

**LES DÉTERMINANTS DE LA DEMANDE
EN TRANSPORTS COLLECTIFS URBAINS :
COMPARAISON INTERNATIONALE
ET ANALYSE ÉCONOMÉTRIQUE**

IRAGAËL JOLY
LET

SOPHIE MASSON, ROMAIN PETIOT
GEREM

UNIV. LUMIÈRE LYON 2-ENTPE-CNRS

UNIV. DE PERPIGNAN

1. INTRODUCTION

1.1. LES OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

Le système de transport urbain est un élément essentiel de la structure physique, économique et sociale d'une aire urbaine. Il se compose d'infrastructures et de services de transport permettant aux agents économiques de joindre les diverses activités offertes au sein de la ville. Il conditionne ainsi l'espace de réalisation des déplacements urbains (BONNAFOUS, 1996 ; MEYER, MILLER, 2001).

Au niveau mondial, l'essentiel des déplacements est réalisé par la voiture

particulière (VP), les transports collectifs (TC) et la marche à pied (MAP). L'automobile permet une large liberté de déplacements mais reste le mode de transport des populations privilégiées motorisées. Les TC constituent le mode « social » de transport. Ils limitent néanmoins l'espace-temps des mobilités par rapport à la VP. Enfin, en dépit de son usage libre et gratuit, la MAP réduit très fortement la zone d'accessibilité. Classiquement, on considère que le fondement du choix modal se résume pour l'essentiel à un arbitrage entre le coût généralisé du mode de transport et la zone d'accessibilité définie dans le temps et dans l'espace.

Le système de transport est différent d'une agglomération à une autre. Sa structuration dépend de différents facteurs comme l'histoire ou la configuration géographique de la ville, la politique de transport, etc. Les autorités responsables des transports urbains ont pour objectif de rendre efficace ce système en prenant en compte non seulement les besoins individuels de mobilité, mais également l'ensemble des coûts engendrés par le système.

La base UITP (Union Internationale des Transports Publics) -*The millennium Cities Database*- fournit une information riche sur les systèmes de transport urbain et la mobilité de 100 villes du monde (VIVIER, 2001). Les agglomérations étudiées possèdent des niveaux de développement hétérogènes et offrent des systèmes de transport distincts. Tous les continents sont représentés (35 agglomérations d'Europe de l'Ouest, 6 d'Europe de l'Est, 15 d'Amérique du Nord, 10 d'Amérique du Sud, 8 d'Afrique, 3 du Moyen-Orient, 18 d'Asie et 5 d'Océanie). Toutes les tailles d'agglomérations sont concernées, de Graz (240 000 habitants) à la région métropolitaine de Tokyo (32,3 millions d'habitants). La dimension d'observation est agrégée puisqu'il s'agit d'indicateurs relatifs à l'agglomération urbaine. Les données collectées concernent à la fois la démographie, la structure urbaine, le niveau économique, les caractéristiques des réseaux routiers et de TC, l'offre de stationnement, le niveau de mobilité, les modes de transport utilisés, les temps et coûts de transport, la consommation d'énergie, les émissions polluantes, le nombre d'accidents, etc. Au total, la base comporte 175 indicateurs bruts élémentaires principalement de nature quantitative. Les données recueillies font référence à l'année 1995.

A la suite des travaux de NEWMAN et KENWORTHY (1989), KENWORTHY et LAUBE (1999 ; 2000), VIVIER et MEZGHANI (2001), MEZGHANI et POURBAIX (2003), JOLY (2003) et VAN DE COEVERING et SCHWANEN (2006), l'objectif de cet article¹ est de dresser un état des lieux des systèmes de transport dans le monde permettant de mettre plus particulièrement en évidence les principaux déterminants de l'usage des transports collectifs urbains. Cela conduit dans un premier temps à produire des profils relativement homogènes d'agglomérations

¹ Cet article constitue un prolongement des résultats d'une étude réalisée dans le cadre de l'atelier technique du Plan sur les transports urbains (COMMISSARIAT GÉNÉRAL DU PLAN, 2003).

reposant sur des organisations de systèmes de transport urbain sensiblement distinctes (2). L'apport de l'article, sur la base de ce travail préliminaire, est de présenter, dans un second temps, les résultats économétriques d'un modèle original expliquant les déterminants de la part de marché des TC et permettant d'apporter des éléments nouveaux de réflexion sur les leviers politiques favorisant les TC (3).

1.2. QUELQUES PRÉCAUTIONS SUR L'USAGE DE LA BASE UITP

En dépit du travail effectué par les auteurs lors de la constitution de la base UITP, un certain nombre de critiques peuvent lui être adressées (GODARD, 2001). Tout d'abord, une analyse globale -à l'échelle mondiale- réalisée grâce à des indicateurs standardisés gomme certaines spécificités locales. Par ailleurs, la succession d'hypothèses et de traitements de l'information brute soulève un ensemble de questions épineuses qui renvoient aux problèmes du degré d'homogénéité de la délimitation géographique des agglomérations, de l'année de référence, de la définition et la décomposition des indicateurs ou encore des méthodes d'enquêtes.

Tout d'abord, l'étude de la mobilité renvoie à un périmètre géographique qui n'est pas systématiquement en parfaite cohérence avec les entités administratives qui produisent les informations. Dans la base UITP, les données disponibles pour des zones administratives non pertinentes ont dû être ajustées. Des regroupements de communes ont ainsi été effectués pour reconstituer des zones métropolitaines cohérentes. De la même manière, les dates des enquêtes disponibles dans les différentes agglomérations n'étant pas identiques, des extrapolations ont été nécessaires pour que toutes les données correspondent à l'année de référence 1995. Ensuite, le manque de décomposition en sous-catégories de certains indicateurs, relevés à un niveau trop agrégé, peut produire des carences dans la base. Par exemple, pour certaines agglomérations, la distinction des services suburbains et des services interurbains se révèle impossible. Enfin, les divergences de résultats produits par des méthodes d'enquêtes différentes doivent être évoquées. En effet, qu'il s'agisse de relevés sur le terrain, d'enquêtes téléphoniques, ou de carnets de bord, les informations recueillies n'ont ni la même valeur informationnelle, ni le même pouvoir représentatif.

Au demeurant, bien que la base UITP soit qualifiée d'« imparfaite » par ses auteurs, elle n'en reste pas moins, à ce jour, le recueil de données le plus abouti, le plus complet et le plus fiable à un niveau international. L'intégralité des indicateurs est en effet renseignée pour 84 villes sur 100. Pour les autres cas, le taux de collecte varie de 30 à 95 %. La diversité des domaines d'où sont issus les indicateurs constitue un atout évident dans le sens où la dimension mondiale confère à la base un grand intérêt pour les comparaisons internationales et la connaissance de la mobilité à un niveau mondial.

2. LA MISE EN ÉVIDENCE DE PROFILS D'AGGLOMÉRATIONS

La base UITP présente une grande diversité d'agglomérations qui se distinguent par leur système de transport, leur structure urbaine, leur niveau de richesse et les pratiques de mobilité de leurs résidents. L'observation de ces caractéristiques permet d'établir plusieurs profils distincts d'agglomérations. Le Tableau 1 présente un récapitulatif des moyennes des indicateurs par groupe d'agglomérations.

Tableau 1 : Moyenne des indicateurs par groupe d'agglomérations

	Europe de l'Ouest	Amérique du Nord/Océanie	Métropoles asiatiques	Amérique du Sud	Europe de l'Est	Afrique	Autres villes d'Asie
Nombre d'agglomérations	35	20	5	10	6	8	16
Structure urbaine et contexte économique							
Surface (ha)	182 705	875 678	626 186	1 351 430	140 606	129 715	254 516
Population	2 130 561	3 941 434	12 045 192	7 598 602	3 878 301	3 702 787	8 052 031
Proportion d'emplois dans le centre (%)	18.29	12.27	20.08	22.60	17.03	14.03	23.09
Densité de population (pop/ha)	55.10	17.76	134.36	89.65	71.36	101.67	168.57
Densité d'emplois (emplois/ha)	26.97	8.45	66	38.41	38.80	27.09	75
PIB par tête (milliers de dollars US/hab.)	31.12	25.84	34.80	6.35	5.17	2.36	4.89
Système de transport							
Longueur de voirie (m/1000 pers.)	2 997.88	6 575.03	2 424.76	1 464.06	1 373.68	1 425.53	800.87
Longueur de lignes de transports collectifs (m/1000 pers.)	3 634.16	1 994.21	1 127.85	3 940.63	1 684.41	3 940.63	1 199.96
Coût d'usage d'un déplacement en voiture particulière (10 ⁻⁴ % du PIB par pers/déplacement)	157.81	113.01	132.48	563.55	551.64	979.86	484.69
Coût d'usage d'un déplacement en transports collectifs (10 ⁻⁴ % du PIB par pers/déplacement)	30.31	37.25	45.73	77.04	23.93	161.89	86.96
Prix du carburant (l 0 ⁻⁴ % PIB urbain par pers/km)	33.98	21.07	31.55	272.11	173.94	230.79	118.88
Offre de stationnement (places/1000 emplois)	270.00	501.43	120.59	71.38	74.04	195.57	231.19
Part du PIB investi urbain en TC (%)	0.45	0.21	0.47	0.40	0.50	0.54	0.72
Pratiques de mobilité							
Part modale des TC (%)	25.43	5.90	42.28	50.86	60.80	42.27	34.88
Part modale de la VP (%)	67.92	92.88	48.14	47.64	36.90	56.16	49.59
Distance quotidienne moyenne de déplacement (km)	21.62	40.17	22.49	16.67	19.97	11.70	13.07
Distance moyenne par déplacement (km)	7.98	11.09	8.98	10.32	6.63	7.50	7.09
Distance totale moyenne par déplacement domicile-travail (km)	9.22	16.03	11.52	10.10	7.43	11.48	8.06
Nombre moyen de déplacements quotidiens (n/hab)	2.89	3.59	2.67	1.71	2.81	1.6	2.17
Vitesse moyenne de déplacement sur route (km/h)	32.94	46.81	31.34	29.33	30.92	33.57	23.84
Motonsation (véh/1000 pers)	411.86	569.8	217.33	188.53	279.23	102.12	106.48

2.1. LA STRUCTURE URBAINE ET LE CONTEXTE ÉCONOMIQUE

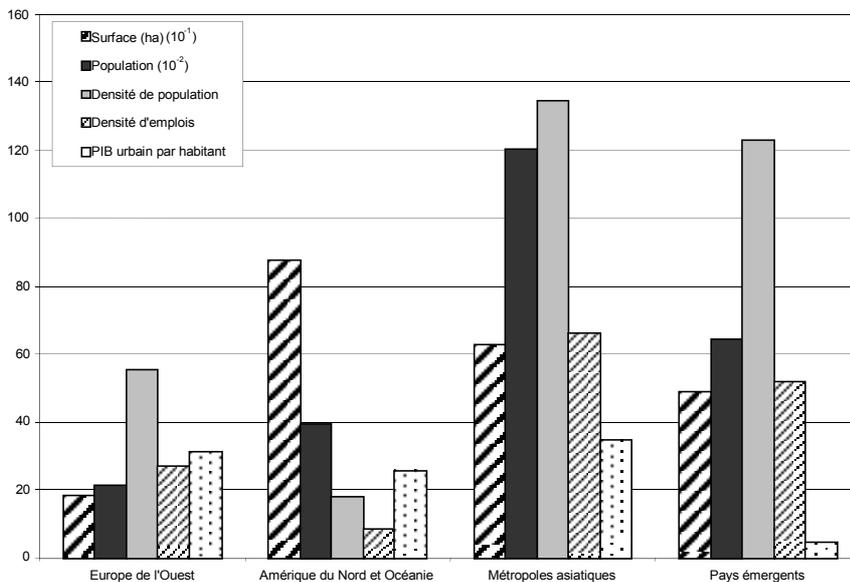
La structure urbaine, en tant que lieu d'exercice de la mobilité, recouvre deux aspects de l'univers de choix des individus. D'une part, la localisation des activités par rapport à la localisation des individus induit des besoins de mobilité. La demande de mobilité doit ainsi être considérée comme une demande dérivée de la demande d'activités des individus. D'autre part, la structure urbaine est le lieu de réalisation de la mobilité. A cet égard, elle dicte une grande part des conditions de déplacement.

