2.1). Ce canevas nous permettra de simuler certaines caractéristiques morphologiques, en l'occurrence le degré de centralisation et la mixité fonctionnelle, et de vérifier l'association entre ces caractéristiques et les possibilités de navettage offertes. Par la suite, nous appliquons la méthode à des formes urbaines de type homogène (5.2.2), monocentrique (5.2.3), polycentrique (5.2.4) et aléatoire (5.2.5). Enfin, nous comparons ces différents résultats (5.2.6).

5.2.1 Description du canevas

Afin de pouvoir vérifier plusieurs hypothèses sur la relation entre la forme urbaine et les possibilités de navettage offertes, nous avons recours à une grille composée de vingt lignes et de vingt colonnes, soit 400 cellules. Chacune de ces cellules représente une unité spatiale et peut être interprétée comme un secteur de recensement comprenant une certaine quantité de lieux de résidence et de lieux de travail. C'est d'ailleurs en variant la configuration spatiale de ces lieux à travers les 400 cellules que nous reproduisons certaines caractéristiques morphologiques, dont nous vérifions l'association statistique avec les possibilités de navettage offertes.

Pour ce faire, nous devons définir trois matrices. Les deux premières matrices, les « matrices de lieux » (20 par 20) représentent la localisation spatiale des lieux de résidence et des lieux de travail. La troisième

matrice, la « matrice de distance », compte 160 000 cellules (400 par 400) et comprend les informations sur la distance séparant toutes les paires de cellules des « matrices de lieux ». Ces distances sont les distances euclidiennes entre ces cellules. Elles varient entre la valeur minimale de 0 (l'origine et la destination correspondent à la même cellule) et la valeur maximale de 26.9 (l'origine et la destination correspondent à des coins opposés). Une partie de la matrice de distance est présentée à la figure 5.7 où les valeurs correspondent aux distances entre toutes les cellules et la cellule 8-8. Notons que, pour des fins d'affichage, les valeurs sont arrondies à l'unité.

Figure 5.7 Grille 20 x 20 : Matrice de distance

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	10	9	9	8	8	7	7	7	7	7	8	8	9	9	10	11	11	12	13	14
2	9	8	8	7	7	6	6	6	6	6	7	7	8	8	9	10	11	12	13	13
3	9	8	7	6	6	5	5	5	5	5	6	6	7	8	9	9	10	11	12	13
4	8	7	6	6	5	4	4	4	4	4	5	6	6	7	8	9	10	11	12	13
5	8	7	6	5	4	4	3	3	3	4	4	5	6	7	8	9	9	10	11	12
6	7	6	5	4	4	3	2	2	2	3	4	4	5	6	7	8	9	10	11	12
7	7	6	5	4	3	2	1	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
8	7	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
9	7	6	5	4	3	2	1	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
10	7	6	5	4	4	3	2	2	2	3	4	4	5	6	7	8	9	10	11	12
11	8	7	6	5	4	4	3	3	3	4	4	5	6	7	8	9	9	10	11	12
12	8	7	6	6	5	4	4	4	4	4	5	6	6	7	8	9	10	11	12	13
13	9	8	7	6	6	5	5	5	5	5	6	6	7	8	9	9	10	11	12	13
14	9	8	8	7	7	6	6	6	6	6	7	7	8	8	9	10	11	12	13	13
15	10	9	9	8	8	7	7	7	7	7	8	8	9	9	10	11	11	12	13	14
16	11	10	9	9	9	8	8	8	8	8	9	9	9	10	11	11	12	13	14	14
17	11	11	10	10	9	9	9	9	9	9	10	10	11	11	12	13	13	14	15	15
18	12	12	11	11	10	10	10	10	10	10	11	11	12	12	13	13	14	15	16	16
19	13	13	12	12	11	11	11	11	11	11	12	12	13	13	14	14	15	16	16	16
20	14	13	13	13	12	12	12	12	12	12	13	13	13	14	14	15	16	16	17	17

Distance	
	0
	1-4
	5-9
	10-14
	15+

Afin de vérifier la correspondance entre les caractéristiques morphologiques et les possibilités de navettage offertes, nous définissons quelques indicateurs morphologiques. Comme nous l'avons vu au chapitre 3, les caractéristiques de taille urbaine, de densité, de centralité et de mixité fonctionnelle sont généralement associées au navettage.

TAILLE URBAINE ET DENSITÉ

Pour vérifier l'effet de la taille urbaine sur la distribution des possibilités de navettage, nous comparons simplement les possibilités de navettage offertes par des marchés de 400, 2 000, 4 000, 10 000 et 40 000 travailleurs (5.2.2). Nous ne considérons pas la densité parce que dans le contexte de nos démonstrations (qui reposent toutes sur le même canevas ou, conceptuellement, sur la même superficie), la densité correspond à la taille urbaine. En fait, la densité pourrait être analysée par une compression (expansion) des valeurs de la matrice de distance. Cependant, la conséquence de cette manipulation sur les possibilités de navettage ne justifie pas une analyse approfondie : si l'on double les valeurs de distance (si l'on divise la densité par quatre), les valeurs des possibilités de navettage seront simplement doublées elles aussi.

CENTRALITÉ

La centralité est mesurée comme la distance moyenne séparant tous les lieux de résidence et tous les lieux de travail au centre de gravité. Ce dernier représente la localisation qui minimise la distance au carré à tous les lieux de résidence et les lieux de travail. La centralité est mesurée selon l'équation (6) :

$$CENT = \frac{1}{2N} \sum_i d_{ic} (r_i + t_i) \quad (6)$$

où r_i est le nombre de lieux de résidence dans la cellule i , t_i est le nombre de lieux de travail dans i , d_{ic} est la distance entre la cellule i et le centre de gravité, et N est le nombre total de travailleurs. Ainsi, plus CENT est élevé, plus la distribution est dispersée.

MIXITÉ FONCTIONNELLE

Comme nous l'avons vu au chapitre 3, la mixité fonctionnelle, qui correspond à l'équilibre spatial entre le nombre de lieux de résidence et le nombre de lieux de travail, dépend de l'échelle d'analyse. C'est pourquoi nous avons recours à cinq indices pour la mesurer.

Le premier indice mesure la mixité monocentrique, ou l'adéquation entre le gradient de densité des résidences et le gradient de densité des emplois (Figure 3.6). Comme Hamilton (1982), nous le mesurons comme la différence, en valeur absolue, entre la centralité des résidences et la centralité des emplois. Elle est calculée selon l'équation (7) :

$$DIFF = \left| \left(\frac{1}{N} \sum_i d_{ic} r_i \right) - \left(\frac{1}{N} \sum_i d_{ic} t_i \right) \right| \quad (7)$$

dont les variables correspondent à celles de l'équation (6).

Les quatre autres indices correspondent à des mesures de mixité locale. La mixité intra-zonale se mesure comme l'indice de dissimilarité, couramment utilisé dans les analyses sur la ségrégation (Massey et Denton 1988). Dans le cas qui nous intéresse, cet indice représente la proportion des lieux de résidence qu'il faudrait changer de cellule afin que la configuration de lieux de résidence soit identique à celle des lieux de travail. Il est calculé suivant l'équation (8) :

$$DISS(1) = \frac{1}{2} \sum_i \left| \frac{r_i}{R} - \frac{t_i}{T} \right| \quad (8)$$

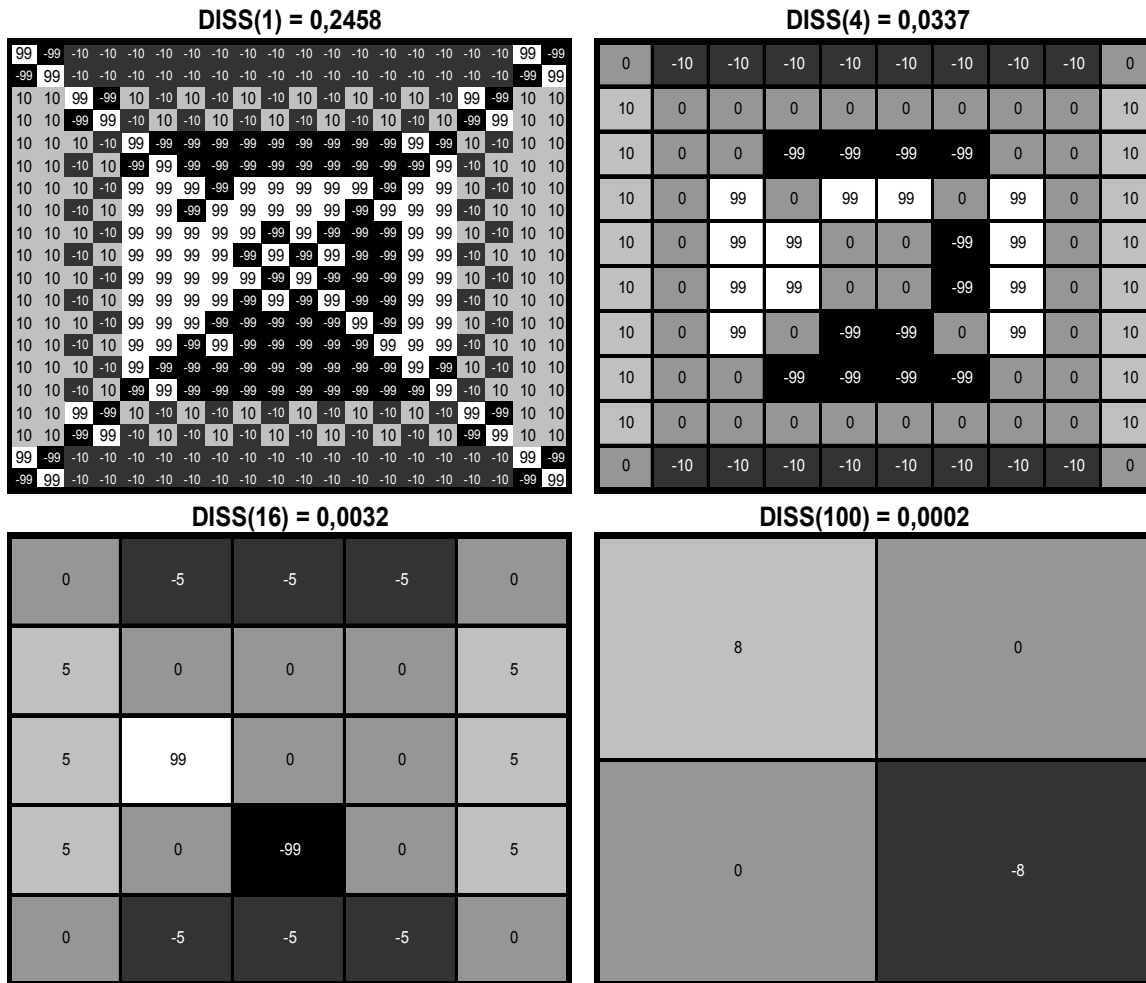
où r_i représente le nombre de lieux de résidence à la cellule i , t_i le nombre de lieux de travail à la cellule i , R le nombre total de lieux de résidence et T le nombre total de lieux de travail. La valeur résultante varie entre un minimum de 0 (mixité complète) et un maximum de 1 (aucun lieu de résidence n'est coprésent à un lieu de travail).⁴⁸

Il est toutefois possible que le déséquilibre intra-zonal soit total (aucune cellule ne compte à la fois des résidences et des emplois) alors que le déséquilibre local est faible. Cette situation s'exprime par le « problème de l'échiquier » (Morrill 1991). Dans ce problème, chaque cellule compte uniquement des résidences (case blanche) ou uniquement des emplois (case noire). Étant donné que ces cellules sont disposées en alternance, comme sur un échiquier, le déséquilibre intra-zonal est total (les cellules sont noires ou blanches) mais le déséquilibre local est faible (tous les travailleurs peuvent résider et travailler dans des cellules contiguës). C'est pour tenir compte de la dimension scalaire de la mixité locale que nous intégrons trois indices locaux à notre analyse : DISS(4), DISS(16) et DISS(100). Le premier indice, DISS(4) mesure le déséquilibre de la même façon que l'indice de dissimilarité à la différence que les unités spatiales considérées sont l'agrégation de quatre cellules. Les autres indices étendent encore davantage la définition de ce qui est local en agrégeant jusqu'à 100 cellules (Figure 5.8).

Les valeurs de ces indices, les valeurs extrêmes des possibilités de navettage (MIN et MAX) et les possibilités de navettage simulées par la méthode de Monte Carlo ont été calculées par une routine développée dans *Visual Basic* dont le pseudocode est disponible à l'annexe 5.2. Cette routine est incluse dans un programme qui utilise les matrices entrantes (matrices de lieux et matrice de distance) et applique les différentes équations. Le calcul des valeurs de MIN et de MAX est effectué par une librairie *dll* conçue par Valera Petkevitch, analyste en informatique à l'INRS-UCS. Pour chacune des formes urbaines considérées, ces calculs prennent environ quatre heures.

⁴⁸ Comme dans le cadre de nos analyses $R = T$, cette équation pourrait être réduite. Nous préférons néanmoins cette formulation dans la mesure où elle facilite la compréhension du sens de la valeur de l'indice de dissimilarité.

Figure 5.8 Les indices de mixité locale



Déséquilibre moyen par cellule



Chacune des quatre grilles présentées ci-dessus est caractérisée par la même forme urbaine dont les déséquilibres résidence/emploi (surplus ou déficit de résidences ou d’emplois) sont représentés. Le calcul des indices de mixité locale—DISS(1), DISS(4), DISS(16) et DISS(100)—s’appuie sur des données agrégées selon un certain nombre de cellules. Dans le cas de DISS(1)—la mixité intra-zonale—le calcul repose sur les déséquilibres emploi/résidences spécifiques à chaque cellule. Le calcul des autres indices repose sur des agrégats de 4, 16 et 100 cellules. Les indices représentent la proportion des résidences (ou des emplois) qu’il faudrait déplacer afin d’obtenir une configuration parfaitement mixte. Comme le montrent bien les valeurs des indices, la mixité locale est particulièrement sensible à l’échelle de l’agrégation. Ainsi, il est possible, c’est le cas de cet exemple, que la forme urbaine montre d’importants déséquilibres intra-zonaux tout en montrant une forte mixité locale.

5.2.2 Dispositions homogènes

La première forme urbaine analysée est homogène : chaque cellule comprend le même nombre de lieux de résidence et de lieux de travail. Nous avons calculé les valeurs qui nous intéressent selon cinq situations : chaque cellule de la matrice comprend 1, 5, 10, 25 et 100 lieux de résidence et lieux de travail, constituant des marchés de 400, 2 000, 4 000, 10 000 et 40 000 travailleurs. Les résultats sont affichés au tableau 5.5.

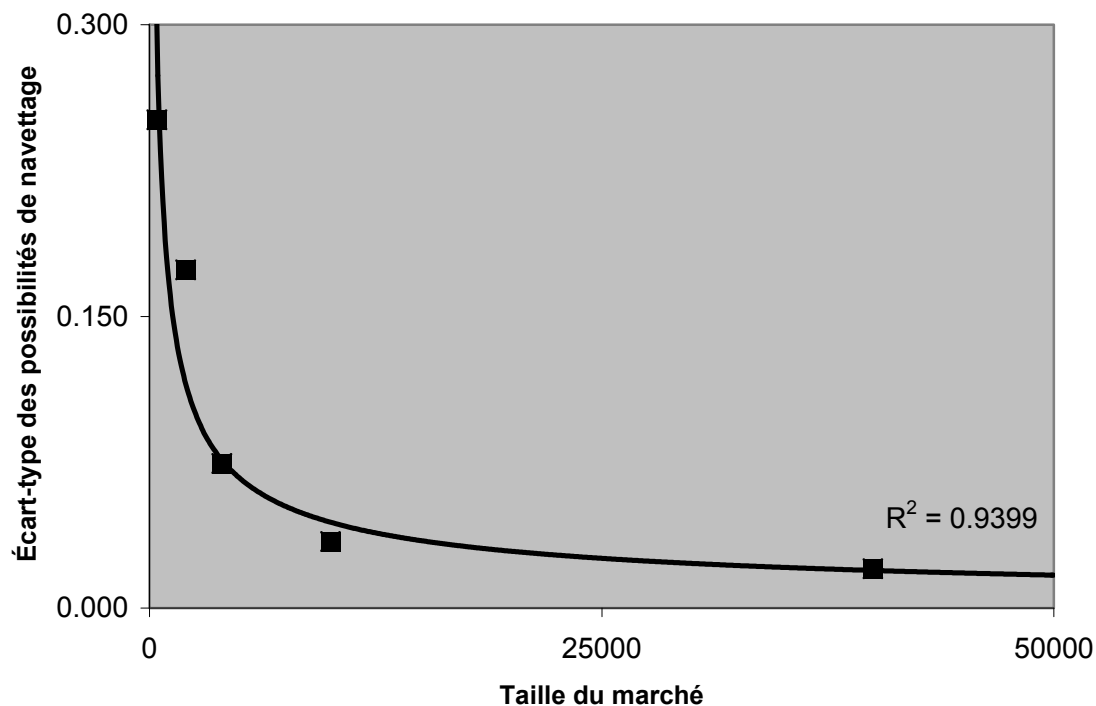
Tableau 5.5 Dispositions homogènes : Statistiques descriptives

Travailleurs / zone	1	5	10	25	100
MIN	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MOY	10.42	10.42	10.42	10.42	10.42
MAX	15.29	15.29	15.29	15.29	15.29
Monte Carlo (1 000)					
MIN	9.46	10.02	10.19	10.30	10.34
MOY	10.41	10.41	10.41	10.41	10.41
MAX	11.15	10.83	10.65	10.55	10.47
Écart-type	0.251	0.174	0.074	0.034	0.020
CV	0.024	0.017	0.007	0.003	0.002

Il apparaît d'abord que les valeurs de MIN, MOY et MAX (tout comme celles de la centralité et des différentes mesures de mixité, non présentées) sont toutes identiques. Autrement dit, si l'on change la taille du marché sans modifier la forme urbaine, les valeurs références des possibilités de navettage demeurent les mêmes. Malgré ces similitudes importantes, les distributions des possibilités de navettage diffèrent selon la taille du marché. En effet, les valeurs renvoyées par les simulations Monte Carlo montrent que la dispersion des valeurs est inversement proportionnelle à la taille du marché. En effet, plus la taille du marché augmente, plus les valeurs extrêmes (MIN et MAX) simulées se rapprochent de la moyenne. Cette situation se traduit aussi par l'association entre l'écart-type et la taille du marché (Figure 5.9).

En somme, à forme urbaine égale, bien que la taille du marché n'influence pas les valeurs extrêmes des possibilités de navettage, elle les rend moins probables. Comme nous l'avons déjà noté à la sous-section 5.1.2, cette observation s'explique par le fait que les valeurs extrêmes demandent l'appariement de tous ou presque tous les lieux très rapprochés (dans le cas de MIN) ou éloignés (dans le cas de MAX). Ainsi, plus on augmente le nombre de lieux (nous entendons par lieu, la localisation spatiale d'une résidence ou d'un emploi) à appairer, plus on diminue la probabilité que les situations extrêmes se manifestent. Plus concrètement, cela signifie que plus le nombre de travailleurs est important, moins il est probable que la distance de navettage minimale supportée par la forme urbaine soit réalisée par hasard. Nous reviendrons aux conséquences de cette observation sur la gestion du navettage à la section 5.3.

Figure 5.9 La relation entre la taille du marché et la dispersion des possibilités de navettage



Comme les analyses précédentes montrent que la taille du marché n'influence que la dispersion⁴⁹ des valeurs des possibilités de navettage, nous limitons nos analyses ultérieures à une seule taille urbaine : 40 000 travailleurs, soit, en moyenne, 100 lieux de résidence et 100 lieux de travail par cellule.

5.2.3 Dispositions monocentriques

Comme nous l'avons vu aux chapitres 2 et 3, la monocentricité constitue une notion importante dans le débat sur la relation entre la forme urbaine et la distance de navettage. Il est suggéré, entre autres, qu'un centre-ville fort encourage la part modale du transport en commun (Newman et Kenworthy 1999) tout en favorisant la congestion automobile (Gordon *et al.* 1989). De plus, nous avons vu que le modèle monocentrique constitue la base des modèles géo-économiques « classiques » de la ville (Clark 1951; Alonso 1964; Muth 1969; Mills 1972; Hamilton 1982) et que les villes nord-américaines présentent encore aujourd'hui un aspect monocentrique (Anas *et al.* 1998; Bunting *et al.* 2000; Charron et Shearmur 2005a;

⁴⁹ Le terme dispersion est ici utilisé dans son sens statistique comme la variation des valeurs (celles des possibilités de navettage) autour d'une moyenne (MOY). Il ne représente donc pas un état morphologique selon lequel les lieux sont dispersés dans l'espace.

Burchfield *et al.* 2006). Ces considérations nous amènent à nous intéresser à la relation entre le caractère monocentrique et les possibilités de navettage offertes.

La monocentricité réfère à une configuration spatiale organisée autour d'un seul centre : la localisation spatiale de tous les objets géographiques est définie par la position par rapport au centre. Dans la ville monocentrique, les variations prennent la forme d'un gradient de densité plus ou moins prononcé, qui est identique dans toutes les directions par rapport au centre.

La présente analyse porte sur la combinaison de différentes configurations spatiales, configurations parfaitement monocentriques associées à différents gradients de densité. Au total, cinq gradients sont analysés (figure 5.10). Ils correspondent à différentes « attractivités » du centre. Le nombre de « lieux »⁵⁰ assignés à chaque cellule est déterminé selon l'équation (9) :

$$L_i = 40000 \left(\frac{1}{(d_{ic})^e} / \sum_j \frac{1}{(d_{jc})^e} \right) \quad (9)$$

où L_i représente le nombre de lieux de la cellule i , d_{ic} représente la distance entre le centre et la cellule i , d_{jc} représente la distance entre le centre et la cellule j , et e représente l'attractivité du centre. Suivant cette équation, plus e est élevé, plus les résidences (ou les emplois) sont concentrées près du centre. Notons que cette équation assure que la somme des lieux équivaut toujours à 40 000⁵¹.

Nous analysons les caractéristiques morphologiques et les possibilités de navettage offertes par chacune des combinaisons possibles entre ces cinq configurations spatiales (tableau 5.6). Les statistiques descriptives rappellent d'abord que lorsque les gradients sont identiques, la mixité fonctionnelle est totale. En effet, les indices de mixité (DISS(1), DISS(4), DISS(16), DISS(100) et DIFF) sont alors tous nuls. En fait, la mixité fonctionnelle est proportionnelle à l'écart entre les gradients de densité : elle est maximale lorsque les configurations « 4 » et « ¼ » sont évaluées conjointement. Ces observations correspondent à l'intuition dans la mesure où la similarité des configurations spatiales des lieux de résidence et des lieux de travail correspond à la mixité spatiale. Notons cependant que les valeurs de DISS(100) sont toutes nulles. Ceci s'explique par le fait que les quadrants constituent la réflexion exacte les uns des autres. Quant à la centralité (CENT), elle est inversement proportionnelle au gradient de densité : sa valeur minimale (1.52) correspond à la combinaison des configurations « 4 » alors que sa valeur maximale (7.33) correspond à la combinaison « ¼ ».

⁵⁰ Ces formes monocentriques sont applicables autant à la distribution des lieux de résidence qu'à celle des lieux de travail.

⁵¹ En fait, l'arrondissement des valeurs à l'unité fait en sorte que dans la plupart des cas, la somme des lieux est légèrement inférieure, ou supérieure, à 40 000. Dans ces cas, nous avons ajusté arbitrairement certaines valeurs afin de s'assurer que la somme des lieux corresponde à 40 000.

Tableau 5.6 Dispositions monocentriques : Statistiques descriptives

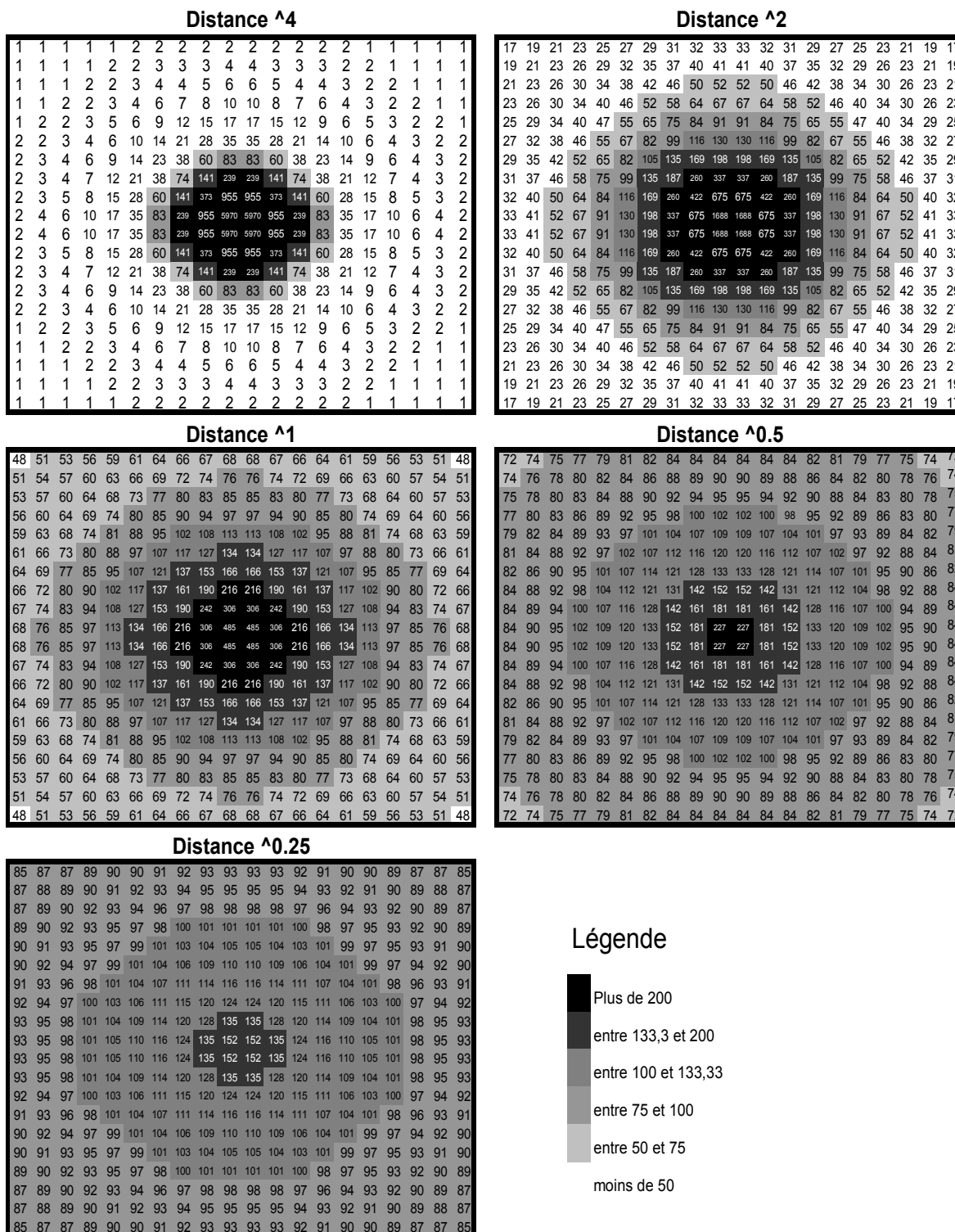
Gradient de l'emploi*	4	4	4	4	4	2	2	2	2	1	1	1	½	½	¼
Gradient résidentiel*	4	2	1	½	¼	2	1	½	¼	1	½	¼	½	¼	¼
MIN	0.0	2.8	4.7	5.9	6.1	0.0	1.9	2.9	3.1	0.0	0.8	1.1	0.0	0.3	0.0
MOY	2.3	4.7	6.5	7.2	7.5	6.4	7.7	8.3	8.6	8.8	9.3	9.5	9.7	9.9	10.1
MAX	3.0	5.8	7.7	8.5	8.8	8.5	10.5	11.3	11.6	12.4	13.2	13.5	14.0	14.3	14.7
Monte Carlo (1 000)															
MIN	2.3	4.7	6.4	7.2	7.5	6.4	7.7	8.3	8.5	8.7	9.2	9.4	9.6	9.8	10.0
MOY	2.3	4.7	6.5	7.2	7.5	6.4	7.7	8.3	8.6	8.8	9.2	9.5	9.7	9.9	10.1
MAX	2.3	4.7	6.5	7.2	7.6	6.4	7.8	8.4	8.6	8.8	9.3	9.5	9.7	9.9	10.1
Morphologie															
DISS(1)	0.00	0.48	0.70	0.77	0.80	0.00	0.26	0.36	0.41	0.00	0.11	0.15	0.00	0.05	0.00
DISS(4)	0.00	0.48	0.69	0.75	0.78	0.00	0.26	0.36	0.40	0.00	0.11	0.15	0.00	0.05	0.00
DISS(16)	0.00	0.48	0.69	0.75	0.77	0.00	0.25	0.35	0.39	0.00	0.10	0.15	0.00	0.05	0.00
DISS(100)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DIFF	0.00	2.74	4.66	5.46	5.81	0.00	1.92	2.72	3.06	0.00	0.80	1.14	0.00	0.35	0.00
CENT	1.52	2.90	3.86	4.26	4.43	4.27	5.23	5.63	5.80	6.19	6.59	6.76	6.99	7.16	7.33

* En accord avec les observations empiriques (Muth 1969; Mills 1972), nous supposons que le gradient de l'emploi est toujours plus prononcé que le gradient résidentiel. Notons cependant que ce qui importe est la différence dans les gradients et non lequel des gradients est le plus prononcé. En fait, si les gradients résidentiels étaient les plus prononcés, et dans les mêmes proportions, les valeurs du tableau seraient exactement les mêmes.

Les statistiques descriptives soulignent aussi le fait que la distribution des possibilités de navettage est très étroite. En effet, les 1 000 valeurs simulées par la méthode de Monte Carlo se rapprochent manifestement de la moyenne et leurs écarts-types, non représentés dans le tableau, sont minuscules. Ces remarques rejoignent les conclusions de la sous-section précédente où la relation entre la taille du marché et la dispersion des possibilités de navettage était étudiée.

Les possibilités de navettage offertes par les configurations monocentriques doivent être comparées à celles d'une ville homogène de même taille (tableau 5.7). Il apparaît d'abord que le MIN des configurations monocentriques est soit égal, soit supérieur à celui de la configuration homogène, qui est nul. À l'opposé, MOY et MAX (qui varient, respectivement entre 2.3 et 10.1, entre 3.0 et 14.7) sont toujours inférieurs à leurs équivalents offerts par la configuration homogène (respectivement 10.4 et 15.3). Mais avant de discuter davantage de ces résultats, ce que nous ferons à la sous-section 5.2.6, nous analysons, pour les différentes combinaisons monocentriques, les coefficients de corrélation entre les caractéristiques morphologiques et les possibilités de navettage offertes (tableau 5.8).

Figure 5.10 Dispositions monocentriques des lieux de résidence et de travail



Ces coefficients renvoient deux résultats très clairs : MIN est associé à la mixité fonctionnelle alors que MOY et MAX sont associés à la centralité. Des différents indices de mixité fonctionnelle, celui de la mixité monocentrique (DIFF) montre la corrélation la plus élevée avec MIN (0.999). Autrement dit, dans le cas d'une configuration parfaitement monocentrique, MIN dépend directement de la différence entre les gradients de densité des lieux de résidence et des lieux de travail.⁵² Ceci dit, les indices de mixité locale (DISS) sont eux aussi très fortement corrélés à MIN. Pour ce qui est de MOY et de MAX, ils montrent de très fortes corrélations avec la centralité (0.981 et 1.000). En fait, la corrélation entre la centralité et MAX est parfaite. Nous reviendrons plus en détail sur la signification de ces observations, qui se répètent dans leurs grandes lignes pour les configurations polycentriques et aléatoires, à la section 5.3.

Tableau 5.7 Dispositions monocentriques : Table des corrélations

	MIN	MOY	MAX
MIN		-0.167	-0.347
MOY	-0.167		0.981
MAX	-0.347	0.981	
Monte Carlo (1 000)			
MIN	-0.163	1.000	0.980
MOY	-0.167	1.000	0.981
MAX	-0.170	1.000	0.982
Morphologie			
DISS(1)	0.993	-0.215	-0.391
DISS(4)	0.992	-0.216	-0.392
DISS(16)	0.991	-0.220	-0.396
DISS(100)			
DIFF	0.999	-0.172	-0.352
CENT	-0.346	0.981	1.000

Les valeurs en gris sont significatives au seuil de 99,9 %. ($n = 15$)

Notons un dernier résultat apparaissant au tableau 5.8. La corrélation entre les valeurs simulées par la méthode de Monte Carlo (moyenne et extrêmes) et la moyenne globale est parfaite. En fait, toutes les valeurs simulées, les plus courtes comme les plus longues, se rapprochent fortement de la distance prévue en cas d'appariement aléatoire (MOY). En plus de rappeler l'étroitesse de la distribution déjà évoquée, ces résultats indiquent que la détermination de MOY par l'équation (5) est très précise. Comme des résultats identiques sont observés pour les autres configurations spatiales étudiées à ce chapitre, nous ne les reproduisons pas dans les tableaux qui suivent.

⁵² En ce sens, Hamilton (1982) avait vu juste : la mixité monocentrique représente effectivement la structure de navettage optimale offerte par la forme urbaine. Cependant, nous le verrons dans les prochaines sous-sections, cette association n'existe que dans le cas de configurations parfaitement monocentriques. Comme les villes « réelles » ne sont pas parfaitement monocentriques, les critiques de la mesure de Hamilton sont tout à fait fondées.

5.2.4 Dispositions polycentriques

La monocentricité est aujourd'hui critiquée pour des raisons épistémologiques (Dear 2002) et empiriques (Gordon *et al.* 1996). Il apparaît en effet que la polycentricité est une caractéristique forte de l'organisation spatiale intra-métropolitaine (Harris et Ullman 1945; Garreau 1991; Anas *et al.* 1998; Coffey et Shearmur 2001; Scott 2002). De plus, elle fait l'objet de modélisations théoriques (Moses 1962; Allen 1997) et de projets d'urbanisme (Calthorpe 1989). L'intérêt porté aux structures polycentriques rejoint aussi la réflexion sur le navettage, notamment par la formulation de l'hypothèse de la co-localisation (Gordon et Wong 1985) et du problème du *jobs/housing imbalance* (Cervero 1986). Mais comme nous l'avons souligné à la sous-section 3.2.3, la relation entre la polycentricité et le navettage demeure difficile à interpréter.

Comme la relation entre le gradient de densité monocentrique et le navettage a été étudiée à la sous-section précédente, nous concentrons notre analyse non pas sur l'attractivité des pôles mais bien sur leur nombre et la distance qui les séparent. Pour ce faire, nous appliquons la méthode des possibilités de navettage à sept formes polycentriques : trois comprenant trois pôles (figure 5.11a), trois comprenant quatre pôles (figure 5.11b) et une comprenant huit pôles (figure 5.11c). Le nombre de « lieux » assignés à chaque cellule est déterminé selon l'équation (10) :

$$L_i = 40000 \sum_k \frac{1}{(d_{ik})^e} / \sum_j \sum_k \frac{1}{(d_{jk})^e} \quad (10)$$

où L_i représente le nombre de lieux de la cellule i , d_{ik} représente la distance entre la cellule i et le pôle k , d_{jk} représente la distance entre la cellule j et le pôle k , et e représente l'attractivité du centre. Afin de limiter les formes urbaines considérées et de se rapprocher de la réalité empirique, nous utilisons deux valeurs de e : 4 pour les lieux de travail et 2 pour les lieux de résidence. Les emplois sont donc plus concentrés dans les pôles que ne le sont les résidences. La localisation des pôles est fixée de façon arbitraire et, dans le but de faciliter l'analyse des résultats, nous avons localisé les pôles à égale distance les uns des autres. Ainsi, il sera possible d'évaluer la relation entre, d'une part, le nombre et l'éloignement des pôles et, d'autre part, les possibilités de navettage offertes par la forme urbaine.

Figure 5.11a Dispositions polycentriques des lieux de résidence et de travail : trois pôles

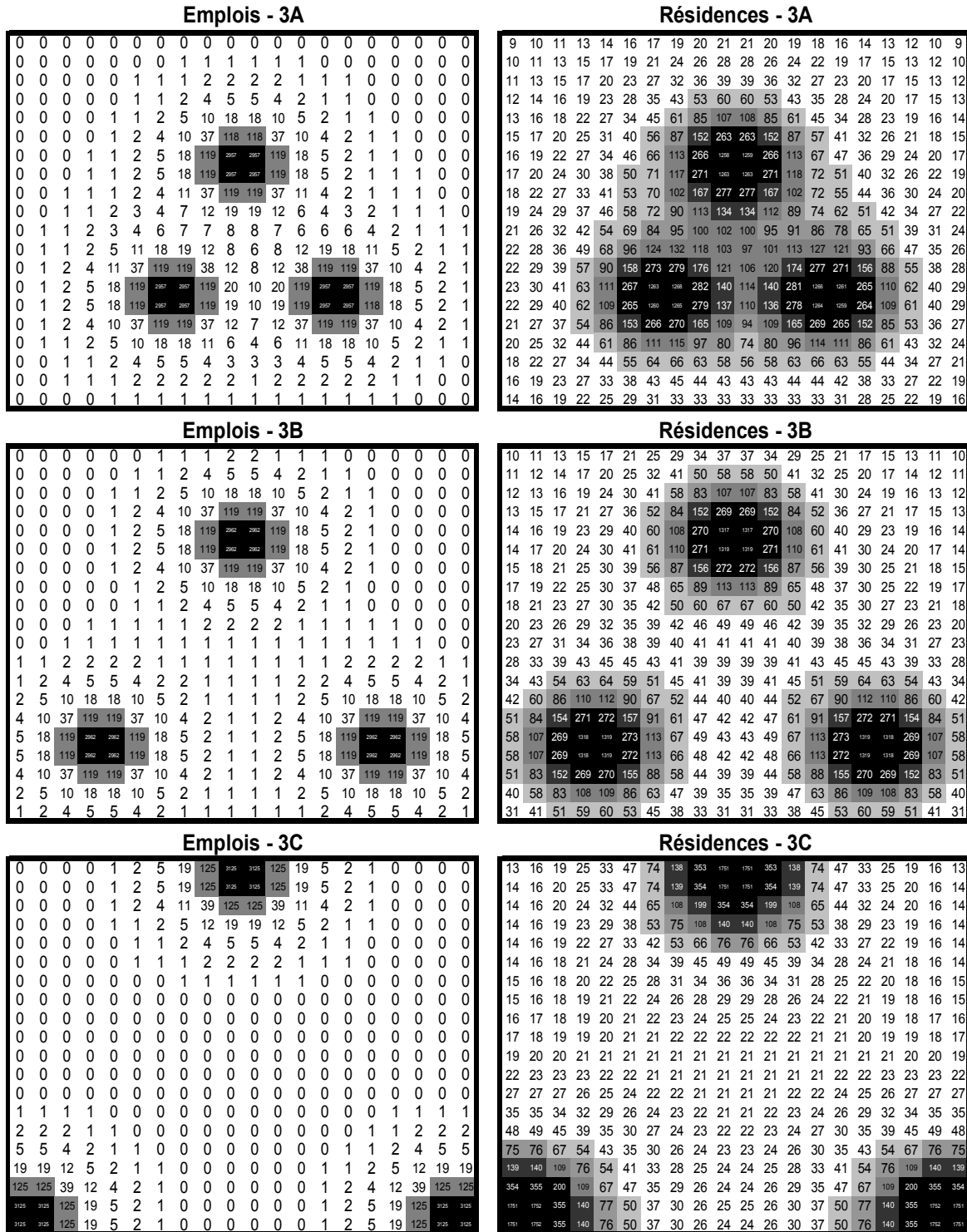


Figure 5.11b Dispositions polycentriques des lieux de résidence et de travail : quatre pôles

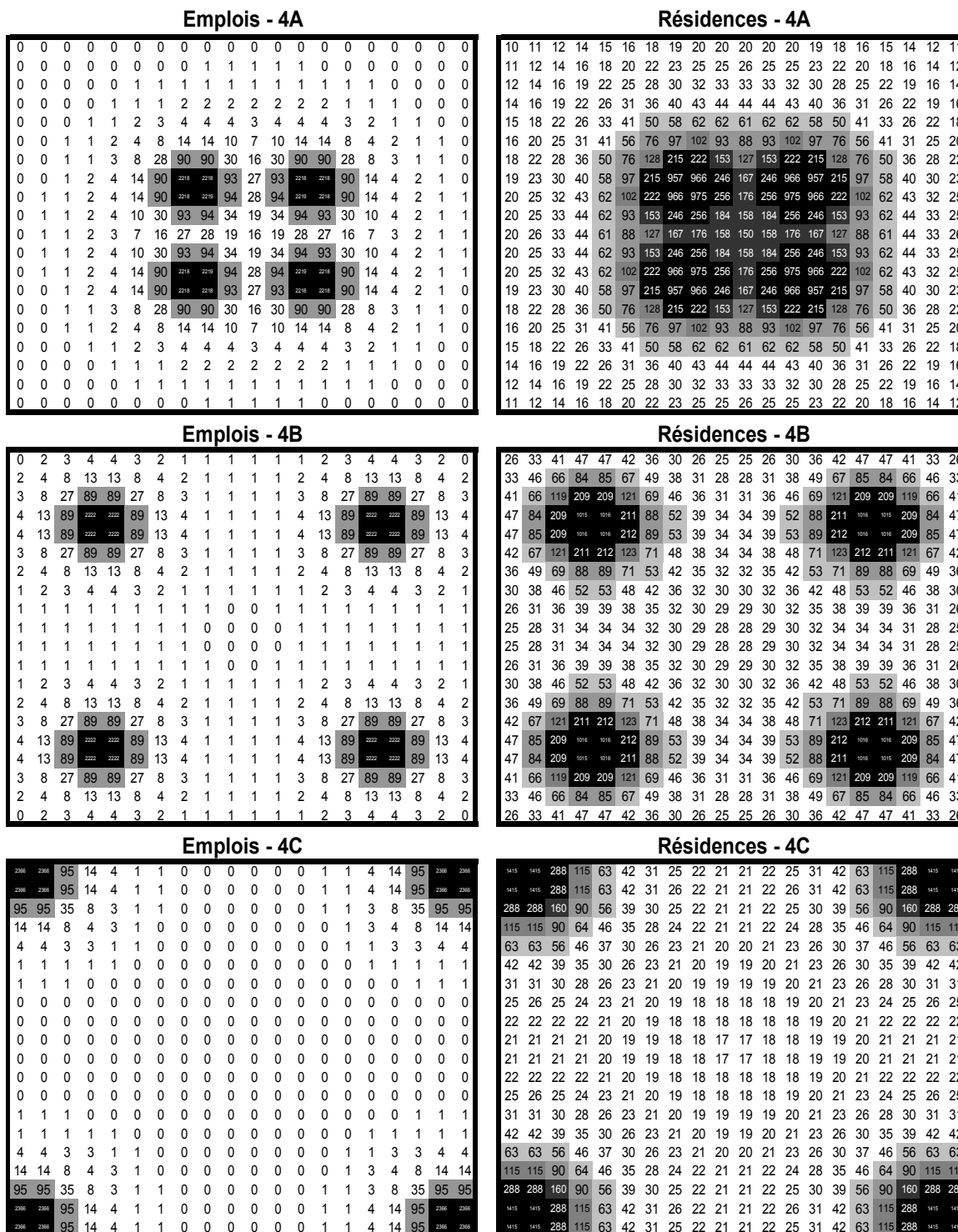


Figure 5.11c Dispositions polycentriques des lieux de résidence et de travail : huit pôles

Emplois - 8A														Résidences - 8A																									
1145	1145	46	7	2	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	2	7	46	1145	1145	578	576	126	58	39	31	28	25	24	23	23	24	25	28	31	39	58	126	576	578
1145	1145	46	7	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	7	46	1145	1145	578	576	129	62	43	37	33	31	29	27	27	29	31	33	37	43	62	129	578	576
46	46	15	5	3	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	3	5	15	46	46	126	129	82	57	48	45	42	38	35	32	32	35	38	42	45	48	57	82	129	126
7	7	5	6	5	7	7	4	3	1	1	3	4	7	7	5	6	5	7	7	58	62	57	54	58	65	63	53	43	39	39	43	53	63	65	58	54	57	62	58
2	2	3	6	15	46	46	14	4	2	2	4	14	46	46	15	5	3	2	2	39	43	48	58	85	134	133	83	56	45	45	56	83	133	134	85	58	48	43	39
1	1	2	7	46	1145	1145	46	7	3	3	7	46	1145	1145	46	7	2	1	1	31	37	45	65	134	586	586	134	67	51	51	67	134	586	586	134	65	45	37	31
1	1	2	7	46	1145	1145	46	7	3	3	7	46	1145	1145	46	7	2	1	1	28	33	42	63	133	586	586	135	68	52	52	68	135	586	586	133	63	42	33	28
1	1	2	4	14	46	46	15	4	2	2	4	15	46	46	14	4	2	1	1	25	31	38	53	83	134	135	86	59	49	49	59	86	135	134	83	53	38	31	25
0	1	1	2	4	7	7	4	3	2	2	2	4	7	7	4	2	1	1	0	24	29	35	43	56	67	68	59	50	45	45	50	59	68	67	56	43	35	29	24
0	1	1	1	2	3	3	2	2	1	1	2	2	3	3	2	1	1	1	0	23	27	32	39	45	51	52	49	45	43	43	45	49	52	51	45	39	32	27	23
0	1	1	1	2	3	3	2	2	1	1	2	2	3	3	2	1	1	1	0	23	27	32	39	45	51	52	49	45	43	43	45	49	52	51	45	39	32	27	23
0	1	1	2	4	7	7	4	3	2	2	3	4	7	7	4	2	1	1	0	24	29	35	43	56	67	68	59	50	45	45	50	59	68	67	56	43	35	29	24
1	1	2	4	14	46	46	15	4	2	2	4	15	46	46	14	4	2	1	1	25	31	38	53	83	134	135	86	59	49	49	59	86	135	134	83	53	38	31	25
1	1	2	7	46	1145	1145	46	7	3	3	7	46	1145	1145	46	7	2	1	1	28	33	42	63	133	586	586	135	68	52	52	68	135	586	586	133	63	42	33	28
1	1	2	7	46	1145	1145	46	7	3	3	7	46	1145	1145	46	7	2	1	1	31	37	45	65	134	586	586	134	67	51	51	67	134	586	586	134	65	45	37	31
2	2	3	5	15	46	46	14	4	2	2	4	14	46	46	15	5	3	2	2	39	43	48	58	85	134	133	83	56	45	45	56	83	133	134	85	58	48	43	39
7	7	5	6	5	7	7	4	3	1	1	3	4	7	7	5	6	5	7	7	58	62	57	54	58	65	63	53	43	39	39	43	53	63	65	58	54	57	62	58
46	46	15	5	3	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	3	5	15	46	46	126	129	82	57	48	45	42	38	35	32	32	35	38	42	45	48	57	82	129	126
1145	1145	46	7	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	7	46	578	578	129	62	43	37	33	31	29	27	27	29	31	33	37	43	62	129	578	578		
1145	1145	46	7	2	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	2	7	46	1145	1145	578	576	126	58	39	31	28	25	24	23	23	24	25	28	31	39	58	126	576	578

Les statistiques descriptives associées aux sept scénarios polycentriques sont présentées au tableau 5.8. On y remarque d'abord que les valeurs de MIN et, plus particulièrement, celles de MOY et de MAX sont proportionnelles à la distance séparant les pôles. Si l'on compare les scénarios à trois pôles aux scénarios à quatre pôles, on remarque que les valeurs de MIN sont inférieures pour ces derniers. Toutefois, cette observation peut aussi bien traduire une relation entre le nombre de pôles et MIN que d'autres caractéristiques morphologiques, ici non prises en compte.

