



HAL
open science

Une mesure dynamique des relations entre transports collectifs, étalement urbain et motorisation. Le cas de Lyon, 1976-1995

Patrick Bonnel

► **To cite this version:**

Patrick Bonnel. Une mesure dynamique des relations entre transports collectifs, étalement urbain et motorisation. Le cas de Lyon, 1976-1995. *Les Cahiers Scientifiques du Transport / Scientific Papers in Transportation*, 2000, 38 | 2000, pp.19-44. 10.46298/cst.11985 . halshs-00324362

HAL Id: halshs-00324362

<https://shs.hal.science/halshs-00324362v1>

Submitted on 24 Sep 2008

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

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



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

**UNE MESURE DYNAMIQUE DES RELATIONS
ENTRE TRANSPORTS COLLECTIFS,
ETALEMENT URBAIN ET MOTORISATION.
LE CAS DE LYON, 1976-1995**

PATRICK BONNEL

LABORATOIRE D'ECONOMIE DES TRANSPORTS
ENTPE, UNIVERSITE LUMIERE LYON 2, CNRS

A l'heure où de nombreuses agglomérations en Europe cherchent à réduire ou à contenir la place de la voiture en ville pour répondre à des objectifs environnementaux ou économiques, cet article vise à évaluer la contribution de certaines tendances lourdes à l'évolution du partage modal entre les transports collectifs et la voiture. L'objectif est de quantifier cette contribution. Nous examinons ainsi l'incidence de l'étalement urbain et de la croissance de la motorisation sur la part de marché des transports collectifs et de la voiture particulière. Sur l'agglomération lyonnaise, au cours de chacune des deux dernières décennies, l'évolution des localisations a été synonyme, selon la décennie et la zone d'étude, d'une perte de 6 à 9 % sur la part de marché des transports collectifs tandis que l'évolution de la motorisation (à structure spatiale stable) a signifié une perte plus modérée de 1 à 4 %. Cette quantification permet d'éclairer les décideurs sur les évolutions probables de la part de marché des transports collectifs et sur l'importance de certains facteurs dans ces évolutions. Elle permet de bâtir des scénarios plus réalistes

en matière de partage modal et de mesurer l'importance des efforts à consentir, ne serait-ce que pour contenir la place de l'automobile.

1. PROBLEMATIQUE

De nombreuses agglomérations au sein des pays de l'OCDE se sont lancées dans des programmes ambitieux de développement des transports collectifs. Elles ont accru l'offre de manière significative. Mais l'usage n'a pas suivi cette croissance forte. Ainsi, d'après les statistiques de l'UTP (UNION DES TRANSPORTS PUBLICS, 1997), sur l'ensemble des réseaux français, l'offre s'est accrue de 17 % de 1986 à 1996 alors que la demande a fléchi de 11 %. Dans le même temps, la croissance de l'usage de la voiture a été très intense. Ainsi la part de marché des transports collectifs a fortement chuté malgré les efforts consentis par les autorités organisatrices de transports collectifs urbains. L'exemple de Lyon est significatif à cet égard. Alors que l'offre de transport en commun a progressé de 35 % (avec notamment le doublement de l'offre métro) entre 1986 et 1995, la part de marché des transports collectifs au sein des modes motorisés a chuté de 23,5 % à 20,6 % au profit de la voiture qui a vu ses déplacements s'accroître de 25 % (SYTRAL, 1997).

Ce constat prend place dans un contexte maintenant bien établi d'une triple crise des déplacements urbains qui s'énonce financement, environnement, congestion.

Si, en France, le versement transport (taxe sur la masse salariale servant à financer les transports collectifs urbains) a pendant un temps fait écran à la crise du financement des transports collectifs urbains, celle-ci est maintenant admise. Elle découle notamment de la croissance des coûts d'exploitation liée entre autres à l'augmentation de l'offre et à la baisse de productivité externe (les bus sont le plus souvent englués dans la congestion tout comme la voiture) et de la moindre croissance des recettes de trafic. Le déficit a ainsi tendance à s'accroître tandis que la charge de la dette reste forte du fait des investissements réalisés dans les décennies passées. Les simulations du modèle QUINQUIN en France (RAUX, TABOURIN, 1992) développé par le LET montrent que cette dégradation devrait s'amplifier si la politique menée au cours des dernières années continue sur la même lancée. Elle limite d'autant les possibilités de développement des transports collectifs alors que l'accroissement de leur usage est souhaité pour répondre aux deux autres crises. De plus, dans le même temps, le financement des nouvelles voiries routières est lui aussi de plus en plus difficile à assurer.

La crise environnementale n'est plus à démontrer. Les pics de pollution enregistrés de plus en plus souvent dans nombre d'agglomérations françaises ou dans le monde sont là pour rappeler l'acuité du problème. Celui-ci n'est pas nouveau, mais la mise en place de dispositifs de mesure permet de suivre le phénomène. Et surtout la prise de conscience par la population de

l'importance des effets néfastes de la pollution ne permet de plus de l'ignorer. Pour certaines émissions (comme les NOx ou les monoxydes de carbone) les innovations technologiques devraient permettre de réduire les émissions malgré la croissance de la circulation. En revanche, diverses simulations montrent que le niveau global d'autres émissions, et notamment des gaz à effets de serre, ne devrait pas diminuer dans l'avenir si des politiques volontaristes ne sont pas mises en œuvre (NICOLAS, 1997 ; BANISTER, 1998). En ne se limitant pas aux déplacements urbains, BANISTER (1998) évoque une élasticité de 0,89 entre la consommation d'énergie dans les transports et le Produit Intérieur Brut au moins jusqu'en 2025, ce qui provoque un accroissement similaire des émissions de gaz à effets de serre. Au-delà des problèmes de pollution dont l'actualité renforce l'acuité, la crise environnementale se traduit aussi dans une aspiration à une plus grande qualité de vie, comme le soulignent les discussions autour des Plans de Déplacements Urbains dans nombre d'agglomérations.