L'observation des densités urbaines conduit à identifier des groupes d'agglomérations² (Cf. Tableau 1 ; Figure 1). En effet, les agglomérations nord-américaines et océaniques présentent des densités de population en moyenne trois fois moins importantes que celles observées dans les

² En raison de leur faible nombre et de leur comportement atypique, les agglomérations d'Amérique du Sud, d'Europe de l'Est, d'Afrique et les autres villes d'Asie sont regroupées dans une catégorie « pays émergents ». La catégorie « pays développés » intègre les agglomérations d'Amérique du Nord et d'Océanie, les agglomérations ouest-européennes et les métropoles asiatiques.

agglomérations ouest-européennes. En revanche, les agglomérations asiatiques et africaines et, dans une moindre mesure, les agglomérations d'Amérique du Sud et d'Europe de l'Est, présentent des densités de population nettement supérieures à celles des autres agglomérations. L'observation des densités d'emplois conduit en outre à des conclusions globalement similaires. On note par ailleurs que les agglomérations africaines et d'Europe de l'Est ont des surfaces inférieures à celles de l'ensemble des autres agglomérations alors que les agglomérations ouest-européennes ont des surfaces nettement inférieures à celles des métropoles asiatiques, des agglomérations nord et sud-américaines et des agglomérations océaniques. Cela permet de conclure que l'espace des opportunités de déplacement offertes au sein des agglomérations ouest-européennes et des métropoles asiatiques semble moins étendu mais plus dense que celui proposé au sein des agglomérations nord-américaines et océaniques.

Figure 1 : Indicateurs moyens de structure urbaine et de contexte économique



Le niveau moyen de richesse (mesuré par le PIB urbain par tête, en milliers d'USD) des agglomérations ouest-européennes est globalement comparable à celui des agglomérations nord-américaines et océaniques et à celui des métropoles asiatiques. Il est nettement inférieur pour les autres agglomérations.

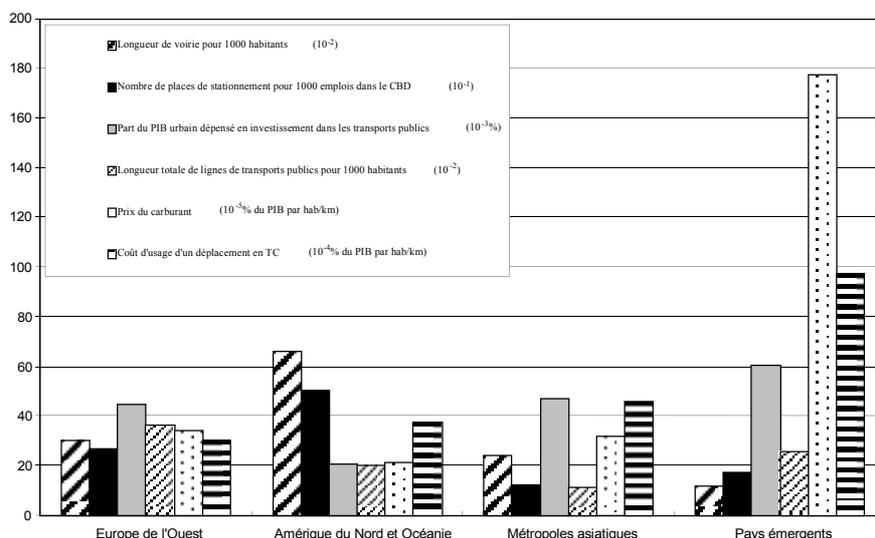
2.2. LES CARACTÉRISTIQUES DU SYSTÈME DE TRANSPORT

Les caractéristiques des systèmes de transport des agglomérations étudiées sont ici appréhendées par, d'une part, des indicateurs d'offre routière (longueur de voirie urbaine et capacité de stationnement), d'autre part, des

indicateurs d'offre de TC (longueur des lignes et effort d'investissement dans les transports publics). L'observation du prix du carburant et des coûts d'usage des différents modes de transport permet d'affiner les profils d'agglomérations.

La longueur de voirie (mesurée en mètre pour 1 000 habitants) est, en moyenne, plus de deux fois plus élevée dans les agglomérations nord-américaines que dans les agglomérations ouest-européennes et les métropoles asiatiques (Cf. Tableau 1 ; Figure 2). Cette hiérarchie est confirmée par l'offre de stationnement dans le centre-ville (nombre de places de stationnement pour 1 000 emplois dans le CBD). Inversement, l'effort d'investissement dans les TC (part du PIB urbain investi dans les TC) est deux fois plus important dans les agglomérations ouest-européennes et les métropoles asiatiques que dans les agglomérations nord-américaines et océaniques. De fait, l'offre d'infrastructures de TC (lignes de transport public mesurées en mètre pour 1 000 habitants) est deux fois plus élevée dans le premier groupe d'agglomérations que dans le deuxième. S'agissant des agglomérations des « pays émergents », si l'offre en infrastructures de TC supplante l'offre routière, ces deux types d'infrastructures sont cependant en quantités nettement inférieures par rapport à celles observables dans les agglomérations des « pays développés ».

Figure 2 : Indicateurs moyens des systèmes de transport



En moyenne, le prix du carburant est d'environ une fois et demie plus élevé dans les agglomérations ouest-européennes et les métropoles asiatiques que dans les agglomérations nord-américaines et océaniques (Cf. Tableau 1 ; Cf. Figure 2). L'écart est encore plus conséquent concernant les agglomérations des « pays émergents » (rapport de 1 à 20 pour les agglomérations d'Amérique du Sud par rapport aux agglomérations d'Amérique du Nord).

Parallèlement, le coût d'usage moyen d'un déplacement en automobile est largement plus élevé dans les agglomérations des « pays émergents ». Il est en revanche le plus faible dans les agglomérations nord-américaines et océaniques. La position des agglomérations ouest-européennes et des métropoles asiatiques est intermédiaire bien que se rapprochant sensiblement de la tendance nord-américaine. L'écart entre les agglomérations nord-américaines et océaniques et les agglomérations ouest-européennes semble cependant suffisamment significatif pour justifier une distinction de deux profils relativement homogènes d'agglomérations au sein des « pays développés ». On retrouve au demeurant la différenciation entre les agglomérations des « pays émergents » et celles des « pays développés » en observant les positions concernant le coût moyen d'un déplacement en TC. Il est en général plus élevé dans les « pays émergents » que dans les « pays développés », excepté pour les agglomérations est-européennes où il est du reste le plus faible. Au sein des « pays développés », le coût moyen d'usage des transports publics le plus élevé s'affiche dans les métropoles asiatiques qui s'écartent exceptionnellement du groupe des agglomérations ouest-européennes où ce coût est globalement plus faible que dans les agglomérations nord-américaines.

L'examen des caractéristiques du système de transport confirme la conclusion émise au regard de la structure urbaine. Il existe une rupture évidente entre, d'un côté, les agglomérations nord-américaines et océaniques peu denses offrant un système de transport largement doté en infrastructures routières aux dépens des infrastructures de TC, et, de l'autre, les agglomérations ouest-européennes et les métropoles asiatiques denses présentant une offre en infrastructures routières modérée et une offre d'infrastructures de transports publics plus conséquente. Les autres agglomérations de l'échantillon présentent un profil très hétérogène.

2.3. LES PRATIQUES DE MOBILITÉ

Afin de compléter la définition de profils distincts d'agglomérations homogènes à la lumière d'indicateurs caractéristiques des systèmes de transport urbain, il convient d'étudier les pratiques de mobilité. Elles sont ici appréhendées par l'observation du nombre de déplacements par personne, des distances parcourues, de la part de marché des transports collectifs et du budget temps de transport motorisé. Les deux premiers indicateurs sont renseignés dans la base de l'UITP en tenant compte du nombre total de déplacements effectués quel que soit le mode de transport. Le nombre de déplacements et la distance parcourue incluent donc les déplacements effectués à pied. En revanche, l'absence de considération des durées de MAP est regrettable³. Elle aurait pu éclairer une partie non négligeable des

³ La marche à pied est exclue de l'analyse en raison de la carence d'information concernant la durée moyenne d'un déplacement en marche à pied dans la base UITP.

phénomènes, notamment pour les comparaisons faisant intervenir les pays émergents ou les villes européennes qui affichent un usage de la MAP plus intensif que dans les villes américaines. En conséquence, les discussions portant sur les temps de mobilité globale des villes devront être lues comme se limitant à la mobilité motorisée (privée ou publique).

Rappelons à cet égard que les précédents travaux⁴, à l'exception de SCHAFER (2000) comparant les temps de transport internationaux, se concentrent sur les temps de transport motorisé. En effet, la disponibilité des données relatives aux temps de MAP et leur fiabilité contraignent encore très fortement les analyses. Les difficultés de recueil de l'information pour ces déplacements sont d'autant plus grandes qu'ils sont par nature des déplacements plus courts. De ce fait, l'évaluation des caractéristiques de ces déplacements est sensible aux méthodes d'enquête. Plus particulièrement, les durées de MAP déclarées sont influencées par les arrondis pratiqués par les enquêtés⁵.

Il n'en reste pas moins qu'en dépit du fait que la MAP est une composante essentielle des choix de comportement de mobilité, pour les raisons évoquées ci-dessus, elle ne peut être considérée dans cette analyse agrégée. En conséquence, l'interprétation des résultats devra se limiter aux questions de concurrence entre modes motorisés et de comportement de mobilité motorisée. Les résultats relatifs aux gestions des temps de transport devront dès lors être considérés avec prudence.

L'ensemble de ces imprécisions doit rester présent à l'esprit du lecteur, mais il pourra observer qu'elles ne détruisent pas le pouvoir séparateur des indicateurs disponibles, comme par exemple les contrastes qui ressortent des comparaisons entre continents. Les résultats les plus nets peuvent être considérés comme très probablement significatifs.

La part modale des TC⁶ est mesurée par le rapport entre le nombre de dépla-

⁴ Voir notamment ZAHAVI et RYAN (1980), ZAHAVI et TALVITIE (1980), ROTH et ZAHAVI (1981), METZ (2003).