Tableau 5.8 Dispositions polycentriques : Statistiques descriptives

Scénario	3A	3B	3C	4A	4B	4C	8A
MIN	1.6	1.6	2.2	1.5	1.4	1.7	1.4
MOY	6.4	9.1	13.1	5.7	10.7	15.1	11.7
MAX	9.2	13.4	19.4	8.3	16.7	23.8	17.2
Morphologie							
DISS(1)	0.51	0.49	0.41	0.50	0.48	0.38	0.45
DISS(4)	0.44	0.39	0.39	0.43	0.35	0.38	0.35
DISS(16)	0.39	0.23	0.27	0.21	0.11	0.23	0.28
DISS(100)	0.03	0.03	0.05	0.02	0.00	0.00	0.00
DIFF	0.76	0.03	1.27	1.07	0.28	1.41	0.88
CENT	4.8	7.2	10.6	4.2	8.4	12.0	8.6

La correspondance entre les caractéristiques morphologiques des scénarios polycentriques et les possibilités de navettage qu'ils offrent est présentée au tableau 5.9. Notons que ces valeurs doivent être évaluées avec prudence, étant donné la faible taille de l'échantillon (sept scénarios). Une relation observée à la sous-section précédente réapparaît : les fortes corrélations entre MOY, MAX et CENT. La relation entre la mixité fonctionnelle et MIN n'est cependant pas aussi claire. Elle n'est significative que dans le cas de

DISS(100) alors que DISS(1) est fortement corrélé à MOY et MAX. Enfin, aucune relation claire ne ressort entre le nombre de pôles et les possibilités de navettage offertes.

Tableau 5.9 Dispositions polycentriques : Table des corrélations

	MIN	MOY	MAX
MIN		0.445	0.406
MOY	0.445		0.996
MAX	0.406	0.996	
Morphologie			
DISS(1)	-0.588	-0.930	-0.927
DISS(4)	0.157	-0.693	-0.689
DISS(16)	0.282	-0.238	-0.280
DISS(100)	0.756	-0.189	-0.240
DIFF	0.509	0.385	0.382
CENT	0.498	0.995	0.993
PÔLES	0.509	0.385	0.382

Les valeurs en gris foncé sont significatives au seuil de 99 %.

Les valeurs en gris pâle sont significatives au seuil de 95 %. ($n = 7$)

5.2.5 Dispositions aléatoires

Dans le but de mieux comprendre la correspondance entre les caractéristiques morphologiques et les possibilités de navettage offertes, nous analysons ces valeurs pour une série de 100 formes urbaines générées aléatoirement. Ces formes urbaines redistribuent les lieux de travail et les lieux de résidence de la configuration monocentrique la plus concentrée (figure 5.10, « Distance $\wedge 4$ ») de façon aléatoire. Un exemple de redistribution aléatoire est présenté à la figure 5.12. Différentes caractéristiques morphologiques sont représentées dans cet échantillon, ce qui nous permet d'analyser leur relation avec les possibilités de navettage offertes.

Figure 5.12 Exemple d'une disposition aléatoire des lieux de résidence et de travail

Emplois															Résidences																									
8	1	10	3	1	6	2	28	9	2	7	6	21	8	83	1	3	955	1	4	1	4	2	8	2	3	12	7	21	1	4	955	141	1	3	1	1	5	3	38	
239	9	3	2	1	4	7	2	1	74	3	2	3	14	3	6	3	2	3	2	1	9	83	17	373	2	3	5	3	17	4	141	10	21	2	4	21	14	2		
141	2	38	10	4	3	4	141	4	2	60	4	15	2	9	1	12	35	10	6	3	2	3	10	6	1	38	2	2	1	2	8	28	38	2	955	4	83	4		
4	3	955	3	5	141	1	2	239	2	6	2	12	12	3	6	6	1	6	2	15	28	8	12	3	38	4	23	2	2	6	1	239	4	35	6	10	28	3	7	
5	3	38	2	14	38	373	3	3	1	1	3	373	10	2	4	2	1	141	141	17	6	60	2	2	10	6	14	1	2	28	1	38	1	9	14	1	6	2		
23	2	15	3	1	2	2	4	5	1	15	2	10	1	2	2	8	1	1	239	12	3	35	7	6	6	2	4	17	2	14	83	10	1	141	28	955	1	2	3	
141	60	4	955	2	7	10	2	1	15	2	15	1	955	28	6	3	8	2	6	74	4	38	4	2	1	373	35	2	3	955	2	3	4	6	60	6	10	2	7	
2	83	10	17	3	4	7	2	2	3	21	28	12	5	7	2	1	1	2	15	7	3	1	5	60	2	2	38	15	3	1	1	6	9	3	373	6	2	1	1	
60	3	5	1	1	2	3	1	28	4	239	35	4	17	14	2	6	2	2	9	2	5	74	10	2	2	2	2	8	1	955	239	83	2	12	239	2	17	4	17	
6	373	2	3	1	1	74	23	2	239	10	74	2	60	4	1	14	4	1	15	17	83	4	1	28	23	2	2	4	1	15	38	4	2	4	239	1	1	5	7	
17	1	21	6	1	1	4	12	2	8	21	239	4	2	12	2	4	2	4	2	6	1	21	6	1	1	4	12	2	8	3	9	15	2	2	83	21	1	3	3	2
3	21	4	17	5	2	21	1	14	23	21	1	2	4	4	6	3	9	60	1	2	21	35	1	1	373	3	23	1	83	6	17	3	2	3	2	3	3	28	2	
2	1	1	6	4	74	28	3	2	2	4	1	35	12	6	141	2	2	3	4	2	1	6	4	74	28	3	2	2	4	2	3	1	74	3	9	239	4	3	3	2
4	35	3	7	1	1	38	1	3	6	10	2	35	4	14	8	1	6	4	83	4	35	3	9	2	1	10	15	3	1	1	141	4	12	1	2	1	4	1	15	
10	1	6	3	5	3	2	1	2	6	4	6	5	2	3	15	239	1	21	5	6	8	28	955	1	2	1	10	3	1	2	9	4	2	141	1	4	3	4	4	
2	10	1	28	2	3	2	1	4	2	6	17	23	8	1	7	5	35	239	2	21	2	6	4	23	4	5	955	15	14	1	14	3	4	6	1	2	1	1	1	
3	9	373	2	14	2	1	35	17	955	2	83	2	955	38	1	3	5	4	2	1	1	60	141	6	12	6	4	2	6	60	141	8	1	2	83	3	1	1	3	
1	2	1	38	6	5	2	4	38	83	3	2	3	83	6	1	60	7	3	3	1	2	1	38	6	5	2	4	38	83	3	2	2	2	2	14	4	2	2		
955	3	1	2	2	83	17	35	1	6	9	1	10	2	1	2	28	955	14	2	3	15	1	3	5	12	1	141	1	2	2	2	6	5	35	4	3	2	5	10	
141	2	2	3	83	1	60	8	1	1	2	1	5	12	4	38	28	9	17	60	2	2	2	1	6	2	2	10	1	7	21	1	1	8	955	35	2	2	21	3	

Des variations ressortent clairement des statistiques descriptives présentées au tableau 5.10. On remarque d'abord que les valeurs de MIN varient entre 2.82 et 9.67, que les valeurs de MOY varient entre 8.72 et 11.99 et que les valeurs de MAX varient entre 11.28 et 16.96. Ainsi, dans quelques rares cas, le MIN d'une distribution aléatoire est supérieur au MOY d'une autre. Cette variabilité se retrouve aussi pour les caractéristiques morphologiques. Mais ce qui nous intéresse est de vérifier si les valeurs des caractéristiques morphologiques sont statistiquement associées aux possibilités de navettage offertes.

Tableau 5.10 Dispositions aléatoires : Statistiques descriptives

Navettage	minimum	moyenne	maximum	CV
MIN	2.819	4.852	9.671	0.251
MOY	8.721	10.363	11.993	0.069
MAX	11.275	14.414	16.961	0.076
Morphologie				
DISS(1)	0.778	0.931	0.954	0.021
DISS(4)	0.530	0.824	0.898	0.077
DISS(16)	0.391	0.645	0.813	0.139
DISS(100)	0.047	0.276	0.602	0.392
DIFF	0.067	0.986	2.787	0.717
CENT	5.697	7.409	8.642	0.076

Les coefficients de corrélation nous permettent d'aborder cette question (tableau 5.11). Notons d'abord que la forte association entre MOY et MAX ressort une fois de plus. Il apparaît aussi que l'association statistique entre les valeurs de MIN et les valeurs de MAX n'est pas significative, ce qui implique qu'une forme urbaine peut offrir à la fois des possibilités associées à de longues distances de navettage et des possibilités associées à de courtes distances de navettage. Pour ce qui est de la relation entre la mixité fonctionnelle et les possibilités de navettage offertes, il apparaît que les indices de mixité locale qui rendent le plus compte de la variabilité des possibilités offertes sont ceux qui couvrent un plus grand territoire (principalement DISS(100)). La mixité intra-zonale (DISS(1)) et la mixité monocentrique (DIFF) ne sont aucunement associées aux possibilités de navettage. Enfin, la centralité est fortement associée à MOY comme à MAX mais ne semble pas l'être à MIN.

Tableau 5.11 Dispositions aléatoires : Table des corrélations

Navettage	MIN	MOY	MAX
MIN		0.477	0.176
MOY	0.477		0.915
MAX	0.176	0.915	
Morphologie			
DISS(1)	-0.006	-0.019	0.005
DISS(4)	0.194	0.089	0.038
DISS(16)	0.445	0.149	0.025
DISS(100)	0.628	0.320	0.066
DIFF	0.060	0.167	0.136
CENT	0.193	0.920	0.991

Les valeurs en gris foncé sont significatives au seuil de 99 %.

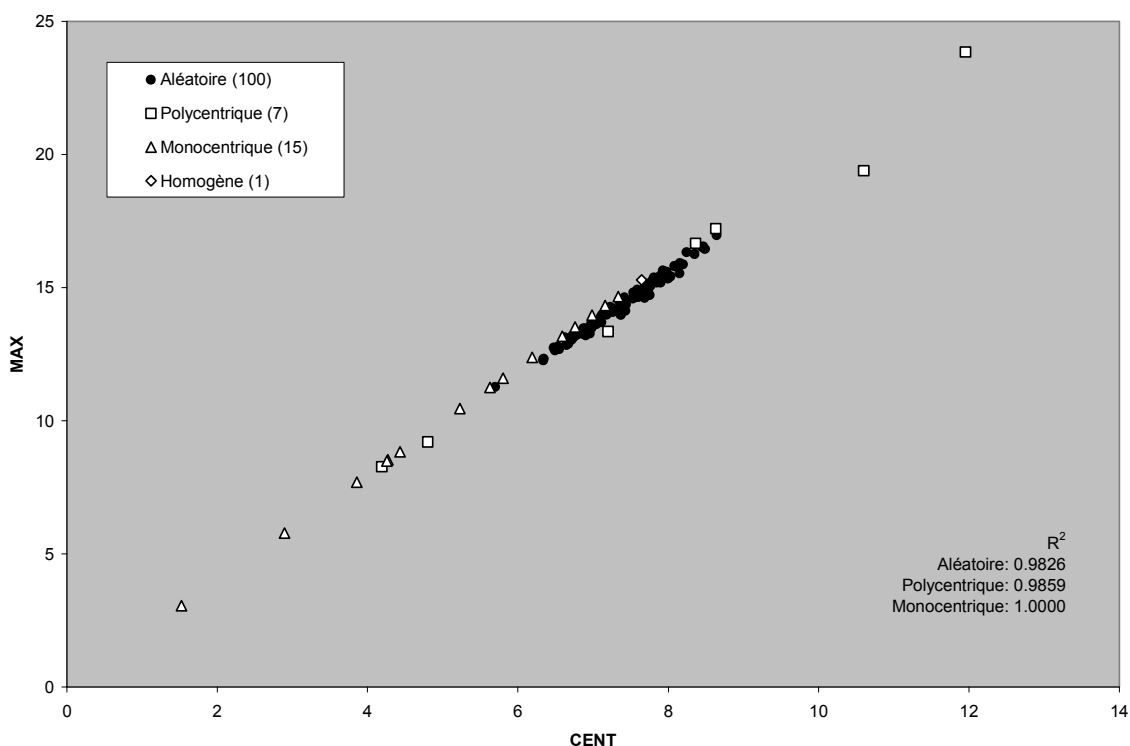
Les valeurs en gris pâle sont significatives au seuil de 95 %. ($n = 100$)

5.2.6 Comparaison des résultats

Les analyses précédentes suggèrent que l'offre de possibilité de navettage est associée à deux caractéristiques morphologiques : le degré de centralisation et la mixité fonctionnelle. Ils suggèrent aussi que cette association consiste en deux relations apparemment indépendantes. Les résultats montrent en effet que les valeurs de MOY et de MAX sont fortement corrélées entre elles mais ne montrent qu'une faible association aux valeurs de MIN. De plus, il apparaît que la mixité fonctionnelle influence MIN alors que la centralité influence MOY et MAX. À cette sous-section, nous étudions ces relations plus en détail.

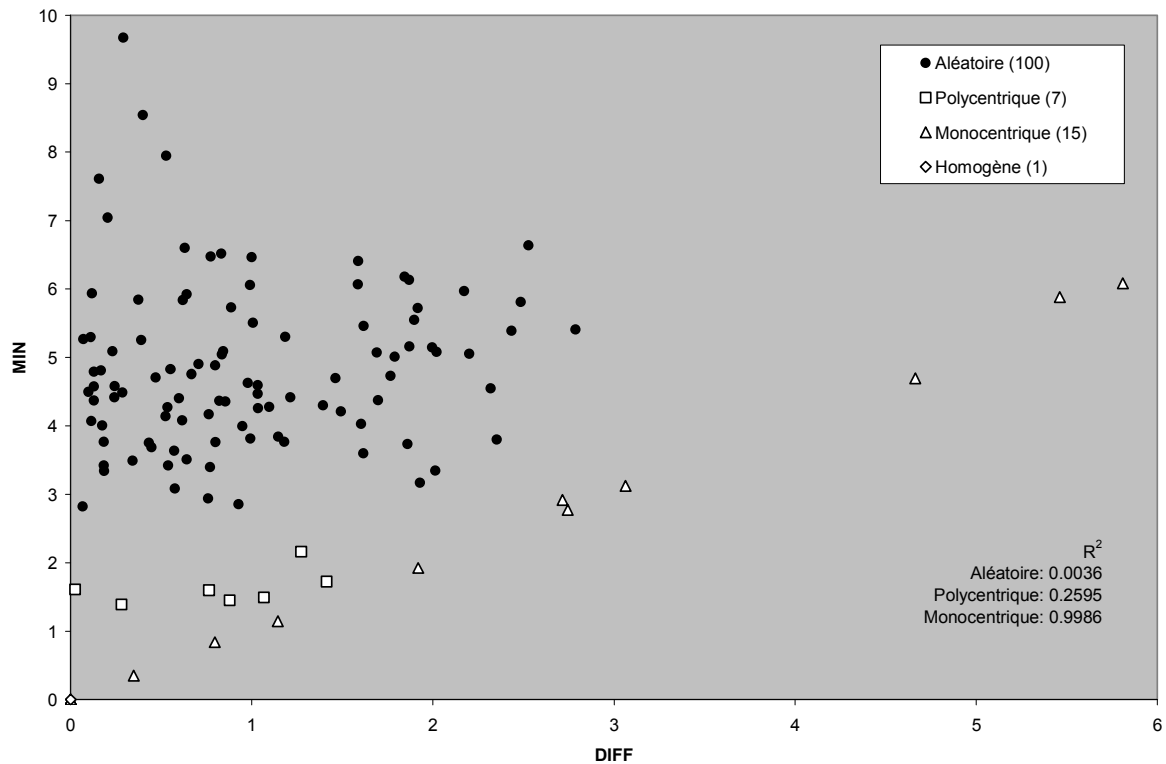
L'association statistique entre la centralité et MOY/MAX ne fait aucun doute : plus la forme urbaine est centralisée, plus elle offre des possibilités de navettage courtes (Figure 5.13). Ce résultat n'est pas très surprenant dans la mesure où il confirme que plus les lieux sont centralisés, plus ils sont, en moyenne, rapprochés les uns des autres. La force de l'association statistique amène à penser que la centralité *détermine* MAX. Cependant, malgré le fait que la corrélation soit parfaite entre la centralité et MAX pour les formes monocentriques (1.000; tableau 5.8), certains résidus apparaissent lorsque l'on considère les formes polycentriques (0.993; tableau 5.10) et aléatoires (0.991; tableau 5.12). En somme, bien que ces résultats confirment que la centralité exerce une forte influence sur les possibilités de navettage offertes, en l'occurrence leur moyenne et leur maximum, ils montrent aussi que la centralité n'est pas la seule caractéristique morphologique à définir ces possibilités.

Figure 5.13 Relation entre la centralité et MAX



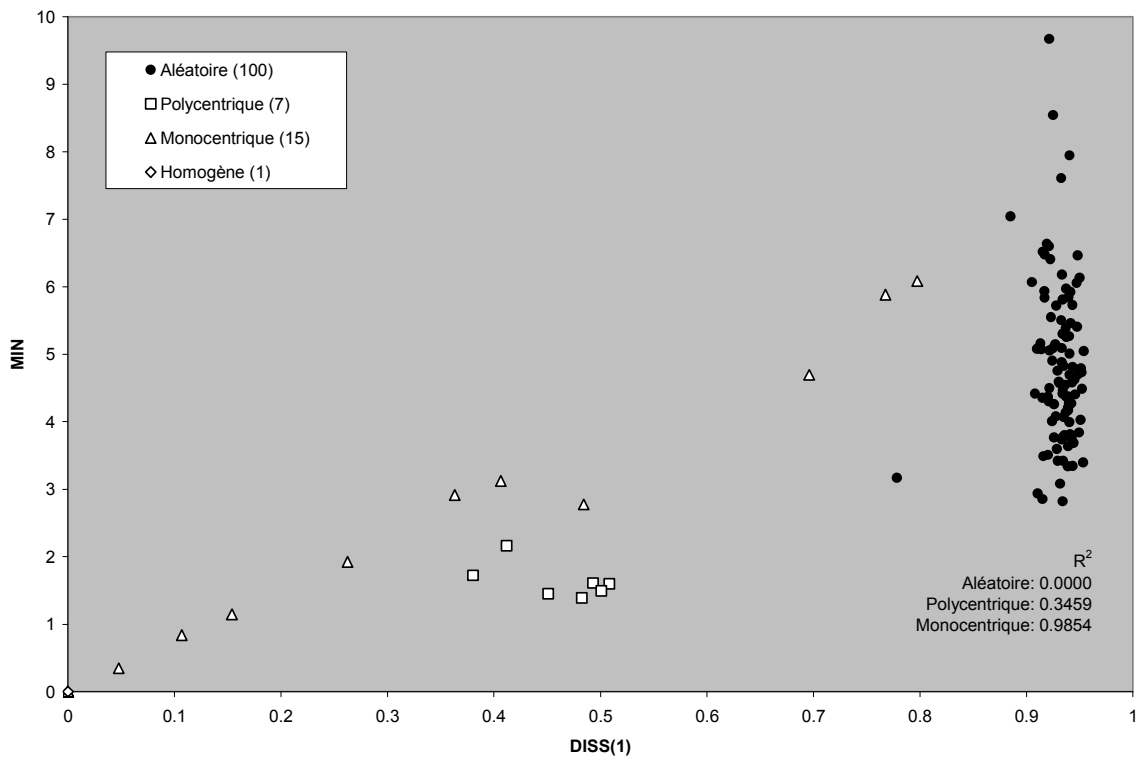
L'association entre la mixité fonctionnelle et MIN est plus difficile à saisir, en grande partie parce que la mixité fonctionnelle est elle-même difficile à mesurer. Dans le cadre de nos analyses, nous avons recours à cinq indices de mixité. Le premier, la mixité monocentrique (DIFF), montre une très forte association avec les valeurs de MIN des formes monocentriques : plus le gradient de densité des lieux de résidence est différent de celui des lieux d'emplois, plus la valeur de MIN est élevée (Figure 5.14). Cette association n'est toutefois pas reproduite lorsque l'on analyse les formes polycentriques et aléatoires. Il apparaît donc que la mixité monocentrique n'influence la valeur de MIN que dans le contexte où la forme urbaine est caractérisée par la monocentricité. Comme nous le verrons au prochain chapitre, c'est généralement le cas, du moins pour un échantillon de 50 métropoles étasuniennes (6.2.2).

Figure 5.14 Relation entre la mixité monocentrique et MIN



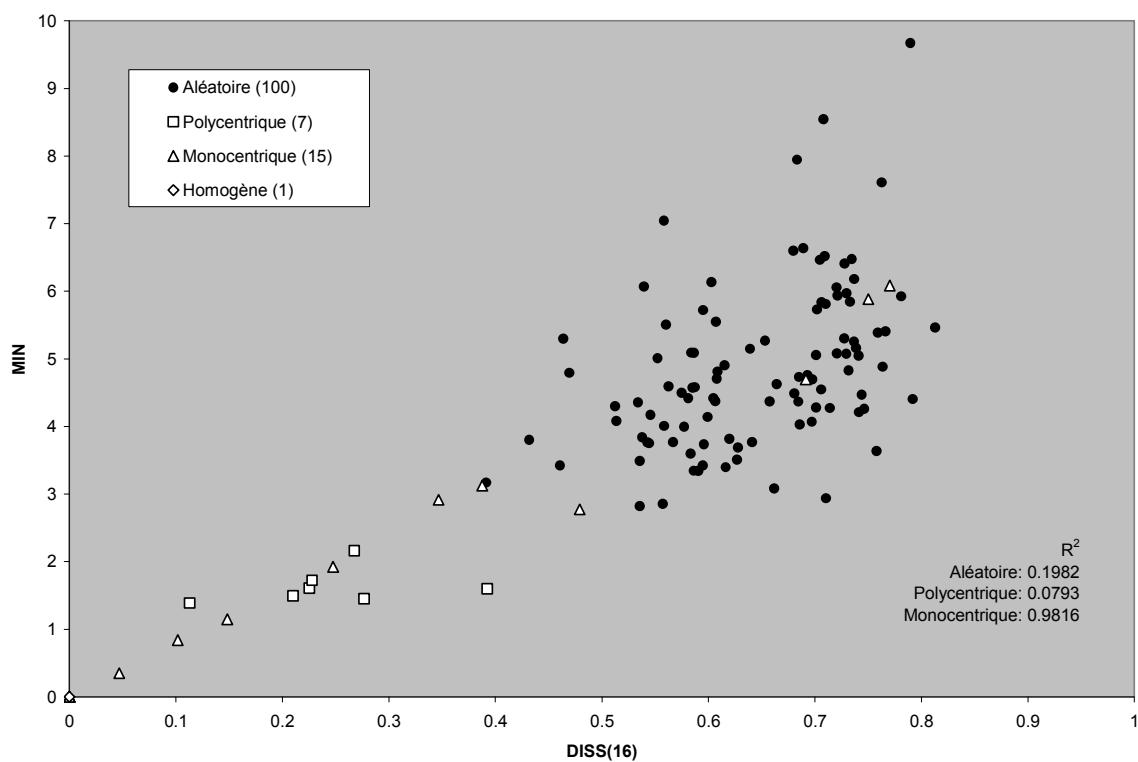
Dans le cas des formes polycentriques et aléatoires, les indices de dissimilarité locale montrent une association plus forte avec les valeurs de MIN. Plus spécifiquement, ils ne le font que dans la mesure où plusieurs cellules contiguës sont considérées. L'association entre la mixité intra-zonale—DISS(1)—et MIN n'apparaît que pour les formes monocentriques chez lesquelles les valeurs de mixité intra-zonale sont fortement associées aux valeurs de mixité monocentrique. Pour ce qui est des formes polycentriques et aléatoires, aucune relation ne peut être identifiée (figure 5.15).

Figure 5.15 Relation entre la mixité intra-zonale et MIN



Les faibles corrélations entre la mixité intra-zonale et les valeurs de MIN ne signifient toutefois pas que la relation n'existe pas. En fait, la capacité explicative de la mixité locale sur les valeurs de MIN est proportionnelle à la « grossièreté » à laquelle la mixité est considérée. Autrement dit, la mixité fonctionnelle définit bel et bien la valeur de MIN mais, pour ce faire, elle doit être comprise comme une mesure locale, au sens où elle intègre des informations sur les cellules avoisinantes. Mais l'association statistique entre la mixité locale et les valeurs de MIN, quoiqu'appréciable, laisse toutefois d'importants résidus (figure 5.16).

Figure 5.16 Relation entre la mixité « élargie » et MIN



Notons enfin que les valeurs de MOY, bien qu'elles soient fortement associées aux valeurs de centralité, se laissent aussi influencer par les valeurs de mixité fonctionnelle. En effet, il apparaît que la mixité fonctionnelle explique le peu de résidus laissés par l'association entre la centralité et les valeurs de MOY (tableau 5.12). En somme, nos analyses montrent que la valeur de MOY dépend essentiellement de la centralité mais aussi, dans une moindre mesure de la mixité fonctionnelle.

Les analyses effectuées dans le cadre de cette section révèlent que certaines caractéristiques morphologiques définissent les possibilités de navettage offertes. En somme, il apparaît que la mixité fonctionnelle influence les valeurs de MIN, que la centralité définit celles de MAX alors que les valeurs de

MOY sont influencées par ces deux caractéristiques morphologiques. Ces mêmes analyses montrent aussi qu'il s'agit bien d'une influence, et non d'une détermination. Autrement dit, d'autres caractéristiques morphologiques doivent être considérées. L'identification de ces caractéristiques et la mesure de la mixité fonctionnelle méritent certainement une réflexion plus poussée. Pour ce qui est de MAX, il semble que la centralité le détermine en grande partie. Cependant nos analyses ne fournissent pas la preuve d'une réelle détermination géométrique.

Tableau 5.12 Association entre MOY, la centralité et la mixité : résultats de régressions linéaires

Configurations	Variables indépendantes	R ²	CENT		DISS(100)	
			t	sig.	t	sig.
Monocentriques	CENT	0.981	18.354	0.000		
	DISS(100)	0.220			-0.815	0.430
	CENT + DISS(100)	0.998	51.533	0.000	9.601	0.000
Polycentrique	CENT	0.993	19.238	0.000		
	DISS(100)	0.189			-0.431	0.685
	CENT + DISS(100)	0.997	27.464	0.000	-2.546	0.064
Aléatoire	CENT	0.920	23.249	0.000		
	DISS(100)	0.320			3.346	0.001
	CENT + DISS(100)	0.956	30.084	0.000	8.623	0.000

Pour chacune de ces régressions, la variable dépendante est MOY.
Les valeurs comparées proviennent des 100 dispositions aléatoires.

La relation entre la « structure urbaine » (homogène, monocentrique, polycentrique ou aléatoire) et les possibilités de navettage offertes est plus difficile à saisir. Les résultats associés à ces structures sont fortement tributaires de nos choix arbitraires. Par exemple, nous aurions pu analyser des structures monocentriques dont le gradient de densité est inversé (les densités sont plus fortes à la périphérie), des structures polycentriques composées de deux, cinq ou douze pôles localisés aléatoirement ou des structures aléatoires dont les concentrations maximales sont de 500, 1 000 ou 10 000 résidences/emplois (alors qu'elles étaient de 5 970 dans nos analyses). Ces choix se manifestent dans les résultats de sorte que nous ne sommes pas en mesure de conclure que la forme monocentrique offre des possibilités de navettage plus ou moins courtes que la forme polycentrique. En fait, il y a des formes monocentriques et des formes polycentriques. Mais comme les résultats l'ont démontré, ces formes sont aussi associées à des caractéristiques morphologiques (comme la centralité et la mixité fonctionnelle) qui, elles, participent à la définition des possibilités de navettage.

À ce titre, cette conceptualisation explique peut-être partiellement les résultats ambigus des analyses empiriques de la relation entre la polycentricité et le navettage (section 3.2.3). En effet, il apparaît de cette première exploration que les formes polycentriques offrent simultanément des possibilités de navettage associées à des distances courtes (faibles MIN) et des possibilités de navettage associées à des distances longues (forts MAX). Ainsi, les formes polycentriques supportent les courtes navettes, intérieures aux

pôles, spéculées par l'hypothèse de la co-localisation (Gordon et Wong 1985) tout en offrant aux travailleurs la possibilité d'effectuer de longues navettes entre des pôles qui peuvent être très éloignés les uns des autres (Aguilera 2005).

Nous ne suggérons pas que la « structure urbaine » ne définit pas l'offre de possibilités de navettage. Nous croyons, d'une part, que nos analyses ne permettent pas de le démontrer et, d'autre part, que la « structure urbaine » définit l'offre de possibilités de navettage dans la mesure où elle correspond à certaines valeurs de mixité fonctionnelle et de centralité. Par exemple, une structure polycentrique est généralement associée à une forte mixité locale et à un faible degré de centralisation.

5.3 LIMITES ET PORTÉE DES RÉSULTATS

Dans les deux sections précédentes, nous avons présenté les résultats de nos analyses d'une manière descriptive. À cette section, nous poussons la réflexion un peu plus loin et situons ces résultats dans le cadre plus large et plus concret du débat sur la relation entre la forme urbaine et la distance de navettage. Ce faisant, nous discutons de la signification de ces résultats sur la gestion du navettage (5.3.1). Par la suite, nous rappelons les limites de notre méthode, précisons leurs répercussions sur la portée des résultats et cherchons à les repousser (5.3.2).

5.3.1 Portée des résultats : Quelques pistes pour la gestion du navettage

NORMALITÉ ET EXCENTRICITÉ

Nous avons vu que les distributions des possibilités de navettage sont normales—du moins lorsque le marché compte plus de quatre travailleurs—et excentriques, dans la presque totalité des cas. La normalité de la distribution offre principalement des ouvertures méthodologiques. En sachant que la distribution est normale, il est possible d'effectuer certains tests statistiques quant à la probabilité de la distance de navettage observée (OBS) de se réaliser suivant certaines hypothèses relatives à la mobilité des travailleurs.

Quant à l'excentricité, elle nous informe sur la capacité des travailleurs à minimiser leurs navettes. En effet, nous avons vu que les possibilités de navettage qui se rapprochent de MIN sont à la fois moins nombreuses et plus éloignées de MOY que les possibilités de navettage qui se rapprochent de MAX. Ceci signifie qu'une quelconque forme urbaine—notamment les formes polycentriques fortement décentralisées—peut offrir à la fois un très grand nombre de possibilités de navettage associées à de longues distances et un petit nombre de possibilités de navettage associées à de très courtes distances. Autrement dit, deux marchés d'emplois de même taille peuvent offrir les mêmes valeurs de MOY et de MAX tout en offrant différentes valeurs de MIN. Les travailleurs du marché offrant la plus petite valeur de MIN se voient donc offrir certaines possibilités de navettage plus courtes mais ces mêmes possibilités ne constituent qu'une infime proportion du total des possibilités offertes. En somme, le défi d'aménagement est double :

développer une forme urbaine qui offre des possibilités de navettage courtes (un MIN faible) et s'assurer que les travailleurs adoptent une de ces possibilités, courte mais peu probable.

TAILLE DU MARCHÉ : LE DÉFI DE LA COORDINATION

Nous avons vu, à la sous-section 5.2.2, que l'étroitesse de la distribution des possibilités de navettage est proportionnelle à la taille du marché d'emploi. Autrement dit, plus il y a de travailleurs, moins il est probable que ces derniers soient tous, ou presque tous, appariés à un lieu de résidence et un lieu de travail rapprochés (ou éloignés) l'un de l'autre. Si l'appariement est aléatoire, le résultat s'apparentera vraisemblablement à MOY. Dans ce contexte, la minimisation de la distance de navettage n'est réalisable que dans la mesure où d'importantes forces centripètes dirigent les pratiques de navettage.

Ces forces existent probablement qu'elles soient « naturelle » comme le postule l'hypothèse de la co-localisation, qu'elles soient contraintes par la mobilité et/ou qu'elles soient régulées par les marchés locaux d'emplois. En fait, ces forces expliquent probablement le fait, que nous observerons au prochain chapitre, que les distances de navettage observées se rapprochent davantage de MIN que de MAX (tableau 6.2). Ainsi, il est hautement probable qu'un réappariement résidence/emploi aléatoire résultera en un allongement du navettage. Toujours dans ce même contexte, les efforts délibérés pour raccourcir le navettage impliquent une coordination considérable.

MIXITÉ FONCTIONNELLE : LE MINIMUM

Les corrélations entre les valeurs de MIN et les valeurs de mixité fonctionnelle ne sont pas surprenantes dans la mesure où MIN est parfois considéré comme une mesure de mixité fonctionnelle (Giuliano et Small 1993; Horner 2002). Mais si elles confirment cette intuition théorique qui, à notre connaissance, n'a jamais fait l'objet d'une réelle vérification, nos analyses montrent cependant que la relation entre la mixité fonctionnelle et les possibilités de navettage offertes n'est pas aussi nette qu'on aurait pu le croire. En effet, la relation dépend de la définition de la mixité qui peut être intra-zonale, locale ou monocentrique. Nos analyses montrent que la valeur de MIN dépend d'une mixité « extensive » au sens où l'échelle d'analyse ne doit pas se limiter aux déséquilibres intra-zonaux. De plus, il apparaît que, pour une configuration parfaitement monocentrique, la valeur de MIN dépend davantage de l'écart entre le gradient résidentiel et le gradient de l'emploi qu'elle ne dépend des mesures de mixité locale. Il est à penser que d'autres analyses portant sur d'autres configurations spatiales et d'autres indices de mixité fonctionnelle permettraient d'identifier d'autres subtilités de cette relation. Ces constats devraient être considérés par les agences de planification qui, aux États-Unis du moins, font du principe de mixité fonctionnelle un élément central de leurs plans de gestion du navettage (Giuliano 1991).

CENTRALITÉ, SUPERFICIE ET DENSITÉ : LE MAXIMUM

Dans l'article où il introduit le concept de MAX, Horner (2002) soutient que ce dernier « saisit les complexités de la région entière en terme de développement de sous-centres décentralisés capables de supporter des navettes régionales. » (p.564, notre traduction). Nos analyses permettent de clarifier cette définition relativement floue. Elles montrent clairement une relation entre le degré de centralisation et les valeurs de MAX (et de MOY). En fait, ces résultats nuancent l'idée proposée par Horner (2002) selon laquelle « la seule façon de rendre possible des moyennes de navettage régionales extrêmement longues est de disperser les résidences et les emplois sur l'ensemble de la région, et non de les concentrer autour d'un centre. » (p.564) Deux nuances de vocabulaire doivent ici être apportées. D'abord, ce n'est pas la dispersion mais bien la centralité qui définit les valeurs de MAX : plusieurs configurations polycentriques et aléatoires montrent des valeurs de MAX plus élevées que celles associées à la configuration homogène, configuration la plus dispersée. Ensuite, ni la monocentricité, ni la polycentricité ne sont des gages de faibles valeurs de MAX. Nos résultats le montrent clairement, c'est le degré de centralisation qui détermine, ou semble déterminer, les valeurs de MAX. La précédente affirmation est bien vérifiée dans le cadre de nos analyses. Toutefois, il est évident que d'autres caractéristiques morphologiques participent aux définitions de MAX. En effet, il suffirait « d'étirer » nos configurations sur une plus grande superficie (d'augmenter les valeurs de la matrice de distance) pour que les valeurs de l'ensemble de la distribution des possibilités de navettage soient significativement allongées. Ainsi, l'aire urbaine et la densité (son corollaire) déterminent, avec le degré de centralisation, les valeurs de MAX. Au même titre que la réflexion sur la mixité fonctionnelle, ces remarques sont pertinentes pour la gestion du navettage. Il apparaît en effet que, toutes choses étant égales par ailleurs, une configuration spatiale centralisée et dense offre, dans l'ensemble, des possibilités de navettage associées à de courtes distances, ce qui va dans le sens des partisans de la ville compacte (2.3.2).

MIXITÉ ET CENTRALITÉ : LA MOYENNE

Les résultats de nos analyses montrent que les valeurs de MOY sont, dans une large mesure, expliquées par le degré de centralisation. Cette relation est cependant moins forte que celle, apparemment déterminante, qui est observée entre la centralité et MAX. Une analyse plus fine (tableau 5.13) montre que ces résidus sont, en grande partie, pris en compte par la mixité fonctionnelle. Autrement dit, dans les limites de nos analyses, il apparaît que les valeurs de MOY sont principalement définies par la centralité mais qu'elles sont aussi, dans une moindre mesure, associées à la mixité fonctionnelle.

RÉSIDUS : QUELLES CARACTÉRISTIQUES MORPHOLOGIQUES?

Toutes nos analyses n'ont pu expliquer la totalité des variations des valeurs de MIN et de MOY. Bien que la mixité fonctionnelle influence les valeurs de MIN et que la centralité influence les valeurs de MOY, ces caractéristiques morphologiques *ne déterminent pas* les possibilités de navettage. Dans la mesure où l'exercice se rapporte à une grille où toutes les conditions sont contrôlées, ces résidus pourront probablement être expliqués, en partie du moins, par des analyses plus détaillées incluant d'autres caractéristiques morphologiques et s'attardant plus longuement au rôle joué par la monocentricité et la polycentricité dans la définition de ces valeurs.

5.3.2 Limites des résultats : Comment passer du simple au complexe?

La méthode des possibilités de navettage repose sur certains postulats qui, nous l'avons vu à la section 4.2, en constituent les principales limites. À cette sous-section, nous nuancions les résultats présentés dans ce chapitre à la lumière de ces limites.

ESPACE ABSOLU

Les calculs relatifs à la méthode des possibilités de navettage reposent sur une matrice de distance qui est supposée universelle, c'est-à-dire que ses valeurs s'appliquent également à tous les acteurs spatiaux. Or, la distance n'est pas « sentie » de la même façon par un piéton, un usager du transport en commun, un automobiliste, un adulte accompagné d'enfants, un travailleur surchargé, etc. Ce décalage constitue une limite importante dans la mesure où les contraintes de mobilité composent le navettage (chapitre 1.4.2).

Dans le contexte des exercices de ce chapitre, cette limite ne ternit pas les résultats puisque nous n'avons pas à faire à des travailleurs d'inégales mobilités. Ces résultats doivent néanmoins être interprétés avec prudence parce que, dans la réalité, les structures de navettage amènent des structures de congestion et que ces structures de congestion altèrent les valeurs de distance-temps. Ainsi, nous devons garder à l'idée que les configurations monocentriques, parce qu'elles polarisent les navettes, devraient aussi être associées à une plus grande congestion que les configurations homogènes, polycentriques ou aléatoires. Autrement dit, nous pourrions estimer les niveaux de congestion et hausser les valeurs de MIN, MOY et MAX en conséquence.

Cet exercice nous éclairerait probablement davantage sur la relation entre la forme urbaine et les possibilités de navettage offertes. Les paramètres de l'exercice seraient cependant très arbitraires. On peut en effet se demander dans quelle mesure un ajout de 1 000 navettes sur un même axe de déplacement allonge le temps de ces déplacements. Si les déplacements se font en transport en commun, ces mêmes concentrations de déplacements peuvent être associées à une hausse de l'offre et, contrairement à la congestion automobile, à la réduction du temps de ces déplacements.

INTERCHANGEABILITÉ

Dans la méthode des possibilités de navettage, il est postulé que tous les lieux de résidence et que tous les lieux de travail sont interchangeables. Cette uniformité permet de réappairier ces lieux sans avoir à se soucier des contraintes de compatibilité. Or, dans la réalité les compétences des travailleurs canalisent leurs opportunités d'emploi et le salaire qui leur est versé contraint leur choix résidentiel. Ainsi, tous les lieux de résidences ne sont pas compatibles à tous les lieux de travail, et vice versa. De plus, les travailleurs forment des ménages dont l'indivisibilité contraint fortement l'appariement résidence-travail.

Dans tous les exercices réalisés dans le cadre de ce chapitre, tous les lieux de résidence sont égaux et il en est de même pour tous les lieux de travail. Nous aurions pu contraindre le réappariement de manière à ce que certains lieux de résidence ne soient pas compatibles à certains lieux de travail. Nous aurions pu, par exemple, supposer que les pôles des configurations polycentriques sont spécialisés ou que les lieux de résidence et de travail varient selon leur distance au centre. Ces contraintes pourraient avoir d'importantes conséquences sur les valeurs de MIN, MOY et MAX. Elles pourraient faire l'objet d'analyses ultérieures.

5.4 CONCLUSION

Les analyses effectuées dans le cadre de ce chapitre s'intéressent au rôle joué par la forme urbaine dans la constitution de l'offre de possibilités de navettage. Ce faisant, aucune hypothèse n'est émise sur les pratiques de navettage, c'est-à-dire les préférences des travailleurs en termes de distance de navettage. En fait, les valeurs de MIN, MOY et MAX peuvent être associées à certaines hypothèses comportementales. Dans le cas de MIN, tous les travailleurs se coordonnent dans le but de minimiser leurs distances de navettage; dans le cas de MAX, ils se coordonnent pour les maximiser; dans le cas de MOY, la distance de navettage n'a aucune importance dans l'appariement d'un lieu de résidence à un lieu de travail.