La crise de la congestion est plus difficile à mettre en évidence. Tout le monde en est convaincu, mais les indicateurs manquent pour l'illustrer clairement. L'analyse des données des enquêtes ménages françaises montre ainsi que les temps moyens de déplacements n'ont pas évolué au cours des 20 dernières années : 16 minutes en voiture en 1976, 15 en 1985 et 16 en 1995 à Lyon (RAUX *et alii*, 1996) ; 21 minutes en 1976, 21 en 1983 et 22 en 1991 dans l'agglomération parisienne (DREIF, 1995). Cette observation subsiste même en heure de pointe. Les vitesses moyennes en voiture, loin de diminuer, ont augmenté au cours des vingt dernières années dans l'agglomération parisienne, pourtant la plus touchée par la congestion en France : 15,5 km/heure en 1976, 16,1 en 1983 et 16,3 en 1991 (DREIF, 1995). Cependant, les indices de circulation sur les grands axes mettent en évidence une croissance des trafics sur ces axes. Les statistiques de la DREIF (DREIF, 1996) indiquent une croissance des trafics de 2 % par an depuis 1967, au sein de l'agglomération parisienne, sur le réseau constitué des autoroutes, voies rapides et routes nationales de banlieue. Sur les autoroutes et voies rapides, la croissance est même encore plus forte. Parallèlement, le temps perdu dans les embouteillages sur ces axes augmente également : de 46 millions, en 1983, à 91 millions, en 1991, d'heures perdues dans les embouteillages dans la région Ile de France (sources non publiées CRICR). Ces résultats ne sont pas spécifiques à la France, la généralisation à l'ensemble des pays de l'OCDE est très probable. GORDON *et alii* (1991) soulignent l'existence d'un consensus sur l'accroissement de la congestion sur les axes routiers tout en soulignant que le temps de déplacement domicile-travail a décru entre 1980 et 1985 dans les vingt plus grandes métropoles américaines, ce qu'ils présentent comme « the commuting paradox ». Selon les auteurs, cette apparente contradiction correspond probablement à des évolutions dans la mobilité, les flux de déplacements et les localisations. De plus, la croissance forte, dans certains pays, du réseau

routier et notamment du réseau des voies rapides contribue à masquer le problème.

Pour tenter de répondre à cette triple crise, de nombreuses pistes sont envisagées. En Europe, elles visent le plus souvent à réduire la place de la voiture par rapport aux autres modes de transports et notamment les transports collectifs. En France, c'est le sens des orientations de la loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie de 1996 qui réactive les Plans de Déplacements Urbains (PDU). L'article 28-1 de la Loi d'Orientation des Transports Intérieurs, qui a institué les PDU, a ainsi été modifié pour renforcer la maîtrise de la voiture « *La diminution du trafic automobile, le développement des transports collectifs et des moyens de transports moins polluants, l'aménagement du réseau de voirie, l'organisation du stationnement, la réduction des impacts du transport et de la livraison des marchandises, l'encouragement du personnel des entreprises et des collectivités à prendre les transports en commun et à recourir au co-voiturage* ». Le PDU de Lyon ambitionne ainsi de réduire la place de la voiture parmi les modes motorisés (77,5 % en 1995 et 74,5 % en 2005 (SYTRAL, 1997)) au profit des transports collectifs et des deux-roues.

Cet objectif apparemment modeste est en fait particulièrement ambitieux. L'analyse rétrospective de la répartition modale montre que la part de la voiture a stagné au cours des vingt dernières années. La part de la voiture sur l'ensemble des déplacements réalisés en voiture ou en transports collectifs a évolué de 78 % en 1976 à 76 % en 1985 et 79 % en 1995 (sources enquêtes ménages 1976, 85 et 95, sur le périmètre 1976). Pourtant dans le même temps, l'offre de transport collectif a très fortement augmenté. Les trois premières lignes du métro lyonnais ont vu le jour entre les deux premières enquêtes et la quatrième, accompagnée de prolongements des lignes existantes, entre les deux dernières. L'offre des bus et des services ferroviaires a également été accrue sur l'agglomération lyonnaise pendant cette période. On mesure donc l'importance de l'effort à consentir en matière d'amélioration de l'offre et de financement des transports collectifs¹ pour atteindre l'objectif du PDU de Lyon.

Ce constat posé, il est légitime de s'interroger sur le pourquoi de ces évolutions apparemment contradictoires. Vont-elles perdurer dans l'avenir amplifiant ainsi les crises du financement, de la pollution et de la congestion ? La réponse semble être positive si l'on en croit les simulations du modèle QUINQUIN (RAUX, TABOURIN, 1992).

En fait, la plupart des tendances lourdes d'évolution de la mobilité et du partage modal sont défavorables aux transports collectifs (ORFEUIL, 1992 ; BANISTER, BAYLISS, 1992 ; BONNAFOUS, 1993). L'étalement urbain tant de

¹ Le déficit a augmenté de 60 % entre 1986 et 1995 en francs constants (SYTRAL, 1997).

l'habitat que de l'emploi entraîne une progression importante des flux là où les transports collectifs sont peu performants et une chute ou une stagnation là où ils sont les plus performants. La croissance de la motorisation rend possible l'usage de plus en plus fréquent de la voiture par les personnes de plus de 18 ans. Le développement du travail féminin s'accompagne souvent d'une généralisation de la motorisation des femmes et d'un usage accru de la voiture. La diminution du poids des élèves (clientèle privilégiée des transports collectifs) dans la population française provoque une baisse de fréquentation des transports collectifs. Le vieillissement de la population (les personnes âgées sont également un segment important de clientèle pour les transports collectifs) ne devrait pas s'accompagner d'une augmentation de la clientèle des modes collectifs. Le renouvellement des générations amène de nouveaux retraités ayant connu le règne de l'automobile pendant une bonne partie de leur vie et qui ne semblent pas prêts à l'abandonner (KOSTYNIUK, KITAMURA, 1987 ; BANISTER, 1993 ; POCHE, 1995). Dans ce tableau plutôt morose pour les transports collectifs, seules les politiques d'offre et d'aménagement de l'espace nous semblent susceptibles de contrebalancer ces tendances (BONNEL, 1995). Si dans le passé en France, la politique d'offre de transport collectif a été favorable à ce mode, force est de constater que dans le même temps la politique d'offre routière et de stationnement a été favorable à la voiture et que l'étalement urbain n'a pas été maîtrisé.

L'ambition de ce travail est de tenter de quantifier la contribution des facteurs de localisation et de motorisation à l'évolution du partage modal. Ces deux facteurs nous semblent prépondérants parmi les facteurs socio-économiques. Nous cherchons donc à isoler la contribution de l'étalement urbain et de la motorisation à l'évolution de la part de marché de la voiture. La connaissance de cette information permettra alors de simuler l'effet de différents scénarios d'évolution de ces deux facteurs sur les parts de marché respectives des transports collectifs et de l'automobile.