⁵ En outre, la base de données UITP ne renseigne que très peu ce mode de déplacement. De façon plus générale, l'homogénéisation entre les systèmes de transport observés des définitions des déplacements en MAP reste problématique. Par ailleurs, dès lors que les distances à parcourir s'allongent, par rapport aux questions d'accessibilité et d'arbitrage avec les coûts, la MAP sort du jeu de la concurrence modale. Néanmoins, il convient de souligner que la non-prise en compte de la MAP, pour l'expression de la part modale des TC, la distance parcourue et le budget temps de transport présente des limites dans l'appréhension de la mobilité, notamment pour certaines villes du continent africain. Ainsi, par exemple à Douala, la MAP est le premier mode de transport ; elle représente 77 % des déplacements tous modes des pauvres et 52 % des non pauvres (SITRASS, 2004).

⁶ L'indicateur d'usage des TC retenu est la part de marché des TC qui reste le premier indicateur du partage modal pour le planificateur. Cet indicateur est souvent complété par celui des distances parcourues en TC. La prise en considération des distances parcourues est en effet essentielle pour saisir les schémas spatiaux de mobilité. Dans la présente étude, ceux-

cements effectués en TC et le nombre total de déplacements effectués en modes mécanisés (Cf. Tableau 1 ; Figure 3). L'observation des parts relatives des différents modes mécanisés permet de distinguer les agglomérations dont la mobilité est dominée par l'automobile de celles qui affichent une plus large pratique des déplacements en TC. Les déplacements dans les agglomérations nord-américaines et océaniques sont très majoritairement effectués en VP (93 % des déplacements). La part modale des TC y est, de fait, très faible. Dans les agglomérations ouest-européennes, la part modale des TC est sensiblement plus élevée (25 %) en dépit de la place importante prise par la VP dans l'ensemble des déplacements mécanisés (68 %). En revanche, la part modale des TC dans les métropoles asiatiques reste élevée (42 %). Enfin, dans les agglomérations des « pays émergents », la part de marché des TC est particulièrement dispersée (elle varie de 39 % dans les autres agglomérations asiatiques à 61 % dans les agglomérations d'Europe de l'Est).

La distance quotidienne moyenne dépasse les 40 kilomètres dans les agglomérations nord-américaines et océaniques (Cf. Tableau 1 ; Figure 4). Elle est presque deux fois plus faible dans les métropoles asiatiques et les agglomérations ouest-européennes (respectivement 21,4 et 22,5 km). La situation des agglomérations des « pays émergents » est de nouveau particulièrement dispersée. On retrouve la même hiérarchie concernant la distance moyenne par déplacement (11 km dans les agglomérations d'Amérique du Nord et d'Océanie, 9 km pour les métropoles asiatiques et 8 km dans les agglomérations d'Europe de l'Ouest) et la distance totale parcourue dans le cadre d'un déplacement domicile-travail. L'écart entre profils d'agglomérations s'accroît lorsqu'on s'intéresse précisément à la comparaison entre la distance domicile-travail et la distance moyenne par déplacement tous motifs. En effet, la distance d'un déplacement domicile-travail est près d'une fois et demie celle d'un déplacement tous motifs dans les métropoles nord-américaines alors qu'elle n'augmente que d'un tiers et de moins d'un cinquième dans les métropoles asiatiques et les agglomérations ouest-européennes respectivement. L'observation des distances de déplacement permet donc de mettre en évidence une véritable rupture entre les consommations d'espace des mobilités. D'un côté la mobilité nord-américaine et océanique se caractérise par des consommations d'espace extensives et, de l'autre, les

ci seront appréhendés par la prise en compte des profils d'agglomération. NEWMAN et KENWORTHY (1989), VIVIER (2001) ou encore VAN DE COEVERING et SCHWANEN (2006) évaluent également la part modale des TC sur la base du rapport entre le nombre de déplacements effectués en TC et le nombre total de déplacements effectués en modes mécanisés. Cet indicateur est considéré comme un indicateur valide pour leur interprétation de l'impact de l'aménagement urbain sur la mobilité ou les questions de mobilités durables. Toutefois, un indicateur du partage modal pourrait être mesuré par le rapport des distances parcourues par mode. Cette information n'est pas directement disponible dans la base UITP. Pour l'obtenir, il faudrait utiliser un quotient de moyennes. Celles-ci n'étant pas toutes renseignées, l'échantillon serait réduit et conduirait à introduire un risque de colinéarité avec les distances parcourues. Les parts des TC selon les deux modes de mesure sont présentées ci-dessous. Les résultats présentés en Annexe 2 montrent dans quelle mesure les ordres de grandeur sont conservés.

consommations spatiales de la mobilité au sein des métropoles asiatiques et ouest-européennes semblent contenues. Ces consommations seront qualifiées d'intensives.

Figure 3 : Indicateurs moyens des pratiques de mobilité (partie 1)

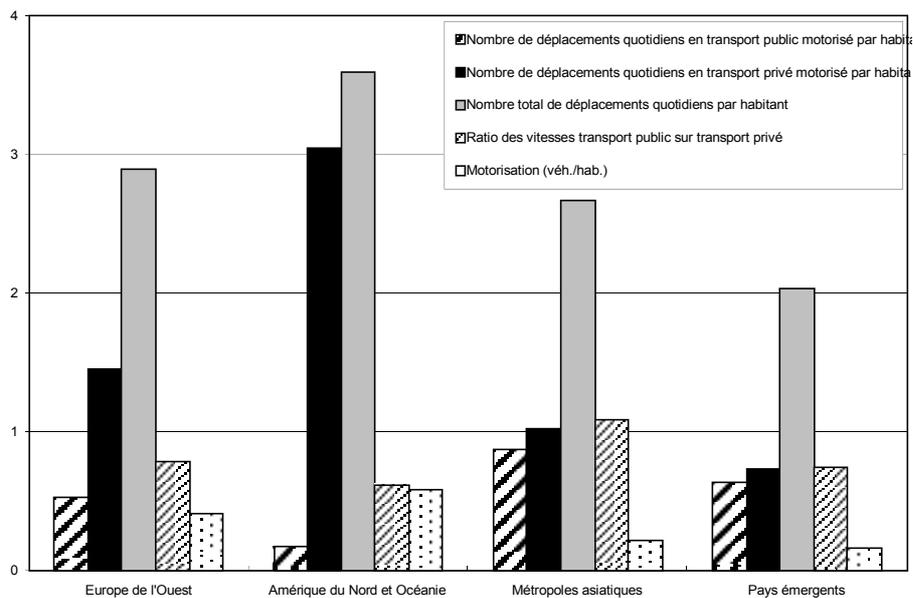
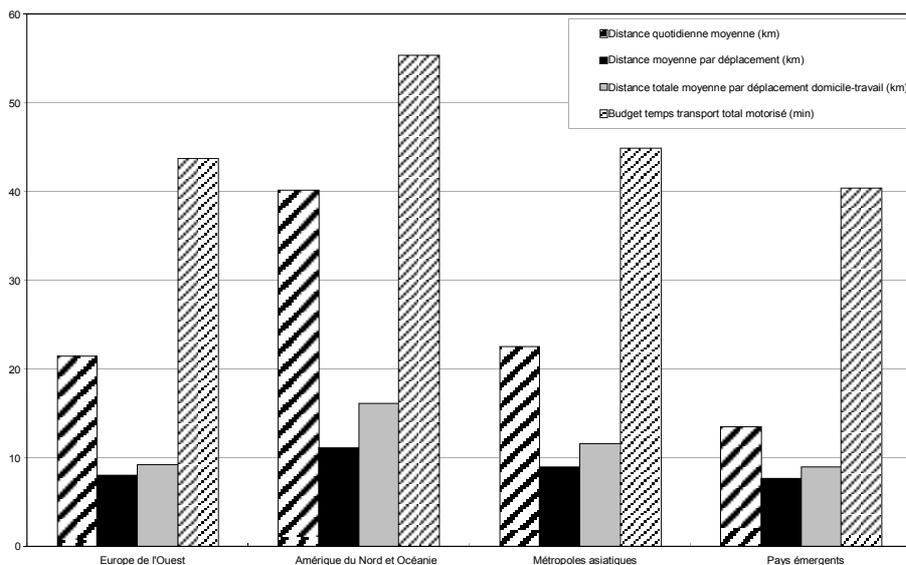


Figure 4 : Indicateurs moyens des pratiques de mobilité (partie 2)



La propension à se déplacer est plus importante dans les agglomérations nord-américaines et océaniques (3,6 déplacements par jour et par personne)

que dans les agglomérations ouest-européennes et les métropoles asiatiques (respectivement 2,9 et 2,7 déplacements par jour et par personne). Cette tendance est d'autant plus forte qu'il s'agit de déplacements réalisés en modes privés motorisés. Elle est renforcée par l'observation des budgets temps de transport (BTT) motorisés. Sa moyenne est inférieure à 45 minutes dans les agglomérations ouest-européennes et les métropoles asiatiques, mais s'élève à 55 minutes dans les agglomérations nord-américaines et océaniques. L'usage des modes de transport privés motorisés est donc nettement marqué dans le profil extensif, que ce soit en termes de nombre de déplacements et de BTT. Il semble souligner une forte dépendance automobile de la mobilité de ces agglomérations.

Des profils distincts d'agglomérations peuvent à présent être envisagés :

- les *agglomérations nord-américaines et océaniques* combinent de faibles parts de marché TC, des densités faibles, des longueurs de voirie élevées, un coût du carburant faible, des distances parcourues et des BTT importants ;
- les *agglomérations ouest-européennes* associent en revanche des parts modales TC moyennes, des densités élevées, des longueurs de voirie importantes, un coût du carburant élevé, des distances parcourues et des BTT relativement faibles ;
- les *métropoles asiatiques* présentent des parts modales TC élevées, des distances parcourues et des BTT également relativement élevés ;
- les *agglomérations des « pays émergents »* associent globalement des parts modales TC élevées, des distances parcourues et des BTT relativement faibles, un coût d'usage des déplacements élevé⁷ et un niveau de richesse urbaine faible.

Dès lors, au regard des tendances relevées d'une part, étant donné le faible nombre de métropoles asiatiques d'autre part, on propose la construction de deux groupes relativement homogènes d'agglomérations (JOLY, MASSON, PETIOT, 2003 ; CROZET, JOLY, 2004). Le premier groupe, constitué des agglomérations ouest-européennes et des métropoles asiatiques⁸, se caractérise par

⁷ Pour ces agglomérations, le niveau élevé des déplacements effectués en transport collectif peut être perçu, non pas comme le résultat d'un choix d'orientation de la politique des transports, mais plutôt comme une contrainte imposée par le niveau de développement économique. Par ailleurs, le coût de l'usage de la VP reste trop conséquent dans ces agglomérations pour être généralisé.