Ceci dit, les résultats présentés à ce chapitre ne nous informent pas directement sur la relation entre la forme urbaine et la distance de navettage. En fait, en accord avec notre encadrement théorique, nous avons supposé que la forme urbaine n'influence la distance de navettage que dans la mesure où elle offre les possibilités de navettage à partir desquelles les travailleurs « choisissent » leurs navettes. Si les possibilités offertes tendent à être plus courtes, il est probable que les navettes seront plus courtes.

C'est donc non pas à la relation entre la forme urbaine et la distance de navettage mais bien à la relation entre la forme urbaine et les possibilités de navettage offertes que nous nous sommes intéressés dans ce chapitre. Ce faisant, nous avons montré que certaines caractéristiques morphologiques (la mixité fonctionnelle et le degré de centralisation) participent à la définition des possibilités de navettage. Ces caractéristiques, nous l'avons vu à la section 3.2, sont effectivement associées aux distances de navettage. Les résultats de ce chapitre laissent entendre que cette association n'est pas directe : les caractéristiques morphologiques définissent les possibilités de navettage parmi lesquelles les travailleurs seront amenés à

choisir. Mais ces mêmes résultats offrent déjà quelques pistes de réflexion pour les aménageurs. En effet, s'ils estiment que les travailleurs tendent à minimiser la distance de leurs navettes, ils privilégieront le développement de formes urbaines mixtes. Les configurations polycentriques et homogènes offrent alors un choix intéressant dans la mesure où elles permettent de réduire les déséquilibres locaux. À l'opposé, s'ils estiment que les travailleurs sont indifférents à la distance de leur navette, ils chercheront à réduire la distance de navettage en encourageant la centralisation et la densification.

Les deux derniers chapitres de cette thèse sont consacrés au lien entre la forme urbaine, les possibilités de navettage offertes et les distances de navettage observées. Ces analyses portent sur des données empiriques. Nous pourrions ainsi confirmer que, dans les métropoles étudiées, les caractéristiques morphologiques définissent les possibilités de navettage et nous pourrions vérifier si ces possibilités sont bel et bien associées aux distances de navettage. Autrement dit, nous pourrions vérifier dans quelle mesure une offre de possibilités de navettage « courtes » est associée, ou non, à de courtes distances de navettage.

Au chapitre 6, ces questions sont abordées pour un échantillon de 50 métropoles étasuniennes. Nous vérifierons si les métropoles dont les travailleurs sont associés à de longues navettes offrent des possibilités de navettage plus longues. Au chapitre 7, nous concentrons notre analyse sur la région métropolitaine de recensement de Montréal. Nous en profitons pour décomposer les lieux de résidence et les lieux de travail selon certaines caractéristiques (sexe, revenu, profession, etc.).

ANNEXE 5.1. Détermination des valeurs de toutes les possibilités de navettage d'un marché de neuf travailleurs

L'objectif de ce programme est de calculer la distance de navettage pour chacune des 362 880 possibilités de navettage offertes par un marché de neuf travailleurs. Pour ce faire, nous déterminons ces possibilités une à une. Pour chaque possibilité, il faut identifier quelle origine est appariée à quelle destination. Seulement, chaque origine doit être appariée à une et une seule destination. La boucle suivante réalise les 362 880 possibilités de navettage. À l'avant-dernière ligne, la distance moyenne associée à la possibilité $poss(x)$ est la moyenne des distances séparant toutes les paires origine-destination.

```

For i = 1 To 9
  destination(1) = i
  pris(i) = True
  For j = 1 To 9
    If pris(j) = False
      destination(1) = j
      pris(j) = True
      For k = 1 To 9
        If pris(k) = False
          destination(2) = k
          pris(k) = True
          For l = 1 To 9
            If pris(l) = False
              destination(3) = l
              pris(l) = True
              For m = 1 To 9
                If pris(m) = False
                  destination(4) = m
                  pris(m) = True
                  For n = 1 To 9
                    If pris(n) = False
                      destination(5) = n
                      pris(n) = True
                      For o = 1 To 9
                        If pris(o) = False
                          destination(6) = o
                          pris(o) = True
                          For p = 1 To 9
                            If pris(p) = False
                              destination(7) = p
                              pris(p) = True
                              For q = 1 To 9
                                If pris(q) = False
                                  destination(9) = q
                                  For Origine = 1 To 9

                                      poss(x) = poss(x) + Distance(origine, destination(origine))

                                  / 9
                                  x = x + 1
                                
```

ANNEXE 5.2. Détermination des structures de navettage simulées par la méthode de Monte Carlo

Ce programme calcule la distance moyenne de navettage pour 1 000 structures de navettage potentielles. Les origines i sont appariées aléatoirement aux destinations. Ces dernières sont « tirées » à l'intérieur d'un « chapeau ». Le chapeau est un tableau dont la taille diminue à chaque appariement, passant de 400 000 lorsque $i = 1$ à 0 lorsque $i = 400\,000$. En fait, la destination « pigée » est retirée du tableau. Par exemple, si la destination 46 798 est sélectionnée à la première pige, la ligne 46 798 est appariée à l'origine 1 avant d'être retirée du tableau. À la deuxième pige, l'origine 2 est appariée à une autre destination, pigée parmi les 399 999 restantes. Et ainsi de suite.

```

For i = 1 To 1 000
  For Origine = 1 To 400 000
    Destination = RandomNumber(1, Chapeau.Rows.Count)
    Simulation(i) = Simulation(i) + Distance(Origine, Destination) /
400 000
    Chapeau.Rows(Destination).Delete()
  Next
Next

```

CHAPITRE 6. POSSIBILITÉS ET DISTANCES DE NAVETTAGE⁵³

[I]mproving the internal balance of jobs and housing in a region may result in less overall commuting, though commuting choice is ultimately left up to the individual. (Horner 2002, p.563)

Au chapitre précédent, nous avons étudié la correspondance entre certaines caractéristiques morphologiques et les possibilités de navettage offertes par la forme urbaine à partir de marchés d'emplois théoriques. Cette analyse nous a permis de confirmer que les distributions spatiales relatives des lieux de résidence et des lieux d'emplois influencent fortement les possibilités de navettage des travailleurs. Ainsi, la forme urbaine établit l'ensemble à partir duquel ces derniers font leurs choix (contraints) de navettage. Mais si la forme urbaine définit les possibilités de navettage, l'ensemble des possibilités offertes reste suffisamment vaste pour permettre aux travailleurs de choisir de longues ou de courtes navettes.

À ce chapitre, nous nous intéressons à l'association entre la distance de navettage et les possibilités de navettage offertes. Si cette association est vérifiée, nous (re)confirmerons l'influence de la forme urbaine sur le navettage. Nous pourrions aussi vérifier si cette influence se comprend davantage par les possibilités de navettage offertes—représentées par certaines valeurs de référence comme MIN, MOY et MAX—qu'elle ne peut l'être par certaines caractéristiques de la forme urbaine (comme la taille, la densité, la centralisation et la mixité fonctionnelle). Nous pourrions ainsi évaluer la pertinence de notre cadre d'analyse par rapport aux autres méthodes qui s'intéressent à la relation entre la forme urbaine et la distance de navettage.

Ce chapitre est composé de trois sections. À la première, nous présentons les données et la procédure utilisée pour calculer les valeurs qui nous intéressent (6.1). Par la suite, nous présentons les résultats (6.2). Enfin, nous interprétons ces derniers à la lumière des autres études réalisées sur le sujet et de leurs significations quant à la gestion du navettage (6.3).

6.1 DONNÉES ET CALCULS

Afin d'évaluer la validité du cadre d'analyse que nous proposons, nous vérifions les associations statistiques entre certaines caractéristiques de la forme urbaine, les possibilités de navettage offertes et la distance de navettage observée. Pour ce faire, nous comparons les valeurs que prennent ces concepts dans divers contextes métropolitains. Dans le but « d'épurer » l'analyse inter-métropolitaine, nous effectuerons nos traitements sur un échantillon de 50 régions métropolitaines étasuniennes (MSA, *Metropolitan Statistical Areas*). Par définition, les MSA constituent des régions métropolitaines relativement intègres,

⁵³ Les résultats présentés à ce chapitre proviennent d'un article qui paraîtra sous peu (Charron 2007). Certains passages de ce chapitre en sont des traductions directes.

c'est-à-dire qu'elles ne soutiennent pas d'importants liens de navettage avec des zones situées hors de leurs frontières.

Notre échantillon a été sélectionné parmi les 351 MSA existantes. L'échantillonnage est aléatoire mais, pour des fins de représentation, la probabilité d'une MSA d'être sélectionnée est proportionnelle à sa taille. L'échantillon, représenté au tableau 6.1 et à la figure 6.1, est ainsi diversifié en termes de taille et de contexte régional. Cette diversité nous permet de vérifier certaines hypothèses quant à l'association statistique entre le contexte métropolitain, la forme urbaine et la distance de navettage.

Les distributions de lieux de résidence, de lieux de travail et les distances de navettage observées sont extraites des bases compilées dans le *Census Transportation Planning Package* (CTTP 2000), disponibles gratuitement à partir du site du *Bureau of Transportation* (BTS)⁵⁴. Deux types d'unités spatiales sont utilisés, selon la disponibilité : les *Block Groups* (BG) et les *Traffic analysis Zones* (TZ). Bien que leurs définitions diffèrent légèrement—les BG sont délimités selon la géographie résidentielle alors que les TZ le sont en fonction des structures de navettage (U.S. Census Bureau 2005)—, ces types d'unités spatiales correspondent sensiblement aux mêmes niveaux d'agrégation : chaque unité compte, règle générale, autour de 1 500 résidents.

La distance de navettage est mesurée comme la distance euclidienne entre les centroïdes de l'unité spatiale (BG ou TZ) d'un lieu de résidence et de l'unité spatiale d'un lieu de travail. Malgré sa « simplicité », la distance euclidienne est ici préférée pour des raisons théoriques et techniques. D'un point de vue théorique, comme nous l'avons déjà mentionné (4.2.3), la distance est un concept relatif, qui est défini différemment selon l'individu. Les automobilistes et les usagers du transport en commun ne ressentent pas le même espace : certains lieux peuvent être distants pour le premier mais être rapprochés pour le second et vice versa. En ce sens, la distance euclidienne n'est ni plus ni moins appropriée que les autres mesures de distance absolue pour les analyses de navettage. De plus, la nature dynamique de la métropole proscrit l'utilisation du temps dans les calculs des possibilités de navettage. Le temps enregistré entre deux lieux dépend de la congestion réelle (ou de l'efficacité du transport en commun) entre ces deux lieux. Si les structures de navettage décrites par MIN ou MAX se réalisaient, la localisation et l'importance de la congestion ne seraient plus les mêmes. La distance euclidienne constitue une mesure « statique » ce qui, selon notre opinion, lui confère un caractère plus « neutre » dans la détermination des valeurs des possibilités de navettage. D'un point de vue technique, la distance euclidienne est moins « coûteuse » à mesurer que la distance réticulaire (distance réseau) qui requiert des informations sur les infrastructures de transport et d'importants traitements (Apparicio *et al.* 2003). De plus, il apparaît que les distances euclidiennes, réticulaires et les temps de déplacements sont fortement corrélés les uns les autres lorsque l'on considère l'ensemble des paires de lieux d'une région donnée (Charron et Shearmur 2005b), comme c'est le cas ici.

⁵⁴ <http://www.fhwa.dot.gov/ctpp/>

Figure 6.1 MSA sélectionnées



Tableau 6.1 Les MSA sélectionnées

<i>Région métropolitaine</i>	<i>Navettes</i>	<i>Zones (1)</i>	<i>Superficie (2)</i>	<i>Région métropolitaine</i>	<i>Navettes</i>	<i>Zones (1)</i>	<i>Superficie (2)</i>
Albuquerque NM	306 418	727	281	Ocala FL	81 036	240	146
Amarillo TX	93 709	154	85	Oklahoma City OK	477 699	899	399
Asheville NC*	92 131	159	127	Omaha NE-IA	339 500	413	240
Boise City ID	204 532	469	158	Parkersburg/ Marietta WV-OH	49 456	321	51
Burlington VT	68 752	150	68	Pittsburgh PA*	989 417	1 989	1 003
Charleston/ North Charleston SC	241 926	568	239	Portland ME	89 780	255	120
Chico/ Paradise CA	71 475	217	89	Providence/ Fall River/ Warwick RI-MA	356 665	593	478
Columbus OH*	723 974	1 209	529	Provo/ Orem UT	137 728	349	104
Davenport/ Moline/ Rock Island IA-IL	159 673	412	136	Richmond/ Petersburg VA	387 432	707	443
Dover DE*	47 266	68	55	Rochester NY	445 114	510	392
Fargo/ Moorhead ND-MN	92 718	287	46	San Angelo TX	43 429	317	46
Fort Wayne IN	227 889	786	182	San Antonio TX	655 030	1 050	475
Fresno CA	264 152	1 221	216	San Diego CA	1 238 100	509	831
Grand Junction CO	50 682	186	60	Savannah GA	94 457	556	135
Great Falls MT*	35 851	72	29	Sioux Falls SD	91 097	374	49
Honolulu HI*	401 546	429	547	Spokane WA	179 460	424	159
Indianapolis IN	699 640	1 037	662	Springfield MO	134 972	299	124
Knoxville TN	203 719	336	401	St. Louis MO-IL	1 136 720	1 392	984
La Crosse WI-MN	58 512	348	45	State College PA	57 964	222	29
Lancaster PA*	195 717	317	229	Sumter SC	36 429	119	45
Lansing/ East Lansing MI	197 810	499	158	Tallahassee FL	111 258	542	130
Medford/ Ashland OR	74 522	108	66	Tucson AZ	354 566	596	327
Minneapolis/ St. Paul MN-WI	1 530 890	1 417	1 080	Tulsa OK	312 769	507	332
Montgomery AL*	134 596	262	135	Utica/ Rome NY	107 658	256	89
New Orleans LA	513 343	810	367	Wichita KS*	250 361	430	207

(1) Nombre d'unités spatiales (TZ ou BG) comptant au moins un lieu de résidence ou un lieu d'emploi

(2) Correspond à la superficie urbanisée de la région métropolitaine

* Les données sont agrégées au "block group" (BG).

Bien qu'elle soit généralement définie en fonction de la superficie de l'unité spatiale, nous considérons la distance des déplacements intra-zonaux comme étant nulle. Cette définition est aussi arbitraire que la définition « traditionnelle » par la superficie qui repose sur deux postulats réducteurs : (1) l'unité spatiale est un cercle parfait et (2) les lieux de résidence et les lieux de travail sont distribués de façon uniforme à l'intérieur des limites de cette unité spatiale. Étant donné ce dernier postulat, nous croyons que la définition traditionnelle surestime la distance intra-zonale. Dans les faits, les lieux de résidence et, surtout, les lieux de travail sont généralement concentrés, même à l'échelle intra-zonale où d'importantes friches demeurent.

Comme pour les traitements du chapitre précédent, les valeurs extrêmes des possibilités de navettage (MIN et MAX) et les possibilités de navettage simulées par la méthode de Monte Carlo ont été calculées par une routine développée dans *Visual Basic*. Les temps de calcul varient entre une vingtaine de minutes et plus de deux jours, dépendamment du nombre d'unités spatiales et de la taille urbaine.

Les caractéristiques morphologiques considérées sont, grosso modo, les mêmes que celles utilisées au chapitre précédent : centralité (CENT), mixité monocentrique (DIFF) et mixité intra-zonale (DISS(1)). Pour calculer les valeurs de CENT et de DIFF, nous avons défini le centre de l'agglomération comme le centre de gravité de l'agglomération. Le centre de gravité représente la localisation qui minimise les distances au carré à chaque point, dans notre cas les lieux de résidence et les lieux de travail. Ils ont été déterminés à l'aide de MapStat, un module développé pour MapInfo (Thériault 1998).

Étant donné l'irrégularité des unités spatiales (nous n'étudions plus des grilles parfaites), la mixité locale ne peut pas, comme au chapitre précédent, être mesurée en termes de cellules agrégées. En effet, les unités spatiales situées près des centres-villes sont généralement nettement moins étendues que les unités spatiales périphériques. De plus, certaines unités spatiales ont plus de voisins que d'autres. Ainsi, si nous agrégions les unités spatiales selon divers degrés de contiguïtés, certaines des unités agrégées se chevaucheraient et le « local » périphérique serait plus étendu que le « local » central. Nous utilisons néanmoins une mesure de mixité locale (DISS(adj)) qui étend l'analyse aux unités adjacentes en tenant compte de la longueur de leur frontière commune et de leur périmètre (Wong 1993). Cet indice est calculé selon l'équation (11) :

$$DISS(adj) = DISS(1) - \frac{1}{2} \sum_i \sum_j \frac{f_{ij}}{\sum_i f_{ij}} * \left| \frac{r_i - t_j}{N} \right| * \frac{p_i/s_i + p_j/s_j}{2MAX(p/s)} \quad (11)$$

où $DISS(1)$ est la mixité intra-zonale telle que calculée à l'équation (8), f_{ij} représente la longueur de la frontière commune entre les unités spatiales i et j , p_i est le périmètre de l'unité i , s_i est la superficie de l'unité i et $MAX(p/s)$ est le rapport maximal entre le périmètre et la superficie de toutes les unités spatiales. Les valeurs de cet indice ont été calculées à l'aide de l'application *Segregation Analyzer* (Apparicio *et al.* 2005). Comme dans le cas de DISS (1), la valeur de DISS(adj) varie entre 0 (mixité totale) et 1 (ségrégation totale). La différence tient au fait que la contiguïté des unités spatiales est prise en compte.

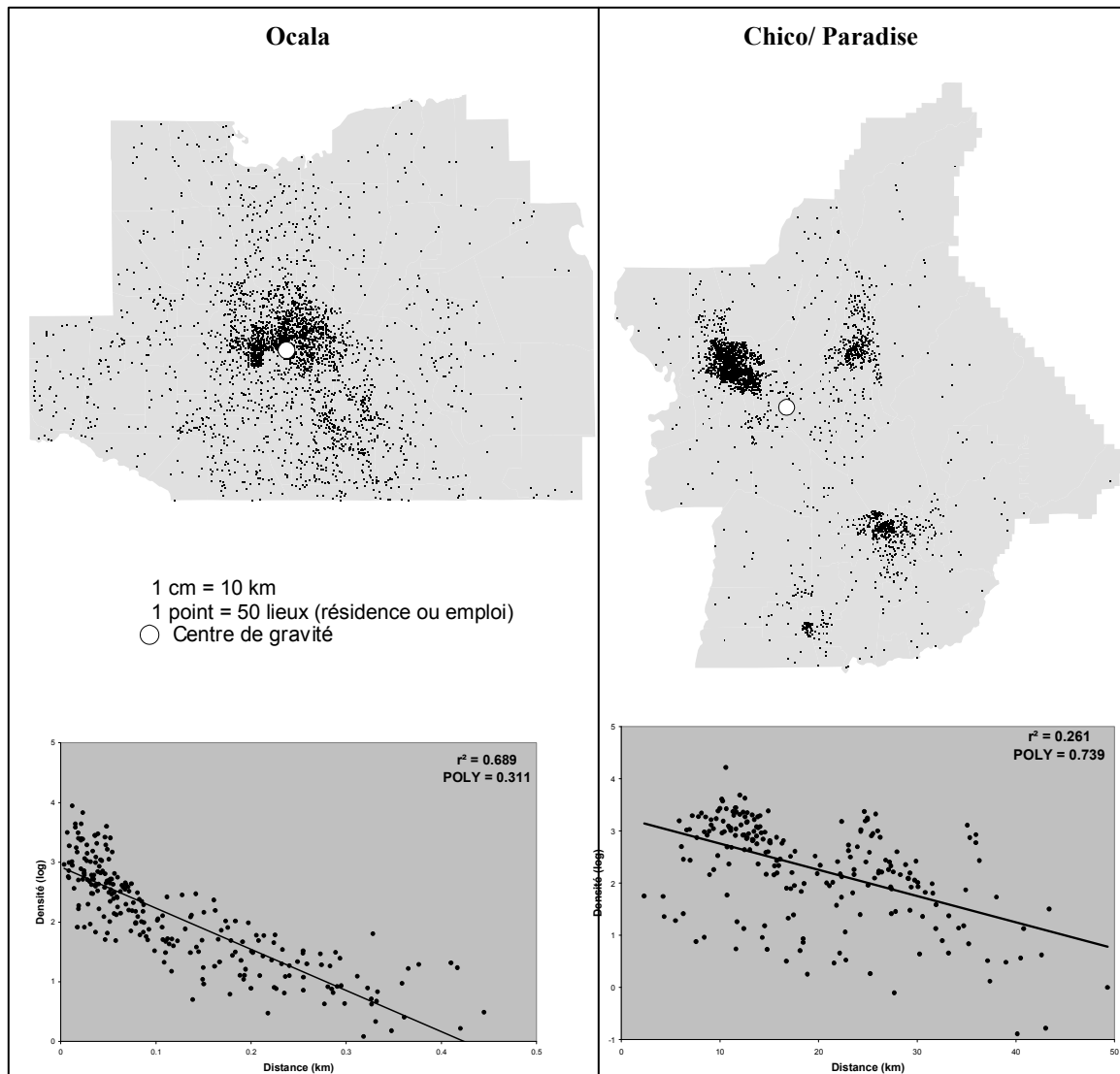
Comme les MSA de l'échantillon sont de tailles différentes, nous incluons le nombre de travailleurs et la superficie comme indicateurs de la taille urbaine. Notons que la superficie considérée est la superficie urbanisée (*Urban Area*, U.S. Census Bureau 2005). La superficie totale de la région métropolitaine n'est pas appropriée parce qu'elle considère les importantes superficies associées aux friches, aux zones agricoles et aux zones « naturelles » situées à l'intérieur des limites métropolitaines.

Comme nous l'avons noté aux chapitres 2 et 3, plusieurs auteurs estiment que la structure urbaine⁵⁵ (monocentrique ou polycentrique) joue un rôle important dans la détermination de la distance de navettage (Gordon et Wong 1985; Newman et Kenworthy 1989; Gordon *et al.* 1991). Cependant, comme sa quantification pose un important problème, l'analyse de la relation entre la structure urbaine et le navettage donne des réponses ambiguës (Levinson et Kumar 1997; Schwanen *et al.* 2002; Schwanen *et al.* 2004). Pour y pallier, nous développons notre propre indice de polycentricité (POLY). Tel qu'illustré à la figure 6.2, cet indice est calculé à partir de la relation entre la densité et la distance au centre de gravité. Plus spécifiquement, il s'agit du coefficient de corrélation de Pearson (au carré) tel que mesuré entre le logarithme de la densité de l'unité spatiale (BG ou TZ; par rapport à la surface totale) et la distance entre le centroïde de cette même unité et le centre de gravité métropolitain. Si la structure est monocentrique, l'association statistique entre ces variables sera importante tout comme la valeur de POLY. Si, à l'opposé, la structure est polycentrique, l'association statistique sera brouillée par les « pics » de densité correspondants aux différents sous-centres et POLY sera faible. Notons que pour rendre les valeurs plus intuitives, nous avons, dans nos analyses, soustrait POLY de 1. Ainsi, une forte valeur de POLY caractérise une région métropolitaine fortement polycentrique.

Comme nous l'avons présenté au chapitre 4, le cadre méthodologique que nous utilisons permet d'isoler la composante comportementale du navettage, les pratiques de navettage. Il est supposé que ces pratiques soient principalement associées à la taille urbaine et à certaines « caractéristiques régionales » (Horner 2002). La disponibilité des données et le caractère exploratoire de la thèse nous amènent à limiter notre analyse du rôle joué par ces « caractéristiques régionales » sur les pratiques de navettage à la période de développement métropolitain. Nous pouvons supposer que la période de développement est associée à la pratique de navettage pour plusieurs raisons : les métropoles plus « âgées » ont été développées avant la motorisation massive de la seconde moitié du vingtième siècle, elles sont donc plus denses, elles comprennent de plus importantes infrastructures de transport en commun et elles sont caractérisées par des structures industrielles et des modes de vie spécifiques. Nous représentons la période de développement par deux variables—la proportion de logements bâtis avant 1940 (1940-) et la proportion de logements bâtis après 1990 (1990+)—extraites du recensement étasunien de 2000.

⁵⁵ Nous étudions la structure urbaine comme le degré de monocentricité/polycentricité de l'ensemble des « lieux » urbains, c'est-à-dire des lieux de résidence et des lieux de travail.

Figure 6.2 Illustration de l'indice de polycentricité



Les structures urbaines de Ocala et de Chico/Paradise sont représentées ici. Ces métropoles ont été sélectionnées parce qu'elles montrent des différences de structures importantes tout en comptant des quantités équivalentes d'unités spatiales (respectivement 240 et 217) et de travailleurs (81 036 et 71 475). Ocala, située dans le centre de la Floride, montre une structure monocentrique assez nette qui se traduit par une forte association statistique entre la densité et la distance au centre. Chico/Paradise, située dans le nord de la Californie, montre une structure polycentrique (quatre centres ressortent clairement sur la carte) qui se traduit par une faible association entre la distance et la densité. Sur le graphique, on remarque les « pics » qui correspondent aux sous-centres. Notez que la densité est comprise comme la somme des emplois et des travailleurs, divisée par la superficie.

6.2 RÉSULTATS

Les résultats de l'analyse sont présentés en six temps. Nous présentons d'abord l'ensemble des valeurs, sous forme de statistiques descriptives (6.2.1). Par la suite, nous présentons les associations statistiques qui nous intéressent, à savoir les associations entre les caractéristiques de la forme urbaine et les possibilités de navettage offertes (6.2.2), les associations entre la forme urbaine et les distances de navettage (6.2.3) et les associations entre les spécificités métropolitaines et les pratiques de navettage (6.2.4). Enfin, nous voyons si les distances de navettage observées sont significativement différentes des distances qui devraient être observées si l'appariement résidence-emploi était aléatoire (6.2.5) avant de comparer la mesure selon laquelle possibilités et pratiques de navettage sont associées aux distances de navettage (6.2.6).

6.2.1 Présentation des résultats

Les statistiques descriptives associées aux 50 métropoles étudiées sont présentées au tableau 6.2. (L'ensemble des données est disponible à l'annexe 6.1.) La diversité de l'échantillon ressort clairement de ce tableau. Le nombre de navettes varie entre 35 851 à Great Falls et 1 530 890 à Minneapolis/St. Paul alors que la superficie varie entre 75 km² à Great Falls et 2 796 km² à Pittsburgh. Quant à la distance moyenne de navettage, elle passe du simple au double des 7.0 km de San Angelo aux 14.9 km de St. Louis.

Si l'on se fie au cadre théorique exposé aux chapitres précédents, les différentes valeurs de ces variables devraient montrer des associations statistiques, notamment entre les variables représentant le navettage et les variables représentant la forme urbaine. C'est ce que nous vérifions aux prochaines sous-sections.

Tableau 6.2 50 métropoles étasuniennes : Statistiques descriptives

	minimum	moyenne	maximum	CV
Navettage observé				
OBS (km)	7.02	10.46	14.93	0.314
Caractéristiques morphologiques				
NAVETTES	35 851	296 991	1 530 890	1.115
SUPERFICIE (km ²)	75	690	2 796	0.991
DENSITÉ (N/km ²)	196	428	779	0.287
CENTRALITÉ (km)	5.61	12.07	23.13	0.358
DIFF (km)	0.39	2.99	5.79	0.380
DISS(1)	0.398	0.531	0.671	0.106
DISS(adj)	0.371	0.515	0.661	0.120
POLY	0.251	0.531	0.804	0.300
Spécificités régionales				
1940-	2%	14%	33%	0.609
1990+	8%	19%	34%	0.361
Possibilités de navettage				
MIN	2.32	4.20	6.56	0.238
MOY	8.61	17.79	34.64	0.347
MAX	11.02	23.48	45.82	0.362
EXCÈS	0.440	0.596	0.740	0.125
EXPLOITÉ	0.200	0.351	0.530	0.208
O/M	0.370	0.620	0.880	0.185

Rappel : Excès = (OBS – MIN) / OBS

Exploité = (OBS – MIN) / (MAX – MIN)

O/M = OBS / MOY

6.2.2 Forme urbaine et possibilités de navettage

Nous l'avons vu au chapitre précédent, les valeurs de MIN et de MAX sont associées à deux caractères morphologiques distincts : respectivement la mixité fonctionnelle et le degré de centralisation. Ce faisant, une même forme urbaine peut offrir à la fois des possibilités de navettage associées à de courtes distances (petit MIN) et des possibilités de navettage associées à de longues distances (grand MAX). Ainsi, il ressort des analyses du chapitre précédent que les valeurs de MIN et de MAX ne sont pas significativement corrélées entre elles. Les présents résultats (tableau 6.3) montrent cependant une association statistique significative (au seuil de 99 %), mais faible (0,400), entre ces valeurs ce qui s'explique, peut-être, par le fait que les régions métropolitaines étudiées, contrairement aux exemples fictifs du chapitre précédent, diffèrent en taille. Les grandes régions métropolitaines offrent, tendance générale, des possibilités plus longues et, conséquemment des plus importantes valeurs de MOY, de MAX et de MIN. Quant à l'importante association entre MOY et MAX relevée au chapitre précédent, elle réapparaît ici avec un coefficient de corrélation presque parfait (0,997).

Tableau 6.3 Caractéristiques de la forme urbaine et possibilités de navettage offertes

Possibilités de navettage	MIN	MOY	MAX
MIN		0.409	0.400
MOY	0.409		0.997
MAX	0.400	0.997	
Caractéristiques morphologiques			
NAVETTES	0.404	0.819	0.828
SUPERFICIE	0.420	0.818	0.831
DENSITÉ	-0.009	0.268	0.251
CENTRALITÉ	0.391	0.994	0.998
DIFF	0.775	0.363	0.335
DISS(1)	0.196	-0.272	-0.268
DISS(adj)	0.212	-0.228	-0.224
POLY	0.002	0.398	0.412

Les valeurs en gris foncé sont significatives au seuil de 99,9 %.

Les valeurs en gris pâle sont significatives au seuil de 99 %.

L'explication « géométrique » des possibilités de navettage, telle que décrite au chapitre précédent, ressort des valeurs étudiées ici. Il apparaît en effet que les valeurs de MOY et de MAX sont très fortement associées au degré de centralisation, avec des coefficients respectifs de 0,994 et de 0,998. Ces coefficients sont d'autant plus intéressants qu'ils sont nettement supérieurs aux coefficients entre MOY (et MAX) et la taille urbaine : nombre de navettes (0,819 et 0,828) et superficie (0,818 et 0,831). Ces résultats montrent que les valeurs de MOY et de MAX dépendent essentiellement du degré de centralisation qui, lui, est associé à la taille urbaine. Les plus grandes métropoles sont aussi, règle générale, les plus étendues et les plus décentralisées (si la décentralisation est mesurée, comme ici, par la distance moyenne au centre de gravité). Cependant, deux métropoles de taille identique peuvent montrer différents degrés de centralisation. Au final, c'est ce degré de centralisation, lui-même associé à la taille urbaine, qui influence les possibilités de navettage offertes.

Ceci dit, la forte association entre le nombre de navettes et plusieurs des variables que nous utilisons nous amène à contrôler les analyses qui suivent par la taille urbaine (i.e. le nombre de navettes). Pour les analyses subséquentes, chaque variable est représentée par les résidus de son association statistique avec le nombre de navettes. Après ces ajustements, le tableau 6.3 devient le tableau 6.4. Une fois l'effet de taille élagué, l'association statistique entre MIN et MOY/MAX disparaît (0,149 et 0,129) alors que la forte association entre MOY et MAX (0,990) et l'influence de la centralité sur les valeurs de MOY et de MAX (0,982 et 0,994) subsiste.

Tableau 6.4 Caractéristiques de la forme urbaine et possibilités de navettage offertes (2)

(variables contrôlées par le nombre de navettes)

Possibilités de navettage	MIN	MOY	MAX
MIN		0.149	0.129
MOY	0.149		0.990
MAX	0.129	0.990	
Caractéristiques morphologiques			
NAVETTES	*	*	*
SUPERFICIE	0.126	0.204	0.228
DENSITÉ	-0.125	-0.074	-0.123
CENTRALITÉ	0.118	0.982	0.994
DIFF	0.737	0.112	0.054
DISS(1)	0.273	-0.298	-0.296
DISS(adj)	0.284	-0.236	-0.232
POLY	0.071	0.464	0.499

Les valeurs en gris foncé sont significatives au seuil de 99,9 %.

Toujours en accord avec la littérature (Giuliano et Small 1993; Horner 2001) et les résultats du chapitre précédent, les valeurs de MIN sont associées à la mixité fonctionnelle. Cette association entre la mixité et MIN est cependant moins nette que l'association entre la centralité et MAX. En effet, l'association statistique entre MIN et DISS(1) (et DISS(adj)) n'est pas significative (0,273 et 0,284). Rappelons ici que ces valeurs représentent la différence entre le nombre de lieux de résidence et le nombre de lieux de travail à l'intérieur des unités spatiales étudiées (ici les BG et les TZ). Plus spécifiquement, elles représentent la proportion de ces lieux qu'il faudrait « transférer » d'une unité à une autre afin que la distribution des lieux de résidence soit identique à celle des lieux de travail. Une telle situation, où la mixité est totale, offre la possibilité à tous les travailleurs de résider et de travailler dans une même unité spatiale et, conséquemment, d'être associés à une navette de distance nulle. Autrement dit, cette même situation supporte une possibilité de navettage minimale (MIN) associée à une distance nulle.

La faible association statistique entre MIN et DISS(1) souligne le fait que la mixité intra-zonale n'est pas un déterminant géométrique des possibilités de navettage offertes. En fait, pour contraindre les travailleurs à de longues navettes, les déséquilibres intra-zonaux doivent correspondre à des zones éloignées dans l'espace métropolitain : les zones avec un surplus de lieux de travail doivent être distantes des zones avec un surplus de lieux de résidence. La faible association entre MIN et DISS(1) laisse penser que, pour certaines métropoles, les déséquilibres locaux sont organisés en « échiquier », c'est-à-dire que les zones d'emplois côtoient les zones résidentielles. Si tel est le cas, même si le déséquilibre intra-zonal est important (voire absolu), la valeur de MIN peut néanmoins être faible. La situation est la même si l'on considère les unités spatiales contiguës, comme le montre la faible association entre MIN et DISS(adj).

Il serait possible, comme nous l'avons fait au chapitre précédent, d'utiliser d'autres mesures de mixité locale. Ces mesures seraient cependant difficiles à mettre à œuvre dans la mesure où, contrairement aux

grilles étudiées précédemment, les régions métropolitaines sont caractérisées par des unités spatiales aux formes irrégulières. Les résultats précédents montrent toutefois que la mixité intra-zonale ne détermine pas la valeur de MIN. Autrement dit, la valeur de MIN ne dépend pas des déséquilibres intra-zonaux, elle dépend de l'organisation intra-métropolitaine de ces déséquilibres.

La mixité monocentrique (DIFF) constitue une façon de mesurer l'organisation intra-métropolitaine des déséquilibres fonctionnels. Rappelons que sa valeur représente la différence entre la centralisation (c'est-à-dire la distance moyenne au centre de gravité) des lieux de travail et celle des lieux de résidence. Les théories monocentriques stipulent que les emplois sont plus centralisés que les résidences et que le navettage est la conséquence de cette différence (Muth 1969; Mills 1972). Suivant cette logique et le postulat de minimisation du navettage, la distance de navettage prévue correspond à la valeur de MIN, nous l'avons vu au chapitre 4. C'est l'idée qui a été déconstruite par Hamilton (1982). En fait, la valeur de DIFF utilisée ici correspond à sa valeur de MIN.

Il est intéressant de noter que la variable morphologique qui est le plus fortement associée à MIN est, justement, DIFF (0,737). Ce résultat rappelle que les déséquilibres fonctionnels des métropoles étasuniennes suivent une configuration fortement monocentrique et que cette caractéristique influence la valeur de MIN. En fait, si la méthode Simplex permet de déterminer la valeur réelle de MIN, la mesure DIFF en offre une bonne estimation. Mieux, elle en offre une explication : la possibilité de navettage minimale supportée par une métropole dépend en grande partie de la mesure selon laquelle le degré de centralisation des emplois diffère du degré de centralisation des résidences. En d'autres termes, bien que les théories monocentriques soient réductrices, elles s'intéressent à une caractéristique morphologique qui influence fortement les possibilités de navettage offertes (représentées par les valeurs de MIN, de MOY et de MAX).

Par exemple, bien que Chico/Paradise soit plus peuplée (71 475 travailleurs), plus étendue (230 km²) et plus décentralisée (9,98 km) que Burlington (68 752 travailleurs; 176 km² et 4,20 km), comme son déséquilibre monocentrique est moindre (0,77 km vs 1,76 km), elle offre une possibilité minimale de navettage plus courte (1,78 km vs 2,13 km). Elle offre cependant une possibilité moyenne (6,21 km vs 4,71 km) et maximale (12,83 km vs 6,19 km) nettement plus importante. Cette comparaison montre qu'une même métropole peut supporter à la fois un faible MIN et un fort MAX. De plus, elle montre que ce sont des caractéristiques monocentriques (CENT et DIFF) qui concourent à la définition de ces valeurs.

La forte valeur « explicative » des caractéristiques monocentriques sur les possibilités de navettage contraste avec la faible capacité « explicative » de la polycentricité (POLY). Il ressort de nos résultats que malgré l'importance du concept de polycentricité dans la réflexion sur le navettage, ce dernier participe peu à la définition des possibilités de navettage offertes. En fait, l'association statistique entre la polycentricité et les valeurs de MOY et MAX, quoique significative, demeure faible alors qu'elle n'est pas significative avec les valeurs de MIN.

Notons cependant qu'il n'est pas utile d'opposer monocentricité et polycentricité et que ces deux caractères morphologiques peuvent être observés conjointement. En fait, on remarque que ces deux caractères ont une influence complémentaire sur les possibilités de navettage offertes (tableau 6.5) : le degré de polycentricité rend compte d'une proportion significative des résidus de la relation entre la monocentricité et les possibilités de navettage offertes. Autrement dit, il semble que l'organisation monocentrique des métropoles étudiées exerce la plus forte influence sur la définition de l'offre des possibilités de navettage et que l'organisation polycentrique exerce une influence réelle, mais beaucoup plus faible.

Tableau 6.5 Association entre la monocentricité, la polycentricité et les possibilités de navettage : résultats de régressions linéaires (variables contrôlées par le nombre de navettes)

Variable dépendante	Variables indépendantes	R ²	POLY		MONO*	
			t	sig.	t	sig.
MIN	POLY	0.005	0.49	0.626		
	DIFF	0.544			7.56	0.000
	POLY + CENT	0.579	-2.06	0.045	7.92	0.000
MAX	POLY	0.249	-3.95	0.000		
	CENT	0.988			63.12	0.000
	POLY + DIFF	0.990	3.01	0.004	58.67	0.000

* La variable représentant le caractère monocentrique est CENT ou DIFF, selon la variable dépendante.

Notons que le signe de l'association entre POLY et la variable dépendante s'inverse lorsque l'on inclut la variable monocentrique. Les résultats signifient que (1) pour deux régions caractérisées par le même déséquilibre monocentrique (DIFF), celle qui est la plus polycentrique offre la plus courte valeur de MIN et que (2) pour deux régions caractérisées par le même degré de centralisation, celle qui est la plus polycentrique offre la plus longue valeur de MAX.

6.2.3 Forme urbaine et distance de navettage

Bien que certaines caractéristiques morphologiques influencent fortement les possibilités de navettage offertes, au final ce sont les travailleurs qui déterminent la distance de navettage en « choisissant » parmi les possibilités offertes. À cette sous-section, nous vérifions si la distance de navettage (OBS) est associée aux possibilités de navettage offertes et/ou à certaines caractéristiques morphologiques des métropoles.

Il apparaît d'abord que OBS est significativement associé aux trois valeurs référence des possibilités de navettage : MIN (0,632), MOY (0,670) et MAX (0,678). Ces résultats répondent à notre première question de recherche à savoir que la forme urbaine est bel et bien associée au navettage. Trois constats doivent ici être faits.

Tableau 6.6 Caractéristiques de la forme urbaine et distance de navettage

(variables contrôlées par le nombre de navettes)

Possibilités de navettage	OBS
MIN	0.632
MOY	0.670
MAX	0.678
Caractéristiques morphologiques	
DENSITÉ	-0.218
CENTRALITÉ	0.386
DIFF	0.413
DISS(1)	-0.120
DISS(adj)	-0.075
POLY	0.130
Spécificités régionales	
1940-	0.119
1990+	-0.206

Les valeurs en gris foncé sont significatives au seuil de 99,9 %.

Les valeurs en gris pâle sont significatives au seuil de 99 %.

Premièrement, il ressort des résultats que OBS est plus fortement corrélé aux possibilités de navettage offertes qu'il ne peut l'être à des caractéristiques morphologiques comme la centralité (0,386), les mesures de mixité fonctionnelle (0,413; -0,120; -0,075) et la polycentricité (-0,130). En somme, la distance de navettage dépend davantage des possibilités de navettage offertes qu'elle ne dépend d'autres caractéristiques de la forme urbaine. Cette observation va dans le sens de notre entendement théorique, exposé au chapitre 4 : la forme urbaine (suivant certaines caractéristiques morphologiques) offre des possibilités de navettage (MIN, MOY et MAX) parmi lesquelles « choisissent » les travailleurs.

Deuxièmement, il apparaît que OBS montre, à peu de choses près, des associations semblables à MIN, MOY et MAX. Il importe de spécifier que MIN, MOY et MAX exercent une influence complémentaire sur OBS (Tableau 6.7). Autrement dit, les distances de navettage sont définies à la fois par les possibilités les plus courtes et par les possibilités les plus longues offertes par la forme urbaine.

Tableau 6.7 Association entre OBS, MIN et MAX : résultats de régressions linéaires*

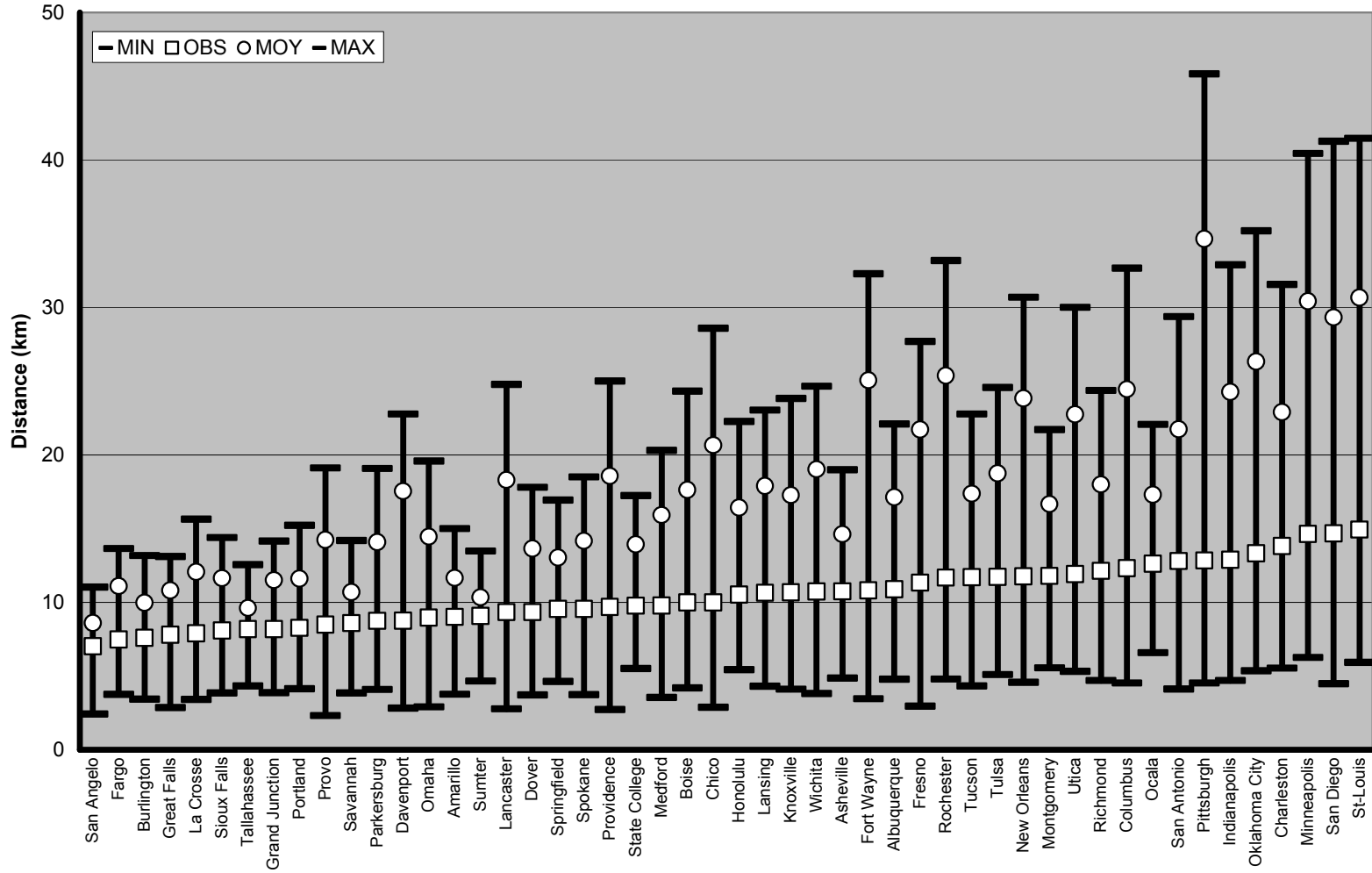
(variables contrôlées par le nombre de navettes)

Variable dépendante	Variables indépendantes	R ²	MIN		MAX	
			t	sig.	t	sig.
OBS	MIN	0.399	5.65	0.000		
	MAX	0.460			6.40	0.000
	MIN + MAX	0.762	7.72	0.000	8.46	0.000

* Les résultats de ces régressions sont sensiblement les mêmes si l'on remplace MAX par MOY.