Nous illustrons tout d'abord, sur le cas de l'agglomération lyonnaise, la relation entre la part de marché des transports collectifs d'une part et la localisation des déplacements et la motorisation d'autre part (section 2). La forte corrélation entre les deux derniers facteurs nous conduit à proposer une méthode de décomposition de la contribution de chacun de ces facteurs (section 3). Enfin, nous présentons les résultats obtenus dans l'application de cette méthode sur l'agglomération lyonnaise (section 4).

2. LOCALISATION, MOTORISATION ET PART DE MARCHÉ DES TRANSPORTS COLLECTIFS

Nous avons orienté ce travail sur la quantification des relations entre l'évolution des localisations et de la motorisation d'une part et l'évolution de la part de marché de la voiture et des transports collectifs d'autre part. Nous

ne cherchons donc pas à approfondir la nature de ces relations en analysant les mécanismes explicatifs qui les sous-tendent. En effet, de nombreuses études ont déjà été menées sur les déterminants du choix modal (ANDAN *et alii*, 1988 ; MASSOT, ORFEUIL, 1989, 1990, 1991 ; BONNAFOUS, TABOURIN, 1995 ; MADRE, ARMOOGUM, 1996 ; KAUFMANN, GUIDEZ, 1996 ; GABET, 1997 ; STOPHER, LEE-GOSSELIN, 1997 ; GÄRLING *et alii*, 1998 ; ORTUZAR *et alii*, 1998...) qui nous laissent penser que les localisations et la motorisation figurent parmi les principaux facteurs explicatifs du partage modal.

Nous illustrons donc, sur le cas de l'agglomération lyonnaise, la relation entre la part de marché des transports collectifs d'une part et la localisation des déplacements et la motorisation d'autre part. Nous cherchons à identifier les effets d'une évolution des deux derniers facteurs sur la part de marché des transports collectifs. Il nous faut donc analyser des données temporelles pour présenter cette dynamique. Nous présentons tout d'abord les données sur lesquelles nous nous appuyons, avant d'en décrire les résultats.

2.1. LES DONNEES

Nous nous appuyons sur les données des trois dernières enquêtes ménages menées dans l'agglomération lyonnaise. La première enquête a été réalisée entre Septembre 1976 et Février 1977. Pour plus de commodité, nous la dénommerons par la suite EM 76. La seconde a été menée entre Novembre 1985 et Mars 1986 (EM 85). Enfin, la dernière a été réalisée entre Novembre 1994 et Avril 1995 (EM 95). Ces trois enquêtes permettent donc de balayer 20 ans de mobilité urbaine à Lyon.

Ces enquêtes sont particulièrement adaptées à notre étude de par les renseignements qu'elles contiennent. Elles reposent sur une méthodologie commune contrôlée par le CERTU (Centre d'Etudes sur les Réseaux, les Transports, l'Urbanisme et les constructions publiques) (CETE DE LYON, 1977, 1986, 1995 ; CERTU, 1998). Les enquêtes sont réalisées au domicile des ménages et toutes les personnes de plus de 5 ans sont interrogées individuellement. Tous les déplacements effectués la veille du jour de l'enquête sont recensés avec leurs caractéristiques (et notamment le ou les modes utilisé(s)).

Ces enquêtes portent sur un échantillon constitué par tirage aléatoire de ménages après stratification géographique du périmètre d'enquête. La stratification s'opère de manière à avoir un échantillon d'au moins une cinquantaine de ménages au sein de chacune des zones de tirage. Le taux de sondage différent pour chaque zone permet de disposer d'une population représentative, au niveau de ces zones dans un premier temps, et au niveau de l'agglomération ensuite. A Lyon, les enquêtes ont porté sur 3 700 ménages en 1976, 5 000 en 1985 et 6 000 en 1995.

Seules les personnes résidant à l'intérieur du périmètre d'enquête sont

enquêtées. Les déplacements effectués par des personnes de passage, de même que le trafic d'échange ou de transit, ne sont pas repérés par cette enquête. De plus, les déplacements de livraison ou de marchandises ne sont pas non plus saisis. Les données sur lesquelles nous travaillons sont donc représentatives des déplacements quotidiens de semaine réalisés par les personnes résidentes du périmètre d'enquête.

Si les méthodologies des trois enquêtes sont comparables, les périmètres retenus ne le sont pas. Le périmètre de l'enquête 1976 est un peu plus restreint que celui de la COURLY (Communauté Urbaine de Lyon), celui de 1985 correspond au schéma directeur (zone un peu plus étendue que la COURLY) et enfin celui de 1995 reprend celui de 1985 en y ajoutant quelques communes de la côte de l'Ain. Nous avons constitué deux périmètres d'études : celui de l'enquête de 1976 appelé par la suite périmètre 76 et celui de l'enquête de 1985 appelé périmètre 85. Le second périmètre n'est évidemment applicable qu'aux enquêtes de 1985 et 1995.

La taille réduite de l'échantillon, notamment pour la première enquête, nous oblige à retenir un petit nombre de zones. Nous avons choisi un découpage en 7 zones qui s'appuie principalement sur une logique de couronnes qui est nécessaire compte tenu de notre volonté d'analyser les conséquences de l'étalement urbain sur le partage modal. Le faible nombre de zones nous oblige ensuite à nous limiter à un découpage Est-Ouest qui permet de tenir compte de la coupure du fleuve (le Rhône) et de différences sociologiques au sein de l'agglomération entre l'Est et l'Ouest. L'enquête de 1976, étant réalisée sur un périmètre plus réduit, ne prend en compte que les cinq premières zones (pér 76 pour périmètre 1976). Les enquêtes de 1985 et 1995 concernent les sept zones (pér 85 pour périmètre 1985) :

- zone 1 : hypercentre de Lyon (presqu'île + Part Dieu), notée (HC) ;
- zone 2 : reste de Lyon-Villeurbanne (zone interne au premier péri-phérique), notée (RLV) ;
- zone 3 : 1^{ère} couronne Est, notée (1CE) ;
- zone 4 : 1^{ère} couronne Ouest, notée (1CO) ;
- zone 5 : 2^{ème} couronne Est, notée (2CE) ;
- zone 6 : 2^{ème} couronne Ouest, notée (2CO) ;
- zone 7 : 3^{ème} couronne Est, notée (3CE).