⁸ La robustesse de cette dichotomie est illustrée par l'analyse en composantes principales développée par JOLY (2004). De plus, l'inclusion des cinq métropoles asiatiques dans le *profil intensif* soutient l'opposition entre les profils et les relations mises en évidence. Par ailleurs, les tests statistiques réalisés vérifient que leur exclusion du groupe ne modifie que marginalement l'ensemble des résultats et leur robustesse. Les relations observées dans le *profil intensif* seront supposées valides à la fois pour les villes ouest européennes et les métropoles asiatiques. Cela n'écarte cependant pas la possibilité de définir deux sous-groupes sur la base d'autres critères tels que, par exemple, les politiques de stationnement ou de tarification des modes privés, etc. (Cf. Tableau 1). La question du passage d'un profil d'agglomérations à un autre reste une hypothèse implicite du modèle.

un *profil intensif* : densité urbaine élevée, offre routière modérée, offre de TC importante, partage modal laissant une place importante aux TC. Ce modèle urbain intensif regroupe des agglomérations qui maintiennent une consommation relativement stable d'espace et de temps consacrée à la mobilité motorisée. A l'opposé, le groupe des agglomérations nord-américaines et océaniques désigne un *profil extensif* : densité urbaine faible, offre routière conséquente, offre de TC faible, partage modal largement favorable à la VP. Ce modèle urbain extensif rassemble des agglomérations qui se développent par l'extension des consommations d'espace et de temps⁹. Enfin, les agglomérations des « pays émergents » présentent des caractéristiques trop hétérogènes pour les décrire au travers d'un profil représentatif.

3. UN MODÈLE EXPLICATIF DES DÉTERMINANTS DE LA PART DE MARCHÉ DES TC

3.1. LES DÉTERMINANTS DE LA PART MODALE DES TC

Après avoir caractérisé deux profils d'agglomérations reflétant des organisations de systèmes de transport urbain distincts au sein des « pays développés », il convient à présent de réfléchir aux déterminants de l'usage des TC et de quantifier leur influence sur la part modale des TC. On étudie premièrement les déterminants relatifs à la structure urbaine et au contexte économique. Deuxièmement, on observe les liens existants entre la part de marché TC et les caractéristiques du système de transport. Enfin, on examine les relations entre la part de marché TC et les caractéristiques de la mobilité. Pour chacune de ces relations, on se limite à spécifier le positionnement des agglomérations caractéristiques des profils intensif et extensif. L'hétérogénéité des agglomérations des « pays émergents » ne permet pas de mettre en évidence des tendances suffisamment pertinentes sur ces agglomérations.

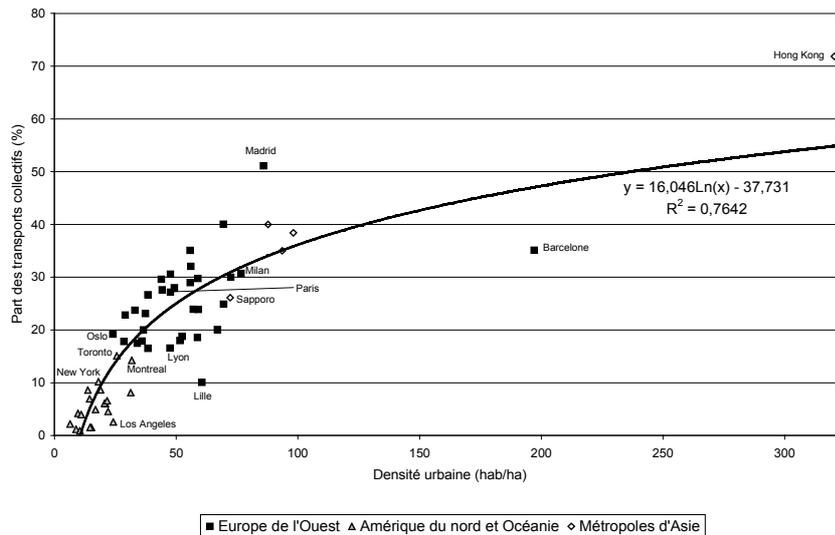
3.1.1. Les déterminants relatifs à la structure urbaine et au contexte économique

L'analyse des densités permet de mesurer en quoi les TC n'apparaissent performants que sur des espaces relativement denses permettant d'envisager une massification des flux. Inversement, la dispersion de la population ou des emplois au sein de l'agglomération affecte la performance des TC. S'agissant de l'impact de la densité de population, la Figure 5 révèle les positions sensiblement distinctes des agglomérations caractéristiques du *profil intensif* par rapport aux agglomérations appartenant au *profil extensif*. Ces dernières

⁹ La validation statistique de cette opposition entre profils urbains fait l'objet d'un travail particulier qui serait long à présenter ici. Nous proposons cette grille de lecture des systèmes urbains dans le but d'abandonner la traditionnelle opposition fondée sur l'appartenance à un continent. L'enjeu de ce type d'analyse internationale est la question du passage d'un profil urbain à un autre ; elle ne saurait donc être traitée par une simple distinction géographique.

combinent des densités de population faibles avec des parts de marché TC également réduites. A l'inverse, les agglomérations du *profil intensif* présentent de fortes densités de population et des parts de marché TC plus importantes. Ce constat illustre l'idée de FOUCHER (1999) selon laquelle il existerait un niveau de densité assurant la compétitivité du système de transports publics. La faible présence des TC dans les agglomérations du *profil extensif* ne s'explique pas uniquement par des contraintes géo-démographiques, mais également par une politique urbaine des transports profitant largement à l'automobile. Dans l'ensemble, la relation observée entre la densité urbaine et la part de marché des TC est proche de celle éclairée par KENWORTHY et LAUBE (1999).

Figure 5 : Part TC et densité de population*



* Les coefficients de détermination (R^2) sont présentés afin d'indiquer le degré de corrélation existant entre les variables représentées. Dans le cadre des régressions univariées présentées ici, ils ne peuvent être interprétés comme des parts de variances expliquées.

La densité d'emplois présente précisément le même type d'effet que la densité de population sur la part de marché des TC. Elle suggère également que la dispersion des emplois dans l'aire urbaine réduit la compétitivité d'un système de TC. Les agglomérations appartenant au *profil extensif* affichent ainsi des densités d'emplois trop faibles pour soutenir un système de TC compétitif. A l'inverse, la part des TC dans les agglomérations caractéristiques du *profil intensif* croît avec la densité d'emplois.

Si la part des TC apparaît liée aux indicateurs de concentration urbaine (mesurée par les densités urbaines), il n'existe en revanche pas d'effet de taille d'agglomération (mesurée par la population urbaine ou la surface

urbaine) sur la part des TC¹⁰. De même, on ne peut pas mettre en évidence de relation solide entre la part de marché TC et la proportion d'emplois dans le centre. En outre, l'observation des situations des agglomérations du *profil intensif* et du *profil extensif* révèle que le PIB urbain n'a quasiment pas d'influence sur le niveau de la part de marché des TC dans les « pays développés ». Il est impossible de distinguer ces agglomérations par leur niveau de PIB urbain. Il en résulte que la richesse économique locale est impuissante à expliquer les différences de partage modal existant entre ces deux groupes¹¹.

3.1.2. Les déterminants relatifs au système de transport

Les politiques de transport urbain disposent de divers instruments pour orienter le développement du système de transport. Parmi les outils économiques classiques, la part du PIB urbain consacrée aux investissements peut constituer un indicateur de l'orientation de la politique de transport suivie par l'agglomération. Il ne ressort cependant pas de tendance suffisamment forte pour l'ensemble des agglomérations des « pays développés » justifiant une publication des résultats. Notons seulement que les positions des agglomérations du *profil extensif* sont remarquables dans la mesure où elles combinent des parts de marché TC faibles et des efforts d'investissement limités. Les agglomérations du *profil intensif* produisent un effort globalement plus important et maintiennent un système de TC plus actif en termes de part modale.

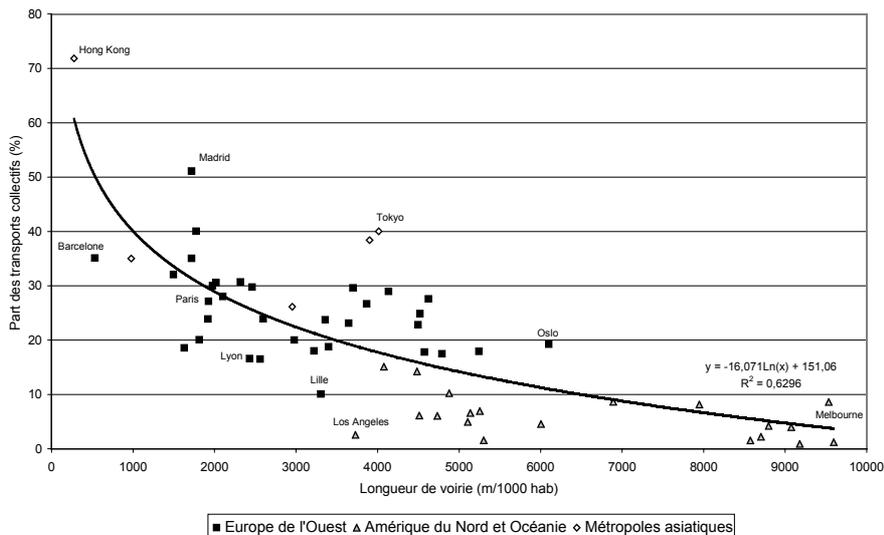
Il semble en revanche exister une relation décroissante entre la part TC et la longueur de voirie (Figure 6). La distinction peut là encore être faite entre les agglomérations du *profil intensif* et celles du *profil extensif*. Les premières présentent une part des TC en moyenne plus importante associée à une offre de voirie de moindre importance. Aucune relation significative ne peut en

¹⁰ Ni la population totale, ni la surface de l'agglomération ne sont des variables discriminantes de la part modale des TC. En ce qui concerne la surface de l'agglomération, si l'on constate une dichotomie nette entre les agglomérations nord-américaines et océaniques et les autres agglomérations, on observe que, d'une part, quelle que soit la taille de l'agglomération des villes nord-américaines, les parts modales des TC sont identiques et, d'autre part, pour une taille d'agglomération relativement similaire, les parts modales des TC sont très différentes dans les autres agglomérations.

¹¹ En revanche, pour l'ensemble des villes de la base, une relation décroissante entre le PIB urbain et la part de marché TC se dessine nettement. Cette tendance met en opposition les « pays développés » aux « pays émergents » où la part de marché TC reste importante du fait d'une faible démocratisation de l'accès à la motorisation. L'indicateur de richesse économique semble expliquer une grande part des situations relatives des « pays émergents » par rapport aux « pays développés ». Il laisse supposer l'existence d'un niveau de PIB au-delà duquel l'usage des TC n'est plus une obligation, mais un choix. On retrouve là encore les résultats de KENWORTHY et LAUBE (1999) qui indiquent qu'en raison de l'équivalence des PIB, l'orientation vers l'automobile du système de transport ne fait pas apparaître de gain économique. Par conséquent, la dépendance automobile ne résulte pas de la croissance économique de l'agglomération. Elle est le résultat de l'interaction avec d'autres variables.

revanche être mise en évidence entre la part de marché des TC et la longueur des lignes de TC.

Figure 6 : Part de marché TC et longueur de voirie



Le nombre de places de stationnement pour 1 000 emplois dans le centre présente un effet négatif sur la part de marché des TC (Figure 7). Dans les agglomérations du *profil extensif*, malgré une faible concentration d'emplois dans le centre ville, la politique de stationnement est clairement extensive et semble favorable aux modes privés motorisés de déplacement. En revanche, dans les agglomérations du *profil intensif*, les emplois sont regroupés au centre mais l'offre de stationnement est relativement moindre. Cela peut s'expliquer, d'une part, par la rareté de l'espace urbain du fait d'une densité urbaine importante, mais également par le résultat d'une politique volontariste de modération du stationnement sur le lieu de travail (CETUR, 1994).