Troisièmement, un coup d'œil à la figure 6.3 montre que OBS, bien qu'il leur soit corrélé, n'est pas systématiquement déterminé par les valeurs « phare » des possibilités de navettage que sont MIN, MOY et MAX. Par exemple, bien qu'elles montrent des valeurs de OBS similaires, les régions métropolitaines de Sumter et de Lancaster montrent des valeurs de MIN, MOY et MAX très différentes. De plus, si on se réfère au tableau 6.2, les coefficients de variation de MIN (0,238), de MOY (0,347) et de MAX (0,362) sont plus élevés que celui de OBS (0,195) ce qui signifie que les valeurs de OBS sont plus « stables » entre les régions métropolitaines que ne peuvent l'être les possibilités de navettage offertes. Cette observation nous amène à suggérer que les structures de navettage—bien qu'elles montrent d'importantes différences inter-métropolitaines et que ces différences sont en partie associées à la forme urbaine—sont associées à des distances moyennes (OBS) comparables. Cette remarque rejoint l'idée selon laquelle les travailleurs ajustent leurs pratiques de navettage de manière à maintenir des distances de navettage relativement stables (Zahavi et Ryan 1980; Zahavi et Talvitie 1980).

Figure 6.3 Possibilités de navettage offertes par les régions métropolitaines, triées par OBS



6.2.4 Spécificités métropolitaines et pratiques de navettage

Cette dernière remarque nous amène à nous intéresser aux spécificités métropolitaines relatives aux pratiques de navettage. Comme nous l'avons noté au chapitre 4, le cadre théorique des possibilités de navettage permet d'isoler la composante comportementale (mobilité et compatibilité) de la composante morphologique (forme urbaine) du navettage. À cette sous-section, nous nous intéressons à cette composante comportementale—ici représentée par les valeurs de navettage excessif, de navettage exploité et de O/M (voir sous-section 4.1.2 pour des définitions plus détaillées)—et aux variations qu'elle montre à l'échelle inter-métropolitaine⁵⁶ (tableau 6.8). Nous avons ajouté une nouvelle variable—RÉSIDUS—qui est la variance de OBS inexpliquée par MIN et MAX. Si l'on considère que les 76,2 % de la variance expliquée par MIN et MAX représentent la part de la distance de navettage attribuable à la forme urbaine, les résidus devraient s'expliquer par les pratiques de navettage.

Notons au passage que nous n'avons pas vérifié l'association statistique entre les valeurs des pratiques de navettage (excès, exploité, O/M) et les valeurs des possibilités de navettage (MIN, MOY et MAX) parce que les premières sont dérivées des secondes. Notons de plus que les analyses de cette section portent sur les variables « brutes », c'est-à-dire que ces variables ne sont pas contrôlées par le nombre de navettes, parce que nous voulons vérifier, entre autres choses, l'effet de la taille urbaine sur les pratiques de navettage.

Tous les indicateurs de pratique de navettage sont associés à la taille urbaine⁵⁷. Cependant, cette association est opposée selon que l'on considère le navettage excessif ou le navettage exploité et O/M : les pratiques des travailleurs des grandes régions métropolitaines sont plus excessives (excès) tout en étant plus efficaces (exploité) et optimales (O/M).⁵⁸ Cette opposition s'explique par le fait que les grandes régions métropolitaines supportent davantage de possibilités de navettage. Conséquemment, elles offrent plus de possibilités associées à de courtes distances et plus de possibilités associées à de longues distances. Cette surenchère du nombre de possibilités de navettage offertes diminue la probabilité que OBS se rapproche de MIN : le navettage excessif est donc plus important. À l'opposé, la probabilité que OBS se rapproche de MAX est elle aussi limitée. Cependant, comme les travailleurs montrent une tolérance limitée au navettage, ils maintiennent les distances de navettage à un niveau raisonnable. En d'autres termes, alors que les travailleurs des grandes régions métropolitaines génèrent plus « d'excès » de navettage, ils évitent néanmoins plus de navettage potentiel.

⁵⁶ Il est important de noter que les analyses qui suivent concernent des contextes métropolitains. Elles reposent sur des valeurs agrégées et ne représentent pas l'association entre les caractéristiques du travailleur (sexe, âge, etc.) et son comportement de navettage. Ces analyses se concentrent plutôt sur les caractéristiques métropolitaines qui sont associées aux pratiques métropolitaines de navettage.

⁵⁷ En fait, ils sont davantage associés au logarithme de la taille urbaine.

⁵⁸ Pour une définition plus précise de la signification des adjectifs « excessif », « efficace » et « optimal », voir l'entrée « pratique de navettage » du glossaire.

Tableau 6.8 Spécificités métropolitaines et pratiques de navettage

Caractéristiques morphologiques	EXCÈS	Exploité	O/M	RÉSIDUS
NAVETTES (Log)	0.371	-0.708	-0.685	0.147
SUPERFICIE (Log)	0.349	-0.659	-0.614	0.182
DENSITÉ	0.013	-0.175	-0.225	-0.141
CENT	0.418	-0.875	-0.866	-0.016
DIFF	-0.412	-0.236	-0.089	0.011
DISS(1)	-0.492	0.215	0.367	-0.177
DISS(adj)	-0.462	0.156	0.313	-0.181
POLY	0.182	-0.616	-0.560	-0.286
Spécificités régionales				
1940-	0.119	-0.387	-0.411	-0.572
1990+	-0.206	0.302	0.372	0.315

Les valeurs en gris foncé sont significatives au seuil de 99,9 %.

Les valeurs en gris pâle sont significatives au seuil de 99 %.

L'association entre la pratique de navettage et la taille urbaine apparaît clairement sur la figure 6.3. Les grandes régions métropolitaines (comme San Antonio et St-Louis) offrent des valeurs de MIN et de MAX plus « extrêmes » que les régions métropolitaines plus petites (comme San Angelo et Sumter). L'étendue des possibilités de navettage offertes varie selon la taille urbaine et ces différences sont plus importantes que les différences inter-métropolitaines de OBS. Conséquemment, les grandes régions métropolitaines montrent des pratiques de navettage plus excessives et plus efficaces.

Bien qu'elles puissent être importantes, les corrélations entre le navettage exploité et CENT (-0.875) et entre O/M et CENT (-0.866) ne révèlent que la forte association entre la centralisation et MAX (et MOY), desquelles exploité et O/M sont dérivées. Il est toutefois intéressant de noter que EXCÈS est proportionnellement (et significativement) associé à CENT (0.418), les régions décentralisées générant le plus d'excès.

Pour ce qui est de la mixité fonctionnelle, elle est significativement et négativement associée à EXCÈS, particulièrement la mixité intra-zonale (-0.492). Cette observation est surprenante dans la mesure où la mixité intra-zonale n'est pas significativement associée à MIN (0.196; tableau 6.3). Elle signifie que plus le déséquilibre intra-zonal est important, plus il y a de navettage excessif. Autrement dit, plus les travailleurs d'une région métropolitaine sont forcés à se trouver un emploi hors de leur zone de résidence, plus ils suivent une pratique de navettage excessive.

Les valeurs de l'indice de polycentricité montrent des corrélations importantes et négatives avec EXPLOITÉ (-0,616) et O/M (-0.560) : les pratiques de navettage des régions métropolitaines polycentriques sont plus efficaces. Ce résultat va dans le sens de l'hypothèse de la co-localisation (Gordon et Wong 1985) au sens où s'ils peuvent tirer profit d'une structure métropolitaine polycentrique, les travailleurs, de manière générale, veilleront à situer à la fois leurs lieux de travail et leurs lieux de résidence dans un même « pôle ».

La période de développement (1940- et 1990+) devrait être associée aux pratiques de navettage pour plusieurs raisons. Les métropoles plus âgées, en grande partie développées avant la motorisation généralisée de la seconde moitié du vingtième siècle, sont plus denses, supportent des infrastructures de transport en commun plus efficaces et sont associées à un mode de vie et une structure industrielle spécifique (Newman et Kenworthy 1999). Les résultats montrent que malgré le fait qu'elles génèrent plus d'excès, les régions métropolitaines plus âgées sont aussi associées à des pratiques de navettage plus efficaces. À l'opposé, les régions métropolitaines moins âgées génèrent moins d'excès mais sont moins efficaces. Ces résultats correspondent probablement au fait que les régions métropolitaines moins âgées, généralement moins mixtes (fonctionnellement), sont associées à des valeurs de MIN plus élevées mais ne sont pas nécessairement associées à des valeurs de MOY et de MAX plus élevées.

Si l'on s'intéresse aux différences inter-métropolitaines de OBS qui ne sont pas expliquées statistiquement par les possibilités de navettage (colonne RÉSIDUS du tableau 6.8), on remarque que seule la variable 1940- leur est significativement associée (-0.572). En fait, comme les valeurs de MIN et de MAX sont fortement corrélées à la taille urbaine, à la mixité fonctionnelle et au degré de centralisation, ce qu'elles ne peuvent expliquer d'OBS ne l'est pas par ces mêmes variables. Pour ce qui est de la forte association avec 1940-, elle signifie que de deux régions métropoles offrant un même MIN et un même MAX, les travailleurs de la plus « âgée » des deux présenteront la distance de navettage la plus courte. Comme cette différence ne peut être attribuable à la forme urbaine, elle doit être associée à des pratiques de navettage plus efficaces.

6.2.5 Distance de navettage et appariement aléatoire

Mises dans un contexte probabiliste, les pratiques de navettage de toutes les régions métropolitaines sont hautement efficaces. En effet, les différences entre les valeurs de OBS et celles de MOY, testées d'après les écarts-types simulés par la méthode de Monte Carlo, sont très significatives. L'étendue de valeurs couverte par les 1 000 structures de navettage simulées aléatoirement est extrêmement petite si on la compare à l'étendue des valeurs possibles : en moyenne, l'étendue simulée ne recouvre que 0,34 % de l'étendue possible (tableau 6.9). Bien que cette observation ne soit pas surprenante d'un point de vue statistique⁵⁹, la significativité de la différence entre OBS et MOY confirme que les travailleurs tendent à minimiser leurs navettes. Évidemment dans la réalité, les lieux de résidence et les lieux de travail ne sont pas appariés au hasard à l'échelle d'une agglomération. Le pairage dépend de plusieurs facteurs, et la distance de la navette est probablement l'un des plus importants.

⁵⁹ Comme les appariements aléatoires viennent en nombres très importants (allant des 35 851 à Great Falls aux 1 530 890 à Minneapolis/St-Paul), il est presque impossible que la plupart d'entre eux assignent des lieux toujours rapprochés (ou éloignés). Autrement dit, il est presque impossible que des valeurs se rapprochant de MIN ou de MAX soient atteintes lors d'un appariement aléatoire.

Tableau 6.9 Valeurs possibles et valeurs simulées

<i>Région métropolitaine</i>	<i>Valeurs possibles</i>				<i>Simulations (Monte Carlo)</i>			
	<i>MIN</i>	<i>OBS</i>	<i>MOY</i>	<i>MAX</i>	<i>MIN</i>	<i>MOY</i>	<i>MAX</i>	<i>Couverture</i>
Albuquerque	4.78	10.88	17.12	22.08	17.10	17.12	17.14	0.22%
Amarillo	3.75	9.01	11.65	14.98	11.60	11.63	11.68	0.73%
Asheville	4.86	10.75	14.61	18.97	14.58	14.61	14.63	0.35%
Boise City	4.18	9.98	17.62	24.30	17.62	17.65	17.70	0.42%
Burlington	3.43	7.58	9.96	13.16	9.94	9.96	9.98	0.44%
Charleston	5.52	13.82	22.88	31.54	22.86	22.90	22.93	0.25%
Chico	2.86	9.99	20.64	28.58	20.56	20.61	20.66	0.41%
Columbus	4.52	12.31	24.44	32.65	24.44	24.46	24.49	0.18%
Davenport	2.82	8.74	17.54	22.77	17.52	17.54	17.57	0.26%
Dover	3.70	9.33	13.63	17.78	13.60	13.63	13.64	0.41%
Fargo	3.73	7.47	11.09	13.63	11.07	11.09	11.10	0.36%
Fort Wayne	3.46	10.81	25.05	32.26	24.96	25.02	25.08	0.45%
Fresno	2.94	11.33	21.72	27.69	21.71	21.74	21.75	0.18%
Grand Junction	3.86	8.19	11.49	14.14	11.46	11.49	11.54	0.81%
Great Falls	2.85	7.79	10.81	13.10	10.78	10.81	10.86	0.83%
Honolulu	5.42	10.52	16.41	22.25	16.40	16.40	16.41	0.16%
Indianapolis	4.70	12.87	24.26	32.87	24.25	24.26	24.26	0.08%
Knoxville	4.09	10.67	17.25	23.83	17.20	17.25	17.30	0.52%
La Crosse	3.41	7.88	12.05	15.62	12.00	12.05	12.08	0.68%
Lancaster	2.77	9.32	18.29	24.76	18.26	18.28	18.29	0.15%
Lansing	4.31	10.64	17.89	23.02	17.84	17.88	17.89	0.28%
Medford	3.54	9.78	15.91	20.29	15.85	15.88	15.93	0.49%
Minneapolis	6.26	14.64	30.41	40.43	30.41	30.43	30.43	0.08%
Montgomery	5.53	11.79	16.67	21.69	16.65	16.69	16.72	0.38%
New Orleans	4.57	11.75	23.83	30.68	23.80	23.81	23.83	0.13%
Ocala	6.56	12.61	17.30	22.04	17.25	17.28	17.31	0.39%
Oklahoma City	5.34	13.32	26.31	35.17	26.26	26.29	26.31	0.16%
Omaha	2.90	8.96	14.45	19.57	14.43	14.45	14.46	0.19%
Parkersburg	4.09	8.72	14.08	19.07	14.05	14.09	14.14	0.65%
Pittsburgh	4.52	12.82	34.64	45.82	34.61	34.64	34.66	0.09%
Portland	4.12	8.25	11.60	15.21	11.58	11.62	11.63	0.50%
Providence	2.70	9.67	18.57	25.00	18.54	18.55	18.58	0.18%
Provo	2.32	8.48	14.24	19.10	14.22	14.24	14.24	0.16%
Richmond	4.68	12.12	17.99	24.36	17.97	17.99	17.99	0.08%
Rochester	4.78	11.67	25.37	33.16	25.34	25.37	25.39	0.18%
Moyenne	4.20	10.46	17.78	23.48	17.76	17.78	17.81	0.34%

Tableau 6.9 Valeurs possibles et valeurs simulées (suite)

Région métropolitaine	Valeurs possibles				Simulations (Monte Carlo)			
	MIN	OBS	MOY	MAX	MIN	MOY	MAX	Couverture
San Angelo	2.41	7.02	8.61	11.02	8.58	8.61	8.62	0.54%
San Antonio	4.10	12.81	21.72	29.36	21.69	21.71	21.74	0.20%
San Diego	4.47	14.67	29.30	41.25	29.30	29.32	29.35	0.13%
Savannah	3.85	8.59	10.70	14.18	10.67	10.68	10.72	0.37%
Sioux Falls	3.85	8.06	11.63	14.37	11.60	11.62	11.63	0.35%
Spokane	3.72	9.54	14.18	18.49	14.14	14.16	14.18	0.26%
Springfield	4.62	9.54	13.03	16.93	13.00	13.02	13.03	0.28%
State College	5.49	9.75	13.93	17.23	13.87	13.92	13.97	0.93%
St. Louis	5.92	14.93	30.67	41.45	30.65	30.67	30.68	0.11%
Sumter	4.65	9.06	10.33	13.47	10.30	10.31	10.35	0.60%
Tallahassee	4.31	8.17	9.61	12.55	9.59	9.61	9.62	0.41%
Tucson	4.31	11.70	17.36	22.75	17.35	17.38	17.39	0.29%
Tulsa	5.10	11.71	18.74	24.55	18.73	18.76	18.81	0.37%
Utica	5.31	11.89	22.75	29.99	22.72	22.75	22.78	0.27%
Wichita	3.81	10.72	19.02	24.65	19.00	19.02	19.03	0.21%
Moyenne	4.20	10.46	17.78	23.48	17.76	17.78	17.81	0.34%

6.2.6 Distances, possibilités et pratiques de navettage

La présente analyse nous offre l'occasion de vérifier lesquelles des possibilités ou des pratiques de navettage ont le plus d'influence sur la distance de navettage. Pour ce faire, nous comparons les résultats de régressions linéaires avec, comme variable dépendante, la distance de navettage (OBS) et, comme variables indépendantes, des variables représentatives des possibilités de navettage et/ou des pratiques de navettage. Pour les possibilités de navettage, nous avons sélectionné les valeurs de MIN et de MAX dont, nous l'avons vu au tableau 6.7, l'association à OBS est complémentaire. Pour les pratiques de navettage, nous avons sélectionné deux variables qui leur sont fortement associées, à savoir 1940- et POLY. Nous n'avons pas sélectionné 1990+ parce qu'elle est significativement corrélée à 1940- (coefficient de 0,663). Nous excluons aussi les valeurs de Excès, Exploité et O/M parce qu'elles sont significativement corrélées aux valeurs de MIN et/ou de MAX. Afin de dégager l'effet de taille, nous utilisons les résidus de l'association statistique entre le nombre de navettes et les variables sélectionnées.

Les résultats (tableau 6.10) montrent que la forme urbaine, représentée par les valeurs de MIN et de MAX, rend compte de plus des trois quarts (76,2 %) de la variance des distances de navettage. Plus les possibilités de navettage offertes (MIN et MAX) sont longues, plus la distance de navettage sera longue. Quant aux pratiques de navettage, elles ne rendent compte que de 10,7 % de cette même variance. Il apparaît que les travailleurs des régions métropolitaines plus âgées et monocentriques suivent des pratiques de navettage plus efficaces. Lorsque toutes les variables sont incluses dans le modèle, on rend compte de 86,8 % de la variance de OBS.

Tableau 6.10 Explication statistique de OBS : résultats de régressions linéaires*

(variables contrôlées par le nombre de navettes)

Variables indépendantes	R ²	0.762	0.107	0.868
MIN	t	7.72		7.63
	sig.	0.000		0.000
MAX	t	8.46		11.62
	sig.	0.000		0.000
1940-	t		-2.15	-5.25
	sig.		0.037	0.000
POLY	t		1.30	-2.59
	sig.		0.199	0.013

* Les résultats de ces régressions sont sensiblement les mêmes si l'on remplace MAX par MOY.

Notons que le signe du coefficient de POLY s'inverse dans le modèle à quatre variables ce qui signifie que plus la région métropolitaine est polycentrique, plus la distance de navettage est courte. Cette inversion peut s'expliquer par l'association statistique entre POLY et MAX (0,499) : plus la métropole est décentralisée, plus elle est polycentrique. Les métropoles décentralisées tendent alors à être plus polycentriques tout en offrant de longues possibilités de navettage. Cependant, à valeurs de MIN et de MAX égales, les régions métropolitaines polycentriques sont associées à des distances de navettage plus courtes ce qui va dans le sens de l'hypothèse de la colocalisation (Gordon et Wong 1985).

Nous faisons deux principaux constats de ces trois modèles. D'abord, il apparaît que la forme urbaine a une influence plus importante sur la distance de navettage que ne peuvent en avoir les pratiques de navettage. Ensuite, ces influences sont indépendantes dans la mesure où la variance expliquée par le modèle global (86,8 %) correspond à la somme des deux modèles précédents. Autrement dit, les possibilités et les pratiques de navettage influencent, chacune à leur manière, la distance de navettage.

6.3 DISCUSSION

Au chapitre 4, nous avons exposé un cadre théorique et méthodologique original pour étudier le navettage. Ce cadre a été utilisé au chapitre 5 sur des villes fictives, ce qui nous a permis de vérifier la correspondance entre certaines caractéristiques morphologiques et les possibilités de navettage offertes. À ce chapitre, nous avons utilisé le même cadre mais cette fois-ci, nous l'avons appliqué à des données empiriques relatives à 50 régions métropolitaines étasuniennes. Ce faisant, nous avons pu vérifier, à partir d'un échantillon « réel », quelles caractéristiques de la forme urbaine participent à la définition des possibilités de navettage. De plus, nous avons pu vérifier si les possibilités de navettage offertes par ces régions métropolitaines sont effectivement associées aux distances de navettage observées.

Nous avons vu, au chapitre 3, que plusieurs caractéristiques morphologiques (taille urbaine, densité, structure urbaine, etc.) sont pressenties comme déterminantes dans la relation entre la forme urbaine et la

distance de navettage mais que les vérifications empiriques sont souvent décevantes, voire contradictoires. Notre entendement théorique et notre méthode fournissent un cadre plus clair à l'interprétation de cette relation. En effet, en la considérant comme indirecte—la forme urbaine offre les possibilités de navettage et les travailleurs « choisissent » parmi ces possibilités—nous décomposons la relation en deux étapes. À la première étape, nous demandons lesquelles de ces propriétés influencent les possibilités de navettage offertes. À la deuxième étape, nous vérifions si ces possibilités de navettage sont associées aux distances de navettage observées.

À cette section, nous revenons sur le cadre théorique exposé au chapitre 4 pour interpréter les résultats présentés à ce chapitre. Nous discutons des résultats, de leur apport aux connaissances et de leur portée pour la gestion de la forme urbaine (6.3.1) et de la distance de navettage (6.3.2).

6.3.1 Forme urbaine et possibilités de navettage

Les résultats exposés à ce chapitre montrent, à l'instar de ceux du chapitre précédent, que certaines caractéristiques morphologiques participent à la définition des possibilités de navettage offertes par la forme urbaine. En fait, deux caractéristiques morphologiques spécifiques façonnent conjointement la distribution des possibilités offertes. La première, la mixité fonctionnelle, définit les possibilités associées aux courtes distances de navettage alors que la seconde, la centralité, définit les possibilités associées aux longues distances de navettage. Ainsi, une même forme urbaine peut offrir à la fois de courtes et de longues possibilités de navettage.

Cette interprétation a l'avantage de ne pas recourir aux caractéristiques de taille urbaine, de densité ou de structure métropolitaine qui entretiennent des relations ambiguës avec le navettage (chapitre 3). Au contraire, elle limite l'analyse à deux caractéristiques : la mixité fonctionnelle et le degré de centralisation. Du coup, elle permet de mieux cibler les interventions de l'aménageur. Pour réduire les nuisances associées au navettage, il faut (1) encourager la centralisation des activités métropolitaines et (2) favoriser leur mixité fonctionnelle.

Cependant, la mixité intra-zonale ne raccourcit pas nécessairement les possibilités de navettage. Pour ce faire, les déséquilibres locaux doivent être cohérents à l'échelle métropolitaine de manière à ce que les zones résidentielles voisinent les zones d'emplois. À ce sujet, il ressort de notre échantillon que l'organisation monocentrique des déséquilibres fonctionnels influence grandement les possibilités de navettage. Ces résultats suggèrent que les efforts d'aménagement urbain visant à réduire les distances de navettage doivent avoir une envergure métropolitaine et une vision monocentrique. Les efforts locaux n'auront qu'un impact mineur sur les possibilités de navettage.

Quant à la polycentricité, elle contribue à raccourcir la valeur de MIN, et à augmenter celle de MAX, mais ce uniquement après avoir tenu compte de l'organisation monocentrique de la métropole. La

polycentricité semble donc jouer un rôle, mais un rôle marginal, dans la définition des possibilités de navettage offertes.

6.3.2 Possibilités et distance de navettage

Cette simple recette—encourager la centralisation et favoriser la mixité fonctionnelle—n'est cependant pas un gage de réussite. Si ces interventions raccourciraient vraisemblablement les possibilités de navettage offertes, elles ne sauraient garantir que les travailleurs maintiennent leur efficacité dans leurs pratiques de navettage. En effet, comme les possibilités de navettage offertes couvrent une importante étendue de valeur (à Tallahassee, qui pourtant montre l'étendue la plus courte des métropoles étudiées, les possibilités de navettage s'étalent entre 4,31 km et 12,55 km), la marge de manœuvre laissée aux travailleurs lorsqu'ils procèdent à l'appariement résidence-travail est très importante par rapport à la capacité d'intervention sur la forme urbaine. Si l'on se fie à certaines théories qui supposent une « résilience » des temps de navettage—comme la « loi » de la demi-heure (Zahavi et Ryan 1980) ou l'hypothèse de la co-localisation (Gordon et Wong 1985)—un important effort pour raccourcir les possibilités de navettage offertes pourrait simplement être « neutralisé » par un ajustement spontané des pratiques de navettage, ce que semble confirmer la figure 6.3.

Il apparaît cependant de nos résultats qu'une amélioration des possibilités de navettage offertes serait probablement accompagnée d'un raccourcissement du navettage moyen. En effet, les valeurs de OBS se situent toutes bien plus près des valeurs de MIN que de celles de MAX. De plus, elles sont significativement inférieures aux valeurs de MOY ce qui signifie que les pratiques de navettage des travailleurs sont relativement efficaces. Enfin, comme les valeurs de OBS sont fortement et positivement corrélées aux valeurs de MIN et de MAX, nous pouvons espérer qu'un raccourcissement des possibilités de navettage offertes (une diminution de MIN et de MAX) sera accompagné d'un raccourcissement proportionnel des distances de navettage. Ces observations suggèrent que des interventions visant les possibilités de navettage auront un impact sur la distance de navettage et légitiment les politiques de gestion de la forme urbaine destinées à cet effet.

6.4 CONCLUSION

Nous l'avons vu à la section 2.3, la croyance que la forme urbaine détermine la distance de navettage a amené plusieurs aménagistes de l'urbain (notamment Ebenezer Howard, Le Corbusier et Frank Lloyd Wright) à positionner les lieux de résidence et les lieux de travail avec précaution à l'intérieur de leurs villes idéales. Plus récemment, cette même croyance a influencé les aménageurs affiliés aux mouvements du *New Urbanism* et du *Smart Growth* dans leurs efforts à bâtir des villes plus efficaces et durables. Cependant, nous l'avons vu à la section 3.2, malgré le fait que la relation entre la forme urbaine et la distance de navettage ait été abondamment étudiée, les mécanismes de cette association demeurent obscurs.

Au chapitre 4, nous avons développé un cadre théorique et méthodologique original, dérivé de la littérature sur le *excess commuting*. Plus spécifiquement, nous avons généralisé le champ de navettage des valeurs extrêmes de MIN et de MAX proposées par Horner (2002) à l'ensemble des possibilités de navettage. Les analyses réalisées dans le présent chapitre ont montré, comme celles du chapitre précédent, que les valeurs de MIN et de MAX sont en grande partie définies par les caractéristiques morphologiques de mixité fonctionnelle et de centralité. Combinées aux pratiques de navettage, ces mêmes valeurs correspondent aux situations, théoriques, où les travailleurs minimisent (maximisent) leurs distances de navettage. Les distances de navettage réelles (OBS) sont cependant plus nuancées, penchant vers la structure minimale mais tolérant certains « excès ».

Nous avons introduit le concept de MOY, la distance moyenne de navettage qui aurait le plus de chance d'être observée si la pratique de navettage n'était pas influencée par la distance. L'analyse combinée de MIN, MOY et MAX a montré que certaines régions métropolitaines offrent à la fois des possibilités de navettage associées à de très courtes navettes et des possibilités de navettage associées à de très longues navettes. Nous avons montré que c'est par le biais de ces possibilités de navettage offertes que la forme urbaine influence le navettage, corroborant notre argument théorique.

Il est toutefois apparu que cette influence n'est pas incontournable. En positionnant OBS à l'intérieur de la distribution des possibilités de navettage, nous avons proposé un nouvel indicateur de comportement métropolitain de navettage (O/M) qui s'est avéré être associé à la taille urbaine, au degré de polycentricité et à la période de développement métropolitain. Donc, si les possibilités de navettage influencent les distances de navettage, ces dernières relèvent aussi d'autres caractéristiques métropolitaines.

ANNEXE 6.1. Résultats détaillés (1)

Métropole	MIN	OBS	RND	MAX	EC	ECC	O/R
Albuquerque	4,78	11,42	17,98	23,19	0,56	0,35	0,64
Amarillo	3,75	9,46	12,24	15,73	0,58	0,47	0,77
Asheville	4,86	11,29	15,35	19,93	0,55	0,42	0,74
Boise City	4,18	10,48	18,51	25,52	0,58	0,29	0,57
Burlington	3,43	7,96	10,46	13,82	0,55	0,43	0,76
Charleston	5,52	14,52	24,03	33,12	0,60	0,32	0,60
Chico	2,86	10,49	21,68	30,01	0,71	0,28	0,48
Columbus	4,52	12,93	25,67	34,29	0,63	0,28	0,50
Davenport	2,82	9,18	18,42	23,91	0,68	0,30	0,50
Dover	3,70	9,80	14,31	18,67	0,60	0,40	0,68
Fargo	3,73	7,84	11,64	14,31	0,50	0,38	0,67
Fort Wayne	3,46	11,36	26,31	33,88	0,68	0,26	0,43
Fresno	2,94	11,90	22,82	29,08	0,74	0,34	0,52
Grand Junction	3,86	8,60	12,07	14,86	0,53	0,42	0,71
Great Falls	2,85	8,18	11,36	13,76	0,63	0,48	0,72
Honolulu	5,42	11,05	17,24	23,37	0,48	0,30	0,64
Indianapolis	4,70	13,52	25,49	34,53	0,64	0,29	0,53
Knoxville	4,09	11,20	18,12	25,03	0,62	0,33	0,62
La Crosse	3,41	8,28	12,66	16,41	0,57	0,37	0,65
Lancaster	2,77	9,79	19,22	26,01	0,70	0,30	0,51
Lansing	4,31	11,17	18,79	24,18	0,60	0,34	0,59
Medford	3,54	10,28	16,71	21,31	0,64	0,37	0,61
Minneapolis	6,26	15,38	31,94	42,47	0,57	0,25	0,48
Montgomery	5,53	12,39	17,51	22,78	0,53	0,39	0,71
New Orleans	4,57	12,34	25,03	32,23	0,61	0,28	0,49
Ocala	6,56	13,25	18,17	23,15	0,48	0,39	0,73
Oklahoma City	5,34	13,99	27,63	36,94	0,60	0,27	0,51
Omaha	2,90	9,41	15,18	20,55	0,68	0,36	0,62
Parkersburg	4,09	9,16	14,79	20,03	0,53	0,31	0,62
Pittsburgh	4,52	13,47	36,39	48,13	0,65	0,20	0,37
Portland	4,12	8,67	12,18	15,97	0,50	0,37	0,71
Providence	2,70	10,16	19,50	26,26	0,72	0,31	0,52
Provo	2,32	8,91	14,96	20,06	0,73	0,37	0,60
Richmond	4,68	12,73	18,89	25,59	0,61	0,38	0,67
Rochester	4,78	12,25	26,65	34,83	0,59	0,24	0,46

ANNEXE 6.1. Résultats détaillés (2)

Métropole	MIN	OBS	RND	MAX	EC	ECC	O/R
San Angelo	2,41	7,37	9,04	11,58	0,66	0,53	0,82
San Antonio	4,10	13,45	22,82	30,84	0,68	0,34	0,59
San Diego	4,47	15,41	30,77	43,33	0,70	0,28	0,50
Savannah	3,85	9,02	11,24	14,89	0,55	0,46	0,80
Sioux Falls	3,85	8,47	12,22	15,09	0,52	0,40	0,69
Spokane	3,72	10,02	14,89	19,42	0,61	0,39	0,67
Springfield	4,62	10,02	13,69	17,78	0,51	0,40	0,73
State College	5,49	10,24	14,64	18,10	0,44	0,36	0,70
St. Louis	5,92	15,68	32,21	43,53	0,60	0,25	0,49
Sumter	4,65	9,51	10,85	14,15	0,49	0,50	0,88
Tallahassee	4,31	8,59	10,09	13,18	0,47	0,47	0,85
Tucson	4,31	12,29	18,24	23,90	0,63	0,40	0,67
Tulsa	5,10	12,30	19,69	25,79	0,56	0,34	0,62
Utica	5,31	12,49	23,90	31,50	0,55	0,27	0,52
Wichita	3,81	11,26	19,98	25,89	0,64	0,33	0,56

ANNEXE 6.1. Résultats détaillés (3)

Métropole	DISS(1)	DISS(adj)	CENT	DIFF	1940-	1990+	POLY
Albuquerque	0,58	0,57	11,13	4,28	0,04	0,24	0,49
Amarillo	0,46	0,42	7,64	0,45	0,08	0,11	0,40
Asheville	0,44	0,42	9,61	4,42	0,14	0,22	0,25
Boise City	0,56	0,56	12,91	0,39	0,07	0,34	0,75
Burlington	0,49	0,48	6,76	2,83	0,23	0,16	0,31
Charleston	0,54	0,53	15,99	2,53	0,06	0,30	0,69
Chico	0,48	0,48	16,05	1,24	0,08	0,16	0,74
Columbus	0,54	0,51	16,73	3,20	0,14	0,21	0,60
Davenport	0,52	0,52	11,94	1,77	0,26	0,08	0,48
Dover	0,45	0,43	9,28	1,93	0,10	0,26	0,64
Fargo	0,53	0,51	6,88	3,25	0,14	0,22	0,43
Fort Wayne	0,54	0,53	16,43	2,70	0,22	0,17	0,62
Fresno	0,54	0,53	14,26	2,03	0,06	0,20	0,65
Grand Junction	0,57	0,55	7,29	2,70	0,10	0,24	0,54
Great Falls	0,44	0,39	6,93	2,16	0,19	0,10	0,37
Honolulu	0,63	0,61	11,60	2,90	0,04	0,15	0,80
Indianapolis	0,50	0,49	16,52	4,01	0,16	0,21	0,49
Knoxville	0,52	0,52	12,19	3,20	0,08	0,26	0,62
La Crosse	0,63	0,62	7,94	2,80	0,22	0,17	0,55
Lancaster	0,40	0,37	12,61	2,06	0,26	0,17	
Lansing	0,54	0,53	11,67	3,83	0,19	0,13	0,54
Medford	0,44	0,42	10,41	2,78	0,09	0,25	0,52
Minneapolis	0,52	0,52	20,34	5,79	0,17	0,18	0,38
Montgomery	0,52	0,48	11,28	4,47	0,07	0,23	0,29
New Orleans	0,53	0,52	16,38	2,93	0,14	0,10	0,62
Ocala	0,54	0,53	11,17	5,65	0,02	0,31	0,28
Oklahoma City	0,51	0,50	17,96	4,67	0,08	0,14	0,60
Omaha	0,51	0,49	9,86	2,16	0,19	0,16	0,43
Parkersburg	0,61	0,61	10,02	2,35	0,21	0,12	0,64
Pittsburgh	0,50	0,48	23,13	3,33	0,31	0,08	0,63
Portland	0,53	0,51	7,99	2,75	0,29	0,13	0,62
Providence	0,46	0,44	12,85	1,69	0,31	0,09	0,64
Provo	0,50	0,49	9,81	1,77	0,08	0,34	0,51
Richmond	0,57	0,57	12,37	3,33	0,10	0,19	0,33
Rochester	0,48	0,45	17,44	3,68	0,31	0,10	0,67

ANNEXE 6.1. Résultats détaillés (4)

Métropole	DISS(1)	DISS(adj)	CENT	DIFF	1940-	1990+	POLY
San Angelo	0,56	0,55	5,61	1,66	0,07	0,13	0,33
San Antonio	0,55	0,54	14,99	3,27	0,06	0,20	0,49
San Diego	0,49	0,44	21,24	2,48	0,05	0,14	0,76
Savannah	0,65	0,64	7,22	1,74	0,10	0,23	0,53
Sioux Falls	0,58	0,57	7,26	2,90	0,16	0,23	0,58
Spokane	0,60	0,58	9,43	2,64	0,18	0,17	0,47
Springfield	0,55	0,55	8,61	3,44	0,11	0,26	0,36
State College	0,57	0,55	9,66	4,09	0,17	0,17	0,73
St. Louis	0,52	0,51	20,86	4,59	0,17	0,14	0,56
Sumter	0,61	0,59	6,93	2,74	0,05	0,24	0,38
Tallahassee	0,67	0,66	6,39	3,38	0,03	0,28	0,42
Tucson	0,52	0,51	11,51	3,20	0,03	0,23	0,51
Tulsa	0,50	0,49	12,38	3,91	0,09	0,15	0,48
Utica	0,52	0,52	15,64	4,39	0,33	0,08	0,74
Wichita	0,53	0,48	12,63	3,15	0,13	0,18	0,57

CHAPITRE 7. FORME URBAINE, MOBILITÉ ET COMPATIBILITÉ

Commuting behavior [...] varies significantly with [gender,] age, social class, income, ethnicity, and numerous other variables such that the “average commuter”—like the “average worker” of orthodox theory—is in fact a statistical myth, not a social reality. (Peck 1996, p.87)

Au cours des chapitres précédents, nous avons montré que l'organisation géométrique de la forme urbaine définit les possibilités de navettage (chapitre 5) et que, lors d'une analyse inter-métropolitaine, les possibilités de navettage sont associées aux distances de navettage observées (chapitre 6). À ce chapitre, nous vérifions si cette association peut aussi être observée à l'échelle intra-métropolitaine. Pour ce faire, nous imposons des contraintes à l'appariement résidence-emploi. Nous analysons les structures de navettage pour différents groupes de travailleurs. Ainsi, au lieu de comparer des régions métropolitaines comme nous l'avons fait au chapitre précédent, nous comparons des formes urbaines « parallèles », correspondant aux groupes de travailleurs sélectionnés, qui se chevauchent dans l'espace métropolitain. Alors que tous les travailleurs d'une même métropole étaient considérés identiques au chapitre précédent, nous nous intéressons ici à leurs différences.

Notons que les analyses présentées à ce chapitre demeurent exploratoires. À ce point, l'encadrement théorique pour exprimer les hypothèses et interpréter les résultats mérite certainement de plus d'approfondissement. En effet, le cadre théorique développé dans les chapitres antérieurs traite de la forme urbaine à un niveau d'abstraction assez élevé : ceci a pour effet d'isoler l'impact de la forme urbaine sur la distance de navettage et, ainsi, de permettre la comparaison entre métropoles (autrement dit, entre formes urbaines différentes). Or, dans ce chapitre, le cadre d'analyse servira à comparer les 'formes urbaines' entre *catégories de personnes différentes au sein d'une même agglomération urbaine*. En somme, étant donné deux catégories de personnes A et B résidant dans une même métropole, nous allons supposer que A et B constituent deux métropoles séparées. Les personnes de catégorie A évoluent dans une métropole formée des lieux de résidence et des lieux de travail de A (ce qui correspond donc à une première métropole de forme 'A'), et les personnes de catégorie B évoluent dans une métropole formée des lieux de résidence et des lieux de travail de B (ce qui correspond donc à une deuxième métropole de forme 'B'). Nous supposons ainsi qu'il n'y aucune possibilité d'échange de résidence ou de travail *entre* personnes de catégorie A et B, tous les échanges éventuels se faisant *au sein* de chaque catégorie. Dans ce contexte, la méthode sert plutôt à décrire et comparer les caractéristiques de la distribution spatiale résidence/travail de diverses catégories de personnes. Nous élaborerons ci-dessous (dans la section 7.3) les limites, mais aussi certaines des possibilités, que l'application de cette méthode implique. Les résultats qui suivent ouvrent cependant de nouvelles pistes de réflexions et montrent le potentiel de la méthode.

Ce chapitre est composé de cinq sections. À la première, nous présentons les données et la procédure utilisée pour calculer les valeurs qui nous intéressent (7.1). Par la suite, nous comparons les valeurs de

navettage obtenues pour la région métropolitaine de Montréal à celles qui sont associées aux 50 métropoles étasuniennes étudiées au chapitre précédent (7.2). Plus loin, nous raffinons notre cadre théorique et notre démarche méthodologique dans le but d'introduire des contraintes à l'appariement résidence-emploi (7.3). Les résultats sont ensuite présentés (7.4) et interprétés (7.5). Enfin, nous discutons des principales implications de ces résultats (7.6).

7.1 DONNÉES

7.1.1 Base de données

Les résultats de ce chapitre sont calculés à partir des microdonnées du recensement de 2001 pour la région métropolitaine de Montréal. Cette base de données renferme certaines informations relatives aux répondants du questionnaire long de recensement, qui est aléatoirement assigné à un ménage sur cinq. Elle est accessible dans le cadre d'une entente avec Statistique Canada.

L'objectif de cette entente est de nous permettre de réaliser certaines analyses nécessitant des microdonnées sans toutefois entraver la confidentialité des répondants. Conséquemment, la procédure d'analyse des données est particulièrement pointilleuse, ce qui a compliqué notre travail. En effet, nous pouvons effectuer certaines compilations de cette base à partir d'un poste situé dans l'enceinte de Statistique Canada à Ottawa. Ces compilations, qui doivent répondre à d'importantes exigences techniques, sont par la suite acheminées dans un espace protégé au Centre Interuniversitaire Québécois de Statistiques Sociales (CIQSS), situé à Montréal. À partir de ce centre, il nous est possible de réaliser quelques analyses et de « sortir » certaines mesures statistiques : dans notre cas, possibilités de navettage et caractéristiques morphologiques.

Cette lourde procédure a évidemment limité notre capacité à explorer les données ce qui fait que les résultats présentés à ce chapitre nécessitent certainement plusieurs ajustements. Néanmoins, elle nous a permis d'interroger des données très précises sans lesquelles nous n'aurions pas pu vérifier certaines de nos hypothèses quant à l'association entre la forme urbaine, la mobilité et la compatibilité.

7.1.2 Population

Pour des raisons théoriques et méthodologiques, ce ne sont pas tous les répondants au questionnaire long qui ont été inclus dans nos analyses. D'un point de vue méthodologique, l'analyse des possibilités de navettage requiert, pour chaque travailleur, un lieu de résidence et un lieu de travail localisés à l'intérieur des limites d'une région métropolitaine (4.2.3). Nous avons donc réduit notre population aux répondants qui résident et travaillent dans la région métropolitaine de recensement de Montréal. Ces individus doivent avoir un emploi lors de la semaine du recensement. De plus, cet emploi doit être effectué dans un « lieu habituel de travail »—c'est-à-dire que le travailleur doit s'y rendre au début de chaque quart (Statistique

Canada 2002)—ce qui exclut les travailleurs sans adresse de travail fixe (entrepreneurs en bâtiments, représentants de commerce, etc.) et les télétravailleurs. Bien qu'il nous aurait été techniquement possible d'inclure ces derniers (en positionnant le lieu de travail au même endroit que le lieu de résidence), nous avons choisi de ne pas le faire pour une raison théorique : ces lieux de travail ne sont clairement pas interchangeables. Enfin, nous avons exclu de l'analyse tous les travailleurs qui n'avaient pas travaillé plus de 40 semaines dans l'année du recensement parce que pour ces derniers, le navettage risque de n'être qu'un compromis temporaire.