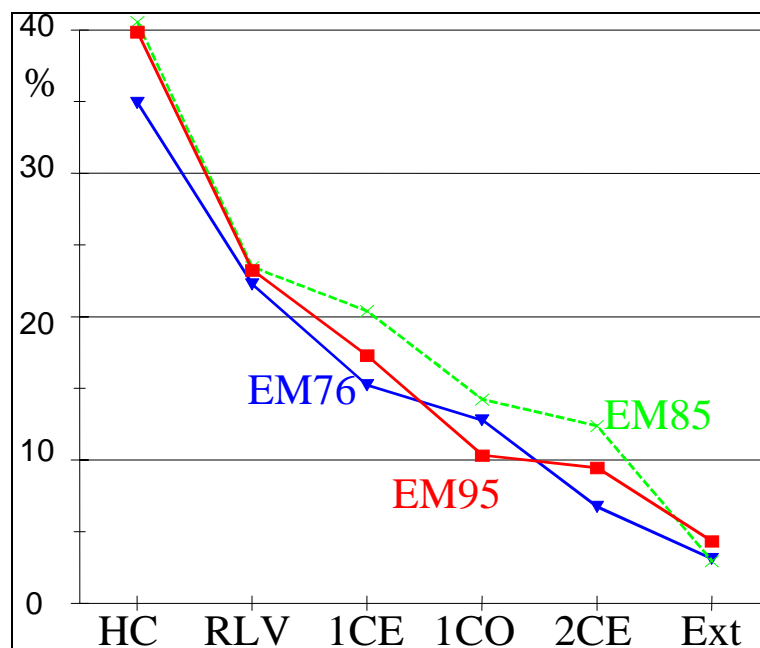
2.2. DISTRIBUTION SPATIALE DES DEPLACEMENTS ET PART DE MARCHE DES TRANSPORTS COLLECTIFS

Nous précisons tout d'abord ce que nous entendons par localisation, dans la mesure où nous ne retenons pas les définitions les plus usuelles. Nous ne traitons pas directement le phénomène de l'étalement urbain, mais plutôt sa manifestation à travers l'évolution de la localisation des déplacements. L'étalement urbain entraîne une évolution des origines-destinations des déplacements. Nous réduisons donc le terme localisation des déplacements à

l'identification de l'origine et de la destination du déplacement. Ce faisant nous ne mesurons pas uniquement l'incidence de l'étalement urbain, car parallèlement à ce dernier, on observe également un phénomène de dissociation des origines-destinations des déplacements et une périphérisation des flux. Il serait donc plus exact de parler de distribution spatiale des déplacements.

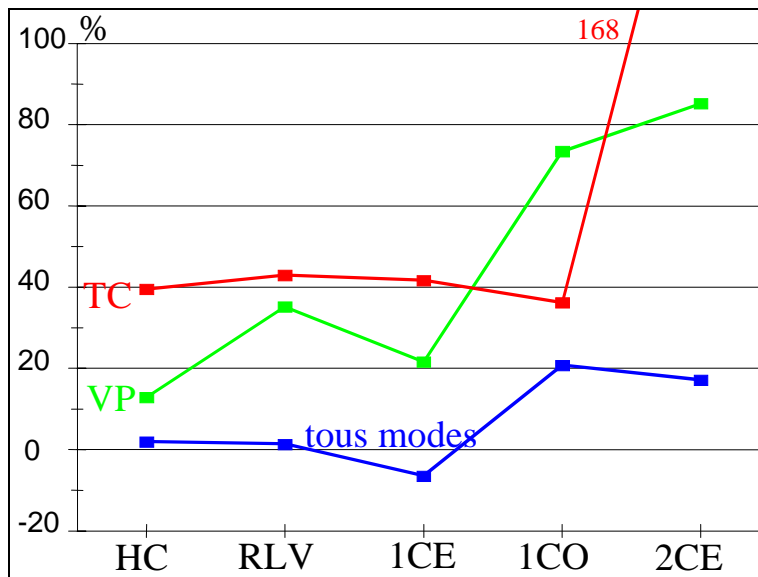
Pour décrire la distribution spatiale des déplacements, nous retenons l'origine et la destination du déplacement. Toutefois, la représentation graphique de l'évolution de la part de marché des transports pour des matrices origine-destination est assez délicate. Nous réduisons donc notre information en considérant pour chaque zone les déplacements ayant au moins une extrémité (origine ou destination ou les deux) dans une zone (figures 1 et 2). Un déplacement sera donc compté deux fois si l'origine et la destination ne sont pas situées dans la même zone. En revanche, il n'y a pas de double compte pour les déplacements internes à une zone qui sont majoritaires compte tenu du découpage choisi (de 30 à 60 % des déplacements selon les zones pour la voiture et de 30 à 40 % pour les transports collectifs). Cette réduction ne concerne évidemment que la représentation graphique et nous travaillons sur l'ensemble de la matrice origine-destination des déplacements pour la quantification en section 4.

Figure 1 : Part de marché des TC sur (TC+VP) pour les déplacements ayant une origine ou une destination dans la zone ..., périmètre 76



L'axe des abscisses ne représente pas une évolution continue des localisations, mais traduit malgré tout un éloignement de plus en plus grand du centre, l'expansion de l'agglomération étant plus marquée vers l'Est que l'Ouest.

Figure 2 : Evolution entre 1976 et 1995 des flux ayant une origine ou une destination dans la zone ..., périmètre 76



La zone externe ne figure pas ici, car les taux de croissance y sont très élevés (> 500%).

La part de marché des transports collectifs (TC) sur l'ensemble des déplacements en transport collectif ou en voiture particulière (VP+TC) décroît fortement à mesure que l'origine ou la destination (ou les deux) du déplacement s'éloigne du centre. La forme de la courbe est similaire pour les trois enquêtes. Néanmoins le graphique montre des évolutions intéressantes. Pour chacune des zones, à l'exception de la première couronne Ouest (1CO), la part de marché des transports collectifs s'accroît entre 1976 et 1995. Pourtant, en moyenne, la part de marché des transports collectifs a très faiblement décliné durant la même période (de 21,5 % en 1976 à 21,4 % en 1995). Ce paradoxe s'explique facilement par le phénomène d'étalement urbain (figure 2). Le poids des déplacements ayant une extrémité dans le centre (zones HC et RLV) diminue, là où la part de marché des transports collectifs est forte, alors qu'il augmente dans les zones de banlieue (1CO et 2CE), là où la part de marché des transports collectifs est faible. L'évolution de la distribution spatiale des déplacements annule donc tous les gains de part de marché obtenus pour chacune des zones.

2.3. MOTORISATION, DISTRIBUTION SPATIALE DES DEPLACEMENTS ET PART DE MARCHE DES TRANSPORTS COLLECTIFS

La part de marché des transports collectifs chute très fortement dès lors que le ménage possède une voiture (tableau 1). La seconde voiture et les suivantes amplifient la chute. Entre 1976 et 1995, la part de marché des transports collectifs s'améliore chez les ménages motorisés et diminue

légèrement chez les autres. Mais, de nouveau, la dynamique de motorisation conduit à une légère diminution de la part de marché des transports collectifs.