Une relation positive apparaît clairement entre la part de marché TC et le prix du carburant (Figure 8). Ce dernier est un élément du choix modal en tant que coût direct des modes privés motorisés. Il possède un effet direct négatif sur la demande de transports privés. Inversement, plus il augmente, plus la part des TC est importante. Le carburant est à l'évidence plus cher dans les agglomérations d'Europe de l'Ouest que dans les agglomérations caractéristiques du *profil extensif*. Son effet sur leur part de marché est de fait très fort.

Il convient enfin d'observer le rapport des coûts d'usage des modes privés par rapport aux modes publics de déplacement. Ce quotient est déterminé à partir des coûts kilométriques d'usage de chacun des modes. La part de marché des TC est rapidement décroissante lorsque le coût du transport public croît relativement au coût du transport privé. Les rapports de prix nord-américains et ouest-européens apparaissent cependant équivalents. Du point de vue des prix kilométriques, les deux modes de transports sont

équivalents dans chacun des deux groupes *intensif* et *extensif*. Contrairement donc au prix des carburants, le rapport des prix au kilomètre ne permet pas d'expliquer les situations relatives des deux groupes.

Figure 7 : Part TC et place de stationnement dans le centre-ville

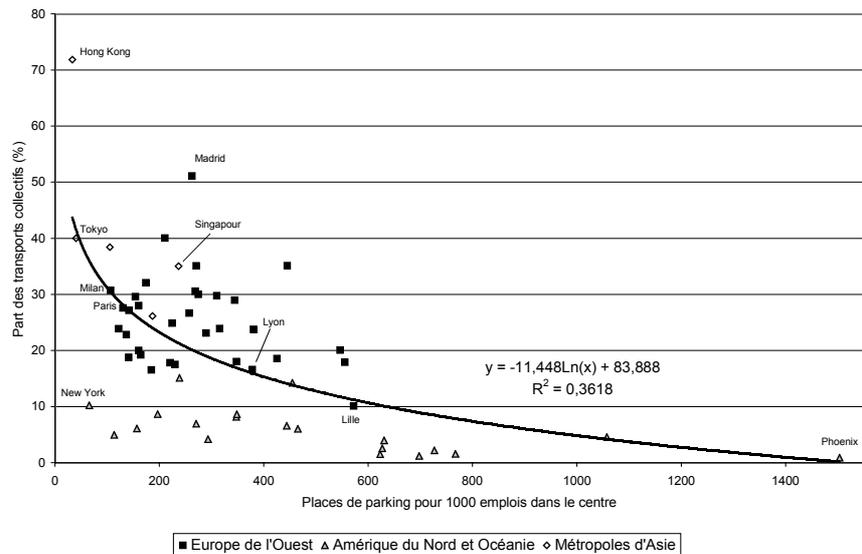
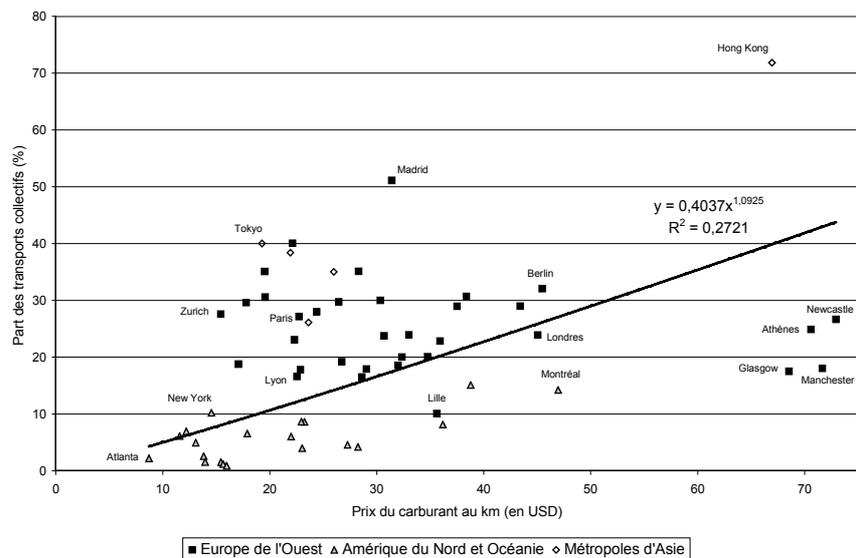


Figure 8 : Part de marché TC et prix du carburant



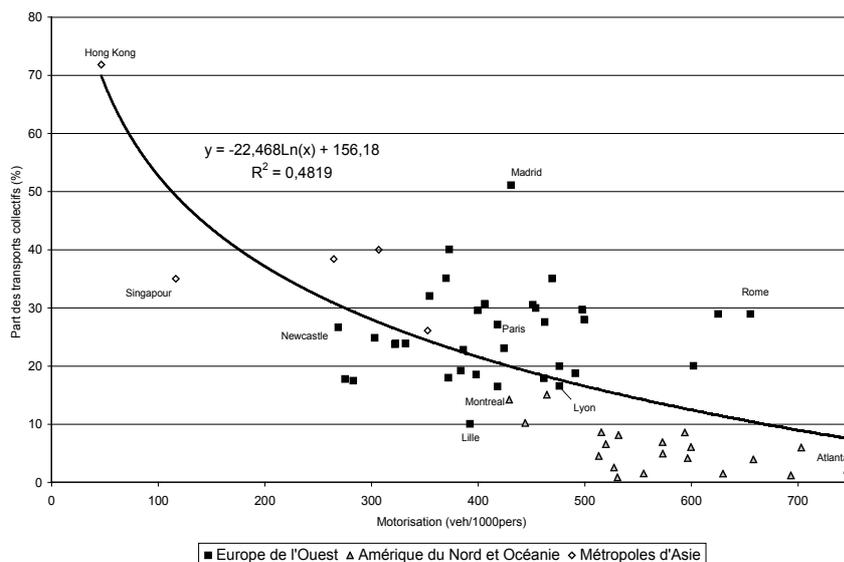
3.1.3. Les déterminants relatifs aux pratiques de mobilité

Une relation fonctionnelle décroissante apparaît entre la motorisation (nombre de véhicules pour 1 000 personnes) et la part de marché en TC (Figure 9).

On distingue clairement la position des agglomérations : d'un côté, les agglomérations du *profil extensif* qui présentent des taux de motorisation élevés associés à de faibles parts de marché des TC, de l'autre, les agglomérations du *profil intensif* qui affichent de faibles taux de motorisation et des parts de marché des TC plus élevées.

Aucune relation fonctionnelle suffisamment pertinente n'apparaît entre la distance quotidienne moyenne parcourue et la part de marché des TC. On note simplement que le groupe des agglomérations du *profil extensif* affiche des distances quotidiennes élevées du fait d'un étalement urbain important et associe des parts de marché des TC faibles. Cela reflète la difficulté pour les TC urbains d'être compétitifs sur de longues distances¹². De la même façon, il n'existe pas de relation significative entre la part des TC et la distance moyenne par déplacement.

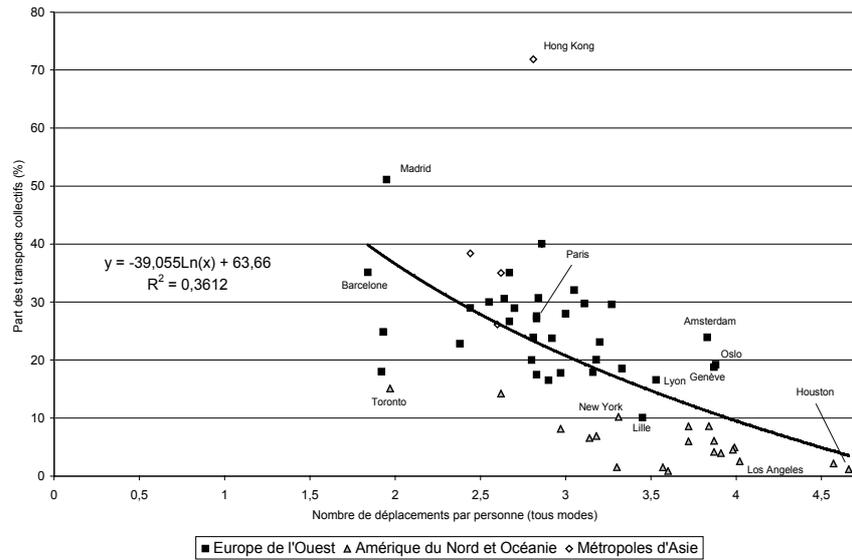
Figure 9 : Part de marché TC et motorisation



Une relation fonctionnelle négative peut être mise en évidence entre la part modale des TC et le nombre de déplacements tous modes par personne (Figure 10). La mobilité totale est la plus forte dans les agglomérations du *profil extensif* et se réalise largement en VP (faible part modale des TC et des autres modes). Pour les agglomérations du *profil intensif*, l'augmentation du nombre de déplacements s'associe à une diminution de la part des TC.

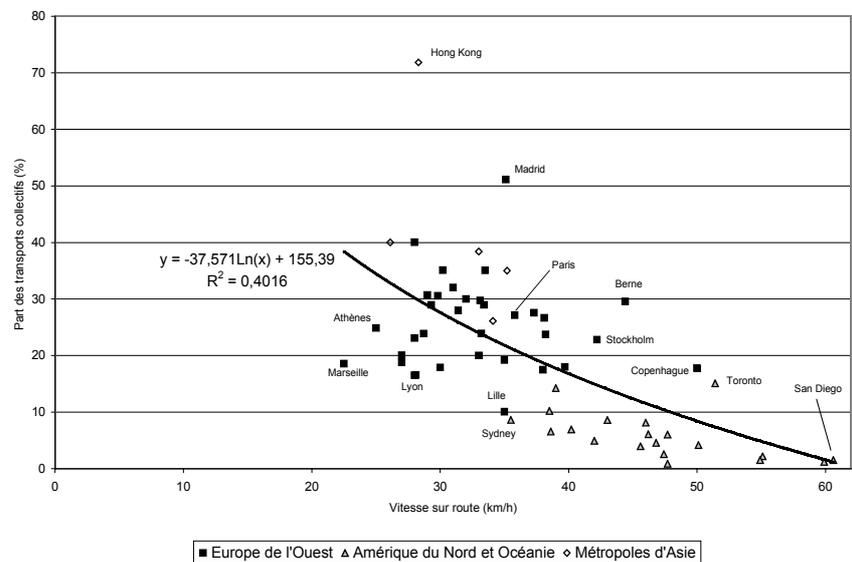
¹² Sauf exception, les TC ont tendance à être moins compétitifs que la VP sur les longues distances. D'une part, le ratio des vitesses VP/TC augmente lorsque l'on s'éloigne du centre-ville, sauf dans le cas où l'offre TC se caractérise par des sites propres (exemple de Paris et le réseau RER), d'autre part, le coût de fonctionnement des TC devient plus élevé puisque lorsqu'on s'éloigne du centre-ville, les densités diminuent et la massification des flux devient plus difficile rendant les TC moins performants (BONNEL, 2000).