Nous avons ensuite multiplié les répondants retenus par un facteur d'expansion, attribué à chaque répondant par Statistique Canada de façon à ce qu'il y ait un maximum de concordance entre les populations estimées à partir des questionnaires longs et la population recensée à partir des questionnaires courts qui, eux, étaient posés à l'ensemble de la population canadienne (Statistique Canada 2003). Ces facteurs d'expansion présentent une moyenne de 5 (le questionnaire long concerne un ménage sur cinq), un minimum et 1 et un maximum de 25. Au final, notre population compte 1 205 281 travailleurs, autant de lieux de résidence et de lieux de travail.⁶⁰

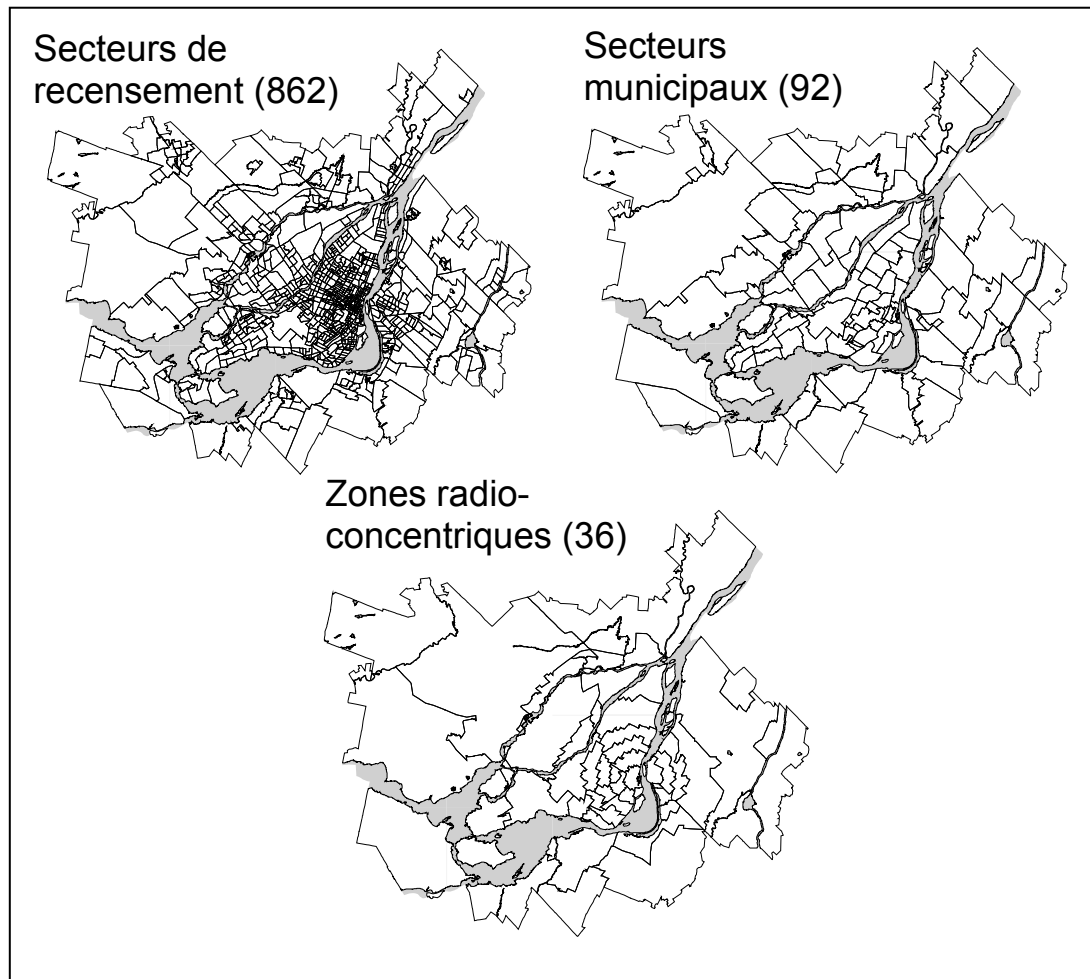
7.1.3 Calculs

Bien que les microdonnées de recensement contiennent des informations sur la localisation des lieux de résidence et des lieux de travail à l'échelle de l'aire de diffusion (il y en a 5 871 dans la région de Montréal), nous avons effectué nos analyses à partir des secteurs de recensement (qui sont au nombre de 862) pour des raisons de temps de calcul. Cette perte d'information n'est cependant pas trop incommode si l'on se fie aux résultats de Horner et Murray (2002) qui montrent que les valeurs de MIN, qui varient fortement lorsque l'agrégation est grossière, demeurent relativement stables à des échelles moins précises que celles des secteurs de recensement (voir figure 4.5).

Les distances utilisées pour le calcul des possibilités de navettage sont mesurées comme les distances euclidiennes entre les centroïdes des secteurs de recensement pour les raisons que nous avons évoquées à la section 6.1. Les valeurs de centralisation (CENT), de mixité monocentrique (DIFF) et de polycentricité (POLY) ont été calculées selon les modalités qui ont été décrites à cette même section. Quant aux valeurs de mixité fonctionnelle, qui dépendent fortement de l'échelle d'analyse (voir sous-section 5.2.1), elles ont été mesurées selon trois niveaux d'agrégation (figure 7.1).

⁶⁰ Il est important de noter que pour répondre aux critères de respect de la confidentialité imposés par Statistique Canada, nous n'avons pas pu « sortir » les fréquences de l'enceinte du CIQSS. Les fréquences publiées dans cette thèse ont été déterminées à partir du Fichier de Microdonnées à Grande Diffusion (FMGD) du recensement de 2001. Comme l'échantillon et les facteurs d'expansion ne sont pas les mêmes que pour les microdonnées intégrales (ils ont une moyenne de 37 pour le FMGD), leurs valeurs diffèrent quelque peu de ces dernières. Ces différences ne sont toutefois pas assez importantes pour avoir un impact sur les résultats présentés dans ce chapitre.

Figure 7.1 Niveaux d'agrégation utilisés pour le calcul de DISS



La première, DISS(sr), correspond aux 862 secteurs de recensement (SR). Elle représente la mixité intra-zonale et peut être interprétée comme l'équilibre global entre le nombre de lieux de résidence et le nombre de lieux de travail à l'intérieur des quartiers⁶¹ de la région métropolitaine. La seconde, DISS(sm), correspond aux 92 secteurs municipaux (SM)⁶² utilisés dans le cadre de l'Enquête Origine-Destination 1998 de Montréal (Enquête Origine-Destination 2003). Constitués de SR, ils représentent un niveau d'agrégation supérieur. La troisième, DISS(rc), correspond à un découpage de la région métropolitaine en 36 zones radio-concentriques. Nous avons utilisé ce découpage à d'autres reprises (Shearmur et Charron 2004; Charron et Shearmur 2005a) et il s'avère être représentatif de plusieurs processus structurants de l'organisation spatiale montréalaise. Comme pour les deux chapitres précédents, les possibilités de

⁶¹ Bien entendu, le quartier se définit vaguement, autant socialement que spatialement (Lussault 2003). Nous croyons cependant que le secteur de recensement fournit sa meilleure approximation systématique, ou, du moins, sa représentation statistique la plus utilisée.

⁶² Le découpage compte en fait 100 SM mais huit d'entre eux sont situés hors des limites de la région métropolitaine de recensement telle que définie par Statistique Canada.

navettage et les caractéristiques morphologiques ont été calculées à l'aide d'une routine programmée dans *Visual Basic*.

7.2 COMPARAISONS INTER-MÉTROPOLITAINES

Avant d'étudier les différents groupes retenus, nous vérifions où se situe la région métropolitaine de Montréal par rapport aux 50 régions métropolitaines étasuniennes examinées au chapitre précédent. Il est important de noter que plusieurs détails conceptuels différencient les recensements canadiens et étasuniens. En effet, la définition de région métropolitaine est plus permissive dans le recensement étasunien. De plus, les méthodes d'échantillonnage et de pondération varient légèrement. Enfin, l'univers considéré pour la région de Montréal—qui exclut les télétravailleurs et les navetteurs ayant travaillé moins de 40 semaines dans l'année—diffère de celui considéré pour les régions métropolitaines étasuniennes qui est composé de tous les travailleurs.

Nous croyons cependant que ces différences n'invalident pas la comparaison entre la région de Montréal et les régions métropolitaines étasuniennes. Cette comparaison, dont les caractéristiques sont présentées au tableau 7.1, nous permet de vérifier si la région de Montréal offre des caractéristiques de navettage relativement semblables à celles offertes par les autres régions métropolitaines.

Il apparaît d'abord que les navetteurs montréalais se situent très près de la moyenne si l'on considère leur distance moyenne de navettage. Ce résultat peut paraître surprenant dans la mesure où la région de Montréal se classe au troisième rang (derrière Minneapolis/St-Paul et San Diego) en ce qui concerne la taille urbaine (nombre de navetteurs) et que plusieurs études montrent une association très forte entre la taille urbaine et la distance de navettage (Newman et Kenworthy 1989; Levinson et Kumar 1997; Schwanen *et al.* 2004), association par ailleurs corroborée au chapitre précédent (6.2.3).

Mais, nous l'avons aussi vu au chapitre précédent, les caractéristiques de la forme urbaine qui influencent le plus le navettage sont les possibilités de navettage offertes. Or, comme la forme urbaine montréalaise offre des possibilités de navettage (MIN, MOY et MAX) plus longues que la moyenne (quoique, la région de Montréal est plus proche de la moyenne pour ces variables qu'elle ne l'est pour la taille urbaine), nous aurions pu nous attendre à ce que les Montréalais effectuent des navettes plus longues que la moyenne.

En fait, il semble que le caractère « moyen » de la distance de navettage des travailleurs montréalais s'explique davantage par leurs pratiques de navettage que par la forme urbaine. En effet, les valeurs de EXCÈS, de O/M et, plus particulièrement, de EXPLOITÉ sont parmi les plus faibles de toutes les régions métropolitaines. Malheureusement, nos données ne nous permettent pas de vérifier si ces faibles valeurs reflètent l'efficacité des pratiques de navettage des Montréalais, un biais relatif aux navetteurs inclus dans notre population ou des différences inter-censitaires. Plusieurs caractéristiques structurelles (un centre-ville

fort desservi par un métro, une densité urbaine parmi les plus élevées en Amérique du Nord, une croissance *relativement* faible des années 1970 à 1990 limitant ainsi l'étalement urbain), réglementaires (la loi sur le zonage agricole qui a limité l'étalement urbain) et culturelles (disposition à vivre en appartement et en 'plex'⁶³, absence de 'white flight' à partir des quartiers centraux (Galster, 1990)⁶⁴), uniques à l'agglomération montréalaise, constituent probablement des éléments de réponse à explorer dans de futurs travaux.

Tableau 7.1 La RMR de Montréal par rapport à 50 régions métropolitaines étasuniennes

	Valeur	Cote Z	Test Z	Rang (/51)
Navettage observé				
OBS (km)	10.50	0.023	0.435	26
Caractéristiques morphologiques				
NAVETTES	1 205 281	2.743	0.000	3
SUPERFICIE (km2)	4 052	1.280	0.000	6
DENSITÉ (N/km2)	297	2.777	0.000	3
CENTRALITÉ (km)	12.75	0.157	0.134	18
DIFF (km)	3.58	0.520	0.000	14
DISS(1)	0.512	-0.341	0.008	35
POLY	0.495	0.186	0.096	21
Spécificités régionales*				
1940-	14%	-0.022	0.437	24
1990+	10%	-1.225	0.000	44
Possibilités de navettage				
MIN	4.88	0.684	0.000	11
MOY	18.77	0.159	0.131	17
MAX	25.16	0.198	0.080	16
EXCÈS	0.535	-0.810	0.000	39
EXPLOITÉ	0.277	-1.011	0.000	44
O/M	0.559	-0.531	0.000	35

* Pour la région métropolitaine de Montréal, la valeur de 1940- est la proportion des logements construits avant 1945 alors que la valeur de 1990+ est la proportion des logements construits après 1991.

Les autres valeurs du tableau 7.1 nous intéressent moins parce que nous avons montré, au cours des deux chapitres précédents, que le navettage est davantage influencé par les possibilités de navettage que par les autres caractéristiques morphologiques comme CENT, DIFF, DISS(sr) et POLY. Par ailleurs, les valeurs de ces variables pour la région de Montréal sont relativement proches de la moyenne. Enfin, il est intéressant de noter que, contrairement à ce que l'on aurait pu croire, la région de Montréal montre une proportion « moyenne » de vieux logements. Les régions étasuniennes qui montrent les plus fortes proportions de vieux logements sont, comme Montréal, des métropoles industrielles de l'Est du continent et plus particulièrement de la Nouvelle-Angleterre, comme Pittsburgh, Rochester, Providence et Utica. Au

⁶³ Logement d'aspect pavillonnaire ou de maison de ville comprenant généralement 2 ou 3 appartements.

⁶⁴ Beaucoup de villes centrales aux États-Unis ont connu des changements de composition ethnique importants durant les années 1960 et 1970, avec la 'fuite' de population blanches vers les banlieues causée par les troubles raciaux. Les villes canadiennes n'ont pas connu de tels troubles, et ses villes centrales n'ont pas connu de déstructurations/restructurations semblables.

contraire de ces régions, la région de Montréal a connu sa plus forte croissance relative dans les années 1950 et 1960. Par la suite, la faible proportion de nouveaux logements en fait foi, la région métropolitaine de Montréal a cru moins rapidement que les autres métropoles de l'échantillon.

7.3 RAFFINEMENTS INTRA-MÉTROPOLITAINS

Au premier chapitre (section 1.4), nous avons proposé un cadre conceptuel selon lequel le navettage devait se comprendre comme la combinaison de la forme urbaine, de la mobilité et de la compatibilité. Au troisième chapitre, nous avons illustré ce cadre en montrant que la forme urbaine offre un potentiel de relations domicile-travail (les possibilités de navettage) alors que la mobilité des travailleurs et la compatibilité des lieux restreignent ce potentiel (figure 3.3).

À cette section, nous développons une méthode pour analyser comment la forme urbaine, la mobilité et la compatibilité déterminent conjointement les distances de navettage. Dans un premier temps (7.3.1), nous revenons sur les concepts de mobilité et de compatibilité afin de fournir un encadrement théorique à l'analyse des possibilités de navettage selon différents groupes de navetteurs. Dans un second temps (7.3.2), nous présentons l'état de la recherche sur cette question. Enfin, nous proposons une méthode, inspirée de travaux existants, permettant d'opérationnaliser ce cadre et spécifions quelques clés d'interprétation des valeurs issues de la méthode proposée (7.3.3).

7.3.1 Retour sur les concepts

Nous définissons la mobilité comme la capacité à participer à des activités qui ont lieu à des endroits différents. Pour certains travailleurs, cette capacité est limitée dans la mesure où ils n'ont pas le temps ou les ressources nécessaires pour effectuer le déplacement demandé par la participation à ces activités. Ainsi, ces travailleurs ne peuvent tout simplement pas choisir certaines des options de navettage qui leur sont offertes. En revanche, d'autres travailleurs, particulièrement mobiles, pourront considérer à peu près toutes les options de navettage.

Nous définissons la compatibilité comme la capacité à accéder à certaines activités sur la base de caractéristiques socioéconomiques. Toutes les opportunités résidentielles et toutes les opportunités d'emploi ne sont pas accessibles à tous les travailleurs. En effet, la valeur des propriétés, les coûts des loyers ou la taille des logements proscrivent certains lieux de résidence à certains travailleurs alors que le capital humain, le capital social ou la discrimination font de même pour certains lieux de travail.

Autrement dit, les contraintes de mobilité et de compatibilité font en sorte que toutes les options de navettage offertes par la forme urbaine ne sont pas réalisables. Comme les différences de mobilité et de compatibilité ont un impact évident sur la détermination de la structure et de la distance de navettage, les analyses ne s'intéressant qu'à la forme urbaine sont incomplètes. C'est le cas de l'analyse du chapitre

précédent qui repose sur le postulat d'interchangeabilité, décrit à la sous-section 4.2.1. Étant donné que, dans cette analyse, n'importe quel lieu de résidence peut être apparié à n'importe quel lieu de travail, la mesure des possibilités de navettage (les valeurs de MIN, de MOY et de MAX mais aussi les valeurs qui en sont dérivées comme EXCÈS, EXPLOITÉ et O/M) repose en partie sur l'assignation de lieux incompatibles.

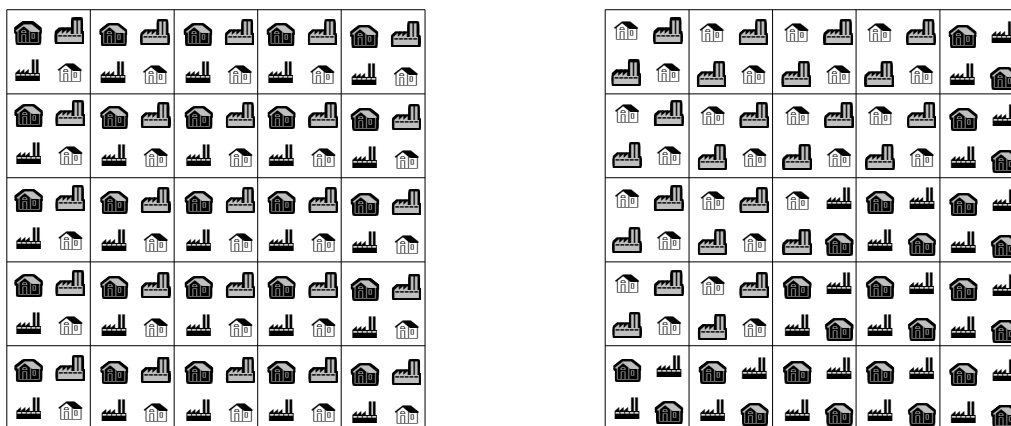
En fait, ces incompatibilités n'ont un impact sur les possibilités de navettage offertes que dans la situation où elles sont associées à la forme urbaine. Si les lieux incompatibles sont dispersés de façon aléatoire sur le territoire métropolitain, la situation où la distance de navettage est minimisée (MIN) et la situation où elle est maximisée (MAX) demeurent sensiblement les mêmes que l'on considère ou non ces incompatibilités. Si, au contraire, les lieux incompatibles présentent des régularités spatiales, la compatibilité influence les valeurs de MIN et de MAX (figure 7.2). Comme les valeurs de MIN et de MAX représentent les structures optimales pour l'ensemble des travailleurs, l'introduction de contraintes à l'appariement ne peut que rapprocher ces valeurs de MOY. En effet, alors que les contraintes peuvent proscrire certaines options de navettage (qui peuvent être « extrêmes »), elles n'en créent aucune nouvelle par rapport à celles qui sont considérées dans l'absence de contraintes (qui pourraient être plus « extrêmes »).

L'impact de la mobilité sur les possibilités de navettage est plus facile à saisir.⁶⁵ En effet, si les travailleurs sont moins mobiles, les options de navettage associées à de longues navettes ne sont pas réalisables et les valeurs de MOY et de MAX diminuent. Quant à la valeur de MIN, elle se maintient puisqu'elle constitue la situation qui demande le moins de mobilité aux travailleurs.

Nous avons de bonnes raisons de penser que la compatibilité et la mobilité sont fortement articulées à la forme urbaine. En effet, il apparaît clairement que les villes sont composées de zones résidentielles (Davies et Murdie 1993; Charron 2002; Préteceille 2002) et de pôles d'emplois spécialisés (Ingram 1998; Coffey et Shearmur 2001) et que ces zones homogènes résidentielles et économiques sont fortement associées les unes aux autres (Scott 1988 et 2002; Peck 1996). Pour Houston (2005), les *skill mismatches* et les *spatial mismatches* sont indissociables les uns des autres. Si l'on caricature sa position, les résidents des quartiers pauvres, peu qualifiés, sont condamnés à effectuer leurs navettes vers des emplois peu rémunérants, tous concentrés dans certains secteurs de la ville. Il est alors inimaginable d'assigner un résident de ces quartiers à un emploi localisé dans un pôle d'emplois hautement qualifiés. Ce faisant, en tenant compte de la compatibilité, on élimine plusieurs options de navettage et, du coup, plusieurs possibilités de navettage.

⁶⁵ Théoriquement du moins. À notre connaissance, il est impossible de déterminer les solutions optimales de MIN et de MAX en tenant compte de la mobilité.

Figure 7.2 Articulation entre la forme urbaine et la compatibilité



Sur l'exemple de gauche, les lieux compatibles (gris avec gris, noir avec noir) sont distribués de façon uniforme sur la grille urbaine. Ainsi, que l'on tienne compte ou non de la compatibilité, MIN a une distance nulle. En effet, si l'on ne tient pas compte de la compatibilité, chaque lieu de résidence peut être assigné à l'un ou l'autre des deux lieux de travail de sa cellule et la distance de la navette est nulle. Si l'on tient compte de la compatibilité, la résidence grise sera assignée au travail gris de la même cellule, la résidence noire sera assignée au travail noir de la même cellule et la distance de la navette est, ici encore, nulle. La seule différence tient dans la quantité de possibilités de navettage offertes (qui est plus petite lorsque l'on tient compte de la compatibilité).

Sur l'exemple de droite, les lieux compatibles ne sont pas localisés dans les mêmes cellules. Dans ce cas, les valeurs de MIN diffèrent selon que l'on tient compte, ou non, de la compatibilité. Comme pour la figure de gauche, la valeur de MIN est nulle si l'on n'en tient pas compte. Cependant, elle devient importante si l'on tient compte de la compatibilité puisque, dans cet exemple de *spatial mismatch*, les travailleurs sont forcés de se déplacer pour travailler.

Suivant cette logique, il s'en suit que les possibilités de navettage exclues pour des raisons de compatibilité sont, en moyenne, plus allongées que les possibilités retenues. En effet, l'articulation des zones résidentielles et économiques complémentaires se fait sur la base du navettage et de la mobilité limitée des travailleurs. Ainsi, il serait d'autant plus surprenant que les emplois qui demandent peu de qualification soient localisés à une bonne distance des lieux de résidences des travailleurs peu qualifiés dans la mesure où ces derniers sont peu mobiles.

7.3.2 Ce qui c'est fait

La méthode des possibilités de navettage permet l'introduction de certaines contraintes à l'appariement. Ces contraintes veillent à ce que des lieux de résidence spécifiques ne soient pas appariés à certains lieux de travail. Mis à part ces contraintes, la procédure de calcul des possibilités de navettage demeure la même : il s'agit d'identifier la situation où la distance de navettage est minimisée, ou maximisée. La différence est que la méthode Simplex est appliquée à plusieurs groupes de travailleurs, au lieu de l'être à tous les travailleurs.

Les premiers à utiliser cette méthode sont Giuliano et Small (1993) dans le but d'identifier ce qui constitue le navettage excessif dans la grande région de Los Angeles. En fait, ils cherchent à vérifier si l'appariement de lieux incompatibles rend compte d'une proportion importante de la différence entre OBS et MIN. Comme nous l'avons décrit à la sous-section précédente, l'introduction de contraintes à l'appariement ne peut qu'augmenter la valeur de MIN et, par le fait même, diminuer la valeur du navettage excessif. Pour ce faire, ils divisent les travailleurs en sept catégories professionnelles et calculent les sept valeurs de MIN qui leur correspondent. Ils calculent enfin la moyenne de ces valeurs de MIN (pondérée par la taille des catégories) et obtiennent une valeur de MIN ajustée de 10,27 minutes. Bien que cette valeur soit supérieure à la valeur de MIN obtenue sans les contraintes (8,42 minutes), elle demeure bien inférieure à la valeur de OBS qui est de 22,98 minutes. Ils en concluent que bien que les contraintes à l'appariement rendent compte d'une partie du navettage traditionnellement considéré comme excessif, elles ne permettent pas d'expliquer de façon adéquate les importants « excès » de navettage.

Horner (2002) utilise la même procédure pour la région de Wichita, au Kansas. Cependant, il divise les travailleurs selon le genre et quatorze catégories professionnelles, ce qui lui donne 28 sous-groupes. En plus de calculer les valeurs de MIN, il mesure les valeurs de MAX pour chacun de ces sous-groupes. Ces résultats vont dans le même sens que ceux de Giuliano et Small (1993) : lorsque l'on ajoute les contraintes, la valeur de MIN passe de 3,57 à 3,74 miles alors que la valeur de MAX passe de 11,19 à 11,05 miles.

L'analyse de Buliung et Kanaroglou (2002) diffère des précédentes en ce que leur objectif n'est pas d'expliquer l'excès de navettage mesuré mais plutôt d'identifier les groupes de travailleurs les plus susceptibles d'avoir des pratiques de navettage excessives. Pour ce faire, ils utilisent la même méthode de calcul des valeurs de MIN et de navettage excessif pour la grande région de Toronto. Toutefois, ils ne se limitent pas à segmenter les travailleurs selon un certain nombre de classes professionnelles prédéfinies. Ils définissent plutôt leurs contraintes à l'appariement selon les résultats d'une régression visant à identifier les caractéristiques individuelles qui sont le plus fortement associées à la distance de la navette parcourue. À partir de ces résultats, ils sélectionnent sept groupes de travailleurs susceptibles de montrer des pratiques de navettage spécifiques⁶⁶. Pour chacun de ces groupes, ils divisent alors les travailleurs en deux types : les « interchangeables » (le groupe en question) et les « non-interchangeables » (les autres). Lors des calculs des possibilités de navettage (qui se limitent aux valeurs de MIN), seuls les « interchangeables » peuvent être réappariés. Ils obtiennent ainsi de nouvelles valeurs de EXCÈS qui tiennent compte uniquement de la contribution du groupe retenu. Ils en concluent que les caractéristiques des travailleurs influencent le navettage excessif.

⁶⁶ Les membres d'un ménage d'un seul travailleur, les hommes travaillant à temps plein, les hommes se rendant au travail en voiture, les hommes membres d'un ménage de plusieurs travailleurs sans enfant, les femmes membres d'un ménage de plusieurs travailleurs sans enfant, les hommes membres d'un ménage de plusieurs travailleurs avec enfants et les femmes membres d'un ménage de plusieurs travailleurs avec enfants.

Les travaux présentés à cette sous-section nous intéressent dans la mesure où ils appliquent une méthode « décomposée » de calcul des possibilités de navettage. Notre approche diffère cependant par notre utilisation de cette méthode et par l'interprétation que nous faisons des résultats. Nous croyons en effet qu'il est impossible de déterminer avec précision l'importance du biais introduit par la compatibilité et la mobilité sur les valeurs des possibilités de navettage. Selon nous, les contraintes à l'appariement introduisent de nouveaux biais dans les résultats, tout aussi irréalistes et arbitraires que l'absence de contraintes; par exemple, le lieu de résidence d'une femme ne peut être apparié au lieu de travail d'un homme. Autrement dit, Giuliano et Small (1993) et Horner (2002) en seraient peut-être arrivés à une conclusion différente—à savoir que la compatibilité n'a que peu d'influence sur les pratiques de navettage—s'ils avaient utilisé plus de catégories professionnelles ou s'ils avaient introduit des contraintes plus pertinentes. Aussi, les résultats de Buliung et Kanaroglou (2002) ne nous indiquent pas si certains groupes de travailleurs génèrent plus d'excès de navettage que d'autres. Ils nous indiquent que ces mêmes groupes parcourent des navettes supérieures à celles qu'ils pourraient parcourir s'ils minimisaient leurs navettes et s'ils devaient limiter leurs recherches d'emplois et leurs choix résidentiels suivant des contraintes arbitraires.

7.3.3 Ce que nous faisons

L'extension du cadre théorique (classique) du navettage excessif vers celui des possibilités de navettage donne un nouveau sens à la décomposition intra-métropolitaine des structures de navettage. Il est possible de décomposer la forme urbaine métropolitaine en plusieurs « sous-formes urbaines » associées à différents groupes de travailleurs. Ce faisant, il est aussi possible de situer la valeur de OBS associée à ces groupes de travailleurs par rapport aux possibilités de navettage offertes par leurs sous-formes urbaines. Il est donc possible de vérifier si ces groupes sont associés à des formes urbaines et/ou à des pratiques de navettage spécifiques. En quelque sorte, nous appliquons un postulat d'interchangeabilité « restreint » à la méthode Simplex.

En divisant les lieux de résidence et les lieux de travail selon certaines catégories (exclusives) de travailleurs, le calcul des possibilités de navettage « intra-métropolitaines » suit exactement la même procédure. Si l'on compare à l'analyse du chapitre précédent, il s'agit de reproduire la même procédure mais au lieu de l'appliquer à 50 métropoles étasuniennes, nous l'appliquons à certains groupes de travailleurs montréalais. Par exemple, on peut comparer la structure de navettage des hommes à celle des femmes comme s'il s'agissait des structures de navettage de deux métropoles distinctes. Pour chacun des groupes, nous obtenons des valeurs de MIN, MOY et de MAX spécifiques. Ce sont ces valeurs, et les valeurs dérivées de EXCÈS, EXPLOITÉ et de O/M que nous étudierons à la prochaine sous-section.

Mais avant de ce faire, il convient de discuter des limites de cette procédure. Dans la réalité, la recherche d'emploi et le choix résidentiel se font selon une série de critères et la désirabilité d'une option de

navettage dépend de l'ensemble de ces critères. Cela étant, un travailleur peut hésiter entre deux options de navettage qui l'intéressent pour des raisons bien différentes. Par exemple, il peut hésiter entre un logement petit et coûteux mais localisé très près de son emploi et une maison vaste et abordable mais localisée très loin de son emploi. La réalité n'est donc jamais aussi tranchée qu'elle ne peut l'être lorsque les contraintes à l'appariement sont exclusives. Dans ce cas, le travailleur doit choisir l'une ou l'autre des options de navettage, selon la contrainte qui lui est imposée par le chercheur. Par exemple, il peut être forcé à habiter la maison coûteuse parce qu'elle correspond davantage à son important revenu; il peut être forcé de choisir la maison vaste parce qu'il a des enfants; il peut choisir parmi les deux options parce que ces dernières sont toutes deux catégorisées comme des lieux de résidence « masculins ».

Pour limiter le biais indésirable introduit par les contraintes à l'appariement, Giuliano et Small (1993) et Horner (2002) postulent que les travailleurs ne peuvent pas déménager de résidence, ils ne peuvent que changer d'emploi et ce changement d'emploi est contraint par leurs compétences telles que définies par leur profession actuelle. Malgré certaines limites—dans la réalité, les travailleurs peuvent changer de profession—cette contrainte constitue à nos yeux la contrainte la plus réaliste à l'appariement : en fixant les lieux de résidence, l'intégrité des ménages est préservée. Cependant, elle disloque des équipes de travail qui représentent pourtant des unités économiques fondamentales.

De plus, les travailleurs peuvent, dans la réalité, changer de lieux de résidence. Il est donc possible d'imaginer certaines contraintes selon lesquelles les lieux de travail, et les équipes de travail, sont fixes. Ces contraintes (nous en utilisons quelques-unes à la section qui suit) peuvent être basées sur le mode d'occupation (propriétaire ou locataire) ou sur les caractéristiques du logement (nombre de pièces, type de quartier, valeur de la propriété, etc.). Ainsi, les travailleurs non motorisés peuvent être contraints à choisir parmi des opportunités résidentielles qui garantissent leur accès au transport en commun.

En fait, la nature de la méthode Simplex rend possible, pour toutes les contraintes à l'appariement, de considérer que les lieux de résidence sont échangés, que les lieux de travail sont échangés ou que tous les lieux sont échangés. L'interprétation de ce qui est échangé et de ce qui ne l'est pas demeure libre. Le travail de Buliung et Kanaroglou (2002) suit cette conception. C'est ce que nous faisons aussi. Les travailleurs échangent lieux de résidence et lieux de travail sans distinction. Bien que cette logique rende les contraintes moins réalistes—par exemple, il y a peu de raisons de penser que les travailleurs gouvernementaux ne peuvent résider que dans des lieux déjà occupés par d'autres travailleurs gouvernementaux—, elle permet l'analyse comparée des structures de navettage et des formes urbaines spécifiques à différents groupes de travailleurs. Autrement dit, elle permet d'évaluer comment les possibilités (forme urbaine) et les pratiques (comportements de mobilité) de navettage de ces groupes de travailleurs sont articulées entre elles à l'aide des valeurs de référence que forment OBS, MIN, MOY et MAX.

Malgré l'irréalisme des contraintes exclusives, ces dernières sont exigées par la procédure de la méthode Simplex. Il est en effet impossible de déterminer la possibilité de navettage optimale si l'on considère les

préférences de travailleurs.⁶⁷ Les contraintes exclusives à l'appariement sont donc rendues incontournables par les exigences de la méthode Simplex. Mais malgré leur caractère réducteur, elles fournissent une approximation intéressante des contraintes réelles de compatibilité. En effet, bien qu'une radiologue et un coiffeur puissent habiter le même lieu de résidence, un ensemble de normes et d'habitudes inscrites dans les représentations sociales et la structure économique font en sorte que ce lieu de résidence aura plus de chance d'être attribué à l'un de ces travailleurs qu'à l'autre.

Ainsi, la comparaison des valeurs des possibilités de navettage des différents groupes de travailleurs nous informe sur leurs localisations spatiales réciproques. Si, par exemple, les valeurs de MIN, de MOY et de MAX sont nettement inférieures pour les femmes qu'elles ne le sont pour les hommes, il pourra être interprété que, globalement, les lieux de résidence et les lieux de travail des femmes sont plus rapprochés que ne le sont ceux des hommes. De plus, en situant les valeurs de OBS parmi ces possibilités, nous pourrions vérifier si les plus longues navettes des hommes s'expliquent par une organisation spatiale moins efficace de leurs lieux de résidence et leurs lieux de travail ou si elles s'expliquent par des différences sexuelles de pratiques de navettage. En effet, si la valeur de OBS représente la mobilité « absolue », c'est-à-dire la capacité des travailleurs à se déplacer sur de longues distances⁶⁸, la position de OBS par rapport à MIN, MOY et MAX représente la « tolérance » des travailleurs à se déplacer sur de longues distances.

Par exemple, les travailleurs du textile et les travailleurs agricoles parcourent, en moyenne, des navettes de 10 km. Si leurs valeurs de MIN respectives sont de 10 et de 2 km, il apparaît que les travailleurs du textile parcourent ces 10 km parce que leurs lieux de résidence sont éloignés de leurs lieux de travail alors que les travailleurs agricoles, qui pourraient mettre à profit des options de navettage associées à de courtes navettes, parcourent ces 10 km parce que leur plus grande tolérance à la distance de navettage les amène à choisir leurs options de navettage selon d'autres critères : qualité de l'environnement résidentiel, salaire de l'emploi, etc. Bien que les deux groupes de travailleurs montrent la même mobilité absolue (OBS), ils suivent des pratiques de navettage bien différentes.

En plus de nous informer sur les pratiques de navettage des groupes de travailleurs, l'analyse intra-métropolitaine des possibilités de navettage nous informe sur l'adéquation entre la compatibilité et la forme urbaine. Si la totalité, ou presque, du navettage excessif mesuré à l'échelle métropolitaine disparaît à l'analyse intra-métropolitaine (après l'imposition de contraintes à l'appariement), l'excès de navettage n'est pas attribuable à des pratiques de navettage peu efficaces mais à la forme urbaine. Autrement dit, le navettage s'explique, au moins en partie, par des *spatial mismatches* qui font en sorte que tous les

⁶⁷ Notons cependant qu'il est possible de déterminer une valeur de MOY à partir des probabilités d'appariement, elles-mêmes basées sur les préférences des travailleurs. C'est précisément ce que font les *Random Utility Models* (RUM), décrits aux sous-sections 3.1.3 et 4.3.2. Cependant, les RUM ne peuvent fournir aucune indication sur l'ensemble des possibilités de navettage offertes par la forme urbaine, ils ne nous informent que sur les structures de navettage probables selon un certain nombre de critères d'appariements.

⁶⁸ En fait, la valeur de OBS constitue un *indicateur* de la mobilité des travailleurs dans la mesure où la distance parcourue donne un indice de la capacité des travailleurs à se déplacer. Bien entendu, la plupart des travailleurs seraient « capables » de parcourir une plus longue navette. Ainsi, la valeur de OBS n'est pas représentative de l'accessibilité. Elle indique néanmoins une certaine limite de mobilité.

travailleurs ne peuvent pas accéder aux opportunités d'emplois situées près de leurs lieux de résidence. Si, lors de l'analyse intra-métropolitaine, les valeurs de MOY et de MAX sont particulièrement faibles, la métropole est divisée en une série de marchés locaux d'emplois très exclusifs et très bien définis dans l'espace. Les options de navettage offertes au travailleur le contraignent à résider et à travailler à l'intérieur du même marché local d'emploi. La réalité combine probablement trois cas de figure : *spatial mismatches* (longues possibilités de navettage et longues distances de navettage), marchés locaux d'emploi (courtes possibilités de navettage et courtes distances de navettage) et pratiques de navettage peu efficaces (courtes possibilités de navettage mais longues distances de navettage).

7.4 RÉSULTATS

À cette section, nous exposons les résultats de l'analyse intra-métropolitaine selon neuf classifications. Avant de décrire ces résultats (7.4.2 à 7.4.10), nous présentons les classifications sélectionnées (7.4.1).

7.4.1 Classifications

Au total, neuf classifications des travailleurs sont étudiées : sexe, mode d'occupation (propriétaire/locataire), mode de transport, connaissance des langues officielles, scolarité, type de ménage, revenu, profession et industrie. Elles ont été sélectionnées en fonction de la disponibilité des données et de leur pertinence dans l'étude du navettage.

Si la procédure d'accès aux données avait été plus flexible, nous aurions, à l'instar de Buliung et Kanaroglou (2002), eu recours à une méthode plus rigoureuse pour sélectionner ces classifications. Elles auraient pu, entre autres, se définir à partir de plusieurs variables croisées. L'objectif aurait alors été d'identifier les groupes de travailleurs qui se distinguent par leur « sélectivité » par rapport aux lieux de résidence et de travail (compatibilité), par leur propension à effectuer de longues navettes (mobilité) et par l'organisation spatiale des lieux de résidence et des lieux de travail qui leurs sont associés (forme urbaine).

Bien que nous n'ayons pas réalisé une étude étoffée de ces caractéristiques, nous pouvons néanmoins dresser un rapide portrait des classifications sélectionnées. Afin d'évaluer les écarts de mobilité (absolue) qui leurs sont associés, nous calculons un « écart-type pondéré » de la distance de navettage de chacune de leurs classes. Cet écart-type est dérivé de la variance inter-groupe de l'analyse des variances (Iversen et Norpoth 1976). Il est mesuré selon l'équation (12) :

$$ÉT = \sqrt{\frac{\sum_i (x_i - \chi)^2}{n}} \quad (12)$$

où x_i est la distance moyenne de navettage de la classe i , χ est la distance moyenne de navettage métropolitaine et n représente le nombre de classes. Cet indice représente la mesure selon laquelle la classification rend compte des différences individuelles de distance de navettage : plus sa valeur est importante, plus les classes présentent des distances de navettage différentes.

Les écarts de forme urbaine peuvent être mesurés à l'aide de l'indice de dissimilarité multigroupe (Morgan 1975), appliqué aux lieux de résidence et aux lieux de travail. Nous avons déjà utilisé d'autres versions de cet indice pour mesurer la mixité fonctionnelle. Dans le cas présent, il se calcule selon l'équation (13) :

$$D = \frac{1}{2T} \sum_i \sum_j t_j |\pi_{ij} - \pi_i| \quad (13)$$

où T est le total des travailleurs, t_j est le nombre de lieux dans le secteur j , π_{ij} est la proportion de lieux associés à la classe i dans l'unité spatiale j et π_i est la proportion de lieux associés à la classe i dans l'ensemble de la région métropolitaine. Notons que deux valeurs sont calculées pour chaque classification : une valeur pour les lieux de résidence et une autre pour les lieux de travail. Les valeurs sortantes représentent la mesure selon laquelle les répartitions des lieux (de résidence ou de travail) associés aux différentes classes divergent : une forte valeur signifie que les classes présentent des formes urbaines très différentes.

Le nombre de classes, les écarts de mobilité et les écarts de forme urbaine de chacune des classifications sont présentés au tableau 7.2. On y remarque que le mode d'occupation (propriétaire et locataire) affiche le plus important écart de mobilité (4,31 km) alors que la scolarité affiche le plus faible (0,70 km). Ceci signifie que les différences de mobilité entre les propriétaires et les locataires sont plus importantes que celles qui distinguent les classes de scolarité. Le mode d'occupation présente aussi le plus important écart dans l'espace résidentiel (0,235) alors que le sexe affiche la plus faible (0,027). Cette dernière remarque n'est pas surprenante dans la mesure où dans la grande majorité des secteurs de recensement, les hommes et les femmes résident en nombres équivalents. La situation est inversée dans l'espace économique où locataires et propriétaires se côtoient davantage (0,069), au contraire des hommes et des femmes (0,107) et, plus spécialement, des groupes définis par l'industrie qui montrent les plus importants décalages dans l'espace économique (0,443).

Mais nous reviendrons sur les significations spécifiques de ces différentes valeurs dans le reste de cette section. Ce qui importe de noter pour l'instant est que les classifications sélectionnées présentent des variations en termes de mobilité et de forme urbaine. En ce sens, elles devraient aussi être associées à des différences en ce qui concerne les possibilités et les pratiques de navettage.

Tableau 7.2 Présentation des classifications utilisées

	Classes	Écart de mobilité	Dissimilarité résidentielle	Dissimilarité au travail
Sexe	2	1.27	0.027	0.107
Mode d'occupation	3	4.31	0.235	0.069
Mode de transport	3	3.34	0.159	0.174
Langues officielles	4	1.70	0.147	0.138
Scolarité	4	0.70	0.142	0.125
Type de ménage	5	1.42	0.153	0.078
Revenu	10	1.99	0.151	0.149
Profession	10	1.70	0.148	0.271
Industrie	14	1.85	0.151	0.443

7.4.2 Sexe

L'évolution récente des rapports hommes-femmes est à mettre en relation avec d'importants changements dans les espaces domestiques et économiques. Dans ce contexte de profondes mutations, la question du genre a fait l'objet d'une attention particulière de la part des analystes du navettage (Hanson et Pratt 1988; Blumen 1994; Wyly 1999; Vandermissen *et al.* 2001; Cristaldi 2005). Tous ces travaux montrent un écart significatif entre la mobilité des hommes et celle des femmes. Plusieurs facteurs sont évoqués pour expliquer ces différences : disparités salariales, répartition des activités domestiques, taux de motorisation, segmentation du marché du travail (Blumen 1994; Vandermissen *et al.* 2001).

D'un point de vue spatial, ces différences hommes-femmes ne se limitent pas à la capacité à se déplacer sur de longues distances. Il apparaît aussi que les contraintes de mobilité et de compatibilité fondées sur le sexe s'articulent avec la construction de l'espace économique. Plus spécifiquement, les lieux d'emplois « féminisés » ne montrent pas la même distribution spatiale que les lieux de travail « masculinisés » (Blumen 1994; Wyly 1999).

En fait, nos données montrent que les différences de distribution spatiale des hommes et des femmes, négligeables dans l'espace domestique (0,027), sont plus importantes dans l'espace économique (0,107; tableau 7.2). Comme les distributions résidentielles sont à peu de choses près identiques, nous pouvons interpréter les écarts des caractéristiques morphologiques, représentées au tableau 7.3, comme des différences de répartition des lieux de travail. Ainsi, les emplois féminins sont-ils légèrement plus centralisés que les emplois masculins (12,58 km vs 12,90 km). De plus, ils se localisent dans des zones montrant un caractère plus résidentiel (0,494 vs 0,546 pour DISS(sr); 0,327 vs 0,349 pour DISS(sm)). Autrement dit, les hommes ont tendance à travailler dans des zones où se localisent peu de lieux de résidences. Cette observation est probablement reliée au fait que les femmes sont surreprésentées dans les emplois du secteur tertiaire (santé, vente, éducation, etc.), qui doivent être accessibles aux lieux de résidence.