Tableau 1 : Part de marché des transports collectifs et motorisation du ménage

| | EM76 | EM85, pér76 | EM95 pér76 |
|--------------------|--------|-------------|------------|
| 0 voiture | 82,5 % | 80,1 % | 81,8 % |
| 1 voiture | 20,1 % | 23,2 % | 20,9 % |
| 2 voitures ou plus | 7,6 % | 12,2 % | 9,9 % |
| Moyenne | 21,6 % | 23,8 % | 21,4 % |

Ces données ne peuvent toutefois nous suffire pour analyser l'incidence de l'évolution de la motorisation et de la distribution spatiale des déplacements, car ces deux indicateurs sont fortement corrélés (figures 3 et 4). Nous retenons deux définitions de la motorisation. La première correspond à la définition couramment utilisée (nombre de voitures possédées ou à disposition par ménage), mais elle ne rend pas compte des dynamiques d'évolution de la taille du ménage. Nous lui préférons donc une définition permettant de mieux caractériser l'accès des individus à la voiture : nombre de voitures possédées ou à disposition du ménage divisé par le nombre d'individus de 18 ans et plus, donc en âge d'avoir le permis de conduire.

Figure 3 : Evolution de la motorisation des ménages selon la zone de résidence

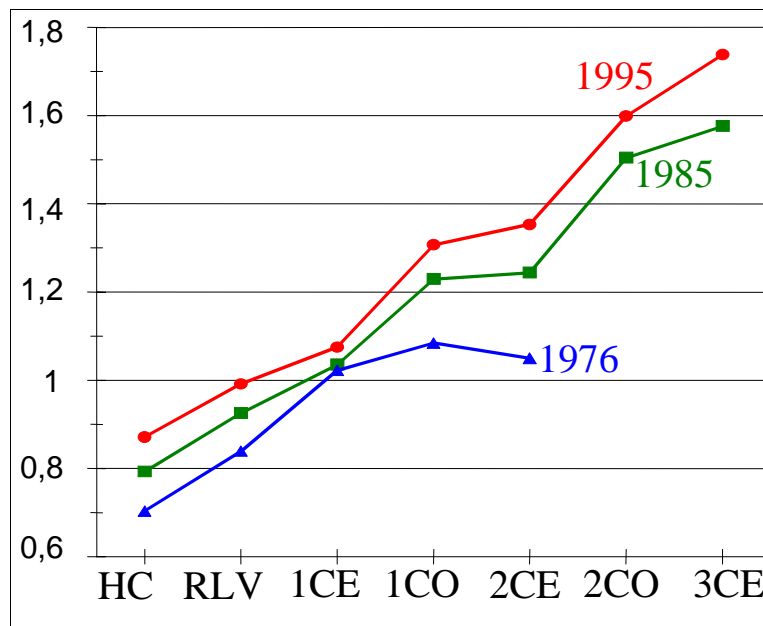
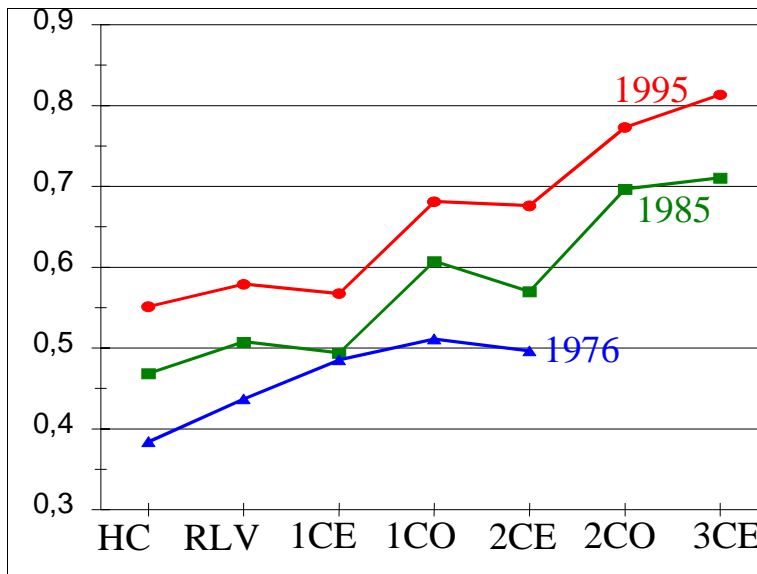


Figure 4 : Evolution de la motorisation individuelle des plus de 18 ans selon la zone de résidence



Les deux définitions illustrent la très forte corrélation entre motorisation et localisation du ménage. Celle-ci s'accroît fortement à mesure que l'on s'éloigne du centre de l'agglomération. On observe également une différence entre l'Ouest plus aisé et l'Est plus populaire. Toutefois les deux définitions fournissent des images assez différentes de la motorisation. En particulier, le rapport de motorisation entre la zone la plus externe et la zone la plus centrale est beaucoup plus faible avec cette seconde définition (de l'ordre de 1,5) qu'avec la motorisation du ménage (de l'ordre de 2). De plus si la croissance est plus forte durant la première décennie avec cette seconde définition, ce n'est plus le cas durant la seconde décennie, tout particulièrement en périphérie. Pour la suite du travail, nous retiendrons cette seconde définition, traduisant mieux l'accès individuel à la voiture des personnes en âge de conduire.

3. METHODOLOGIE DE DECOMPOSITION DES EFFETS

Notre objectif vise à séparer la contribution des facteurs explicatifs du phénomène étudié. La difficulté de ce genre d'exercice tient à la corrélation fréquente entre les variables explicatives des phénomènes étudiés. De ce fait, il est souvent difficile d'isoler la contribution de chacun des facteurs. Dans notre étude, motorisation et localisation sont très fortement corrélées. Ces corrélations posent problème dans l'analyse dynamique. Si l'on étudie la contribution de chacun de ces facteurs pris isolément, l'agrégation n'est pas forcément possible. L'effet combiné de l'évolution de la motorisation et de l'évolution des localisations ne correspond pas à la somme ou au produit des

effets considérés isolément, en raison de cette corrélation. En effet dans l'accroissement de la motorisation des ménages, on prend en compte l'évolution de la localisation des ménages. On a donc en quelque sorte des « doubles comptes ».

Nous proposons donc une méthodologie de décomposition des effets qui permet de faire face à ce problème. Nous explicitons tout d'abord le principe mathématique, pour ensuite l'interpréter et présenter les hypothèses nécessaires.