Figure 10 : Part de marché TC et nombre de déplacements tous modes par personne



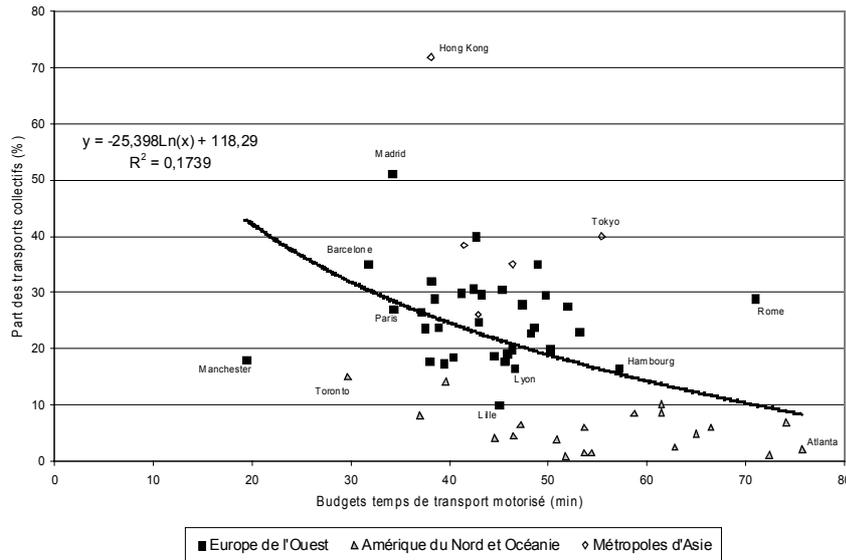
Une relation négative est observée entre la part de marché des TC et la vitesse sur route (Figure 11). Les agglomérations du *profil extensif* présentent à la fois les vitesses sur route les plus élevées et les parts modales des TC les plus faibles à l'opposé des agglomérations caractéristiques du *profil intensif*. De la même façon, les agglomérations du *profil extensif* ont des vitesses de modes privés nettement plus importantes que celles des modes publics de transport.

Figure 11 : Part de marché TC et vitesse sur route



Enfin, le budget temps de transport motorisé¹³ semble avoir une influence sur la part de marché des TC. La Figure 12 fait apparaître la supériorité des dépenses temporelles des agglomérations appartenant au *profil extensif*, pour les modes motorisés. Cette opposition en termes de consommations temporelles entre les deux profils d'agglomérations est développée dans l'analyse de JOLY (2004). Le profil des agglomérations du modèle intensif indique que le BTT motorisé des agglomérations du *profil intensif* est lié à l'existence de TC relativement compétitifs. Cette analyse met en perspective l'organisation urbaine, les systèmes de transport et les pratiques de la mobilité et permet de montrer l'opposition des agglomérations en termes de gestion des ressources espace-temps. De plus, elle conduit à revenir sur les niveaux de pertinence de l'hypothèse de stabilité des BTT (conjecture de ZAHAVI, 1979).

Figure 12 : Part de marché TC et le budget temps de transport motorisé



3.2. UN MODÈLE EXPLICATIF ÉCONOMÉTRIQUE

Aucune explication unidimensionnelle ne saurait rendre compte du partage modal. En revanche, la pertinence statistique des relations mises en évidence précédemment doit être testée par l'analyse multidimensionnelle. Pour cette partie de l'étude, seules les agglomérations des « pays développés » sont considérées (60 agglomérations)¹⁴.

¹³ La somme quotidienne des durées de déplacement motorisé est approximée par le produit du nombre de déplacements et de la durée moyenne d'un déplacement pour les modes privés motorisés et les modes publics motorisés.

¹⁴ L'exclusion des agglomérations des « pays émergents » s'explique par, d'une part, leur forte dispersion par rapport aux autres agglomérations, d'autre part, l'incertitude autour de leurs données. Les implications en termes de politiques des transports produites par le modèle ne pourraient que très difficilement être appliquées dans ces agglomérations.

3.2.1. Analyse économétrique à partir de 5 variables essentielles

Dans le premier modèle proposé, les cinq variables clés identifiées par VIVIER (2001) et retrouvées précédemment par l'étude unidimensionnelle des corrélations simples sont testées :

- la part du PIB urbain investi dans les TC (%PIB) ;
- le rapport des vitesses entre modes (rap_vit) ;
- le prix du carburant (prix_carb) ;
- le nombre de places de parking pour 1 000 emplois dans le centre (park_CBD) ;
- le rapport des prix entre modes (rap_prix).

Une relation log-log est estimée entre la part de marché et les indicateurs de ces variables. La forme linéaire n'est certes pas la meilleure méthode pour estimer des variables bornées, mais les résultats précédents laissent penser que le modèle log-log est une forme appropriée aux données. Le modèle avec ses coefficients estimés est le suivant :

$$\ln(\text{part TC}) = 1.26 + 0.21 \times \ln(\%PIB) + 1.35 \times \ln(\text{rap_vit}) + 0.83 \times \ln(\text{prix_carb}) - 0.36 \times \ln(\text{park_CBD}) - 0.44 \times \ln(\text{rap_prix}) \quad (1).$$

Le modèle estimé donne des résultats encourageants (Tableau 2 -Régression avec 5 variables). Le coefficient de détermination ($R^2 = 0,74$) et le coefficient de détermination ajusté ($R^2 \text{ aj.} = 0,71$) montrent que les variations des 5 variables utilisées expliquent 73 % des variations de la part de marché des TC. Les tests de Fisher et de Student confirment la significativité des variables à un seuil de confiance de 5 %. Seule la constante n'est pas significative à ce taux de confiance¹⁵. Les coefficients estimés sont tous d'un signe concordant avec les hypothèses de départ. Ainsi, en termes d'interprétation, la part du PIB urbain investi dans les TC, le prix du carburant et le rapport des vitesses ont un effet positif sur la part de marché des TC. Une augmentation d'une de ces variables contribue donc à l'augmentation de l'usage des TC. Inversement, le rapport des prix et le nombre de places de stationnement pour 1 000 emplois dans le centre ont un effet négatif sur la part modale des TC. Il est toutefois difficile de comparer l'ordre de grandeur des coefficients obtenus pour déterminer quantitativement le pouvoir relatif d'un de ces leviers sur la part de marché par rapport aux autres variables¹⁶.

Afin de tester le pouvoir discriminant des profils décrits précédemment, on introduit dans ce modèle la variable dichotomique profil qui marque les agglomérations appartenant au *profil intensif*. L'introduction de cette variable améliore significativement le pouvoir explicatif du modèle (Tableau 2

¹⁵ Ce coefficient n'a cependant pas de sens économique dans la mesure où il représente la part de marché des TC pour une agglomération dont les cinq variables seraient égales à l'unité.

¹⁶ En effet, les valeurs prises par ces variables ne sont pas comparables. Lorsque le rapport de prix est compris entre 0,01 et 0,07, le nombre de places de stationnement pour 1 000 emplois dans le centre est compris entre 2,5 et 1 883. De ce fait, les coefficients produits sont disproportionnés.

-Régression avec la distinction binaire de profils). Le R^2 ajusté passe de 0,71 à 0,85. Le coefficient correspondant au profil est relativement significatif et implique que l'appartenance au *profil intensif* d'agglomérations améliore de 0,35 points¹⁷ la part TC.

Tableau 2 : Régressions multiples du modèle log-log de la part modale des TC

Variable en log	Régression avec 5 variables MCO simples			Régression avec la distinction binaire de profils MCO simples			Régression avec les croisements : profil – variables Selection <i>stepwise</i>		
	Coefficient	Ecart type	t	Coefficient	Ecart type	t	Coefficient	Ecart type	t
Constante	1.26	0.97	1.30	4.02	0.79	5.05	2.65	0.58	4.50
Part du PIB urbain investi dans les TC	0.21	0.09	2.15	0.15	0.07	2.17	-	-	-
Rapport des vitesses des TC et des modes privés motorisés	1.35	0.35	3.85	0.53*	0.28	1.93*	0.45	0.22	1.99
Prix du carburant	0.83	0.15	5.31	0.41	0.13	3.34	0.88	0.14	6.05
Rapport des prix des TC et des modes privés motorisés	-0.44	0.15	-2.86	-0.28	0.11	-2.52	-0.31	0.09	-3.49
Nombre de places de parking pour 1000 emplois dans le centre	-0.36	0.14	-2.59	-0.33	0.10	-3.33	-0.75	0.09	-7.99
Profil (variable binaire non en log)				-1.06	0.15	-7.04	-	-	-
Prix du carburant CROISE avec profil							-0.75	0.16	-4.66
Nombre de places de parking pour 1000 emplois dans le centre CROISE avec profil							0.60	0.09	6.75
R^2		0.7371			0.8680			0.9102	
R^2 adj		0.7113			0.8521			0.8994	
F		28.60			54.79			84.47	

* coefficient significatif à 10%
** coefficient significatif à 15%

Si l'impact de cette variable profil est relativement faible, sa significativité est en fait révélatrice des carences du premier modèle. En effet, les variables présentes dans le modèle ne permettent pas de caractériser la différence entre les deux profils d'agglomérations. Dans une étape ultérieure, les variables du modèle sont donc croisées avec le profil afin d'identifier des effets propres aux profils. Afin de ne conserver que les variables les plus influentes parmi les 11 présentes dans ce nouveau modèle¹⁸ et d'exclure celles qui répètent une même information, la méthode économétrique *stepwise* est utilisée. Cette méthode inclut ou exclut les variables selon leur niveau de significativité dans la régression. Le pouvoir explicatif du modèle est encore amélioré puisque le coefficient de détermination R^2 s'élève à 0,91 (R^2 aj. = 0,89). Il met ainsi en évidence les effets proprement significatifs du profil intensif, à savoir l'effet du prix du carburant et l'effet de l'offre de stationnement (Tableau 2 -Régression avec les croisements profil-variables). Les coefficients qui s'appliquent à l'ensemble des deux groupes sont de signes identiques à ceux des modèles précédents et sont de surcroît de niveaux proches. Les effets croisés indiquent par ailleurs une minoration de l'effet positif du prix du carburant et une majoration de l'effet négatif de l'offre de stationnement sur la part modale TC.

Les instruments des politiques de transport identifiés précédemment sont donc tous validés en termes économétriques. La part de marché des TC semble sensible à ces cinq outils de politiques de transport. Les régressions

¹⁷ $e^{-1,06}=0,346$, en effet le profil étant une variable binaire (ne pouvant pas être exprimée en log), il faut donc considérer l'exponentielle du coefficient affiché dans le Tableau 2.

¹⁸ L'introduction du profil dans la régression double le nombre de variables explicatives auxquelles il faut ajouter la constante.

effectuées confirment un effet positif des investissements, du prix du carburant et du ratio des vitesses des modes de transport sur la part de marché des TC. Elles soulignent en outre l'effet négatif induit par le ratio des prix des modes et les possibilités de stationnement en fonction du nombre d'emplois au centre.

L'existence de deux profils d'organisation urbaine semble être confirmée et module l'amplitude des effets de l'utilisation de ces outils de politique de transport. L'utilisation des variables croisées avec le profil montre que certaines variables ont un effet plus faible dans les agglomérations du *profil intensif*. Ainsi, à intensité équivalente des efforts mis en œuvre en faveur de l'usage des TC, les gains de part de marché des TC semblent supérieurs dans les agglomérations du *profil extensif* à ceux attendus dans les agglomérations du *profil intensif*. Il existerait donc une productivité marginale des efforts politiques consentis en faveur de l'usage des TC décroissante. Cette décroissance de l'efficacité marginale des outils de politique de transport est ici captée par la forme fonctionnelle logarithmique appliquée dans le modèle plutôt que par une simple forme linéaire.