Tableau 7.3 Différences de sexe

	N	CENT	DIFF	DISS(sr)	DISS(sm)	DISS(rc)	POLY
Femmes	576 931	12.58	3.54	0.494	0.327	0.275	0.499
Hommes	628 350	12.90	3.63	0.546	0.349	0.273	0.500
Total	1 205 281	12.75	3.58	0.512	0.336	0.270	0.495
	% km	OBS	MIN	MOY	MAX	EXCES EXPLOITÉ	O/M
Femmes	44%	9.56	4.87	18.58	24.79	0.490	0.235
Hommes	56%	11.36	4.97	18.93	25.48	0.563	0.312
Total	100%	10.50	4.88	18.77	25.16	0.535	0.277

Rappel : EXCÈS = (OBS - MIN) / OBS; EXPLOITÉ = (OBS - MIN) / (MAX - MIN); O/M = OBS / MOY

Comme les lieux de travail féminins montrent une plus grande mixité fonctionnelle et une plus forte centralisation, la forme urbaine « féminine » offre des possibilités de navettage (MIN, MOY et MAX) plus courtes que la forme urbaine « masculine ». Nous pouvons donc associer les écarts de distances de navettage (9,56 km pour les femmes et 11,36 km pour les hommes) à ces différences morphologiques. Ainsi, nous sommes en mesure de penser que les écarts de mobilité entre hommes et femmes sont associés à des différences morphologiques, plus spécifiquement des différences de lieux de travail. Il apparaît cependant que les hommes sont plus tolérants au navettage, même lorsque les possibilités de navettage sont prises en compte. En effet, les pratiques de navettage des femmes sont moins excessives (0,490 vs 0,563), plus efficaces (0,235 vs 0,312) et plus optimales (0,515 vs 0,600) que celles des hommes.⁶⁹

7.4.3 Mode d'occupation

Par rapport au sexe, l'impact du mode d'occupation sur le navettage est nettement moins documenté. À partir d'une enquête sur des trajectoires résidentielles à Los Angeles, Wachs *et al.* (1993) trouvent que plusieurs travailleurs acceptent une navette plus longue si cette dernière donne accès à la propriété. Étant donné que les propriétés sont plus abordables en périphérie (Alonso 1964), les propriétaires sont surreprésentés en banlieues (Charron 2002) et comme les banlieues sont caractérisées par un important déficit d'emplois (par rapport aux résidences), il s'en suit que les propriétaires ont tendance à parcourir de plus longues navettes.

Ces tendances ressortent clairement de nos données (tableau 7.4). Contrairement au sexe, l'organisation spatiale des lieux selon le mode d'occupation varie davantage dans l'espace domestique (0,235) que dans l'espace économique (0,069; tableau 7.2). Ces différences s'expliquent essentiellement par le fait que les lieux de résidences des locataires sont beaucoup plus centralisés que ceux des propriétaires (9,69 km vs 14,44 km). De ce fait, les locataires sont aussi localisés dans des zones plus mixtes (comme en témoignent les différentes valeurs de DISS). Mais, plus significativement, le déséquilibre fonctionnel de nature

⁶⁹ Ici, nous invitons le lecteur à voir la définition de pratique de navettage au glossaire où sont explicitées les significations des adjectifs « excessif », « efficace », « optimal » et « efficient ». Notons aussi que l'interprétation de ces valeurs doit se faire avec prudence. En effet, les pratiques de navettage des travailleurs qui choisissent parmi de très courtes possibilités de navettage peuvent sembler peu efficaces alors que, dans les faits, elles sont néanmoins fortement contraintes.

monocentrique (DIFF), presque nul pour les locataires (0,52 km), est particulièrement important pour les propriétaires (5,24 km). Autrement dit, les propriétaires tendent à se conformer au modèle traditionnel de la (longue) navette banlieue/ville centre. Notez que la catégorie « autres » correspond aux logements de bande (dans une réserve ou un établissement indien).

Tableau 7.4 Différences de mode d'occupation

	N	CENT	DIFF	DISS(sr)	DISS(sm)	DISS(rc)	POLY
Locataires	442 960	9.69	0.52	0.512	0.315	0.276	0.435
Propriétaires	761 429	14.44	5.24	0.557	0.399	0.331	0.710
autres	1 073	5.22	0.42	0.535	0.319	0.287	0.454
Total	1 205 281	12.75	3.58	0.512	0.336	0.270	0.495
	% km	OBS	MIN	MOY	MAX	EXCÈS EXPLOITÉ	O/M
Locataires	28%	7.86	2.60	14.32	19.08	0.669	0.319
Propriétaires	72%	12.03	6.69	21.14	28.60	0.444	0.244
autres	0%	3.41	2.19	7.68	9.93	0.358	0.158
Total	100%	10.50	4.88	18.77	25.16	0.535	0.277

Cette opposition centre/périphérie se traduit dans les possibilités de navettage offertes, qui sont nettement plus courtes pour les locataires (MIN de 2,60 km, MOY de 14,32 km et MAX de 19,08 km) qu'elles ne peuvent l'être pour les propriétaires (respectivement 6,69, 21,14 et 28,60 km). Ces différences expliquent une bonne partie des différences de OBS (7,86 km vs 12,03 km). En effet, les propriétaires, confrontés à de longues possibilités, adoptent des pratiques moins excessives (0,444 vs 0,669) et plus efficaces (0,244 vs 0,319). Autrement dit, parce que les propriétaires acceptent une plus longue navette dans le but d'accéder à la propriété, ils se doivent d'adopter des pratiques de navettage plus efficaces afin de maintenir leur distance de navettage tolérable. Quant aux locataires, leur position centrale fait en sorte qu'ils se voient offrir plus de possibilités de navettage tolérables, parce que plus courtes, et peuvent ainsi adopter des pratiques de navettage moins efficaces. Mais cette « relativité » ne doit toutefois pas faire oublier que les navettes des propriétaires demeurent 1,5 fois plus longues que celles des locataires.

7.4.4 Mode de transport

L'accès à l'automobile représente un important facteur de mobilité. En fait, les automobilistes et les usagers du transport en commun se déplacent dans des « univers » de distance parallèles, certains lieux étant plus rapprochés pour l'un que pour l'autre (Charron et Shearmur 2005b). Un même travailleur peut bien passer d'un univers à l'autre selon les jours de la semaine mais ce qui importe est qu'au moment du déplacement, il s'inscrit dans un univers spécifique à l'intérieur duquel les temps de déplacements reliant les mêmes lieux sont généralement plus élevés pour les usagers du transport en commun.

Pour ce qui est de nos données (tableau 7.5), elles montrent que les travailleurs qui conduisent une automobile pour effectuer leur navette relient des lieux de résidence et des lieux de travail nettement plus

décentralisés (14,30 km) que ceux qui utilisent le transport en commun (7,42 km) et que les autres travailleurs⁷⁰ (11,52 km). Ceci n'est pas surprenant dans la mesure où la banlieue offre un environnement propice à (voire conçu pour) l'automobile. Ce qui peut paraître plus surprenant est le fait que la forme urbaine associée aux travailleurs qui utilisent le transport en commun soit aussi celle qui montre les plus importants déséquilibres fonctionnels, et ce à toutes les échelles étudiées (0,651 au SR; 0,512 au SM et 0,493 au RC). Cette observation s'explique probablement par le fait que la très grande majorité des emplois localisés au centre-ville sont plus facilement accessibles en transport en commun. Ce faisant, la forme urbaine « TEC » montre un profond déséquilibre entre le centre-ville, où est concentrée la majeure partie des lieux de travail, et le reste de l'agglomération, où résident les travailleurs. Les automobilistes doivent eux aussi composer avec des déséquilibres fonctionnels plus grands que la moyenne métropolitaine (DIFF de 4,09 km, DISS(sr) de 0,518 et DISS(sm) de 0,339). Les autres travailleurs (passagers, bicyclette, marche, etc.) profitent quant à eux de la forme urbaine la plus mixte de tous les groupes de travailleurs étudiés.

Tableau 7.5 Différences de mode de transport

	N	CENT	DIFF	DISS(sr)	DISS(sm)	DISS(rc)	POLY
Automobile	824 992	14.30	4.09	0.518	0.339	0.267	0.625
TEC	244 530	7.42	3.70	0.651	0.512	0.493	0.296
autres	135 759	11.52	1.65	0.382	0.208	0.162	0.485
Total	1 205 281	12.75	3.58	0.512	0.336	0.270	0.495
	% km	OBS	MIN	MOY	MAX	EXCÈS EXPLOITÉ	O/M
Automobile	77%	11.82	5.22	20.84	28.39	0.558	0.285
TEC	17%	9.06	5.36	11.26	14.49	0.409	0.405
autres	6%	5.17	2.37	17.12	22.48	0.541	0.139
Total	100%	10.50	4.88	18.77	25.16	0.535	0.277

La forte centralité jumelée à la faible mixité fonctionnelle de la forme urbaine « TEC » en fait, de tous les groupes étudiés, la forme urbaine qui offre la plus petite étendue de possibilités de navettage : MIN est élevé (5,36 km) alors que MOY (11,26 km) et MAX (14,49 km) sont faibles. L'étroitesse de cette étendue explique le fait que les usagers du transport en commun sont aussi les moins optimaux (0,804) et les moins efficaces (0,405; derrière les travailleurs qui ne connaissent ni l'anglais ni le français) de tous les groupes étudiés. Ils n'en sont pas moins associés à une valeur de OBS (9,06 km) inférieure à la moyenne métropolitaine (10,50 km). Les automobilistes présentent quant à eux des pratiques de navettage légèrement plus excessives (0,558), moins efficaces (0,285) et moins optimales (0,567) que la moyenne métropolitaine, et ce malgré le fait qu'ils aient à choisir parmi des possibilités (MIN, MOY et MAX) légèrement plus longues. À l'opposé, les « autres » ont les pratiques les plus efficaces (0,139) et les plus optimales (0,302; derrière les professions associées au primaire) de tous les groupes étudiés alors même qu'ils bénéficient de

⁷⁰ Ceux qui utilisent une automobile privée comme passager, ceux qui utilisent une motocyclette, une bicyclette, un taxi ou qui marchent pour se rendre au travail.

la plus courte valeur de MIN de tous les groupes de travailleurs étudiés (2,37 km, derrière les résidents des logements de bande).

7.4.5 Langues officielles

Certaines études s'intéressent au rôle de l'ethnicité dans la relation entre l'espace domestique et l'espace économique (Hiebert 1999; Ellis *et al.* 2004). Selon ces dernières, les groupes ethniques, dont la ségrégation résidentielle fait déjà l'objet d'importantes attentions (Van Kempen et Özüekren 1998), se spécialisent dans certaines niches industrielles. La canalisation de l'information relative à ces emplois à travers des réseaux sociaux « ethnicisés » fait en sorte que les membres d'un groupe bénéficient d'un accès privilégié aux emplois d'une niche mais d'un accès plus difficile à d'autres emplois. Ainsi, selon ces auteurs, l'ethnie est un facteur de compatibilité.

Malheureusement, bien que la base de données à laquelle nous avons accès comporte des informations sur la langue maternelle, nous n'avons pu utiliser une classification des travailleurs selon des groupes ethniques représentatifs de la réalité du marché du travail. Nous pouvons néanmoins esquisser cette question en analysant les possibilités de navettage selon la connaissance des langues officielles (français et anglais).

Les résultats sont affichés au tableau 7.6. On y remarque d'abord que les travailleurs bilingues représentent plus des deux tiers des travailleurs alors que les travailleurs qui ne connaissent aucune des langues officielles ne constituent qu'un travailleur sur 300. On y remarque aussi que les groupes linguistiques étudiés présentent d'importantes variations dans le degré de leur centralisation : les travailleurs qui ne connaissent que le français sont les plus décentralisés (14,53 km) alors que les travailleurs qui ne connaissent ni le français ni l'anglais sont les plus centralisés (6,36 km).

Ces différences de centralisation font en sorte que les travailleurs qui ne connaissent aucune des langues officielles ou qui ne connaissent que l'anglais se voient offrir des possibilités de navettage plus courtes que les travailleurs bilingues et ceux qui ne connaissent que le français. Ces différences de forme urbaine semblent rendre compte des plus longues navettes effectuées par ces derniers. En effet, les pratiques de navettage des travailleurs qui connaissent le français sont moins excessives (0,516), plus efficaces (0,224) et optimales (0,484).

Si l'on revient aux groupes que ne connaissent pas le français (« aucune » et « anglais seulement »), il semble que leurs structures de navettage se rapprochent de l'idéal du marché local d'emploi au sens où leurs lieux de résidence et leurs lieux de travail sont concentrés spatialement de sorte que les possibilités de navettage qui leur sont offertes sont relativement courtes. Comme les options de navettage se situent toutes, ou presque, à l'intérieur des limites d'un marché local compact, elles sont toutes associées à des distances de navette raisonnables et sont toutes aussi désirables. À l'intérieur des limites du marché local, la distance de la navette ne constitue plus un élément important du choix résidentiel ou de la recherche

d'emploi. Ainsi, pour les travailleurs qui ne connaissent pas le français, la distance de navettage influence moins les comportements de navettage que ne le fait l'appartenance à un marché local d'emploi.

Tableau 7.6 Différences selon la connaissance des langues officielles

	N	CENT	DIFF	DISS(sr)	DISS(sm)	DISS(rc)	POLY
Aucune	3 770	6.36	0.27	0.772	0.362	0.338	0.582
Anglais seul.	59 234	8.66	1.48	0.606	0.383	0.328	0.501
Français seul.	335 020	14.53	3.20	0.487	0.300	0.233	0.680
Les deux	807 256	12.08	3.73	0.535	0.370	0.305	0.466
Total	1 205 281	12.75	3.58	0.512	0.336	0.270	0.495
	% km	OBS	MIN	MOY	MAX	EXCÈS EXPLOITÉ	O/M
Aucune	0%	7.08	2.52	9.53	12.61	0.645	0.452
Anglais seul.	4%	8.46	3.31	12.45	16.90	0.609	0.379
Français seul.	27%	10.33	5.00	21.34	28.74	0.516	0.224
Les deux	68%	10.73	5.06	17.77	23.80	0.529	0.303
Total	100%	10.50	4.88	18.77	25.16	0.535	0.277

Pour les travailleurs bilingues et, plus particulièrement, pour ceux qui ne connaissent que le français, la situation est bien différente. Comme ils constituent les groupes majoritaires de la région métropolitaine, ils se distribuent sur l'ensemble de son territoire à l'exception, on peut l'imaginer, de quelques marchés locaux d'emplois associés à des groupes minoritaires. Ainsi, ils se voient offrir des possibilités de navettage plus longues que la moyenne métropolitaine. Certaines de ces possibilités sont associées à de longues distances de navettage, ce qui les rend indésirables. Parmi les options de navettage qui leurs sont offertes, les travailleurs qui connaissent le français doivent alors être plus sélectifs. Ils adoptent donc des pratiques de navettage plus efficaces.

7.4.6 Scolarité

La théorie cherchant à expliquer comment les travailleurs accèdent aux emplois qui a le plus d'influence est basée sur le concept de capital humain (Hiebert 1999). Suivant Becker (1962), il y est postulé que les travailleurs obtiennent des emplois sur la base de leur « valeur » définie par l'éducation, les compétences, l'âge et l'expérience. Bien que cette théorie, dans sa forme pure, soit réductrice—elle ignore l'impact des réseaux sociaux et de la discrimination (Peck 1996; Hiebert 1999)—, il n'empêche que le niveau d'éducation du travailleur est important dans le processus d'embauche et qu'il constitue un important facteur de compatibilité.

Afin de vérifier l'articulation entre la compatibilité fondée sur la scolarité et les structures de navettage, nous utilisons quatre groupes définis selon le plus « haut » niveau de scolarité atteint : secondaire (aucun diplôme ou certificat d'études secondaires), cégep (certificat d'une école de métier ou certificat collégial), universitaire (baccalauréat ou certificat universitaire inférieur) et études supérieures (certificat supérieur au baccalauréat, diplôme en médecine, maîtrise ou doctorat).

Parmi les facteurs de compatibilité étudiés, les groupes définis selon le critère de la scolarité présentent les plus faibles différences de mobilité (0,70 km; tableau 7.2). Ils présentent néanmoins des « écarts de forme urbaine » comparables aux autres facteurs étudiés, et ce autant dans l'espace résidentiel que dans l'espace économique (respectivement 0,142 et 0,125; tableau 7.2).

Ces différences s'expriment essentiellement en termes de centralisation. En effet, les formes urbaines « universitaires » (11,31 km) et « études supérieures » (9,66 km) sont plus centralisées que les formes « secondaire » (13,59 km) et « cégep » (13,22 km; tableau 7.7). De plus, le déséquilibre monocentrique est plus élevé pour le groupe « cégep » (4,21 km) alors qu'il est plus faible pour le groupe « études supérieures » (2,31 km).

Tableau 7.7 Différences selon la scolarité

	N	CENT	DIFF	DISS(sr)	DISS(sm)	DISS(rc)	POLY
Secondaire	493 040	13.59	3.49	0.513	0.324	0.250	0.599
Cégep	365 755	13.22	4.21	0.541	0.362	0.302	0.559
Universitaire	243 248	11.31	3.24	0.532	0.366	0.296	0.437
Études supérieures	103 239	9.66	2.31	0.583	0.399	0.311	0.441
Total	1 205 281	12.75	3.58	0.512	0.336	0.270	0.495
	% km	OBS	MIN	MOY	MAX	EXCÈS EXPLOITÉ	O/M
Secondaire	39%	9.99	4.71	19.94	26.93	0.528	0.501
Cégep	33%	11.29	5.69	19.45	26.12	0.496	0.580
Universitaire	20%	10.57	4.64	16.74	22.20	0.561	0.631
Études supérieures	8%	9.70	3.85	14.36	18.77	0.604	0.676
Total	100%	10.50	4.88	18.77	25.16	0.535	0.559

Ces différences morphologiques se reflètent dans les possibilités de navettage offertes aux différents groupes. Grossièrement, plus le niveau de scolarité est élevé, plus les possibilités offertes sont associées à de courtes distances. Il faut toutefois noter que la valeur de MIN du groupe « secondaire » (4,71 km) est inférieure à celle du groupe « cégep » (5,69 km). Lorsque l'on s'intéresse aux pratiques de navettage, on remarque que l'efficacité et l'optimalité sont inversement proportionnelles au niveau de scolarité : plus ce dernier est élevé, moins les pratiques sont efficaces et optimales. En fait, les « cégep » sont les moins excessifs (0,496) alors que les « secondaires » sont les plus efficaces (0,238) et optimaux (0,501). On peut cependant se demander si l'inefficacité apparente des travailleurs plus scolarisés ne reflète pas leur plus grande spécialisation qui fait en sorte que leurs lieux de travail sont, dans les faits, rarement interchangeables.

7.4.7 Type de ménage

Le choix résidentiel est généralement le fruit d'un consensus (suivant des rapports de force inégaux) entre les membres du ménage (Hamilton 1982; Kim 1995). Ainsi, bien que chacun des membres du ménage souhaite probablement minimiser la distance de leur propre navette, ils auront vraisemblablement à se contenter d'une navette plus longue dans le but de conserver l'intégrité de leur ménage, à faire des

compromis visant à assurer à tous les travailleurs du ménage une navette tolérable. De plus, la présence d'enfant(s) dans le ménage contraint autant le choix résidentiel (pour leur offrir un environnement adéquat) que la recherche d'emploi (en limitant la mobilité des parents).

Afin de vérifier l'importance de ces compromis sur les structures de navettage, nous avons divisé notre population en cinq groupes, définis selon la combinaison des variables « genre de ménage » et « situation des particuliers dans la famille de recensement ». Les groupes distinguent les travailleurs habitant en couple (Couple+enfant(s), Couple≠enfant), les ménages avec enfants (Couple+enfant(s), Monoparental), les travailleurs des ménages non familiaux (Non Familial) et les enfants faisant partie d'un ménage familial (Enfant). En appliquant la méthode des possibilités de navettage à ces groupes, nous acceptons le postulat que les pères et les mères sont interchangeable dans la mesure où ils sont assignés à un lieu de résidence et à un lieu de travail qui rentre dans la même catégorie. Il en est de même pour les enfants et les membres d'un ménage non familial. Bien que ce postulat nous éloigne sensiblement de la réalité du choix résidentiel et de la recherche d'emploi, l'analyse qui suit maintient sa pertinence parce que ces différents groupes présentent différentes mobilités (avec un écart-type de 1,42 km; tableau 7.2) et différentes formes urbaines (particulièrement au lieu de résidence, 0,153; *ibid.*).

Il apparaît en effet que les travailleurs en couple (13,13 et 13,83 km) et les enfants membres d'un ménage familial (13,19 km) sont plus décentralisés que les parents monoparentaux (12,41 km) et, plus particulièrement, que les membres d'un ménage non familial (10,04 km; tableau 7.8). Les valeurs de déséquilibre monocentrique (DIFF) laissent supposer que des travailleurs décentralisés, les membres d'un couple (3,90 km) et plus spécialement ceux qui n'ont pas d'enfants (4,91 km) effectuent la navette entre un lieu de résidence plus décentralisé que leur lieu de travail. À l'opposé, les membres d'un ménage non familial (1,37 km) et les enfants membres d'un ménage familial (2,41 km) combinent un lieu de résidence et un lieu de travail localisés à une même distance du centre : près du centre pour les premiers, en périphérie pour les seconds. En somme, les grandes tendances laissent supposer que les couples résident en banlieue et travaillent près du centre, que leurs enfants vivent et travaillent en périphérie alors que les membres d'un ménage non familial vivent et travaillent près du centre.

Ces tendances s'observent dans les possibilités de navettage offertes. Par leur degré de centralisation, les membres de ménages non familiaux affichent les plus faibles valeurs de MIN (2,99 km), de MOY (14,86 km) et de MAX (19,61 km). À l'opposé, les couples sans enfants doivent composer avec les plus grandes valeurs (6,32; 20,31 et 27,38 km). Lorsque l'on s'intéresse aux pratiques de navettage, il apparaît que les parents monoparentaux et les enfants membres d'un ménage familial sont les plus efficaces (0,250 et 0,236) et les plus optimaux (0,528 et 0,479). Ces mêmes travailleurs sont cependant plus excessifs (0,511 et 0,566) que les membres d'un couple avec et sans enfants (0,531 et 0,467). Les membres d'un ménage non familial sont les plus excessifs (0,640) et les moins efficaces (0,320).

Tableau 7.8 Différences selon le type de ménage

	N	CENT	DIFF	DISS(sr)	DISS(sm)	DISS(rc)	POLY
Couple+enfant(s)	344 209	13.13	3.90	0.518	0.341	0.282	0.647
Couple≠enfant	425 601	13.83	4.91	0.558	0.391	0.316	0.525
Monoparental	75 919	12.41	3.37	0.531	0.338	0.287	0.519
Non familial	228 616	10.04	1.37	0.508	0.334	0.282	0.425
Enfant	132 859	13.19	2.41	0.513	0.322	0.235	0.560
Total	1 205 281	12.75	3.58	0.512	0.336	0.270	0.495
	% km	OBS	MIN	MOY	MAX	EXCÈS EXPLOITÉ	O/M
Couple+enfant(s)	30%	11.06	5.19	19.31	25.90	0.531	0.283
Couple≠enfant	40%	11.86	6.32	20.31	27.38	0.467	0.263
Monoparental	6%	9.69	4.74	18.33	24.49	0.511	0.250
Non familial	15%	8.31	2.99	14.86	19.61	0.640	0.320
Enfant	10%	9.23	4.01	19.28	26.18	0.566	0.236
Total	100%	10.50	4.88	18.77	25.16	0.535	0.277

7.4.8 Revenu

Comme nous l'avons déjà mentionné au premier chapitre (1.4.2), l'influence du revenu sur le navettage a fait l'objet de plusieurs travaux. Alonso (1964) suggère que les travailleurs les mieux rémunérés, plus mobiles, vivent en banlieue et travaillent au centre-ville. Timothy et Wheaton (2001) précisent cette théorie en proposant que les emplois les plus productifs sont polarisés spatialement, ce qui implique de longues navettes aux travailleurs qui les accomplissent. Ce faisant, ils montrent que s'ils ne travaillent pas tous au centre-ville, les travailleurs les mieux rémunérés travaillent néanmoins dans des zones de fortes concentrations d'emplois. Ils montrent aussi que l'influence du revenu sur le navettage ne se limite pas à une question de mobilité, elle s'inscrit dans la forme urbaine (les emplois rémunérants se concentrent dans des pôles d'emploi alors que les autres emplois sont dispersés dans le reste de la région métropolitaine).

Le revenu implique aussi des considérations de complémentarité dans la mesure où les lieux de résidence dispendieux ne sont accessibles qu'aux travailleurs les mieux rémunérés (Giuliano et Small 1993; Sultana 2002). Ainsi, les inégalités spatiales de revenu selon le lieu de travail se doublent d'inégalités spatiales de revenu au lieu de résidence (Charron et Apparicio 2006). À Montréal, les travailleurs les plus rémunérés sont surreprésentés dans les pôles d'emplois du centre-ville et de Saint-Laurent-Dorval et dans les quartiers résidentiels de l'ouest et du centre de l'île de Montréal ainsi qu'à la périphérie en général (ibid.).

Pour analyser l'influence du revenu sur le navettage, nous avons divisé les travailleurs en déciles, selon leur revenu. Les résultats (tableau 7.9) confirment que le déséquilibre fonctionnel croît avec le revenu. En effet, les valeurs de DIFF, de DISS(sr), de DISS(sm) et de DISS(rc) sont proportionnelles au décile de revenu ce qui signifie que les travailleurs les mieux rémunérés (D10) comptent nettement moins d'opportunités d'emplois dans leur zone de résidence que les travailleurs moins rémunérés. Notons aussi que le degré de polycentricité croît avec le revenu.

Tableau 7.9 Différences selon le revenu

	N	CENT	DIFF	DISS(sr)	DISS(sm)	DISS(rc)	POLY
D1	120 528	13.07	1.82	0.420	0.231	0.172	0.518
D2	120 528	12.39	1.80	0.451	0.247	0.185	0.504
D3	120 528	12.45	2.32	0.490	0.291	0.216	0.514
D4	120 528	12.40	2.93	0.515	0.329	0.257	0.508
D5	120 528	12.77	3.55	0.535	0.349	0.291	0.538
D6	120 528	12.80	3.97	0.553	0.384	0.309	0.527
D7	120 528	13.09	4.36	0.582	0.392	0.322	0.566
D8	120 528	13.15	4.83	0.597	0.402	0.320	0.571
D9	120 528	13.19	5.18	0.611	0.425	0.348	0.616
D10	120 528	12.01	5.14	0.677	0.492	0.395	0.620
Total	1 205 281	12.75	3.58	0.512	0.336	0.270	0.495
	% km	OBS	MIN	MOY	MAX	EXCÈS EXPLOITÉ	O/M
D1	7%	7.36	2.87	19.19	25.83	0.609	0.195
D2	7%	7.71	2.84	18.32	24.49	0.632	0.225
D3	8%	8.89	3.60	18.37	24.63	0.595	0.252
D4	9%	9.76	4.23	18.26	24.49	0.566	0.273
D5	10%	10.61	4.96	18.80	25.19	0.532	0.279
D6	11%	11.40	5.49	18.87	25.25	0.518	0.299
D7	11%	11.88	5.90	19.25	25.83	0.503	0.300
D8	12%	12.32	6.24	19.35	25.94	0.494	0.309
D9	12%	12.79	6.63	19.41	25.99	0.481	0.318
D10	12%	12.42	6.76	17.75	23.47	0.456	0.339
Total	100%	10.50	4.88	18.77	25.16	0.535	0.277

Ces différences morphologiques se traduisent dans les possibilités de navettage offertes. Plus spécifiquement, les valeurs de MIN, MOY et MAX croissent proportionnellement au revenu. Notons néanmoins deux exceptions. Premièrement, les travailleurs les moins rémunérés (D1) choisissent parmi des possibilités plus longues que les travailleurs des déciles suivants. Ces écarts s'expliquent probablement par le fait que D1 comptent une proportion importante de membres de ménages aisés (comme des enfants qui habitent chez leurs parents). Deuxièmement, les travailleurs les mieux rémunérés (D10) présentent les valeurs de MOY et de MAX les plus courtes. Ceci s'explique probablement par le fait que ces travailleurs habitent, en fortes proportions, des quartiers centraux cossus comme le Plateau Mont-Royal, Outremont, Westmount et Ville Mont-Royal. Mais malgré leur forte centralité, ces travailleurs affichent la plus forte valeur de MIN.

Pour ce qui est des pratiques de navettage, le rôle du revenu est clair : plus les travailleurs sont rémunérés, moins ils adoptent des pratiques de navettage efficaces. Ainsi, la distance moyenne de navettage des travailleurs de D10 (12,42 km) est faible par rapport au long MIN qui leur est « offert » (6,76 km) mais est importante par rapport aux courts MOY (17,75 km) et MAX (23,47 km) offerts par leur forme urbaine.

7.4.9 Profession

Les difficultés à contraindre l'appariement selon le revenu ont amené Giuliano et Small (1993) à utiliser la catégorie professionnelle comme contrainte. Horner (2002) reprend l'idée en utilisant des types d'occupation (*occupation type*) dans le but d'éviter d'assigner des travailleurs à des emplois pour lesquels ils ne détiennent pas les compétences nécessaires. Selon leur logique, les lieux de résidence sont fixes, ils préservent ainsi l'intégrité des ménages, et seuls les emplois sont échangés.

Nous utilisons les dix grandes catégories de la classification nationale des professions pour statistique (CNP-S2001). Ces groupes varient passablement en taille : moins de 5 000 travailleurs sont associés aux professions du secteur primaire alors que plus de 240 000 travailleurs composent la catégorie « ventes et services » (tableau 7.10). Ces différents groupes présentent des géographies différentes dans l'espace résidentiel (0,148) et, surtout, dans l'espace économique (0,271; tableau 7.2). Les travailleurs de la catégorie « Arts, culture, sports et loisirs » sont les plus centralisés (8,85 km) alors que ceux de la catégorie « primaire » sont les plus périphériques (20,17 km). Ces derniers présentent aussi le plus faible déséquilibre monocentrique (0,71 km) alors que les travailleurs de la catégorie « Affaires, finances et administration » présentent le plus important (4,68 km). Pour ce qui est de la mixité fonctionnelle, la catégorie « Ventes et services » est la plus mixte alors que la catégorie « Sciences naturelles et appliquées » présente les plus grands déséquilibres résidences/emplois.

Tableau 7.10 Différences selon la profession

	N	CENT	DIFF	DISS(sr)	DISS(sm)	DISS(rc)	POLY
Primaire	4 710	20.17	0.71	0.618	0.308	0.186	0.657
Ventes et services	240 760	13.24	2.68	0.441	0.269	0.219	0.533
Arts, culture, sports et loisirs	34 454	8.85	3.10	0.616	0.434	0.405	0.399
Sc. soc., ens., adm. pub. et rel.	106 051	11.99	1.90	0.464	0.284	0.228	0.495
Santé	78 087	12.27	3.65	0.621	0.368	0.316	0.502
Trans., fab. et serv. d'ut. Pub.	94 697	12.89	2.66	0.709	0.374	0.263	0.611
Affaires, finances et admin.	269 835	12.16	4.68	0.595	0.432	0.377	0.511
Gestion	151 351	12.65	4.34	0.554	0.372	0.299	0.554
Métiers, trans. et machinerie	129 735	14.83	4.23	0.606	0.374	0.294	0.706
Sc. naturelles et appliquées	96 506	12.06	4.19	0.709	0.505	0.412	0.490
Total	1 205 281	12.75	3.58	0.512	0.336	0.270	0.495
	% km	OBS	MIN	MOY	MAX	EXCÈS EXPLOITÉ	O/M
Primaire	0%	7.67	3.39	28.44	40.22	0.558	0.116
Ventes et services	16%	8.62	3.85	19.41	26.15	0.553	0.214
Arts, culture, sports et loisirs	2%	8.71	4.58	13.49	17.18	0.474	0.328
Sc. soc., ens., adm. pub. et rel.	8%	9.38	3.12	17.75	23.45	0.668	0.308
Santé	6%	9.75	4.82	18.14	24.15	0.505	0.255
Trans., fab. et serv. d'ut. Pub.	8%	10.57	4.44	19.04	25.52	0.580	0.291
Affaires, finances et admin.	23%	10.92	6.34	18.01	23.90	0.419	0.261
Gestion	14%	11.37	5.70	18.62	24.94	0.498	0.295
Métiers, trans. et machinerie	13%	12.40	5.84	21.60	29.46	0.529	0.278
Sc. naturelles et appliquées	10%	12.88	6.22	17.70	23.69	0.517	0.381
Total	100%	10.50	4.88	18.77	25.16	0.535	0.277

Ces différences morphologiques définissent les différentes possibilités de navettage offertes. La catégorie primaire offre conjointement le plus court MIN (3,39 km) et les plus longs MOY (28,44 km) et MAX (40,22 km). À l’opposé, les catégories « Affaires, finances et administration » et « Sciences naturelles et appliquées » offrent de longs MIN (6,34 et 6,22 km) et de courts MOY (18,01 et 17,70 km) et MAX (23,90 et 23,69 km). Si l’on compare les distances de navettage observées aux possibilités de navettage offertes, on remarque que les travailleurs de la catégorie « Affaires, finances et administration » sont les moins excessifs (0,419), à l’opposé de ceux de la catégorie « Sciences sociales, enseignement, administration publique et religion » (0,668). Enfin, les travailleurs de la catégorie « Sciences naturelles et appliquées » sont les moins efficaces (0,381) et optimaux (0,728) au contraire des travailleurs de la catégorie « primaire » (0,116 et 0,270).

Dans la poursuite de notre analyse, nous considérons deux catégories de professions, caractérisées par leur polarisation spatiale. La première catégorie est composée de professions dont les lieux de travail sont dispersés dans l’espace économique : « primaire », « ventes et services », « arts, culture, sports et loisirs », « sciences sociales, enseignement, administration publique et religion », « santé » et « transformation, fabrication et services d’utilité publique ». Ces professions sont donc associées à de courtes valeurs de MIN, toutes inférieures à la moyenne métropolitaine. De plus, malgré différentes pratiques de navettage, les travailleurs de ces professions parcourent les plus courtes distances de navettage et ne représentent que 40 % du kilométrage métropolitain (alors qu’ils représentent 46 % des emplois). Quant aux travailleurs de la seconde catégorie—les professions polarisées dans l’espace comme « Affaires, finances et administration », « Gestion », « Métiers, transport et machinerie » et « Sciences naturelles et appliquées »—, ils sont associés aux plus longues valeurs de MIN et de OBS et cumulent plus de 60 % du kilométrage métropolitain.

7.4.10 Industrie

Notre dernière contrainte s’apparente à la précédente en ce qu’elle est définie par les caractéristiques de l’emploi. L’industrie est cependant définie selon la « nature générale de l’activité de l’établissement où travaille l’individu » (Statistique Canada 2002). Ainsi, un avocat travaillant pour une entreprise de pâtes et papier entre dans la catégorie « primaire ». Les catégories utilisées sont déterminées à partir de la complémentarité des groupes industriels du Système de Classification des Industries de l’Amérique du Nord (SCIAN). Elles ont été définies par Shearmur *et al.* (à paraître). Cette classification est nettement plus efficace que la classification selon la profession pour rendre compte de la géographie de l’emploi : sa dissimilarité au travail (0,443) est la plus importante de tous les groupes étudiés (tableau 7.2).

Les groupes présentant les plus faibles et les plus fortes quantités de travailleurs—« primaire » (4 710) et « Détails et services personnels » (310 788)—s’apparentent aux groupes professionnels analysés à la sous-section précédente. Les travailleurs de la catégorie « primaire » sont toujours les plus décentralisés

(20,46 km) alors que ceux de la catégorie « Services de haut niveau » sont les plus centralisés (10,27 km). Les plus grands déséquilibres fonctionnels sont associés aux catégories « Communications » et « Manufacturier high-tech » qui représentent des emplois particulièrement polarisés.

Ces différences morphologiques se traduisent dans les possibilités de navettage offertes. Certaines catégories offrent de long MIN et de courts MOY et MAX (« Services de haut niveau », « Finances, assurances et immobilier ») alors que d'autres offrent de courts MIN et de longs MAX (« Détail et services personnels » et « Primaire »). En fait, les premiers sont centralisés mais polarisés (au sens où ils se concentrent dans des zones comptant peu de lieux de résidence) alors que les seconds sont distribués de manière homogène sur tout le territoire ou, dans le cas de la catégorie « primaire », dans la périphérie. Si l'on s'intéresse aux pratiques de navettage, on remarque que les travailleurs des catégories centralisées et polarisées sont moins excessifs mais aussi moins efficaces et optimaux que la moyenne métropolitaine. À l'opposé, les travailleurs des catégories distribuées de manière homogène tendent à avoir des pratiques plus excessives mais aussi plus efficaces et optimales que les autres.

Cette distinction dispersion/polarisation des lieux de travail s'apparente à celle que nous avons faite à la sous-section précédente pour les catégories professionnelles. La finesse de la classification des industries nous permet de pousser l'analyse un peu plus loin. En effet, les industries « dispersées », comme les industries « polarisées », peuvent être divisées en industries « centralisées » et « décentralisées ». Les industries dispersées et décentralisées (« détail et services personnels » et « primaire ») parcourent 21 % du kilométrage métropolitain malgré le fait qu'elles sont associées aux distances de navettage les plus courtes (8,34 km).

Les travailleurs des industries dispersées et centralisées (« éducation » et « santé ») constituent 16 % du kilométrage métropolitain et sont associés à une courte distance de navettage (9,13 km). Comme les travailleurs de la catégorie « dispersée et décentralisée », ceux-ci bénéficient d'une courte possibilité de navettage minimale (4,01 km) mais, au contraire de cette même catégorie, ils bénéficient aussi de possibilités moyenne (18,31 km) et maximale (24,33 km) relativement courtes.

Les travailleurs des industries polarisées et centralisées (« services de haut niveau », « finances, assurances et immobilier », « gouvernement » et « communications ») constituent le quart du kilométrage métropolitain et sont associés à une distance de navettage relativement longue (11,41 km). Comme ces travailleurs sont confrontés à une possibilité de navettage minimale très longue (7,45 km), ils adoptent des pratiques particulièrement peu excessives (0,348).

Enfin, les travailleurs des industries polarisées et décentralisées (« commerce de gros », « construction et infrastructures », « transport et entreposage », « manufacturier moyen » et « manufacturier high-tech »), qui sont associés à une très longue distance de navettage (12,70 km), représentent 28 % du kilométrage métropolitain alors qu'ils ne représentent que 23 % des travailleurs. Ils adoptent des pratiques peu efficaces

(0,307) et non optimales (0,629) malgré le fait qu'ils doivent s'adapter à de longues possibilités de navettage : MIN de 6,26, MOY de 20,23 et MAX de 27,32 km.

Tableau 7.11 Différences selon le secteur industriel

	N	CENT	DIFF	DISS(sr)	DISS(sm)	DISS(rc)	POLY	
Détail et services personnels	310 788	13.06	2.50	0.442	0.249	0.197	0.511	
Primaire	4 710	20.46	1.00	0.619	0.285	0.194	0.631	
Éducation	90 439	12.77	2.00	0.470	0.262	0.231	0.524	
Santé et services sociaux	127 528	12.11	3.57	0.573	0.335	0.289	0.477	
Manufacturier traditionnel	116 568	12.42	3.18	0.707	0.364	0.256	0.550	
Services de haut niveau	116 360	10.27	4.64	0.683	0.522	0.471	0.407	
Finances, ass. et immobilier	71 373	10.91	6.05	0.672	0.536	0.520	0.463	
Gouvernement	57 288	12.39	5.26	0.709	0.433	0.420	0.571	
Manufacturier "moyen"	56 516	14.11	3.06	0.734	0.433	0.293	0.601	
Commerce de gros	82 737	13.34	4.21	0.665	0.412	0.315	0.572	
Construction et infrastructures	37 521	14.94	4.29	0.634	0.384	0.271	0.642	
Communications	35 060	10.64	6.38	0.827	0.671	0.586	0.479	
Transport et entreposage	44 371	14.35	5.14	0.763	0.546	0.430	0.686	
Manufacturier "high tech"	53 915	13.12	5.63	0.854	0.661	0.508	0.592	
Total	1 205 281	12.75	3.58	0.512	0.336	0.270	0.495	
	% km	OBS	MIN	MOY	MAX	EXCÈS EXPLOITÉ	O/M	
Détail et services personnels	21%	8.34	3.63	19.19	25.78	0.565	0.213	0.434
Primaire	0%	8.76	3.18	28.57	40.73	0.637	0.149	0.307
Éducation	6%	8.89	3.11	18.83	25.01	0.650	0.264	0.472
Santé et services sociaux	9%	9.30	4.66	17.94	23.85	0.498	0.241	0.518
Manufacturier traditionnel	10%	10.67	4.09	18.45	24.67	0.617	0.320	0.578
Services de haut niveau	10%	11.12	6.57	15.40	19.85	0.410	0.343	0.722
Finances, ass. et immobilier	6%	11.22	8.35	16.58	20.91	0.256	0.229	0.677
Gouvernement	5%	11.44	7.40	18.55	24.12	0.353	0.241	0.617
Manufacturier "moyen"	5%	11.71	4.82	20.44	27.96	0.588	0.298	0.573
Commerce de gros	8%	11.79	5.33	19.49	26.50	0.548	0.305	0.605
Construction et infrastructures	4%	12.63	5.62	21.84	29.63	0.555	0.292	0.578
Communications	4%	12.67	8.61	16.12	20.58	0.320	0.339	0.786
Transport et entreposage	5%	13.82	7.66	20.82	28.27	0.446	0.299	0.664
Manufacturier "high tech"	6%	14.25	8.50	19.54	25.51	0.404	0.338	0.730
Total	100%	10.50	4.88	18.77	25.16	0.535	0.277	0.559

7.5 SYNTHÈSE DES RÉSULTATS

Jusqu'ici, nous avons présenté les résultats de nos analyses—c'est-à-dire les caractéristiques morphologiques, les possibilités et les distances de navettage associées à certains groupes de travailleurs—d'une manière plutôt descriptive. Cette première exploration nous a d'abord permis de rappeler l'influence du contexte morphologique sur les possibilités de navettage offertes et ainsi de re-confirmer une des conclusions des deux chapitres précédents à savoir que la mixité fonctionnelle influence la valeur de MIN et que le degré de centralisation influence les valeurs de MOY et de MAX. Mais malgré cette forte récurrence, peu de grandes tendances semblent ressortir de nos résultats. À cette sous-section, nous cherchons des ressemblances entre les formes urbaines et les mobilités des différents groupes étudiés. Ainsi, nous relisons les résultats suivant quatre questions spécifiques : la polarisation/dispersion dans l'espace économique, la dichotomie centre/périphérie de l'espace domestique, les écarts de mobilité et les facteurs externes.

7.5.1 Polarisation/dispersion de l'emploi

Si l'on s'intéresse à la distance de navettage, il existe deux principaux types de lieux de travail : ceux qui sont concentrés dans les pôles d'emplois et ceux qui sont disséminés au travers de l'espace domestique. Ces différences morphologiques s'expliquent par la nature de ces emplois. Les premiers dépendent davantage du travail complémentaire et synchronisé de plusieurs travailleurs alors que les seconds sont destinés à « servir » les citoyens. Les emplois polarisés sont, en général, plus productifs et plus rémunérants que les emplois dispersés (Timothy et Wheaton 2001). De plus, ils correspondent davantage à la base économique, c'est-à-dire à l'activité économique métropolitaine qui est destinée au marché extérieur.

Pour ce qui est de la distance de navettage, ces différences morphologiques ont des implications évidentes : les emplois dispersés correspondent à des valeurs de MIN plus courtes que les emplois polarisés. En effet, par définition, ces derniers se localisent dans des zones déséquilibrées au sens où le ratio emploi/résidence est particulièrement élevé. Les travailleurs doivent alors effectuer la navette entre ces zones d'emplois et des lieux de résidence qui leurs sont extérieurs. Quant aux emplois dispersés, toujours par définition, ils sont amalgamés à l'espace domestique et offre la possibilité de très courtes navettes à tous leurs travailleurs.

Parmi les groupes de travailleurs étudiés aux sous-sections précédentes, les professions « primaire », « ventes et services », « sciences sociales, enseignement, administration publique et religion » et « santé » ainsi que les industries « détails et services personnels », « primaire », « éducation » et « santé et services sociaux » correspondent aux emplois dispersés alors que les professions « affaires, finances et administration », « gestion », « métiers, transport et machinerie » et « sciences naturelles et appliquées » ainsi que les industries « services de haut niveau », « finances, assurances et immobilier », « gouvernement », « commerce de gros », « construction et infrastructures », « communications », « transport et entreposage » et « manufacturier high-tech » correspondent aux emplois polarisés. Notons de plus que les travailleurs peu rémunérés (D1 à D4), les travailleurs qui emploient des modes de transports alternatifs et les femmes sont probablement surreprésentés dans les emplois dispersés, au contraire des travailleurs rémunérés (D7 à D10), des usagers du transport en commun et des hommes, qui occupent davantage des emplois polarisés.