3.1. PRINCIPE MATHEMATIQUE

Notre formulation mathématique s'appuie sur une présentation avec trois facteurs correspondant à l'exemple que nous traitons dans cet article, mais on peut facilement la généraliser à autant de facteurs que l'on souhaite. Nous explicitons tout d'abord les notations, soit :

Y le facteur à expliquer ;

a, b, c les trois variables explicatives ;

f une fonction des variables explicatives.

$$Y = \sum_i f(a_i, b_i, c_i) \quad (1)$$

La somme exprime le fait que la grandeur Y est calculée à partir d'une décomposition en classes d'individus statistiques. Cette décomposition s'appuie généralement sur une (ou plusieurs) des variables explicatives. Dans l'exemple qui nous concerne, la décomposition correspond à une partition sur les localisations (à travers un zonage de l'espace étudié).

L'évolution de la grandeur Y entre deux dates données, s'écrit alors :

$$\begin{aligned} \frac{Y_2}{Y_1} &= \frac{\sum f(a_2 b_2 c_2)}{\sum f(a_1 b_1 c_1)} \\ &= \frac{\sum f(a_2 b_1 c_1)}{\sum f(a_1 b_1 c_1)} \times \frac{\sum f(a_1 b_2 c_1)}{\sum f(a_1 b_1 c_1)} \times \frac{\sum f(a_1 b_1 c_2)}{\sum f(a_1 b_1 c_1)} \times \frac{(\sum f(a_1 b_1 c_1)) \times (\sum f(a_2 b_2 c_1))}{(\sum f(a_1 b_2 c_1)) \times (\sum f(a_2 b_1 c_1))} \\ &\times \frac{(\sum f(a_1 b_1 c_1)) \times (\sum f(a_2 b_2 c_2))}{(\sum f(a_1 b_1 c_2)) \times (\sum f(a_2 b_1 c_1))} \times \frac{(\sum f(a_1 b_1 c_1)) \times (\sum f(a_1 b_2 c_2))}{(\sum f(a_1 b_2 c_1)) \times (\sum f(a_1 b_1 c_2))} \\ &\times \frac{(\sum f(a_2 b_2 c_2)) \times (\sum f(a_2 b_1 c_1)) \times (\sum f(a_1 b_2 c_1)) \times (\sum f(a_1 b_1 c_2))}{(\sum f(a_1 b_1 c_1)) \times (\sum f(a_2 b_2 c_1)) \times (\sum f(a_1 b_2 c_2)) \times (\sum f(a_2 b_1 c_2))} \end{aligned}$$

d'où :

$$\frac{Y_2}{Y_1} = E(a) \times E(b) \times E(c) \times E(a, b) \times E(a, c) \times E(b, c) \times E(a, b, c) \quad (2)$$

où :

- E(a) désigne l'effet simple du facteur a. C'est un taux de variation absolue obtenu en ne faisant varier que ce facteur de 1 à 2 en maintenant le reste constant ;
- E(b) désigne l'effet simple facteur b. C'est un taux de variation absolue obtenu en ne faisant varier que ce facteur entre les états 1 et 2 ;
- E(c) désigne l'effet simple facteur c. C'est un taux de variation absolue obtenu en ne faisant varier que ce facteur entre 1 et 2 ;
- E(a, b) désigne un effet double des facteurs a et b. C'est le rapport de deux taux de variation absolue. Dans le premier le facteur b varie de 2 à 1 avec le facteur a à l'état 1 ; il s'agit donc de l'inverse de l'effet du facteur b. Dans le second le facteur b varie de 1 à 2 avec le facteur a à l'état 2 ; il s'agit de l'effet du facteur b mesuré à l'état 2 du facteur a. Dans les deux cas le facteur c est à l'état 1 ;
- E(a, c) désigne un effet double des facteurs a et c. Il s'interprète comme ci-dessus en permutant le rôle de a, b et c ;
- E(b, c) désigne un effet double des facteurs b et c. Il s'interprète comme ci-dessus en permutant le rôle de a, b et c ;
- E(a, b, c) désigne un effet triple, rapport entre des taux de variation absolue où interviennent les variations des trois facteurs. Le premier rapport reprend la totalité de l'effet de l'évolution simultanée des trois facteurs, tandis que les trois autres représentent chacun l'inverse de l'effet d'un des facteurs mesuré avec des états 1 ou 2 des deux autres facteurs.

Ainsi, le taux de variation global peut se décomposer en 7 effets, trois effets simples dépendant de la variation de chacun des facteurs pris isolément, trois effets doubles dépendant chaque fois de la variation de deux facteurs, le troisième restant constant à l'état 1, et un effet triple dépendant de variations combinées des trois facteurs. L'objectif est évidemment d'obtenir des effets doubles et triple égaux ou très proches de 1, de telle sorte que l'évolution de la grandeur Y puisse se résumer au produit de chacun des trois effets considéré isolément. Nous proposons une interprétation des effets doubles et triple permettant d'explicitier les conditions nécessaires à l'obtention d'un tel résultat.

3.2. INTERPRETATION DES EFFETS DOUBLES ET TRIPLE

Nous n'étudions que le premier effet double sachant que l'interprétation proposée se généralise sans difficulté par permutation des facteurs. Si l'effet double est négligeable, donc s'il est égal à 1, car nous avons un modèle multiplicatif, alors :

$$\frac{(\sum f(a_1 b_1 c_1)) \times (\sum f(a_2 b_2 c_1))}{(\sum f(a_1 b_2 c_1)) \times (\sum f(a_2 b_1 c_1))} = 1 \quad (3)$$

On peut tout d'abord l'écrire sous la forme suivante :

$$\frac{(\sum f(a_1 b_2 c_1))}{(\sum f(a_1 b_1 c_1))} = \frac{(\sum f(a_2 b_2 c_1))}{(\sum f(a_2 b_1 c_1))}.$$

Ce résultat s'interprète de la manière suivante : l'incidence de l'évolution du facteur b est identique pour les états 1 et 2 du facteur a. Elle ne dépend donc pas de l'état du facteur a.

Mais on peut encore l'écrire sous la forme suivante :

$$\frac{(\sum f(a_2 b_1 c_1))}{(\sum f(a_1 b_1 c_1))} = \frac{(\sum f(a_2 b_2 c_1))}{(\sum f(a_1 b_2 c_1))}.$$

Le résultat s'interprète alors de la manière suivante : l'incidence de l'évolution du facteur a est identique pour les états 1 et 2 du facteur b. Elle ne dépend donc pas de l'état du facteur b.