3.2.2. Le processus de sélection des variables

Dans ce deuxième modèle économétrique, l'objectif est :

- de rechercher des dimensions explicatives supplémentaires ;
- d'identifier dans la base, pour chaque dimension explicative de la part des TC, les indicateurs les plus corrélés et les plus pertinents ;
- de distinguer dans le modèle les leviers communs aux deux profils et ceux propres à l'un ou l'autre des deux profils (notamment par l'introduction d'effets croisés entre les profils, les indicateurs de mobilité et les infrastructures de transport).

La méthode de construction du modèle économétrique ne se fonde dès lors plus sur une sélection a priori de variables. La sélection des variables les plus influentes, parmi celles disponibles (Cf. Annexe 1), permet d'améliorer les résultats du modèle. La méthode de sélection de type *stepwise* est à nouveau appliquée. Au total, ce sont trois régressions qui sont cette fois exécutées : une sur l'ensemble des 60 agglomérations et une pour chaque profil d'agglomérations (Tableau 3). Pour les trois régressions effectuées, les variables sont croisées avec l'indicatrice de profil, l'indicatrice de présence de métro et l'indicatrice de présence de train dans le système de transport.

Des différences significatives apparaissent entre les trois régressions. Elles suggèrent des réactivités diversifiées de la part modale des TC selon le profil d'agglomérations. Ainsi, les variables dichotomiques, c'est-à-dire le profil d'agglomérations, la présence de métro et la présence de train dans le système de transport, apparaissent au travers d'effets croisés.

Les indicateurs pertinents relatifs à la structure urbaine et au contexte économique sont la proportion d'emplois au centre, la densité d'emplois et la part

du PIB urbain investi dans les TC. Ces résultats illustrent, pour l'ensemble des agglomérations, les effets positifs de la centralité des emplois sur la mobilité, en particulier sur la part modale des TC. Cela est renforcé par l'effort d'investissement dans les TC pour les agglomérations du *profil extensif* (il s'agit là d'un résultat lié à l'organisation spécifique de la concentration spatiale des emplois dans les agglomérations nord-américaines). S'agissant des agglomérations du *profil intensif*, l'effort d'investissement n'apparaît pas de manière significative mais les résultats soulignent l'impact de la notion plus générale de répartition des emplois dans la ville.

Tableau 3 : Régressions multiples du modèle log-log de la part modale des TC

Variable en log	Régression sur toutes les variables Toutes les agglomérations			Régression sur toutes les variables Profil intensif			Régression sur toutes les variables Profil extensif		
	Sélection stepwise			Sélection stepwise			Sélection stepwise		
	Coefficient	Ecart-type	t	Coefficient	Ecart-type	t	Coefficient	Ecart-type	t
Constante	7.85	1.59	4.92	-0.84**	0.92	-0.91**	8.75	2.06	4.23
Structure urbaine et le contexte économique									
Densité d'emplois				0.40	0.05	6.97			
Proportion d'emplois dans le centre	0.30	0.06	4.38	-			0.59	0.14	4.01
Part du PIB consacrée aux investissements en TC				-			0.21	0.10	2.09
Densité d'emplois CROISEE avec le profil	0.24	0.03	6.75						
Système de transport									
Vitesse sur le réseau routier				-			-1.35	0.52	-2.59
Vitesse des transports collectifs				0.58	0.16	3.60			
Longueur de voirie pour 1000 emplois dans le centre	0.15**	0.09	1.62**						
Nb de places de parking pour 1000 emplois dans le centre	-0.34	0.06	-5.72	-0.10*	0.05	-1.94*			
Rapport des prix des TC et des modes privés motorisés	-0.31	0.07	-4.40	-0.33	0.074	-4.43			
Coût pour l'utilisateur des TC				0.18*	0.09	2.04*			
Présence de train	-6.29	2.13	-2.95						
Rapport des vitesses CROISEE avec présence métro	-0.90	0.22	-3.95	-0.26*	0.14	-1.77*	-0.72	0.26	-2.69
Rapport des vitesses CROISEE avec présence métro et profil	0.46**	0.29	1.55**						
Rapport des vitesses CROISEE avec présence train et profil	-0.07*	0.03	-1.88*						
Vitesse des TC CROISEE avec la présence de train	0.83	0.26	3.14						
Pratiques de mobilité									
Distance quotidienne	-0.91	0.14	-6.23				-1.64	0.39	-4.21
Distance moyenne par déplacement				-0.19**	0.12	-1.62**	1.16*	0.58	2.01*
R ²	0.96			0.83			0.92		
R ² ajd	0.94			0.79			0.88		
F	88.27			20.72			26.53		

* coefficient significatif à 10%

** coefficient significatif à 15%

Le système de transport comporte également des caractéristiques déterminantes, comme notamment : la longueur de voirie pour 1 000 emplois, le nombre de places de parking pour 1 000 emplois dans le centre, le rapport des prix des modes et la présence de train dans le système de transport. Ces variables agissent dans l'ensemble des agglomérations. Très classiquement, l'offre de stationnement et le rapport des prix ont un effet négatif sur la part modale des TC. En revanche, la présence de train semble avoir un effet positif ($e^{-6.29}$). L'effet positif de l'offre de voirie (0,15) ne peut être validé statistiquement qu'au niveau de confiance de 15 %. Les vitesses des modes apparaissent comme des variables importantes de façon différenciée. De façon logique, la vitesse TC agit positivement et de façon significative sur la part TC dans les agglomérations au profil intensif. A contrario, la vitesse sur route agit significativement et de façon négative sur la part TC dans les agglomérations au profil extensif¹⁹. La part modale des TC dans les agglomérations dotées d'un système ferroviaire urbain ou dans les agglomérations

¹⁹ Il s'agit là d'une entorse à la conjecture de MOGRIDGE (1986), déjà avancée par NEWMAN et KENWORTHY (1988). Par l'observation au niveau global de l'agglomération, l'équilibre des vitesses et le transfert des TC à la VP ne semble pas s'opérer. En effet, dans les villes où les TC sont les plus performants en termes de vitesse, la part de marché des TC est la plus grande.

du *profil intensif* dotées de métro paraît sensible aux rapports des vitesses modales. Par contre, et de façon surprenante, le rapport de vitesses croisé avec la présence de métro et le rapport de vitesses croisé avec la présence de train et le profil se voient attribués des coefficients négatifs²⁰.

Enfin, concernant les caractéristiques de la mobilité, seules les distances ont un impact sur la part modale des TC. La distance moyenne parcourue quotidiennement a un coefficient négatif pour l'ensemble des agglomérations. Il s'agit là d'un résultat classique qui souligne l'effet contre-productif de la distance et donc de l'étalement urbain sur la part TC. Il est intéressant de noter toutefois que cet effet ne semble pas s'exercer spécifiquement sur les agglomérations du *profil intensif* où, en revanche, la distance moyenne par déplacement réduit la part de marché des TC. La structure urbaine des agglomérations du *profil extensif* semble justifier l'impact particulièrement négatif des distances quotidiennes sur la part TC. L'effet positif des distances moyennes par déplacement semble indiquer une pertinence plus prononcée de l'usage des TC pour des déplacements de portée plus longue.

Cette régression multiple possède une pertinence plus grande que les autres modèles dans la mesure où elle est effectuée sur un plus grand nombre de variables. La qualité d'ajustement est du reste nettement meilleure que pour les autres modèles ($R^2 \text{ aj.} = 0,94$). Il met donc en avant les effets classiques de la densité, de la politique de stationnement, des prix relatifs, des vitesses relatives et la distance parcourue.

Même si les résultats du modèle par profil d'agglomérations sont à considérer avec précaution en raison du nombre réduit d'observations, ils semblent toutefois indiquer des leviers spécifiques de la part de marché des TC différents selon le profil d'agglomérations synthétisés dans le Tableau 4.

Tableau 4 : Les déterminants propres à chacun des profils d'agglomérations

	Déterminants propres au profil intensif	Déterminants propres au profil extensif
Structure urbaine et contexte économique	Densité d'emplois	Proportion d'emplois dans le centre Part du PIB investi en TC
	Vitesse des TC	Vitesse sur le réseau routier
Système de transport	Offre de stationnement dans le centre	
	Rapport des prix des modes	Rapport des vitesses
	Rapport des vitesses CROISE avec le métro	Rapport des vitesses CROISE avec le métro
Pratiques de mobilité	Distance moyenne par déplacement	Distance quotidienne Distance moyenne par déplacement

²⁰ Le signe contre-intuitif de ce coefficient peut être ici révélateur d'un problème de spécification du modèle. Il est dans ce cas possible d'imaginer une relation de causalité inversée. Cependant, ce signe négatif peut être justifié de deux façons. D'une part, la mise en place de lignes de métro dans certaines villes peut s'expliquer par la volonté de rendre le système des TC plus compétitif et de développer une demande au départ très faible. D'autre part, le métro étant totalement déconnecté de la voirie urbaine, le réseau de surface peut ainsi être désengorgé, ce qui permet une meilleure fluidité du trafic. Deux effets conjoints peuvent en découler : une demande induite en VP et un report modal des TC vers la VP.

4. CONCLUSION

Par la diversité des agglomérations répertoriées dans la base UITP, des systèmes de transport urbain très variés peuvent être aisément observés et comparés. L'étude de ces systèmes proposée dans cet article permet de mettre en évidence des leviers pertinents de gestion de la demande de transport urbain, notamment des outils en cohérence avec l'organisation urbaine en présence.

Un premier niveau d'analyse descriptif des structures urbaines et des contextes économiques, des systèmes de transport et des pratiques de mobilité conduit à définir des profils distincts d'agglomérations. Trois groupes d'agglomérations ressortent de cette analyse. Les deux premiers rassemblent des profils relativement homogènes d'agglomérations des « pays développés » : d'une part, un *profil intensif* qui regroupe des agglomérations dont l'organisation du système de transport repose sur une consommation stable et limitée d'espace et de temps (agglomérations ouest-européennes et métropoles asiatiques), d'autre part, un *profil extensif* qui rassemble des agglomérations pour lesquelles le système de transport se développe par l'extension des consommations d'espace et de temps (agglomérations nord-américaines et océaniques). Le troisième groupe contient les agglomérations aux profils trop hétérogènes pour prétendre à des conclusions suffisamment robustes en termes de politique de transport urbain (agglomérations des « pays émergents »).

La place des TC dans les agglomérations révèle tout d'abord une tendance nette des « pays développés » à organiser leurs systèmes de transports autour de l'automobile. La motorisation est toutefois la plus prononcée dans les agglomérations du *profil extensif*. Les vitesses de déplacement y sont globalement plus rapides et les distances parcourues plus longues. L'agglomération est généralement plus étalée et peu dense. Les emplois sont dispersés. Le système de transport urbain est donc généralement clairement orienté vers l'automobile qui semble constituer le mode de transport le plus adapté pour répondre à ce type d'organisation urbaine. De fait, la politique de transport urbain dans ces agglomérations contribue à renouveler ce type d'organisation puisque peu d'investissements sont consacrés au développement des TC au regard des investissements consacrés aux infrastructures routières. En outre, la politique de stationnement, les coûts d'usage de l'automobile et le prix du carburant créent un ensemble de conditions favorables à l'usage des modes privés motorisés. A l'opposé, les agglomérations du *profil intensif* sont organisées de sorte à conserver des TC compétitifs. Cette situation est, d'une part, le résultat de conditions propres à la structure urbaine, d'autre part, l'effet de politiques de transport volontaristes dont l'objectif reste la recherche ou le maintien d'un partage modal équilibré. Cette première analyse permet donc de souligner le clivage entre « une mobilité à l'américaine » (*profil extensif*) et une « mobilité à l'européenne » (*profil intensif*).