Pour ce qui est de la gestion du navettage, il apparaît que tous les groupes de travailleurs occupant des emplois polarisés parcourent des distances de navettage plus longues que les groupes de travailleurs associés aux emplois dispersés. Il apparaît aussi que les travailleurs « polarisés » adoptent, pour la plupart, de pratiques de navettage moins excessives que la moyenne métropolitaine alors qu'ils sont confrontés à des possibilités de navettage minimales supérieures à la moyenne. Ainsi, il semble que le raccourcissement de leurs distances de navettage passe par des mesures privilégiant une plus grande mixité fonctionnelle. Autrement dit, il faut encourager la création de lieux de résidence près des pôles d'emploi et/ou la dépolarisation des lieux de travail. Bien entendu, ces mesures ne peuvent être facilement opérationnalisées.

D'une part, les pôles d'emplois offrent généralement un environnement peu propice au développement résidentiel et, plus spécifiquement, à la construction de logements désirables pour leurs travailleurs bien rémunérés. D'autre part, les emplois polarisés le sont pour des raisons de performance économique. Leur dépolarisation irait à l'encontre de ce principe.

7.5.2 Dichotomie centre/périphérie

Dans l'espace domestique, l'opposition entre les quartiers centraux et les banlieues périphériques a fait l'objet de plusieurs travaux (Anas *et al.* 1998). Les quartiers centraux offrent un environnement cosmopolite, dense et dynamique qui plaît aux célibataires, aux jeunes adultes, aux intellectuels et aux artistes. La périphérie offre quant à elle un environnement plus homogène, ouvert et calme qui conviendrait mieux aux familles avec de jeunes enfants, aux travailleurs qui aspirent à la propriété et aux déplacements en automobile. Ces différences, et plus spécifiquement la différence de densité, font que la distance de navettage tend à être plus longue pour les travailleurs de la banlieue que pour ceux des quartiers centraux (Newman et Kenworthy 1989; 1999). En effet, les premiers doivent effectuer leurs navettes dans un milieu où les lieux sont plus distants alors que les seconds bénéficient de plus de proximité. De plus, les quartiers centraux sont généralement caractérisés par une plus grande mixité fonctionnelle et conséquemment offrent de plus courtes valeurs de MIN.

Parmi les groupes de travailleurs étudiés, les membres de ménages non familiaux, les locataires et les travailleurs détenant un diplôme d'études supérieures tendent à résider dans les quartiers centraux alors que les couples, leurs enfants, les propriétaires, les travailleurs qui ne connaissent que le français et qui ne détiennent pas de diplôme universitaire tendent à vivre en banlieue. Les travailleurs des groupes qui tendent à habiter les quartiers centraux bénéficient de possibilités de navettage plus courtes (plus spécialement pour MOY et MAX) en plus de parcourir des distances de navettage plus courtes que les autres. Ils adoptent cependant des pratiques de navettage moins efficaces. En fait, comme ils sont confrontés à des possibilités de navettage particulièrement longues, les propriétaires, les couples et les travailleurs qui ne connaissent que le français se doivent d'être plus sélectifs dans les options de navettage qui leur sont offertes.

Pour réduire le navettage, il faudrait donc freiner, et renverser, l'étalement urbain. De cette façon, les travailleurs périphériques se verraient offrir des possibilités de navettage plus courtes et, étant donné leurs pratiques efficaces, en profiteraient pour raccourcir leurs distances de navettage. Cependant, cette densification ne pourrait probablement pas reproduire l'environnement ouvert et abordable de la banlieue actuelle.

7.5.3 Écarts de mobilité

Nous venons de le voir, la polarisation des emplois (qui allonge la valeur de MIN) et la décentralisation des résidences (qui augmente la valeur de MOY) influencent la distance de navettage. De plus, il apparaît que les groupes de travailleurs qui doivent composer avec ces difficultés morphologiques adoptent des pratiques de navettage plus efficaces. Suivant ces exemples, nous pourrions penser que les pratiques de navettage sont elles-mêmes définies par la forme urbaine au sens où de courtes possibilités de navettage allouent des pratiques peu efficaces alors que de longues possibilités de navettage contraignent à des pratiques efficaces.

Au moins quatre groupes de travailleurs ne répondent cependant pas à ce schéma. En effet, les hommes et les travailleurs qui conduisent leur automobile pour se rendre au travail adoptent des pratiques inefficaces malgré le fait qu'ils sont confrontés à de longues possibilités de navettage, contrairement aux femmes et aux travailleurs qui utilisent les « autres » modes de transport (automobile comme passager, vélo, marche, etc.). Ces exemples rappellent que la forme urbaine n'est pas l'unique facteur qui influence la distance de navettage. Plus spécifiquement, ils montrent que la mobilité des travailleurs joue aussi un rôle important. De plus, ils montrent que, suivant le processus de morphogenèse urbaine, les formes urbaines des groupes de travailleurs plus mobiles sont plus dilatées et déséquilibrées que les autres.

Certaines nuances doivent être faites quant aux écarts de mobilité associés au sexe et ceux associés au mode de transport. Les hommes et les femmes sont, de manière générale, également répartis dans l'espace résidentiel. Leur écart de mobilité fait en sorte que les hommes, plus mobiles, choisissent parmi un plus grand ensemble d'options de navettage. Ce faisant, ils peuvent choisir des options plus longues. Ces écarts de mobilité, jumelés à d'autres facteurs comme la division sexuelle du travail, font en sorte que les emplois « dispersés » (vente, enseignement, etc.) constituent des niches pour les femmes (Wyly 1999). En somme, la morphogenèse urbaine, la division sexuelle du travail et les écarts sexuels de mobilité font en sorte que les femmes poursuivent des pratiques de navettage plus efficaces malgré le fait que leur forme urbaine offre des possibilités de navettage plus courtes. Pour ce qui est de la gestion du navettage, les efforts devraient se concentrer sur les pratiques de navettage des hommes qui, malgré les longues possibilités qui leur sont offertes, adoptent des pratiques de navettage moins efficaces.

Les travailleurs qui conduisent leur automobile pour se rendre au travail tendent à résider en périphérie alors que les travailleurs qui utilisent d'autres modes de transport tendent à résider près du centre (tableau 7.5).⁷¹ De plus, la motorisation semble être une condition d'accès à certains lieux de travail localisés dans des pôles d'emplois mal desservis par le transport en commun (Dreier *et al.* 2001; Blumenberg et Waller 2003). La prépondérance de l'automobile dans la périphérie de l'espace domestique et dans certains pôles de l'espace économique explique probablement une partie des plus longues possibilités et des distances de

⁷¹ Notons ici qu'il aurait été utile de distinguer les travailleurs qui utilisent une automobile comme passager des travailleurs qui utilisent le vélo ou qui marchent pour se rendre au travail. Malheureusement, la lourdeur de la procédure d'accès aux données nous a découragés de le faire.

navettage des travailleurs qui conduisent une automobile pour se rendre au travail. Mais malgré les fortes contraintes morphologiques qui pèsent déjà sur eux, ces travailleurs adoptent tout de même des pratiques de navettage inefficaces. Notons cependant que si les temps de déplacement étaient pris en compte—au lieu de la distance euclidienne—, les pratiques de navettage des automobilistes paraîtraient probablement plus efficaces. Ici encore, les efforts de réduction du navettage doivent être concentrés sur les comportements de navettage des automobilistes, qui représentent, rappelons-le, plus des trois quarts du kilométrage métropolitain (tableau 7.5).

7.5.4 Facteurs externes

Outre la mobilité et l'organisation spatiale des espaces domestique et économique, d'autres facteurs influencent la distance de navettage. Certains d'entre eux apparaissent dans nos résultats.

L'accès à la propriété dirige fortement le choix résidentiel. Certaines caractéristiques des lieux de résidence—comme la taille du logement, sa valeur et son environnement immédiat—prennent un poids important lors de ce choix. Bien entendu, la distance de navettage constitue un critère incontournable : le travailleur ne peut, par exemple, accepter une navette de dix heures! Néanmoins, le travailleur peut être amené à choisir une opportunité résidentielle associée à une très longue navette mais qui comporte d'autres avantages. Une fois ce choix fait, l'attachement au logement et les investissements qui y ont été faits font en sorte que le travailleur peut tolérer un allongement significatif de sa navette s'il change d'emploi. De plus, nous l'avons noté à plusieurs reprises lors de cette thèse, les travailleurs d'un même ménage sont forcés à accepter de plus longues navettes s'ils veulent préserver l'intégrité de leur couple (sauf dans le cas où tous les travailleurs du couple occupent des emplois rapprochés dans l'espace). Ainsi, l'accès à la propriété et la constitution des ménages contribuent probablement à rendre les pratiques de navettage moins efficaces. Afin de réduire le navettage des propriétaires et des travailleurs membres d'un couple, il est possible d'encourager la centralisation de la forme urbaine (comme nous l'avons déjà noté à la sous-section 7.5.2). De plus, il est possible d'encourager des pratiques de navettage efficaces en informant les travailleurs des opportunités résidentielles associées à des courtes navettes, des opportunités d'emplois situées à proximité de leur propriété, en les incitant à choisir ces options de navettage et en facilitant leur déménagement s'il est accompagné d'une réduction de navette.

D'autres facteurs externes contribuent cependant à maintenir des possibilités et des distances de navettage relativement courtes. De nos résultats, il ressort que les travailleurs qui ne connaissent pas le français (qui ne connaissent aucune des deux langues officielles ou qui ne connaissent que l'anglais) « profitent » de possibilités de navettage particulièrement courtes et qu'ils, malgré des pratiques de navettage inefficaces, parcourent de courtes distances de navettage. Nous en interprétons que ces travailleurs, qui forment des communautés linguistiques minoritaires, se rassemblent dans l'espace domestique et obtiennent leurs emplois par l'entremise de réseaux sociaux imbriqués dans le marché du

travail. Ainsi, leurs lieux de résidence et leurs lieux de travail sont-ils particulièrement rapprochés les uns des autres. Il convient cependant de mentionner que ce rapprochement peut aussi être interprété comme un confinement au sens où les travailleurs sont contraints de choisir parmi un ensemble restreint d'options de navettage. Il faudrait valider nos interprétations par des analyses plus appropriées, notamment des enquêtes de terrain. Mais nos résultats, à la lumière de la théorie des marchés locaux d'emploi (Peck 1996; Hiebert 1999), laissent néanmoins figurer que le caractère linguistique (et probablement ethnique) des réseaux sociaux peut favoriser de courtes distances de navettage.

7.6 DISCUSSION

À cette section, nous discutons des résultats présentés à la section précédente. Cette discussion comprend trois thèmes. Dans le premier, nous évaluons comment le cadre théorique des possibilités de navettage peut éclairer la gestion intra-métropolitaine du navettage (7.6.1). Ensuite, nous utilisons les résultats pour confirmer que mobilité, compatibilité et forme urbaine sont intimement reliées dans la définition du navettage (7.6.2). Enfin, nous discutons des limites et des avantages à l'introduction de contraintes à l'appariement dans la méthode des possibilités de navettage (7.6.3).

7.6.1 La gestion du navettage

Dans leur travail sur le navettage excessif, Buliung et Kanaroglou (2002) identifient les groupes de travailleurs auxquels on peut imputer les plus importants excès de navettage dans le but d'éclairer les efforts de gestion du navettage. Malgré une méthode quelque peu différente, notre objectif est le même : éclairer le navettage d'un regard nouveau dans le but de mieux comprendre ses subtilités et d'informer les gestionnaires. Mais au lieu d'identifier les groupes associés aux plus grands excès de navettage (compris ici comme la différence entre OBS et MIN), nous avons comparé les structures de navettage de différents groupes à l'ensemble des possibilités de navettage qui leur sont offertes. Nous avons ainsi été en mesure d'identifier le rôle des espaces domestique et économique, des écarts de mobilité et d'autres facteurs sur la distance de navettage (7.5). Ce faisant, nous avons suggéré certaines mesures visant à raccourcir les navettes : disperser certains lieux de travail, centraliser certains lieux de résidences et diriger les pratiques de navettage.

Ces suggestions comportent cependant deux failles importantes. La première concerne l'imprévisibilité de leur impact. Comme nous en avons discuté au premier chapitre, le navettage est un phénomène hautement complexe au sens où il est le résultat de l'organisation des milliers de travailleurs et d'entreprises qui font le système urbain. De ce fait, sa structuration dépend d'une multitude de facteurs en interrelation. Dans le but de rendre ce phénomène intelligible, nous avons proposé de concevoir le navettage comme l'amalgame de la compatibilité, de la mobilité et de la forme urbaine. Ce raisonnement théorique nous a

amené a développé le concept de possibilités de navettage. Bien que ce raisonnement nous semble logique, il est assurément réducteur. Ainsi, les mesures que nous suggérons, malgré le fait qu'elles soient le fruit d'une exploration empirique, demeurent simplistes. Par exemple, il ne nous est pas possible d'affirmer avec certitude que la « création » de lieux de résidence à proximité des pôles d'emplois provoquera un raccourcissement irrésistible de la distance de navettage des travailleurs de ces pôles. Dans ce nouveau contexte, ils seront peut-être amenés, à l'instar de ce qui a été observé par Aguilera (2005), à résider près d'un pôle tout en travaillant dans un autre.

La seconde faiblesse de nos suggestions concerne leur faisabilité. L'équilibrage de la forme urbaine, sa centralisation ou la coordination de l'appariement résidence-emploi comportent certainement des coûts importants, particulièrement s'ils ont à être réalisés sur une grande envergure. Il faut alors se demander si les coûts de ces efforts ne seront pas supérieurs aux bénéfices qui en seront tirés. De plus, nous pouvons nous demander si certaines de ces suggestions ne pourraient pas avoir des conséquences sociales et économiques graves. Par exemple, l'équilibrage résidence-emploi du centre-ville (ou d'autres pôles d'emplois) implique probablement la requalification de tours à bureaux en tours d'habitation. Les avantages qu'ont certaines industries (finances, administration, etc.) à se concentrer sur un petit territoire seraient alors amoindris alors que les logements gagnés n'offriraient peut-être pas une alternative acceptable pour les travailleurs de ces industries qui préfèrent un mode de vie moins « urbain ».

7.6.2 Forme urbaine, mobilité et compatibilité

Nous avons présenté, au premier chapitre, le processus de morphogenèse urbaine (1.2). Nous avons alors décrit la ville comme étant le résultat d'une évolution spatiale sur le long terme selon laquelle les lieux de résidence et les lieux de travail se repositionnent constamment les uns par rapport aux autres. Ils s'agglomèrent ou se repoussent, ils se connectent ou s'isolent selon leurs affinités et leurs complémentarités.

Suivant cette vision, nous conceptualisons le navettage comme une connexion fondamentale du système urbain, comme la connexion entre l'espace économique et l'espace domestique (1.3). Le navettage est alors indissociable des lieux de résidence et de travail qu'il relie. Il construit la forme urbaine dont il est tributaire. Ainsi, nous l'avons défini plus en profondeur à la sous-section 3.1.1, navettage et forme urbaine entretiennent une relation rétroactive, de type poule-œuf, laquelle implique à la fois que le navettage maintient la forme urbaine en assurant sa fonctionnalité et que la forme urbaine influence le navettage en offrant des possibilités de navettage.

À l'échelle intra-métropolitaine, il est entendu que le navettage connecte des lieux de résidence spécifiques à des lieux de travail spécialisés. Suivant l'idée de marché local d'emploi (Peck 1996), le navettage assure l'articulation entre un espace économique qui produit et un espace domestique qui reproduit. Ce faisant, il maintient les zones résidentielles et économiques complémentaires en relation et, du

coup, la capacité des travailleurs à maîtriser la distance détermine les distances maximales qui peuvent les séparer. Selon le vocabulaire utilisé dans cette thèse, la distance séparant les lieux compatibles (inscrite dans la forme urbaine) est définie par la mobilité des travailleurs qui doivent la parcourir. Par exemple, les emplois « féminisés » ont tendance à se localiser à proximité des lieux de résidence (qui, eux, sont généralement mixtes) afin de permettre aux femmes d'y travailler. Nous sommes donc en mesure de penser que la longueur des possibilités de navettage est fonction de la mobilité des travailleurs à qui elles sont offertes. Et, comme la relation est rétroactive, la distance de navettage parcourue est fonction des possibilités de navettage offertes.

L'existence de cette relation est confirmée par le tableau 7.12. On y remarque que les distances de navettage des 55 groupes de travailleurs étudiés sont significativement associées aux valeurs de MOY et, surtout, de MIN. L'association statistique est encore plus forte lorsque l'on considère à la fois MIN et MOY.

Tableau 7.12 Association entre OBS, MIN et MOY : résultats de régressions linéaires*

Variable dépendante	Variables indépendantes	R	MIN		MOY	
			t	sig.	t	sig.
OBS	MIN	0.857	12.11	0.000		
	MOY	0.380			2.99	0.004
	MIN + MOY	0.887	12.51	0.000	3.56	0.001

* Les résultats de ces régressions sont sensiblement les mêmes si l'on remplace MOY par MAX.

Ce tableau s'apparente au tableau 6.6 où l'association entre OBS, MIN et MOY était vérifiée sur les données de 50 métropoles étasuniennes. Les résultats y étaient, là aussi, significatifs à la différence que la valeur de MOY était plus fortement associée à la valeur de OBS. Nous ne saurions dire si cette inversion—MIN est plus fortement associée à l'intra-métropolitain alors que MOY est plus associée à l'inter-métropolitain—porte une signification particulière, si elle n'est qu'un artefact statistique ou si elle dépend des régions métropolitaines sélectionnées.

Quoi qu'il en soit, il apparaît que, à l'échelle intra-métropolitaine comme à l'échelle inter-métropolitaine, les distances de navettage sont significativement associées aux possibilités de navettage offertes. L'interprétation de cette association diffère cependant. À l'échelle inter-métropolitaine, nous en concluons que la forme urbaine influence le navettage parce que nous considérons que les travailleurs des différentes métropoles sont, somme toute, très semblables. À l'échelle intra-métropolitaine, nous en concluons que la forme urbaine est définie par le navettage dans la mesure où la mobilité des travailleurs dicte la distance maximale entre les emplois et les résidences qui doivent être reliés. Ces conclusions ne sont pas opposées, elles ne font que confirmer la bilatéralité de la relation entre la forme urbaine et le navettage.

7.6.3 Limites et utilité des contraintes

Comme nous l'avons mentionné en 7.3.3, l'application de contraintes à l'appariement introduit de nouveaux biais à l'analyse du navettage. En effet, elle refuse des paires résidence-emploi plausibles : comment expliquer que certaines paires soient acceptables sous certaines classifications mais impossibles sous d'autres ?

De plus, elle ignore la nature probabiliste de l'appariement résidence-emploi, c'est-à-dire que certaines paires ont plus de chances de se réaliser que d'autres. La réalité n'est jamais aussi tranchée que ne le laissent supposer les contraintes à l'appariement. Dans les mots de Peck (1996), la compatibilité [*segmentation*] réfère à des tendances et non à une classification discrétionnaire. En fait, les comportements de navettage sont aussi soumis à des stratégies anticipatrices de changements dans un contexte incertain (Kan 2002), aux compromis entre les membres d'un ménage (Kim 1995), aux importants coûts liés aux déménagements résidentiels et aux changements d'emplois (Van Ommeren *et al.* 1999) et à nombre de facteurs qui ne réfèrent ni à l'espace domestique ni à l'espace économique (Rouwendaal et Nijkamp 2004). Enfin, les contraintes ne peuvent rendre compte de toutes les incompatibilités. Par exemple, dans notre classification selon le niveau de scolarité, un travailleur détenant une maîtrise en histoire de l'art peut échanger son emploi avec un travailleur en détenant une en physique nucléaire.

Malgré ces réserves—qui sont incontournables dans la mesure où le postulat d'interchangeabilité est essentiel à la méthode Simplex et, conséquemment, à la mesure des valeurs de MIN et de MAX—les résultats donnent un nouvel éclairage sur le navettage. Par exemple, ils montrent que certains groupes de travailleurs se voient offrir des possibilités de navettage plus courtes que d'autres et que certains groupes de travailleurs tendent à adopter des pratiques de navettage plus efficaces que d'autres.

Ce travail ouvre la voie à plusieurs autres. Il reste à étudier avec plus de précision les critères qui dirigent l'appariement résidence-emploi afin de développer des classifications plus réalistes. Cette tâche, de nature empirique, ne peut être réalisée par un raisonnement a priori (Peck 1996). Elle permettra d'identifier des groupes de travailleurs plus pertinents à l'analyse du navettage, de déterminer s'ils peuvent choisir parmi des possibilités de navettage longues ou courtes et comment ils tirent avantage de ces possibilités. Ces études permettront de mieux cibler les interventions visant à réduire les distances de navettage.

7.7 CONCLUSION

À ce chapitre, nous avons approfondi l'analyse du navettage d'une région métropolitaine en particulier, en l'occurrence celle de Montréal. Ce faisant, nous avons pu évaluer si différents groupes de travailleurs (les hommes, les automobilistes, les travailleurs de la finance, etc.) doivent choisir parmi des possibilités de navettage différentes et/ou s'ils adoptent des pratiques de navettage distinctes. Pour ce faire, nous avons dû « restreindre » le postulat d'interchangeabilité de manière à contraindre l'appariement résidence-emploi (7.3). D'un point de vue méthodologique nous avons exploré une extension du cadre d'analyse (développé, aux premiers chapitres, dans un contexte de comparaison des formes urbaines inter métropolitaines) à l'analyse des contraintes de compatibilité entre catégories de personnes au sein d'une même métropole.

Il est apparu de nos résultats que la région de Montréal offre de longues possibilités de navettage, relativement aux 50 métropoles étasuniennes étudiées au chapitre précédent. Les pratiques de navettage des Montréalais sont cependant assez efficaces pour que leur distance de navettage soit, somme toute, moyenne (7.2).

Une analyse plus détaillée (7.4) a cependant permis de montrer que les groupes de travailleurs montréalais n'adoptent pas tous des pratiques de navettage aussi efficaces. Il est apparu que, pour certains, les longues distances de navettage sont associées aux longues possibilités de navettage qui leurs sont offertes alors que pour d'autres, elles relèvent davantage des pratiques de navettage. Ces constats nous ont amené à proposer trois mesures de réduction du navettage, chacune adaptée à certains groupes de travailleurs : équilibrer les fonctions résidentielle et économique à l'échelle locale, centraliser et encadrer l'appariement résidence-emploi.

En discussion (7.6), nous avons nuancé quelque peu ces suggestions en soulignant qu'elles impliquent des investissements importants et qu'elles pourraient avoir des conséquences imprévisibles et indésirables. Nous croyons cependant qu'elles ouvrent de nouvelles pistes de réflexions pour la gestion du navettage.

Nous avons enfin fait remarquer que nos résultats confirment la pertinence du cadre théorique des possibilités de navettage. La méthode qui lui est associée nous a en effet permis de montrer que la relation entre la forme urbaine et la distance de navettage est hautement complexe : elle est rétroactive et cette rétroaction est modulée par l'articulation entre la mobilité, la compatibilité et la forme urbaine.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Après tout ce qui a été dit sur la relation entre la forme urbaine et la distance de navettage dans le cadre de cette thèse, nous en sommes arrivés au moment des bilans. Dans cette section, nous résumons d'abord les principaux arguments exposés, étayés et discutés au long des sept chapitres de ce travail avant de revenir sur la question posée en introduction et de discuter des éléments de réponse que nous avons présentés et de ce qu'ils peuvent amener dans le débat sur la gestion du navettage et de la forme urbaine. Enfin, nous concluons en proposant quelques pistes de recherche à explorer davantage.

Résumé

Au premier chapitre, nous avons d'abord présenté notre position épistémologique, à savoir la « pensée complexe » (Morin 1990). Selon cette dernière, la complexité de la réalité tient au fait que les phénomènes sont les conséquences d'un amalgame subtil d'éléments qui interagissent les uns sur les autres. Du coup, ces éléments ne peuvent être isolés de leur contexte et la classification des idées en concepts, si elle est nécessaire à l'intelligibilité, est une réduction qui limite notre pouvoir d'interprétation.

La reconnaissance de la complexité guide l'ensemble des réflexions proposées dans notre thèse. C'est ainsi que nous avons décrit le phénomène urbain comme étant un phénomène éminemment complexe. La ville est en effet le fruit d'un processus de morphogenèse urbaine, processus destiné à maximiser l'interaction socioéconomique. Selon notre compréhension, cette interaction est rendue possible par la coprésence ou la connexion. Le navettage représente une forme de ces connexions, qui peut-être considérée comme la plus importante au bon fonctionnement du système urbain. Les navettes alimentent en effet l'espace domestique en salaires en plus de fournir l'espace économique en main d'œuvre. Dans un système urbain en cours de complexification, elles se dispersent sur l'ensemble du territoire, et dans toutes les directions possibles, assurant du coup l'unité des régions métropolitaines. En maintenant le tissu urbain, le navettage assure aussi l'intégration du travailleur au marché du travail.

Suivant la pensée complexe, la compréhension du navettage nécessite l'approfondissement de ses composantes de forme urbaine, de mobilité et de compatibilité. Nous définissons la forme urbaine comme la configuration spatiale des lieux de résidence et des lieux de travail. Comme, par nature, le navettage relie ces deux types de lieux et comme leurs configurations spatiales sont décalées l'une par rapport à l'autre, le navettage est fortement associé à la forme urbaine. En fait, selon notre entendement, la forme urbaine offre les possibilités de navettage. La mobilité et la compatibilité constituent deux contraintes, l'une physique l'autre socioéconomique, à la réalisation des possibilités de navettage.

Au second chapitre, nous avons vu que le navettage, malgré qu'il soit indispensable au bon fonctionnement du système urbain, implique plusieurs coûts de diverses natures : pertes de temps, injustices d'accessibilité, désarticulation politique et pollution de l'environnement. Plus spécifiquement, ces coûts sont généralement proportionnels à la distance de la navette. C'est pourquoi, de longue date, les aménageurs

se sont proposés de façonner la forme urbaine dans le but de raccourcir les navettes et de réduire leurs nuisances. Bien que ces derniers s'accordent sur l'idée que la forme urbaine influence la distance de navettage, ils ne s'entendent pas sur les moyens à utiliser pour y arriver. Les modèles proposés (ville compacte, ville polycentrique, ville dispersée, etc.) reposent pour la plupart sur des représentations simplistes et, parfois, idéologiques du phénomène urbain et du navettage. En général, ces modèles sont malheureusement mal informés de la complexité des objets qu'ils représentent.

Au troisième chapitre, nous nous sommes intéressés aux travaux de chercheurs (principalement des économistes, des géographes et des spécialistes des transports) quant à la relation entre la forme urbaine et la distance de navettage. Ces derniers se sont heurtés au défi de la complexité, défi plus souvent qu'autrement éludé par les aménageurs. En effet, ils ont dû s'adapter aux confusions conceptuelles et aux problèmes techniques (multicolinéarité, rétroactivité et MAUP) du problème. Pour y arriver, ils ont volontairement isolé certaines chaînes causales et ils ont développé des méthodes statistiques sophistiquées. Leurs travaux confirment généralement l'hypothèse, évidente pour les aménageurs, selon laquelle la forme urbaine influence la distance de navettage. Cependant, ces mêmes travaux montrent aussi que d'importantes nuances doivent être apportées puisque cette relation est bilatérale et contingente. De plus, certains travaux laissent supposer que l'influence de la forme urbaine sur la distance de navettage est mineure si on la compare à d'autres facteurs, notamment celui de la mobilité (Giuliano et Small 1993; Wachs *et al.* 1993; Hanson et Schwab 1995; Levinson et Kumar 1997; Schwanen *et al.* 2002; Schwanen *et al.* 2004).

Au quatrième chapitre, nous avons développé et présenté un cadre théorique original pour la compréhension de la relation entre la forme urbaine et la distance de navettage. Selon ce dernier, la forme urbaine ne commande pas les pratiques de navettage, elle les balise par le biais des possibilités de navettage qu'elle offre aux travailleurs. Ces derniers « choisissent » parmi les possibilités de navettage suivant leurs contraintes de mobilité et de compatibilité. Afin de vérifier la pertinence de ce cadre, nous avons développé, à partir de la littérature sur le *excess commuting* (Hamilton 1982; White 1988; Horner 2002), la méthode des possibilités de navettage. Cette méthode repose sur le calcul de certaines possibilités de navettage, particulièrement représentatives de l'ensemble des possibilités de navettage. En comparant la distance de navettage à ces valeurs de référence, il est possible d'évaluer si la distance de navettage est imputable aux caractéristiques de la forme urbaine et/ou aux pratiques de navettage.

Au cinquième chapitre, nous avons appliqué cette méthode à des villes théoriques dans le but de mieux comprendre quelles sont les caractéristiques de la forme urbaine qui définissent les possibilités de navettage offertes. Un tel exercice de modélisation sur des formes théoriques nous a permis de dégager l'influence de caractéristiques très spécifiques de la forme urbaine sur le navettage, exercice qui n'a pas, à notre connaissance, été effectué ailleurs, et que nous comptons poursuivre. Nous avons montré que deux caractéristiques sont particulièrement importantes : la mixité fonctionnelle, qui influence les plus courtes possibilités de navettage offertes, et le degré de centralisation, qui détermine les plus longues. Cette double

influence fait en sorte que certaines formes urbaines peuvent offrir conjointement des possibilités de navettage très courtes et des possibilités de navettage très longues.

Au sixième chapitre, nous avons cherché à vérifier si la distance de navettage est influencée par les possibilités de navettage offertes. Pour ce faire, nous avons compilé une base de données importante comprenant lieux de résidence et lieux de travail pour 50 métropoles Nord-Américaines. Cette base nous a permis de comparer les distances de navettage de 50 métropoles étasuniennes aux possibilités de navettage offertes par leurs formes urbaines respectives, en appliquant la méthodologie originale développée au chapitre 4. Cette analyse nous a d'abord permis de montrer que les possibilités de navettage, dans le contexte nord-américain, sont essentiellement définies par des caractéristiques monocentriques (confirmation empirique des résultats de la modélisation du chapitre 5) : le degré de centralisation et l'écart entre le gradient des lieux de résidence et celui des lieux de travail. L'analyse a aussi permis de confirmer l'influence de la forme urbaine sur la distance de navettage. Plus spécifiquement, les résultats montrent que c'est par le biais des possibilités de navettage offertes que la forme urbaine influence la distance de navettage.

Au septième et dernier chapitre, nous avons appliqué la même méthode à différents groupes de travailleurs de la région métropolitaine de Montréal. Nous avons ainsi pu montrer que les structures et les pratiques de navettage varient sensiblement entre les groupes. En effet, une fois les possibilités de navettage prises en compte, il apparaît que certains groupes de travailleurs adoptent des pratiques de navettage plus efficaces que d'autres. En d'autres termes, certains groupes de travailleurs parcourent de longues navettes parce qu'ils n'ont pas d'autres possibilités alors que d'autres groupes de travailleurs parcourent de longues navettes même s'ils ont la possibilité d'en effectuer des plus courtes. Malgré ces nuances, il apparaît néanmoins que, de manière générale, la longueur des possibilités offertes est statistiquement associée à la distance de navettage. Ce dernier constat nous ramène à la pensée complexe. En effet, il montre que la construction de la forme urbaine, et des possibilités de navettage qu'elle offre, est modulée par les travailleurs et leur mobilité. Plus spécifiquement, les travailleurs plus mobiles favorisent la séparation de leurs lieux de résidence et de leurs lieux de travail et, du coup, ils encouragent l'allongement des navettes.

Est-ce que la forme urbaine influence la distance de navettage? Et si oui, comment?

Comme nous l'avons vu au second chapitre, plusieurs nuisances sont attribuables à la distance de navettage. C'est pourquoi les gestionnaires de la ville cherchent, depuis déjà longtemps, à minimiser la distance des navettes. En présumant que la forme urbaine détermine la distance de navettage, les aménageurs se proposent de manipuler la forme urbaine pour résoudre le problème. L'influence de la forme urbaine sur la distance de navettage n'est cependant pas aussi évidente. En effet, il se peut fort bien que les comportements de navettage ne soient pas dirigés par la forme urbaine, qu'ils en soient totalement indépendants. Si tel est le cas, la distance de navettage est davantage une « affaire de mœurs » qu'un problème morphologique.

Il apparaît néanmoins que la forme urbaine influence partiellement les comportements de navettage. Cette influence n'est pas totale étant donné que les travailleurs tolèrent de longues navettes. À l'opposé, elle n'est pas inexistante dans la mesure où les travailleurs préfèrent les courtes navettes. En fait, il existerait un niveau de tolérance de navettage, en dessous duquel la distance ne compte que peu et au-dessus duquel elle devient très discriminante (Rouwendal et Nijkamp 2004). À ce sujet, nous avons montré que les pratiques de navettage maintiennent les distances de navettage à des niveaux bien inférieurs à ceux qui seraient observés si le choix du couple lieu de résidence/ lieu de travail ne reflétait pas un certain désir de minimisation de la distance de navette (6.2.5). Ceci tend à confirmer la théorie, qui veut que la distance de la navette représente une désutilité pour les travailleurs qui cherchent à la minimiser. Cependant, comme cette minimisation ne constitue pas le seul critère, les travailleurs tolèrent des navettes plus longues que le minimum possible (MIN) afin d'élargir leur choix résidentiel et leur recherche d'emploi. Ainsi, il apparaît que la distance de navettage relève aussi des pratiques de navettage.

Évidemment, pour raccourcir la distance de leurs navettes, les travailleurs doivent avoir la possibilité de le faire. Et c'est ici que l'influence de la forme urbaine se fait sentir. La forme urbaine offre des options de navettage au travailleur et, de manière agrégée, offre des possibilités de navettage aux travailleurs. Ainsi, une forme urbaine peut offrir conjointement de longues ou de courtes possibilités de navettage. Les pratiques de navettage, qui dépendent de plusieurs facteurs mais qui tendent à maintenir les distances de navettage sous un seuil acceptable, doivent s'adapter aux possibilités de navettage qui sont offertes aux travailleurs. En fait, pour toutes les métropoles (chapitre 6) et les groupes de travailleurs (chapitre 7) étudiés dans cette thèse, les distances de navettage se situent entre la possibilité de navettage associée à la plus courte distance de navettage (MIN) et la possibilité de navettage moyenne (MOY).

La forme urbaine influence donc partiellement la distance de navettage. Elle offre des *possibilités* de navettage qui balisent les *pratiques* de navettage. Nous avons vu, principalement au chapitre 5, que ces balises sont définies par deux caractéristiques morphologiques : la mixité fonctionnelle et le degré de centralisation. Au chapitre 6, nous avons vu que ces deux caractéristiques sont elle-mêmes fortement associées à la taille urbaine et qu'elles se présentent généralement sous une forme monocentrique. Ainsi, il

apparaît qu'une ville petite, mixte et centralisée offre des possibilités de navettage plus courtes qu'une ville grande, ségréguée et étalée. De plus, à la lumière de nos résultats, les travailleurs de la première ville, parce qu'ils profitent de meilleures possibilités de navettage, seraient associés à une distance de navettage plus courte (6.2.3).

La forme urbaine influence donc la distance de navettage. Cependant, la réflexion théorique laisse penser que la relation est bilatérale, que le navettage, en retour, influence la forme urbaine (3.1.1). En fait, suivant la morphogenèse urbaine (1.2), la forme urbaine est caractérisée par la séparation des espaces domestique et économique (qui, malgré tout, se chevauchent) et c'est cette séparation (somme toute désirée par les habitants d'une ville pourvue qu'elle ne soit pas excessive) qui entraîne le navettage. Mais la séparation de ces espaces est conditionnelle à leur connexion, assurée par le navettage. Ainsi, la séparation des espaces domestique et économique se fait dans les limites de la mobilité des travailleurs, dans leur capacité à parcourir la distance de navettage. Nous avons pu apprécier cette chaîne causale, au dernier chapitre, lorsque nous avons montré que la longueur des possibilités de navettage est fortement corrélée à la distance de navettage des groupes de travailleurs (7.6.2). En d'autres termes, les groupes de travailleurs moins mobiles « retiennent » la séparation de leurs espaces domestique et économique. À l'opposé, les groupes de travailleurs plus mobiles « desserrent » la proximité entre résidences et emplois.

En somme, et pour répondre plus directement à la question, oui, la forme urbaine influence la distance de navettage. Cependant, cette influence est partielle. En fait, la forme urbaine balise les pratiques de navettage en offrant les possibilités de navettage. Enfin, la relation est bilatérale dans la mesure où le navettage participe à la construction de la forme urbaine.

Nouveaux éclairages pour la gestion du navettage

La réponse à la question de recherche et le cadre théorique que nous avons formulé pour y répondre nous permettent d'apporter des arguments nouveaux sur la capacité des gestionnaires urbains à raccourcir la distance de navettage. En introduisant le concept de possibilité de navettage, nous pouvons désormais éviter les questions, simplistes, visant à savoir si telle ou telle caractéristique de la forme urbaine influence la distance de navettage plus qu'une autre. Par exemple, il n'est plus question de se demander si la densité métropolitaine, si la structure urbaine, quelle que soit sa définition, ou si la construction d'autoroutes ont un impact particulier, ou conjoint, sur la distance de navettage. Il convient de se demander si ces conjonctures morphologiques modifient les possibilités de navettage offertes et si les pratiques de navettage s'adaptent à ces modifications.

En plus de jeter à base d'une méthode efficace d'appréciation de la relation entre la forme urbaine et la distance de navettage, le cadre théorique que nous proposons permet d'éclaircir le fonctionnement de cette relation. Ce faisant, il nous invite à distinguer l'aspect morphologique (associé à la forme urbaine) et l'aspect comportemental (associé aux pratiques de navettage). La densité, les infrastructures routières ou l'existence de *edge cities* ne déterminent pas la distance de navettage, pas plus qu'ils ne dictent les comportements de navettage. Ces caractéristiques fixent conjointement les possibilités de navettage qui, elles, forment les balises aux pratiques de navettage. Ainsi, lorsque les aménageurs interviennent sur la forme urbaine, ils n'interviennent pas directement sur les comportements de navettage, ils modifient les options à partir desquels ils se font.

Nos analyses montrent que deux caractéristiques morphologiques—le degré de centralisation et la mixité fonctionnelle—déterminent les possibilités de navettage offertes : la première définit les plus longues possibilités de navettage offertes alors que la seconde définit les plus courtes. Ainsi, il apparaît qu'une forme urbaine équilibrée et centralisée offre une distribution de possibilités de navettage caractérisée par de courtes distances. En favorisant la constitution de villes équilibrées et centralisées, les aménageurs garantissent donc aux travailleurs un ensemble d'options de navettage relativement courtes. Nos analyses ont aussi montré que les possibilités de navettage offertes rendent compte d'une partie de la distance de navettage parcourue. Ainsi, dans une forme urbaine centralisée et équilibrée, les travailleurs devraient parcourir de courtes distances de navettage.

Mais pour arriver à offrir ces intéressantes possibilités de navettage, de lourdes interventions doivent être mises en oeuvre. La centralisation des activités urbaines implique un important renversement de tendance. En effet, les grandes régions métropolitaines continuent de croître à des rythmes rapides et cette croissance se matérialise généralement par un important étalement urbain. Nous l'avons vu, les aménageurs qui tentent de contenir cet étalement n'ont généralement que des succès mitigés.

Le défi de l'équilibrage fonctionnel n'est pas moins grand. Nous avons vu qu'il est d'abord très difficile à définir. À quelle échelle doit-on assurer la mixité? De plus, la promiscuité des lieux de résidence et des

lieux de travail soulève d'importantes questions quant à la qualité de vie et à la productivité économique. Néanmoins, nos analyses ouvrent de nouvelles pistes aux aménageurs. En effet, les résultats présentés au chapitre 6 suggèrent que la gestion de la forme urbaine doit d'abord être monocentrique. Malgré certaines apparences trompeuses, les grandes régions métropolitaines maintiennent encore des configurations spatiales fortement monocentriques. Il apparaît notamment que l'équilibre monocentrique (un faible écart entre les gradients de densité des lieux de résidence et des lieux de travail) est fortement associé aux plus courtes possibilités de navettage offertes et, du coup, à la distance de navettage parcourue. Les efforts d'équilibrage devraient donc prendre une orientation monocentrique, c'est-à-dire que les aménageurs devraient veiller à ce que les lieux de résidence et les lieux de travail présentent des gradients de densité comparables.

Mais les interventions concentrées sur la forme urbaine, si elles permettent de raccourcir les possibilités de navettage offertes, ne garantissent pas le raccourcissement des distances de navettage. En effet, les possibilités de navettage viennent inévitablement en nombre colossal et toutes les formes urbaines étudiées (les métropoles étasuniennes, la région métropolitaine de Montréal et même les villes fictives) offrent des possibilités de navettage qui couvrent une grande étendue de distance de navettage. Par exemple, la forme urbaine de Montréal offre des possibilités de navettage allant de 4,9 km à 25,2 km, l'écrasante majorité d'entre elles avoisinant les 18,8 km.

Devant cette réalité, les interventions sur la forme urbaine peuvent sembler être des coups d'épée dans l'eau. Malgré tout, nos résultats montrent que la distance de navettage est significativement associée aux possibilités de navettage offertes. Cette association statistique s'explique vraisemblablement par le fait que les travailleurs ne considéreront pas les options de navettage trop longues (35 minutes en moyenne selon l'hypothèse Zahavi).

Les aménageurs ne peuvent toutefois pas s'appuyer sur cette résilience, qu'elle soit fondée ou non, pour diriger leurs efforts. Cette constante de 35 minutes témoigne de la tolérance des travailleurs au navettage. Elle signifie que les travailleurs n'acceptent de longues navettage qu'à contrecœur mais aussi que ces mêmes travailleurs ne voient que peu d'inconvénients à parcourir des navettes qu'ils considèrent tolérables. Ainsi, bien que nous puissions raisonnablement espérer que les plus longues possibilités de navettage seront évitées, rien ne nous permet de croire que les plus courtes seront choisies.

Le défi est alors de guider les travailleurs dans le choix de leur navette, de les informer des courtes options de navettage auxquelles ils ont accès et de les encourager à les choisir. Plusieurs types d'interventions peuvent être ici envisagés (fiscalité, sensibilisation, etc.) mais nos connaissances ne nous permettent pas d'approfondir la question. Le cadre théorique des possibilités de navettage permet toutefois d'identifier des groupes de travailleurs vers qui ces mesures devraient être dirigées prioritairement. En effet, les résultats du chapitre 7 montrent que les hommes et les automobilistes, entre autres, adoptent des pratiques de navettage peu efficaces.

Quelle forme urbaine est la plus efficace?

Nous sommes maintenant prêts à étudier les avantages et les inconvénients de diverses formes urbaines à la lumière de notre entendement théorique et de nos analyses empiriques. Pour la minimisation de la distance de navettage, la « ville compacte », qui repose sur les principes de densité et de mixité (2.3.2), apparaît comme un choix intéressant. En effet, elle répond aux caractéristiques morphologiques qui raccourcissent les possibilités de navettage : degré de centralisation et de mixité fonctionnelle. Certaines mises en garde doivent cependant être faites. La ville compacte complique l'utilisation de l'automobile individuelle et ses avantages (mobilité accrue, déplacements flexibles, etc.). De plus, si l'on se fit au cas de Montréal, les emplois les plus centralisés (affaires, finances, administration, etc.) sont concentrés dans un centre-ville uni-fonctionnel ce qui oblige les travailleurs à effectuer des navettes, parfois très longues (7.4). La densification et la consolidation du centre-ville, qui constituent des moyens de se rapprocher de l'idéal de la ville compacte, doivent de se faire avec prudence, de façon à éviter le développement d'un important déséquilibre monocentrique.

À l'opposé, la ville dispersée, proposée entre autres par Wright (1935) et encensée par Gordon et Richardson (1996), ne semble pas offrir un environnement adéquat à la minimisation de la distance de navettage. En effet, bien qu'elle soit relativement mixte (du moins dans les descriptions qu'en font ces auteurs), son faible degré de centralisation fait en sorte que les possibilités de navettage moyenne et maximale sont très longues. Ainsi, bien que les courtes distances de navettage y soient possibles, elles sont fortement improbables à moins que les pratiques de navettage ne soient particulièrement efficaces. Bien que cette efficacité soit possible, les fortes pressions agglomératives qui pèsent sur les espaces domestique et économique en font douter. De fait, les travailleurs des métropoles étasuniennes et des groupes de travailleurs montréalais associés à de longues possibilités de navettage tendent à parcourir de longues navettes (chapitres 6 et 7).