Si les effets des deux termes sont indépendants, c'est-à-dire si l'incidence de l'évolution du facteur a est indépendante de l'incidence de l'évolution du facteur b, alors l'effet double sera systématiquement égal à 1. Il sera donc possible d'interpréter les différents termes de notre décomposition et d'affirmer que l'évolution de notre grandeur Y est égale au produit de l'incidence de l'évolution de chacun des facteurs pris isolément, c'est-à-dire toutes choses égales par ailleurs. A l'inverse, si les deux termes ne sont pas indépendants, l'influence du facteur a aura de forte chance d'être différente selon l'état du facteur b tout comme l'influence de la variation du facteur b a de fortes chances d'être dépendante de l'état du facteur a. Le produit des deux termes a donc toutes les chances d'être différent de 1.

Il faut donc rechercher une formulation des facteurs a, b et c et de la fonction qui les relie avec laquelle l'incidence de l'évolution de chacun des facteurs sera indépendante ou tout au moins qui réduise le plus possible cette dépendance. Il convient toutefois d'interpréter avec prudence cette présentation. Elle ne signifie pas qu'un effet double égal à 1 avec un certain jeu de données entraîne automatiquement une indépendance de l'incidence de l'évolution des facteurs. Il conviendrait en effet de pouvoir valider ce résultat avec d'autres enquêtes. Elle signifie seulement que l'hypothèse n'est pas infirmée par les données.

L'effet triple s'interprète de la même manière. En se centrant sur le facteur a, la formulation proposée ci-dessus (équation (2)) peut aussi s'écrire :

$$\frac{\left\{ \frac{(\sum f(a_2 b_2 c_2)) \times (\sum f(a_2 b_1 c_1))}{(\sum f(a_1 b_2 c_2)) \times (\sum f(a_1 b_1 c_1))} \right\}}{\left\{ \frac{(\sum f(a_2 b_2 c_1)) \times (\sum f(a_2 b_1 c_2))}{(\sum f(a_1 b_2 c_1)) \times (\sum f(a_1 b_1 c_2))} \right\}} \quad (4)$$

Nous avons alors deux fois l'effet de l'évolution du facteur a au numérateur, avec deux états différents de combinaison des facteurs b et c (b_1c_1 , b_2c_2) et deux fois l'effet de l'évolution du facteur a au dénominateur, avec les deux autres états possibles de combinaison des facteurs b et c (b_1c_2 , b_2c_1). Si l'évolution du facteur a est indépendante de l'évolution des autres facteurs alors on mesure quatre fois le même effet. Le produit des rapports est alors égal à 1. On peut faire une présentation similaire en se centrant sur le facteur b ou sur le facteur c, en permutant les termes a, b et c.

L'utilisation de notre méthode nécessite donc de proposer une formulation adéquate pour chacun des facteurs utilisés et pour la fonction qui les relie. Elle nécessite également des données en séries chronologiques. Les trois dernières enquêtes ménages réalisées dans l'agglomération lyonnaise selon la même méthodologie vont jouer ce rôle.

4. QUANTIFICATION DE L'EFFET DE L'EVOLUTION DES LOCALISATIONS ET DE LA MOTORISATION SUR LA PART DE MARCHÉ DES TRANSPORTS COLLECTIFS

4.1. PRINCIPE DE LA DECOMPOSITION

Nous utilisons la méthodologie développée ci-dessus pour quantifier ces effets. La localisation et la motorisation n'expliquant pas la totalité du choix modal, nous ajoutons un troisième facteur qui correspond à l'ensemble des autres facteurs. A ce stade de l'analyse, il n'est pas nécessaire de préciser le contenu de ces autres facteurs. L'enjeu est donc d'arriver à trouver des formulations adéquates de nos facteurs et de la fonction qui les lie pour que la décomposition ait un sens.

4.1.1. Formalisation du terme localisation

Pour le terme localisation, nous retenons la distribution spatiale des déplacements telle que nous l'avons définie en 2.2. Le terme localisation correspond donc à la matrice origine-destination des déplacements. Nous le formalisons mathématiquement à travers la matrice des poids de chacune des origines-destinations, soit :

$$l_{ij} = \frac{N_{ij}}{N} \quad (5)$$

où :

- l_{ij} est le poids du couple origine-destination i/j parmi l'ensemble des déplacements réalisés en voiture ou en transports collectifs par les enquêtés ;
- N_{ij} , le nombre de déplacements voiture ou transports collectifs de l'origine-destination i/j ;
- N est le nombre de déplacements voiture ou transports collectifs réalisés par les enquêtés.

Nous pouvons alors écrire la part de marché des transports collectifs en fonction des localisations grâce à la formulation suivante :

$$P_{TC} = \sum_{i,j} l_{ij} * P_{TCij} \quad (6)$$

où :

- P_{TC} est la part de marché des transports collectifs sur l'ensemble de l'agglomération ;
- l_{ij} est le poids du couple origine-destination parmi l'ensemble des déplacements réalisés en voiture ou en transports collectifs ;
- P_{TCij} est la part de marché des transports collectifs pour l'origine-destination entre i et j .

4.1.2. Formalisation du terme motorisation

Compte tenu de la fonction que nous avons choisie pour relier nos trois facteurs (Cf. section 4.2), nous ne pouvons retenir la définition habituelle de la motorisation (nombre moyen de voitures du ménage). La forte corrélation entre l'évolution de la localisation et de la motorisation provoque de ce fait une corrélation entre l'incidence de chacun des facteurs (qui se traduit par des effets doubles et triples nettement différents de 1). Nous proposons donc une formulation particulière de la motorisation qui fait abstraction de la localisation. Nous le faisons en transférant l'attribut motorisation qui est attaché au ménage ou à l'individu, aux déplacements réalisés par ces ménages ou individus. Il est alors possible de calculer une motorisation pour chaque origine-destination en faisant la moyenne de la motorisation de chacun des déplacements concernés par l'origine-destination, soit :

$$m_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^{N_{ij}} t_k}{N_{ij}} \quad (7)$$

où :

- m_{ij} est la motorisation de l'origine-destination i/j ;
- N_{ij} , le nombre de déplacements de l'origine-destination i/j ;
- t_k motorisation individuelle des plus de 18 ans = nombre de voitures du ménage/nombre de personnes de 18 ans et plus enquêtées du ménage.

Cette formulation permet de faire varier indépendamment localisation et motorisation. Nous avons ainsi en quelque sorte orthogonalisé les deux facteurs.