Le deuxième niveau d'analyse repose sur l'utilisation des outils économétriques classiques. Dans un premier temps, une analyse des déterminants de la part de marché des TC sur les agglomérations des « pays développés » conduit à l'identification des conditions favorables au maintien de la compétitivité des TC. Les résultats permettent dans un second temps de tester un ensemble de leviers de politique des transports visant à maintenir un système de transports publics urbains attractif. Il en ressort que la répartition spatiale des emplois, les distances de déplacement, les prix relatifs des modes, en particulier les prix du carburant, et les vitesses relatives des modes, interviennent directement dans le choix modal. Il doit cependant être souligné que, pour des raisons logiquement liées à l'organisation urbaine et à l'organisation du système de transport existant, le rapport des prix joue plus particulièrement dans les agglomérations appartenant au *profil intensif*, alors que le rapport des vitesses a plutôt un impact dans les agglomérations caractéristiques du *profil extensif*. Les décisions publiques relatives au développement du système de transport, telles que la politique de stationnement pour les agglomérations du *profil intensif*, ou la politique d'investissement pour l'ensemble des agglomérations, orientent également significativement les choix modaux.

Les limites de cette analyse, évoquées en introduction, sont principalement liées à la structure de la base UITP. Les données sont certes riches en informations, mais il s'agit d'informations en « séries croisées » par essence moins fertiles pour prétendre saisir l'intégralité de la complexité des déterminants du système de transport que des informations en « séries chronologiques ».

On peut noter pour finir la position atypique des agglomérations françaises au sein des agglomérations du *profil intensif*. Elles présentent les parts de marché des TC les moins élevées du groupe ce qui peut tout d'abord s'expliquer par des contextes urbains légèrement moins favorables (densité de population, densité d'emploi et proportion d'emplois dans le centre en moyenne plus faibles). Cela souligne les enjeux de la maîtrise de l'étalement urbain sur l'efficacité des TC. Par ailleurs, malgré un effort d'investissement relativement plus élevé dans les transports publics par rapport à la moyenne des agglomérations appartenant au *profil intensif*, les agglomérations françaises offrent des longueurs de lignes en TC moins importantes. Elles affichent surtout les coûts d'usage de la VP les moins élevés et une offre de stationnement plus conséquente que la moyenne observée dans les agglomérations du *profil intensif*. Or, sur ce point, BRESSON et alii (2003) rappellent qu'en moyenne, la possibilité de stationner sur le lieu de travail est statistiquement équivalente à un gain de temps de 24 minutes sur un déplacement ce qui montre en quoi l'offre de stationnement peut avoir un impact aussi fort sur le choix modal que la disponibilité d'une VP. Le regard sur la position des agglomérations françaises par rapport aux agglomérations ayant un profil relativement proche illustre bien en quoi une absence de politique

volontariste en faveur de l'usage des TC, notamment via la politique de stationnement, a un impact direct sur le partage modal.

RÉFÉRENCES

- BONNAFOUS A. (1996) Le système des transports urbains. **Économie et statistiques**, Vol. 294-295, n° 4/5, pp. 99-108.
- BONNEL P. (2000) Une mesure dynamique des relations entre transports collectifs, étalement urbain et motorisation. Le cas de Lyon, 1976-1995. **les Cahiers Scientifiques du Transport**, n° 38, pp. 19-44.
- BOVY P.H. (1999) Structure urbaine et répartition modale, tendances globales et effets sur les transports publics. **Transport Public International**, Vol. 48, n° 1, pp. 8-15.
- BRESSON G., DARGAY J., MADRE J.-L., PIROTTE A. (2003) The main determinants of the demand for public transport: a comparative analysis of England and France using shrinkage estimators. **Transportation Research Part A**, Vol. 37, pp. 605-627.
- CETUR (1994) **Le stationnement privé au lieu de travail, facteur d'évolution de la mobilité et de la structure urbaine ?** Bagnaux, CETUR (dossier du CETUR n° 61).
- COMMISSARIAT GÉNÉRAL DU PLAN (ss dir. A. BONNAFOUS) (2003) **Une analyse de la base UITP sur les systèmes de transports urbains de 100 villes du monde**. Lyon, Laboratoire d'Economie des Transports.
- CROZET Y., JOLY I. (2004) Budget temps de transport : les sociétés tertiaires confrontées à la gestion paradoxale du « bien le plus rare ». **les Cahiers Scientifiques du Transport**, n° 45, pp. 27-48.
- FOUCHER V. (1999) Mobilité et densité urbaine. In A. PENY, S. WACHTER **Les vitesses de la ville**. La tour d'Aigues, Editions de l'Aube, pp. 59-72.
- JOLY I. (2003) Les rapports espace-temps de la mobilité quotidienne et les systèmes productifs des transports urbains -Une analyse de la base UITP sur les systèmes de transports urbains de 100 villes du monde. Rapport des travaux effectués dans le cadre de l'**atelier technique du Commissariat Général du Plan sur les transports urbains**, présidé par A. BONNAFOUS, 90 p.
- JOLY I. (2004) The link between travel time budget and speed: a key relationship for urban space-time dynamics. Communication à l'**European Transport Conference 2004**, Strasbourg.
- JOLY I., MASSON S., PETIOT R. (2003) Les déterminants de la part modale des transports en commun dans 100 villes du monde. **Transports**, n° 420, pp. 220-226.

GODARD X. (2001) Millennium cities database for sustainable mobility. **RTS**, n° 72, pp. 71-72.

KENWORTHY J.R., LAUBE F.B. (1996) Automobile dependence in cities: an international comparison of urban transport and land-use patterns with implication for sustainability. **Environmental Impact Assessment Review**, Vol. 16, n° 4/6, pp. 279-308.

KENWORTHY J.R., LAUBE F.B. (1999) Patterns of automobile dependence in cities: a international overview of key physical and economic dimensions with some implications for urban policy. **Transportation Research Part A**, Vol. 33, pp. 691-723.

KENWORTHY J.R., LAUBE F.B. (2000) **Millennium Cities Database for Sustainable Transport**. Brussels, International Union of Public Transport (CD-rom).

METZ D. (2003) Travel time constraints in transport policy. **Transport**, Vol. 157, n° 2, pp. 99-105.

MEYER M.D., MILLER E.J. (2001) **Urban transportation planning**. New-York, McGraw-Hill (2nd edition).

MEZGHANI M., POURBAIX J. (2003) Experiences of previous benchmarking initiatives. Communication à l'**Urban Transport Benchmarking Initiative Launch Conference**, Bruxelles, 6/11.

MOGRIDGE M.J.H. (1986) Road pricing: the right solution for the right problem? **Transportation Research Part A**, Vol. 20, n° 2, pp. 157-167.

NEWMAN P.W.G., KENWORTHY J.R. (1988) The transport energy trade-off: fuel-efficient traffic versus fuel-efficient cities. **Transportation Research Part A**, Vol. 22, n° 3, pp. 163-174.

NEWMAN P.W.G., KENWORTHY J.R. (1989) **Cities and automobile dependence. An international sourcebook**. Aldershot, Avebury Technical, 388 p.

NEWMAN P.W.G., KENWORTHY J.R. (1996) The land use-transport connection. An overview. **Land Use Policy**, Vol. 13, n° 1, pp. 1-22.

NEWMAN P.W.G., KENWORTHY J.R. (1998) **Sustainable Cities - overcoming automobile dependence**. Washington, Island Press, 442 p.

ROTH G. J., ZAHAVI Y. (1981) Travel time « budgets » in developing countries. **Transportation Research Part A**, Vol. 15, n° 1, pp. 87-96.

SCHAFER A. (2000) Regularities in travel demand: An international perspective. **Journal of Transportation and Statistics**, Vol. 3, n° 3, pp. 1-31.

SITRASS (2004) **Pauvreté et mobilité urbaine à Douala**. SITRASS, 142 p. (Rapport pour le compte du SSATP).

VAN DE COEVERING P., SCHWANEN T. (2006) Re-evaluating the impact of urban form on travel patterns in Europe and North-America. **Transport Policy**, Vol. 13, n° 3, pp. 229-239.

VIVIER J. (2001) **Base de données sur 100 villes du monde pour une mobilité durable**. UITP.

VIVIER J., MEZGHANI M. (2001) The millennium cities database: a tool for sustainable mobility. **2001 ECEEE summer study proceedings**, European Council for an Energy Efficient Economy.

ZAHAVI Y. (1979) **The ‘UMOT’ Project**. Report prepared for the U.S. Department of Transportation and the Ministry of Transport of Federal Republic of Germany.

ZAHAVI Y., RYAN J.M. (1980) Stability of travel components over time. **Transportation Research Record**, n° 750, pp. 19-26.

ZAHAVI Y., TALVITIE A. (1980) Regularities in travel time and money expenditures. **Transportation Research Record**, n° 750, pp. 13-19.

ANNEXES

ANNEXE I : VARIABLES CONSIDÉRÉES DANS LE MODÈLE AVEC SÉLECTION DES VARIABLES

Densité urbaine ;
Densité d’emplois ;
Proportion d’emplois dans le centre ;
PIB urbain ;
Densité de routes (par hectare et par personne) ;
Nombre de places de parking pour 1 000 emplois dans le centre ;
Longueur de voie réservée aux TC pour 1 000 personnes ;
Longueur de ligne de métro (pour 1 000 personnes et par ha) ;
Part du PIB urbain investie dans les TC ;
Part du PIB urbain consacrée aux investissements routiers ;
Taux de motorisation ;
Nombre de déplacements moyen par personne ;
Distance moyenne par déplacement ;
Distance moyenne du trajet domicile-travail ;
Distance quotidienne moyenne des déplacements ;
Budget temps de transport quotidien ;
Vitesse sur route ;

Vitesse des TC ;
 Coût d'usage de la VP ;
 Coût d'usage des TC ;
 Prix du carburant ;
 Rapport des prix des TC et des modes privés motorisés ;
 Rapport des vitesses des TC et des modes privés motorisés ;
 Présence de métro dans le système de transport ;
 Présence de train dans le système de transport ;
 Profil de l'agglomération (intensif / extensif).

*ANNEXE 2 : COMPARAISON DE LA PART MODALE DES TC
 EN TERMES DE DISTANCES ET DE DÉPLACEMENTS*

	Part modale en termes de distances	Part modale en termes de déplacements
Amérique du nord	5.8	5.9
Europe de l'ouest	19.1	25.4
Métropoles asiatiques	50.1	42.3
Pays émergents	45.1	43.2
Agglomérations <i>profil intensif</i>	23.3	27.6
Agglomération <i>profil extensif</i>	5.8	5.9
Toutes les agglomérations	17.6	15.7