La ville polycentrique constitue l'entre-deux entre la concentration de la ville compacte et l'étalement de la ville dispersée. Pour ce qui est de la distance de navettage, cette forme urbaine peut soutenir une courte distance de navettage mais à deux conditions. Les pôles doivent être mixtes à une certaine échelle et les pratiques de navettage ne doivent pas permettre trop de navettes entre deux pôles distants. En fait, les propositions de Howard (1898), Le Corbusier (1929) et Calthorpe (1989) font en sorte que les déplacements entre les pôles sont réalisés en transport en commun. Aussi intéressantes soient-elles, ces propositions impliquent inévitablement une limitation de la très flexible mobilité offerte par l'automobile individuelle.

Pistes de recherche à approfondir

Dans le cadre de ce travail, nous avons proposé une approche originale à l'interprétation de la relation entre la forme urbaine et la distance de navettage. Ce faisant, nous avons éclairé la question d'une nouvelle lumière. Mais comme la plupart des travaux, celui-ci pose aussi plusieurs nouvelles questions. En fait, plusieurs éléments de l'analyse mériteraient d'être beaucoup plus approfondis.

L'analyse théorique du chapitre 5 nous a permis d'identifier, à travers un exercice de modélisation, les caractéristiques morphologiques qui déterminent les possibilités de navettage et, ce qui est peut-être plus important, de mieux comprendre le concept même de possibilité de navettage. Certains aspects de cette analyse demeurent cependant incomplets. En effet, de nouvelles modélisations seront nécessaires afin de mieux définir l'équilibre fonctionnel et de mieux comprendre sa relation avec la valeur de MIN. De plus, de nouvelles analyses sont nécessaires pour mieux cerner l'influence que peut avoir la polycentricité sur la détermination des possibilités de navettage. Ces travaux, s'ils peuvent aboutir à des réponses claires, aideront certainement les aménageurs à rendre les villes plus cohérentes.

La comparaison intermétropolitaine du chapitre 6 nous a permis de montrer que les possibilités de navettage sont statistiquement associées aux distances de navettage et de rappeler l'importance du caractère monocentrique des régions métropolitaines. De nouvelles comparaisons inter-métropolitaines apporteront d'autres précisions quant à la relation entre la forme urbaine et la distance de navettage. Le choix des métropoles (en particulier l'analyse de métropoles à forme semblable au sein de contextes culturels et réglementaires différents) permettra de comparer ou d'isoler certaines caractéristiques de la relation comme, par exemple, la taille, les stratégies d'aménagement local, les régions et les pays.

Les analyses relatives aux groupes de travailleurs (chapitre 7) demeurent quant à elles embryonnaires et demandent certainement le développement d'un encadrement théorique plus soigné. De plus, il sera intéressant d'utiliser de nouveaux critères d'interchangeabilité (notamment les caractéristiques du logement) et de comparer les groupes de travailleurs de différents contextes métropolitains. Des comparaisons temporelles, sur une même région métropolitaine et sur un même groupe de travailleurs, devraient quant à elles être riches en information sur la dynamique entre les comportements de navettage et la forme urbaine.

Enfin, toutes ces questions se justifient dans la mesure où la distance de navettage correspond à un certain nombre de nuisances et où les pouvoirs publics espèrent intervenir sur la forme urbaine pour réduire ces nuisances. À ce titre, il sera profitable de faire part des interprétations de ces travaux aux aménageurs afin d'informer leurs pratiques de nos recherches et d'informer nos recherches de leurs expériences.

RÉFÉRENCES

- AGUILERA A. (2005) « Growth in commuting distances in French polycentric metropolitan areas : Paris, Lyon and Marseille » *Urban Studies* **42-9** 1537-1547.
- ALDERSON A. & F. NIELSEN (2002) « Globalization and the great U-turn : income inequality trends in 16 OECD countries » *American Journal of Sociology* **107-5** 1244-1299.
- ALONSO W. (1964) *Location and land use* (Cambridge : Harvard University Press) 204p.
- ALLEN P.M. (1997) *Cities and regions as self-organizing systems : models of complexity* (Amsterdam : Gordon and Breach Science Publishers) 275p.
- ANAS A., R. ARNOTT & K.A. SMALL (1998) « Urban spatial structure » *Journal of Economic Literature* **XXXVI** 1426-1464.
- ANDERSON W.P., P.S. KANAROGLOU & E.J. MILLER (1996) « Urban form, energy and the environment : a review of issues, evidence and policy » *Urban Studies* **33-1** 7-35.
- APPARICIO P., V. PETKEVITCH & M. CHARRON (2005) « Une application C#.Net pour le calcul des indices de ségrégation résidentielle » *INRS-UCS, Les Inédits*, 2005-02.
- APPARICIO P., R. SHEARMUR, M. BROCHU & G. DUSSAULT (2003) « The measure of distance in a social science policy context : Advantages and costs of using network distance in 8 Canadian metropolitan area » *Journal of Geographic Information and Decision Analysis* **7-2** 105-131.
- ASCHER F. (1995) *Métapolis ou l'avenir des villes* (Paris : Odile Jacob) 347p.
- ASCHER F. (2004) « Les sens du mouvement : modernités et mobilités » In ALLEMAND S., F. ASCHER & J. LÉVY *Les sens du mouvement* (Paris : Belin) p.21-34.
- BATTY M. (2003a) « Network geography » *Centre for Advanced Spatial Analysis (CASA)*, Working Paper Series, #63.
- BATTY M. (2003b) « The emergence of cities : complexity and urban dynamics » *Centre for Advanced Spatial Analysis (CASA)*, Working Paper Series, #64.
- BATTY M. & P.M. TORRENS (2001) « Modeling complexity : the limits to prediction » *Centre for Advanced Spatial Analysis (CASA)*, Working Paper Series, #36.
- BEAUCIRE F. (2004) « La "ville compacte" est-elle importable en France ? » In ALLEMAND S., F. ASCHER & J. LÉVY *Les sens du mouvement* (Paris : Belin) p.170-174.
- BECKER G. (1962) « Investment in human capital : A theoretical analysis » *Journal of Political Economy* **70** 9-49.
- BÉGUIN H. (1995) « La géographie économique » In BAILLY A. *Les concepts de la géographie humaine* (Paris : Masson) p.129-138.
- BENKO G. (2001) *Lexique de géographie économique* (Paris : Armand Colin) 96p.

- BERGERON R. (1999) *Le livre noir de l'automobile* (Montréal : Les Éditions Hypothèse) 435p.
- BERRY B.J.L. (1964) « Cities as systems within systems of cities » In FRIEDMAN J. & W. ALONSO *Regional development and planning* (Cambridge : M.I.T. Press) p.116-137.
- BLUMEN O. (1994) « Gender differences in the journey to work » *Urban Geography* **15-3** 223-245.
- BLUMENBERG E. & M. WALLER (2003) « The long journey to work : A federal transportation policy for working families » *The Brookings Institution, Series on Transportation Reform*.
- BOAL F.W. (1968) « Technology and urban form » In PUTNAM R.G., F.J. TAYLOR & P.G. KETTLE (1970) *A geography of urban places* (Toronto : Methuen) p.73-80.
- BOARNET M. & R. CRANE (2001) «The influence of land use on travel behavior : Specification and estimation strategies » *Transportation Research A* **35** 823-845.
- BOYER R. & Y. SAILLARD (2002) *Théorie de la régulation : l'état des savoirs* (Paris : La Découverte) 588p.
- BOURDIN A. (2005) *La métropole des individus* (France : L'aube) 251p.
- BOURNE L.S. (1993) « Close together and worlds apart : an analysis of changes in the ecology of income in Canadian cities » *Urban Studies* **30-8** 1293-1317.
- BRUN J. & C. RHEIN (1994) *La ségrégation dans la ville : concepts et mesures* (Paris : L'Harmattan) 258p.
- BULIUNG R. & P. KANAROGLOU (2002) « Commute minimization in the greater Toronto area : Applying a modified excess commute » *Journal of Transport Geography* **10-3** 177-186.
- BUNTING T., P. FILION & H. PRISTON (2000) « Changing patterns of residential centrality : Population and household shifts in large canadian CMAs, 1971-1996 » *Cahiers de Géographie du Québec* **44-123** 341-361.
- BURCHFIELD M., H. OVERMAN, D. PUGA & M. TURNER (2006) « Causes of Sprawl : A Portrait from Space » *The Quarterly Journal of Economics* **121-2** sous presse.
- BURGESS E.W. (1925) « The growth of the city : An introduction to a research project » In PARK R.E. & E.W. BURGESS (1967) *The City : suggestions for investigation of human behavior in the urban environment* (Chicago : University of Chicago Press) p.47-62.
- CALTHORPE. (1989) « The pedestrian pocket book » Partiellement reproduit In LEGATES R. & F. STOUT (2000) *The city reader* (London : Routledge) p.350-356.
- CASTELLS M. (1996) *The rise of the network society* (Cambridge : Blackwell) 556p.
- CASTELLS M. & P. HALL (1994) *Technopoles of the world : the making of 21st century industrial complexes* (New York : Routledge) 288p.
- CERDA I. (1867) « Théorie générale de l'urbanisation » In RONCAYOLO M. & T. PAQUOT (1992) *Villes & civilisation urbaine : XVIII^e-XX^e siècle* (Paris : Larousse) p.138-154.
- CERVERO R. (1986) « Job-Housing imbalance as a transportation problem » *Institute of Transportation Studies, Research Report*, 86-9.

- CERVERO R. (2001) « Efficient urbanisation : Economic performance and the shape of the metropolis » *Urban Studies* **38-10** 1651-1671.
- CERVERO R. (2002) « Induced travel demand : Research design, empirical evidence, and normative policies » *Journal of Planning Literature* **17-1** 3-20.
- CERVERO R. (2003) « The built environment and travel : Evidence from the United States » *European Journal of Transport and Infrastructure Research* **3-2** 119-137.
- CERVERO R. (2004) « Urbanisme traditionnel, nouvelles technologies et choix de mobilités » In ALLEMAND S., F. ASCHER & J. LÉVY *Les sens du mouvement* (Paris : Belin) p.228-238.
- CHAPPLE K. (2001) « Out of touch, out of bound : how social networks shape the labor market radii of women on welfare in San Francisco » *Urban Geography* **22-7** 617-640.
- CHARRON M. (2002) *L'évolution de la ségrégation résidentielle à Montréal de 1951 à 1996* rapport de projet (Montréal : UQAM) 192p.
- CHARRON M. (2007) « From excess commuting to commuting possibilities » *Environment and Planning A* **sous presse**.
- CHARRON M. & P. APPARICIO (2006) « Les inégalités de revenu sont-elles plus prononcées au lieu de travail qu'au lieu de résidence? » *INRS-UCS, Les Inédits*, 2006-02.
- CHARRON M. & R. SHEARMUR (2005a) « La ségrégation économique comme un phénomène complexe : une analyse spatio-temporelle du cas montréalais » *Le Géographe Canadien* **49-4** 332-351.
- CHARRON M. & R. SHEARMUR (2005b) « Distances, interactions et analyse spatiale de la ville : le cas de Montréal » *Revue d'Économie Régionale et urbaine* **2** 163-192.
- CHOAY F. (1994) « Le règne de l'urbain et la mort de la ville » In DETHIER J. & A. GUIHEUX *La Ville : Art et architecture en Europe, 1870-1993* (Paris : Centre Pompidou) p.26-35.
- CLAVAL P. (1981) « La théorie des villes » In RONCAYOLO M. & T. PAQUOT (1992) *Villes & civilisation urbaine : XVIII^e-XX^e siècle* (Paris : Larousse) p.195-222.
- CLARK C. (1951) « Urban population densities » *Journal of the Royal Statistical Society* **CXIV-IV (series A)** 490-496.
- CLARK W.A.V., Y. HUANG & S. WITHERS (2003) « Does commuting distance matter? Commuting tolerance and residential change » *Regional Science and Urban Economics* **33-2** 199-221.
- COFFEY P. & R. SHEARMUR (2001) « Intrametropolitan employment distribution in Montreal, 1981-1996 » *Urban Geography* **22-2** 106-129.
- CMED, COMMISSION MONDIALE SUR L'ENVIRONNEMENT ET LE DÉVELOPPEMENT. (1988) *Notre avenir à tous* (Montréal : Éditions du Fleuve) 434p.
- COUCLECLIS H. (1997) « From cellular automata to urban models : new principles for model development and implementation » *Environment and Planning B* **24-2** 163-174

- CRESSWELL T. (2004) « Justice sociale et droit à la mobilité » In ALLEMAND S., F. ASCHER & J. LÉVY *Les sens du mouvement* (Paris : Belin) p.145-153.
- CRISTALDI F. (2005) « Commuting and gender in Italy: a methodological issue » *Professional Geographer* **57-2** 268-284.
- DAVIES W.K.D. & R.A. MURDIE (1993) « Measuring the social ecology of cities » In BOURNE L.S. & D.F. LEY *The changing social geography of Canadian cities* (Montréal : McGill-Queen's University Press) p.52-75.
- DEAR M.J. (2002) *From Chicago to L.A. : making sense of urban theory* (Thousand Oaks : Sage) 444p.
- DEBARBIEUX B. (2003) « Territoire » In LÉVY J. & M. LUSSAULT *Dictionnaire de la géographie* (Paris : Belin) p.910-912.
- DIELEMAN F.M., M. DIJST & T. SCHWANEN (2002) « Urban form and travel behaviour : Micro-level household attributes and residential context » *Urban Studies* **39-3** 507-527.
- DREIER P., J. MOLLENKOPF & T. SWANSTROM (2001) *Place matters : metropolitics for the twenty-first century* (Lawrence : University Press of Kansas) 349p.
- DUPUY G. (1995) *Les territoires de l'automobile* (Paris : Economica) 216p.
- EBER N. (2004) *La théorie des jeux* (Paris : Dunod) 128p.
- ELIAS N. (2003) *La civilisation des moeurs* (Paris : Pocket) 510p.
- ELLIS M., R. WRIGHT & V. PARKS (2004) « Work together, live apart? Geographies of racial and ethnic segregation at home and work » *Annals of the Association of American Geographers* **93-3** 620-637.
- ENQUÊTE ORIGINE-DESTINATION (2003) *La mobilité des personnes dans la région de Montréal : faits saillants* http://www.cimtu.qc.ca/EnqOD/2003/Faits_saillants/EnqOD03_FS.pdf
- FISCHER C.S. (1976) *The urban experience* (New York : Harcourt) 371p.
- FRANKHAUSER P. (1998) « La formalisation fractale des tissus urbains » *Cahiers de Géographie du Québec* **42-117** 379-398.
- FUJITA M., P.R. KRUGMAN & A.J. VENABLES (1999) *The spatial economy : cities, regions, and international trade* (Cambridge : M.I.T. Press) 367p.
- GALSTER G. (1990) « White Flight from Racially Integrated Neighbourhoods in the 1970s: The Cleveland Experience » *Urban Studies* **27-3** 385-399.
- GARREAU J. (1991) *Edge city : life on the new frontier* (New York : Anchors Books) 548p.
- GASPAR J. & E.L. GLAESER (1998) « Information technology and the future of cities » *Journal of Urban Economics* **43-1** 136-156.
- GATRELL A.C. (1983) *Distance and space: a geographical perspective* (Oxford : Clarendon) 195p.
- GILLY J.-P. & B. PECQUEUR (2002) « La dimension locale de la ségrégation » In BOYER R. & Y. SAILLARD *Théorie de la régulation : L'état des savoirs* (Paris : La Découverte) p.304-312.

- GIULIANO G. (1991) « Is jobs-housing balance a transportation issue? » *Transportation Research Record* **1305** 305-312.
- GIULIANO G. (1995) « Land use impacts of transportation investments : Highway and transit » In HANSON S. *The geography of urban transportation* (New York : Guilford) p.305-341.
- GIULIANO G. (1998) « Information technology, work patterns and intra-metropolitan location » *Urban Studies* **35-7** 1077-1095.
- GIULIANO G. & K. SMALL (1993) « Is the journey to work explained by urban structure? » *Urban Studies* **30-9** 1485-1500.
- GORDON P., A. KUMAR & H.W. RICHARDSON (1989) « Congestion, changing metropolitan structure, and city size in the United States » *International Regional Science Review* **12-1** 45-56.
- GORDON P. & H.W. RICHARDSON (1996) « Beyond polycentricity : the dispersed metropolis, Los Angeles, 1970-1990 » *Journal of the American Planning Association* **62-3** 289-295.
- GORDON P., H.W. RICHARDSON & M.-J. JUN (1991) « The commuting paradox : evidence from the top twenty » *Journal of the American Planning Association* **57-4** 416-420.
- GORDON P. & H.L. WONG (1985) « The costs of urban sprawl : some new evidence » *Environment and Planning A* **17** 661-666.
- GOULD P. & R. WHITE (1974) *Mental maps* (New York : Penguin) 204p
- GRANELLE J.-J. (2002) « Les marchés fonciers, causes ou conséquences de la ségrégation urbaine? » *Études Foncières* **99** 8-15.
- GUHATHAKURTA S. (2001) « Urban modeling as storytelling : using simulation models as a narrative » *Centre for Advanced Spatial Analysis (CASA)*, Working Paper Series, #37.
- HAESBAERT DA COSTA R. (2004) « De la déterritorialisation à la multiterritorialité » In ALLEMAND S., F. ASCHER & J. LÉVY *Les sens du mouvement* (Paris : Belin) p.69-79.
- HAMILTON B. (1982) « Wasteful commuting » *Journal of Political Economy* **90-5** 1035-1053.
- HANDY S. (1996) « Methodologies for exploring the link between urban form and travel behavior » *Transportation Research D* **1-2** 151-165.
- HANSON S. & G. PRATT (1988) « Reconceptualizing the links between home and work in urban geography » *Economic Geography* **64-4** 299-321.
- HANSON S. & M. SCHWAB (1995) « Describing disaggregate flows : individual and household activity patterns » In HANSON S. *The geography of urban transportation* (New York : Guilford) p.166-187.
- HARRIS C. & E. ULLMAN (1945) « The nature of cities » In PUTNAM R., F. TAYLOR & P. KETTLE (1970). *A geography of urban places* (Toronto : Methuen) p.91-101.
- HARVEY D. (2001) *Spaces of capital : Towards a critical geography* (New York : Routledge) 429p.

- HEADICAR P. (2003) « The contribution of land use planning to reducing traffic growth : The English experience » *European Journal of Transport and Infrastructure Research* **3-2** 109-117.
- HEISZ A. & S. LAROCHELLE-CÔTÉ (2005) « Le travail et le navettage dans les région métropolitaines de recensement, 1996 à 2001 » *Statistique Canada, Document Analytique*, #007.
- HIEBERT D. (1999) « Local geographies of labor market segmentation : Montreal, Toronto, and Vancouver, 1991 » *Economic Geography* **75-4** 339-369.
- HOFFMANN-MARTINOT V. & J. SELLERS (2005) *Metropolitanization and political change* (Allemagne : VS Verlag) 443p.
- HORNER M.W. (2002) « Extensions to the concept of excess commuting » *Environment and Planning A* **34-3** 543-566.
- HORNER M.W. (2004) « Spatial dimensions of urban commuting: a review of major issues and their implications for future geographic research » *Professional Geographer* **56-2** 160-173.
- HORNER M.W. & A.T. MURRAY (2002) « Excess commuting and the modifiable areal unit problem » *Urban Studies* **39-1** 131-139.
- HOUSTON D. (2005) « Employability, skills mismatch and spatial mismatch in metropolitan labour markets » *Urban Studies* **42-2** 221-243.
- HOWARD E. (1898) « Garden Cities of to-morrow » Partiellement reproduit In LEGATES R. & F. STOUT (2000) *The city reader* (London : Routledge) p.321-329.
- HOYT H. (1939) *The structure and growth of residential neighborhoods in American cities* (Washington: Federal Housing Administration) 175p.
- HURIOT J.-M. (1998) *La ville ou la proximité organisée* (Paris : Economica) 357p.
- INGRAM G.K. (1998) « Patterns of metropolitan development : What have we learned? » *Urban Studies* **35-7** 1019-1035.
- IVERSEN G. & H. NORPOTH (1976) *Analysis of variance* (Beverly Hills : Sage) 95p.
- JACOBS J. (1963) « The kind of problem the city is » In PUTNAM R.G., F.J. TAYLOR & P.G. KETTLE (1970) *A geography of urban places* (Toronto : Methuen) p.329-342.
- JACOBS J. (1984) *Cities and the wealth of nations* (New York : Random House) 257p.
- JANELLE D.G. (1968) « Central place development in a time-space framework » *Professional Geographer* **20-1** 5-10.
- JARGOWSKY P.A. (1996) « Take the money and run: economic segregation in U.S. metropolitan areas » *American Sociological Review* **61** 984-998.
- JONES K. & M.J. DOUCET (2001) « The big box, the flagship, and beyond : Impacts and trends in the greater Toronto area » *Canadian Geographer* **45-4** 494-512.
- KAIN J. (1968) « Housing segregation, negro employment, and metropolitan decentralization » *Quarterly Journal of Economics* **82** 175-197.

- KAN K. (2002) « Residential mobility with job location uncertainty » *Journal of Urban Economics* **52** 501-523.
- KILLEN J. (1983) *Mathematical programming methods for geographers and planners* (New York : St. Martin's Press) 363p.
- KIM S. (1995) « Excess commuting for two-worker households in the Los Angeles metropolitan area » *Journal of Urban Economics* **38-2** 166-182.
- KWAN M.P. (1999a) « Gender, the home-work link, and space-time patterns of nonemployment activities » *Economic Geography* **75-4** 370-394.
- KWAN M.P. (1999b) « Gender and individual access to urban opportunities : a study using space-time measures » *Professional Geographer* **51-2** 210-227.
- KWAN M.P. & J. WEBER (2003) « Individual accessibility revisited : implications for geographical analysis in the twenty-first century » *Geographical Analysis* **35-4** 341-353.
- KORSU E. & M.-H. MASSOT (2004) « Mise en cohérence des bassins d'habitat et des bassins d'emploi en Île-De-France : les enjeux pour la régulation de l'usage de la voiture » présenté au colloque de l'ASRDLF, 1-3 septembre, Bruxelles.
- KRIZEK K. (2003) « Residential relocation and changes in urban travel » *Journal of the American Planning Association* **69-3** 265-281.
- LABORIT H. (1971) *L'homme et la ville* (France : Flammarion) 216p.
- LE BRETON É. (2004) « Mobilité, exclusion et marginalité » In ALLEMAND S., F. ASCHER & J. LÉVY *Les sens du mouvement* (Paris : Belin) p.117-123.
- LE CORBUSIER (1929) « The city of tomorrow and its planning » Partiellement reproduit In LEGATES R. & F. STOUT (2000) *The city reader* (London : Routledge) p.336-343.
- LEFEBVRE H. (1970) « La forme urbaine » Partiellement reproduit In RONCAYOLO M. & T. PAQUOT (1992) *Villes & civilisation urbaine : XVIII^e-XX^e siècle* (Paris : Larousse) p.222-227.
- LEGATES R. & F. STOUT (1998) « Modernism and early urban planning, 1870-1940 » In LEGATES R. & F. STOUT (2000) *The city reader* (London : Routledge) p.299-313.
- LEGATES R. & F. STOUT (2000) *The city reader* (London : Routledge) p.299-313.
- LEVINE J. (1998) « Rethinking accessibility and jobs-housing balance » *Journal of the American Planning Association* **64-2** 133-149.
- LEVINSON D.M. (1998) « Accessibility and the journey to work » *Journal of Transport Geography* **6-1** 11-21.
- LEVINSON D.M. & A. KUMAR (1997) « Density and the journey to work » *Growth and Change* **28-2** 147-172.
- LÉVY J. (2003) « Ville » In LÉVY J. & M. LUSSAULT *Dictionnaire de la géographie* (Paris : Belin) p.988-992.

- LÉVY J. (2004) « Modèle de mobilité, modèle d'urbanité » In ALLEMAND S., F. ASCHER & J. LÉVY *Les sens du mouvement* (Paris : Belin) p.157-169.
- LEWIS R. (2000) *Manufacturing Montreal : the making of an industrial landscape, 1850 to 1930* (Baltimore : John Hopkins University Press) 360p.
- LOWE J.C. (1998) « Patterns of spatial dispersion in metropolitan commuting » *Urban Geography* **19-3** 232-253.
- LUSSAULT M. (2004) « La mobilité comme événement » In ALLEMAND S., F. ASCHER & J. LÉVY *Les sens du mouvement* (Paris : Belin) p.109-116.
- LUSSAULT M. (2003) « Quartier » In LÉVY J. & M. LUSSAULT *Dictionnaire de la géographie* (Paris : Belin) p.758-760.
- LUSSAULT M & M. STOCK. (2003) « Mobilité » In LÉVY J. & M. LUSSAULT *Dictionnaire de la géographie* (Paris : Belin) p.622-625.
- MANSON S.M. (2001) « Simplifying complexity : a review of complexity theory » *Geoforum* **32** 405-414.
- MARSHALL A. & M. MARSHALL (1879) *The economics of industry* (London : MacMillan) 231p.
- MASSEY D.B. (1984) *Spatial divisions of labour : social structures and the geography of production* (Basingstoke : MacMillan) 393p.
- MASSEY D.S. & N.A. DENTON (1988) « The dimensions of residential segregation » *Social Forces* **67-2** 281-315.
- MASSOT M.-H. & J.-P. ORFEUIL. (2004) « Les mobilités urbaines dans 20 ans » In ALLEMAND S., F. ASCHER & J. LÉVY *Les sens du mouvement* (Paris : Belin) p.219-227.
- MCFADDEN D. (2001) « Disaggregate behavioural travel demand's RUM side : A 30-year retrospective » In HENSHER D. *Travel behaviour research : The leading edge* (Oxford : Pergamon) p.17-62.
- MCGUCKIN, N. ET N. SRINIVASAN (2003) *Journey to work trends in the United States and its major metropolitan areas, 1960-2000* <http://www.fhwa.dot.gov/ctpp/jtw/index.htm>
- MCKENZIE R.D. (1925) « The ecological approach to the study of the human community » In PARK R.E. & E.W. BURGESS (1967) *The City : suggestions for investigation of human behavior in the urban environment* (Chicago : University of Chicago Press) p.63-79.
- MEURS H. (2003) « Special issue : Land use and sustainable mobility » *European Journal of Transport and Infrastructure Research* **3-2** 109-117.
- MEYRONIN B. (2003) « De la cité industrielle à la métropole informationnelle : une perspective historique sur la relation ville-industrie » *Revue d'Économie Régionale et urbaine* **1** 153-172.
- MILLER H. & E. WENTZ (2003) « Representation and spatial analysis in geographic information systems » *Annals of the Association of American Geographers* **93-3** 574-594.
- MILLS E.S. (1972) *Studies in the structure of the urban economy* (Baltimore : John Hopkins University Press) 151p.

- MORGAN B. (1975) « The segregation of socioeconomic groups in urban areas : A comparative analysis » *Urban Studies* **12** 47-60.
- MORIN E. (1990) *Introduction à la pensée complexe* (Paris : Seuil) 158p.
- MORRILL R.L. (1991) « On the measure of geographical segregation » *Geography Research Forum* **11** 25-36.
- MOSES L. (1962) « Towards a theory of intra-urban wage differentials and their influence on travel patterns » *Papers and Proceedings of the Regional Science Association* **9** 53-63.
- MUTH R.F. (1969) *Cities and housing : the spatial pattern of urban residential land use* (Chicago : University of Chicago Press) 355p.
- MYLES J., G. PICOT & W. PYPER (2000) « Inégalités entre les quartiers des villes canadiennes » *Statistique Canada*, Document de Recherche, #160.
- NEWMAN P. & J. KENWORTHY (1989) « Gasoline consumption and cities : A comparison of U.S. cities with a global survey » *Journal of the American Planning Association* **55-1** 24-37.
- NEWMAN P. & J. KENWORTHY (1999) *Sustainability and cities : Overcoming automobile dependence* (Washington : Island Press) 442p.
- OPENSHAW S. (1984) *The modifiable areal unit problem* (Norwich: Geo Books).
- O'REAGAN K.M. & J.M. QUIGLEY (1998) « Where youth live : economic effects of urban space on employment prospects » *Urban Studies* **35-7** 1187-1205.
- ORY D.T., P.L. MOKHTARIAN, L.S. REDMOND, I. SALOMON, G.O. COLLANTES & S. CHOO (2004) « When is commuting desirable to the individual » *Growth and Change* **35-3** 334-359.
- PECK J. (1996) *Workplace : the social regulation of labor markets* (New York : Guilford) 320p.
- PECQUEUR B. & N. ROUSIER (2003) « Villes technopoles et ségrégation spatiale » présenté au colloque de l'ASRDLF, 1-3 septembre, Lyon.
- PHILLIPS J.D. (2005) « Entropy analysis of multiple scale causality and qualitative causal shifts in spatial systems » *Professional Geographer* **57-1** 83-93.
- PIGOZZI B.M. (2004) « A hierarchy of spatial marginality through spatial filtering » *Professional Geographer* **56-4** 460-470.
- PINÇON M. & M. PINÇON-CHARLOT (2002) « L'agrégation des élites » *Études Foncières* **98** 6-9.
- PIPKIN J.S. (1995) « Disaggregate models of travel behavior » In HANSON S. *The geography of urban transportation* (New York : Guilford) p.188-218.
- POËTE M. (2003) « La ville comme être vivant » In RONCAYOLO M. & T. PAQUOT (1992) *Villes & civilisation urbaine : XVIII^e-XX^e siècle* (Paris : Larousse) p.184-195.
- POOLER J. (1993) « Structural spatial interaction » *Professional Geographer* **45-3** 297-305.

- POUYANNE G. (2004) « L'interaction entre usage du sol et comportements de mobilité. Méthodologie et application à l'aire urbaine de Bordeaux » présenté au colloque de l'ASRDLF, 1-3 septembre, Bruxelles.
- POUYANNE G. (2005) « Diversité des usages du sol et mobilité quotidienne : Une application à l'aire urbaine de Bordeaux » *Groupement de Recherches Économiques et Sociales (GRES)*, Cahiers du GRES, #2005-8.
- PRÉTECEILLE E. (2002) « Comment analyser la ségrégation sociale? » *Études Foncières* **98** 10-16.
- PRIGOGINE I. (1994) *Les lois du chaos* (France : Flammarion) 127p.
- PUMAIN D. (1998) « Les modèles d'auto-organisation et le changement urbain » *Cahiers de Géographie du Québec* **42-117** 349-366.
- RICHARDSON B.M. (1973) *The economics of city size* (London : Saxon House).
- ROSE D. & P. VILLENEUVE (1998) « Engendering class in the metropolitan city : occupational pairings and income disparities among two-earner couples » *Urban Geography* **19-2** 123-159.
- ROUWENDAL J. & P. NIJKAMP (2004) « Living in two worlds : a review of home-to-work decisions » *Growth and Change* **35-3** 287-303.
- SANDERS L. (1998) « La dynamique d'un système de villes : les apports d'une modélisation par la synergie » *Cahiers de Géographie du Québec* **42-117** 367-378.
- SASSEN S. (1991) *The Global City : New York, London, Tokyo* (Princeton : Princeton University Press) 398p.
- SCHWANEN T., M. DIJST & F.M. DIELEMAN (2002) « A microlevel analysis of residential context and travel time » *Environment and Planning A* **34** 1487-1507.
- SCHWANEN T., F.M. DIELEMAN & M. DIJST (2004) « The impact of metropolitan structure on commute behavior in the Netherlands: a multilevel approach » *Growth and Change* **35-3** 304-333.
- SCOTT A.J. (1988) *Metropolis : from the division of labor to urban form* (Berkeley : University of California Press) 260p.
- SCOTT A.J. (1992) « L'économie métropolitaine : organisation industrielle et croissance urbaine » In BENKO G. & A. LIPIETZ *Les régions qui gagnent, Districts et réseaux : les nouveaux paradigmes de la géographie économique* (Paris : PUF) p.77-88.
- SCOTT A.J. (2002) « Industrial urbanism in late-twentieth-century Southern California » In DEAR M.J. *From Chicago to L.A. : making sense of urban theory* (Thousand Oaks : Sage) p.161-179.
- SHANNON C.E. & W. WEAVER (1963) *The Mathematical Theory of Communication* (Chicago : University of Illinois Press) 122p.
- SHEARMUR R. (2005) « L'aristocratie mobile du savoir : quelques réflexions sur les thèses de Richard Florida » *INRS-UCS, Les Inédits*, 2005-09.
- SHEARMUR R. & M. CHARRON (2004) « From Chicago to L.A. and back again : A Chicago-inspired quantitative analysis of income distribution in Montreal » *Professional Geographer* **56-1** 109-126.

- SHEARMUR R., W COFFEY, C. DUBÉ ET R. BARBONNE (à paraître) « Intra-metropolitan employment structure : Polycentricity and scatteration in Toronto, Montreal and Vancouver, 1996-2001 » *Urban Geography*.
- SHEN Q. (2000) « Spatial and social dimensions of commuting » *Journal of the American Planning Association* **66-1** 68-82.
- SIMPSON W. (1992) *Urban structure and the labour market* (Oxford : Clarendon) 198p.
- SMALL K. & S. SONG (1992) « “Wasteful” commuting : A resolution » *Journal of Political Economy* **100-4** 888-898.
- SMETS M. (2004) « Le paysage contemporain des infrastructures. Le paradoxe de l'intégration » In ALLEMAND S., F. ASCHER & J. LÉVY *Les sens du mouvement* (Paris : Belin) p.249-256.
- SRINIVASAN S. (2002) « Quantifying spatial characteristics of cities » *Urban Studies* **19-11** 2005-2028.
- STATISTIQUE CANADA (2002) *Dictionnaire du recensement de 2001* # 92-378-XIF au catalogue
- STATISTIQUE CANADA (2003) *Recensement de 2001 Échantillonnage et pondération* # 92-395-XIF au catalogue
- STATISTIQUE CANADA (2005) *Région métropolitaine de recensement*
http://www12.statcan.ca/francais/census01/Products/Reference/dict/geo009_f.htm
- STRAUGHAN J. & P. HONDAGNEU-SOTELO (2002) « From immigrants in the city, to immigrant city » In DEAR M.J. *From Chicago to L.A. : making sense of urban theory* (Thousand Oaks : Sage) p.183-211.
- SULTANA S. (2002) « Job/housing imbalance and commuting time in the Atlanta metropolitan area : exploration of causes of longer commuting time » *Urban Geography* **23-8** 728-749.
- TAAFFE E.J., H.L. GAUTHIER & M.E. O'KELLY (1996) *Geography of transportation* (Upper Saddle River : Prentice Hall) 422p.
- THÉRIAULT S. (1998) « MapStat version 1.2 » Centre de Recherche en Aménagement et Développement (CRAD).
- THIBAUT S. (2003) « Complexité » In LÉVY J. & M. LUSSAULT *Dictionnaire de la géographie* (Paris : Belin) p.188-190.
- TIMOTHY D. & W.C. WHEATON (2001) « Intra-urban wage variation, employment location, and commuting times » *Journal of Urban Economics* **50-2** 338-366.
- TORRENS P.M. (2000) « How land-use-transportation models work » *Centre for Advanced Spatial Analysis (CASA)*, Working Paper Series, #20.
- TORRENS P.M. & M. ALBERTI (2000) « Measuring sprawl » *Centre for Advanced Spatial Analysis (CASA)*, Working Paper Series, #27.
- U.S. CENSUS BUREAU (2005) *Descriptions and Metadata*
http://www.census.gov/geo/www/cob/ma_metadata.html

- VANCE J.E. (1971) « Land assignment in the precapitalist, capitalist, and postcapitalist city » *Economic Geography* **47** 101-120.
- VANCE J.E. (1990) *The continuing city : urban morphology in Western civilization* (Baltimore : John Hopkins University Press) 534p.
- VANDERMISSEN M.-H., P. VILLENEUVE & M. THÉRIAULT (2001) « L'évolution de la mobilité des femmes à Québec entre 1977 et 1996 » *Cahiers de Géographie du Québec* **45-125** 211-243.
- VANDERMISSEN M.-H., P. VILLENEUVE & M. THÉRIAULT (2003) « Analysing changes in urban form and commuting time » *Professional Geographer* **55-4** 446-463.
- VAN DER VALK A. (2002) « The dutch planning experience » *Landscape and Urban Planning* **58** 201-210.
- VAN KEMPEN R. & A.S. ÖZÜEKREN (1998) « Ethnic segregation in cities: New forms and explanations in a dynamic world » *Urban Studies* **35-10** 1631-1656.
- VAN OMMEREN J., P. RIETVELD & P. NIJKAMP (1997) « Commuting : in search of jobs and residences » *Journal of Urban Economics* **42** 402-421.
- VAN OMMEREN J., P. RIETVELD & P. NIJKAMP (1999) « Stability of job moving, residential moving, and commuting : a search perspective » *Journal of Urban Economics* **46** 230-253.
- VAN WEE B., M. HAGOORT & J.-A. ANNEMA (2001) « Accessibility measures with competition » *Journal of Transport Geography* **9** 199-208.
- VELTZ P. (2004) « L'économie de toutes les mobilité » In ALLEMAND S., F. ASCHER & J. LÉVY *Les sens du mouvement* (Paris : Belin) p.49-59.
- VERHETSEL A. (1999) « The impact of spatial versus economic measures in an urban transportation plan » *Computers, Environment and Urban Systems* **22-6** 541-555.
- VILLENEUVE P. & D. ROSE (1988) « Gender and the separation of employment from home in metropolitan Montreal, 1971-1981 » *Urban Geography* **9-2** 155-179.
- VON THÜNEN J. (1826) « L'État isolé » In HURIOT J.-M. (1994) *Von Thünen : économie et espace* (Paris : Economica) p.5-20.
- WACHS M. (1995) « The political context of transportation policy » In HANSON S. *The geography of urban transportation* (New York : Guilford) p.269-286.
- WACHS M., B.D. TAYLOR, N. LEVINE & P. ONG (1993) « The changing commute : a case-study of the jobs-housing relationship over time » *Urban Studies* **30-10** 1711-1729.
- WADDELL P. (2001) « Towards a behavioural integration of land use and transportation modelling » In HENSHER S. *Travel behaviour research : The leading edge* (Oxford : Pergamon) p.65-95.
- WEBER J. & M.-P. KWAN (2002) « Bringing time back in : A study on the influence of travel time variations and facility opening hours on individual accessibility » *The Professional Geographer* **54-2** 226-240.
- WEBER J. & M.-P. KWAN (2003) « Evaluating the effects of geographic contexts on individual accessibility : A multilevel approach » *Urban Geography* **24-8** 647-671.

WHITE M. (1988) « Urban commuting journeys are not “wasteful” » *Journal of Political Economy* **96-5** 1097-1110.

WONG D. (1993) « Spatial indexes of segregation » *Urban Studies* **30-3** 559-572.

WRIGHT, F.L. (1935) « Broadacre City : A new community plan » Partiellement reproduit In LEGATES R. & F. STOUT (2000) *The city reader* (London : Routledge) p.344-349.

WYLY E. (1999) « Local labor markets and occupational sex segregation in an american metropolis » *Journal of Urban Affairs* **21-1** 1-33.

ZAHAVI Y. & J.M. RYAN (1980) « Stability of travel components over time » *Transportation Research Record* **750** 19-26.

ZAHAVI Y. & A. TALVITIE (1980) « Regularities in travel time and money expenditures » *Transportation Research Record* **750** 13-19.

GLOSSAIRE

Le cadre théorique élaboré dans cette thèse nécessite la formulation de plusieurs concepts qui prennent des significations parfois rapprochées mais toujours spécifiques. Comme plusieurs de ces concepts suivent des syntaxes semblables, nous incluons ce glossaire pour faciliter la lecture et éviter les confusions sémantiques.

Comportement de navettage

Le comportement de navettage réfère au choix réalisé par le travailleur. Ce choix, modulé par plusieurs critères dont la distance de la navette, amène le travailleur à adopter une option de navettage.

Distance de navettage

La distance de navettage réfère à la distance moyenne des navettes des travailleurs. Dans le contexte d'une réflexion théorique, elle ne réfère pas à une mesure précise de la distance, comme la distance euclidienne ou le temps de déplacement. Elle réfère plutôt à l'éloignement compris au sens large, dans la mesure où deux lieux éloignés en kilomètres tendent à être aussi éloignés en temps (Charron et Shearmur 2005b). Dans le contexte d'une analyse empirique, elle réfère à la valeur de OBS* dont la mesure est explicitée à l'équation (2) et qui est, dans le cadre de cette thèse, toujours mesurée selon la distance euclidienne.

Distance de la navette

La distance de la navette réfère à l'éloignement (compris au sens large) entre le lieu de résidence et le lieu de travail d'un travailleur en particulier. Elle se distingue ainsi de la distance de navettage qui réfère à un éloignement collectif.

Marché d'emploi

Le cadre théorique des possibilités de navettage postule l'existence d'un marché d'emploi fermé, comptant autant de lieux de résidence que de lieux de travail. Bien que nous utilisons cette appellation aux chapitres 4 et 5, nous utilisons « région métropolitaine » ou « métropole » aux chapitres 6 et 7 pour faire référence au même concept.

* Les expressions suivies d'un astérisque sont définies au chapitre 4.

Option de navettage

Une option de navettage représente une paire résidence-emploi accessible à un travailleur particulier. Ce dernier peut choisir parmi un ensemble d'options de navettage qui ne présentent pas nécessairement un lieu de résidence ou un lieu de travail fixe : le travailleur peut hésiter entre deux options de navettage dont le lieu de résidence et le lieu de travail diffèrent.

Possibilité de navettage

La possibilité de navettage représente une situation selon laquelle tous les travailleurs d'une région métropolitaine sont appariés à un emploi. Plus spécifiquement, elle représente la distance de navettage associée à cette situation. Elle peut être probable (les distances de navettes sont raisonnables) ou non (les emplois qualifiés sont attribués aux travailleurs peu scolarisés), elle peut être observée (dans le cas de OBS*) ou non (toutes les autres possibilités de navettage; dont MIN*, MOY* et MAX*).

La possibilité de navettage est à l'ensemble de travailleurs ce que l'option de navettage est, conceptuellement, au travailleur particulier. Une possibilité de navettage est un ensemble d'options de navettage qui font en sorte que chaque lieu de résidence est apparié à un et un seul lieu de travail. Ainsi, une possibilité de navettage compte autant d'options de navettage que le marché d'emploi compte de travailleurs.

Une forme urbaine « offre » un ensemble fini, mais colossal, de possibilités de navettage. De cet ensemble, quatre possibilités de navettage spécifiques retiennent davantage notre attention dans la mesure où elles représentent les valeurs de référence de notre démarche méthodologique. MIN* et MAX* représentent les possibilités de navettage extrêmes, associées aux valeurs minimales et maximales de distances de navettage de l'ensemble des possibilités de navettage (4.1.2). MOY* représente quant à elle la moyenne de toutes les distances de navettage associées aux possibilités de navettage. Techniquement, elle ne constitue pas une possibilité de navettage réelle. Enfin, OBS* réfère à la distance de navettage associée à la possibilité de navettage qui est effective.

* Les expressions suivies d'un astérisque sont définies au chapitre 4.

Pratique de navettage

Une pratique de navettage réfère au caractère collectif des comportements de navettage. La distance de la navette contraint le comportement de navettage alors que la distance de navettage contraint la pratique de navettage. Dans le cadre de cette thèse, la pratique de navettage se comprend comme la position de la distance de navettage par rapport à l'ensemble des possibilités de navettage. Si la distance de navettage est de beaucoup supérieure à MIN^* , nous dirons que la pratique de navettage est excessive dans la mesure où les travailleurs tolèrent une distance de navettage plus longue que la distance de navettage minimale qu'ils pourraient « choisir » collectivement. Si la distance de navettage se rapproche davantage de MIN^* que de MAX^* , nous dirons que la pratique de navettage est efficace. Enfin, si la distance de navettage est nettement inférieure à MOY^* , nous dirons que la pratique de navettage est optimale. L'adjectif « excessif » est repris de Small et Song (1992), l'adjectif « efficace » est repris de Horner (2002) et nous proposons l'adjectif « optimal ». Ces termes ont été adoptés pour des raisons plus pratiques que sémantiques. Notons enfin que l'adjectif « efficient » est utilisé pour signifier que la pratique de navettage, quelle que soit sa mesure, tend à raccourcir la distance de navettage.

Structure de navettage

La structure de navettage réfère à l'organisation spatiale de l'ensemble des navettes (origine, destination, moment et direction) du marché d'emploi (Handy 1996). La structure de navettage représente la possibilité de navettage observée. Elle se distingue cependant de la distance de navettage, qu'elle englobe, au sens où elle ne renvoie pas qu'à la distance mais aussi à l'organisation spatio-temporelle des déplacements domicile-travail.