L'indépendance d'évolution des deux facteurs ne garantit toutefois pas que l'incidence de l'effet des deux facteurs sera également indépendante. Il faut donc trouver une formulation de la fonction f qui relie les trois facteurs qui le permette, c'est-à-dire qui conduise à des effets doubles et triple qui soient négligeables.

4.1.3. Formalisation du terme « autres facteurs »

Reste à traiter la formalisation des autres facteurs dont nous ne connaissons pas le contenu. Les analyses de mobilité (ANDAN *et alii*, 1988) soulignent la multiplicité des facteurs explicatifs du choix modal. Nous ne proposons donc pas de formalisation de ces autres facteurs à partir de la description des variables les composant. Par contre, une fois que nous aurons choisi la fonction f , reliant les trois facteurs, nous pourrions déduire les autres facteurs des données des enquêtes ménages comme nous l'exposons dans la section suivante.

4.2. FORMALISATION DE LA FONCTION F RELIANT LES TROIS FACTEURS

La formalisation retenue pour le terme localisation nous permet de simplifier le problème, car nous connaissons la part de marché des transports collectifs sur chacune des origines-destinations. De ce fait l'équation (1) peut s'écrire :

$$P_{TC} = \sum_{i,j} l_{ij} * P_{TCij} = \sum_{i,j} l_{ij} * g(m_{ij}, a_{ij}) \quad (8)$$

où :

- P_{TC} , part de marché des transports collectifs sur l'agglomération, est la quantité à expliquer ;
- l_{ij} est le poids du couple origine-destination parmi l'ensemble des déplacements réalisés en voiture ou en transports collectifs (la somme des l_{ij} est donc égale à 1) ;
- P_{TCij} est la part de marché des transports collectifs pour l'origine-destination entre i et j ;
- m_{ij} est la motorisation des déplacements pour l'origine-destination entre i et j ;
- a_{ij} est le terme « autres facteurs » pour l'origine-destination entre i et j .

Pour finaliser la relation entre les trois facteurs, il faut définir la fonction g . Nous retenons une formulation logit pour exprimer la part de marché des transports collectifs sur une origine-destination en fonction de la motorisation et des autres facteurs. Elle présente le mérite de fonder sur le plan théorique la formulation grâce à la théorie de l'utilité. Il suffit alors d'écrire l'utilité du déplacement, pour chacun des deux modes transport collectif ou voiture particulière, comme étant une somme pondérée de deux termes (liés à la motorisation et autres facteurs) plus le terme d'erreur. En utilisant une formulation logit classique on peut démontrer facilement (en intégrant les constantes dans les termes m_{ij} et a_{ij}) que la part de marché des transports collectifs s'écrit :

$$P_{TCij} = \frac{1}{1 + e^{(m_{ij} + a_{ij})}} \quad (9)$$

Ne connaissant pas les autres facteurs, nous avons intégré le coefficient correspondant dans le terme a_{ij} , ce qui simplifie les notations. Les autres facteurs se déduisent de la formulation précédente pour laquelle la part de marché des transports collectifs et la motorisation sont connues sur chacune des origines-destinations, pour les trois enquêtes ménages, grâce à la formule suivante :

$$a_{ij} = \ln\left(\frac{1}{P_{TCij}} - 1\right) - m_{ij} \quad (10)$$

Comme pour la motorisation, en définissant les autres facteurs au niveau de chacune des origines-destinations, nous garantissons l'indépendance d'évolution des termes localisation et autres facteurs. L'indépendance d'évolution des deux facteurs ne garantit toutefois pas que l'incidence de l'effet des deux facteurs sera également indépendante. Seule l'analyse des résultats sur les effets doubles et triple pourra nous conduire à rejeter l'hypothèse. Cependant l'absence d'effets doubles ou triple ne peut être suffisante pour confirmer l'hypothèse, car il faudrait être en mesure de le vérifier sur d'autres jeux de données. Nous adopterons la même position en ce qui concerne l'incidence de la motorisation et des autres facteurs.

4.3. RESULTATS

Nous appliquons la méthodologie développée ci-dessus sur les données des trois dernières enquêtes ménages. Celles-ci nous permettent de calculer chacune des matrices origines-destinations dont nous avons besoin.

La formulation retenue pour chacune des trois dimensions prises en compte permet donc de supprimer les effets doubles et triple, puisque leur produit est inférieur à 1 % (tableau 2). De plus, chacun des effets doubles ou triple est très faible, le plus important ne dépassant pas sept pour mille. Cette

formulation nous permet donc de « résumer » l'évolution de la part de marché des transports collectifs en un produit de trois termes correspondant chacun à l'incidence de l'un des facteurs toutes choses étant égales par ailleurs.

Tableau 2 : Décomposition des effets localisation, motorisation et « autres facteurs »

| | EM 85 / EM 76 (pér 76) | EM 95 / EM 85 (pér 76) | EM 95 / EM 76 (pér 76) | EM 95 / EM 85 (pér 85) |
|--|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Taux global de variation | 1,105 | 0,898 | 0,992 | 0,878 |
| Effet localisation $E(l_{ij})$ | 0,940 | 0,923 | 0,883 | 0,908 |
| Effet motorisation $E(m_{ij})$ | 0,963 | 0,996 | 0,959 | 0,997 |
| Effet des autres facteurs $E(a_{ij})$ | 1,211 | 0,969 | 1,173 | 0,962 |
| Effet double $E(l_{ij}, m_{ij})$ | 0,999 | 1,000 | 0,999 | 1,000 |
| Effet double $E(l_{ij}, a_{ij})$ | 1,004 | 1,007 | 0,997 | 1,006 |
| Effet double $E(m_{ij}, a_{ij})$ | 1,004 | 1,001 | 1,003 | 1,001 |
| Effet triple $E(l_{ij}, m_{ij}, a_{ij})$ | 1,001 | 1,000 | 0,999 | 1,000 |
| Produit des effets doubles et triple | 1,0072 | 1,0081 | 0,9982 | 1,0071 |

La variation de la distribution spatiale des déplacements génère ainsi une baisse de 6 % de la part de marché des transports collectifs entre 1976 et 1985 et de l'ordre de 8 à 9 % entre 1985 et 1995 selon le périmètre. Sur 20 ans, on obtient ainsi une chute de 12 % sur le périmètre de l'enquête de 1976. L'évolution de la distribution spatiale des déplacements a donc eu une influence négative sur la fréquentation des transports collectifs, contribuant à réduire les bénéfices attendus des investissements importants effectués sur ce mode de transport.

La variation de la matrice des motorisations entraîne des évolutions plus modérées que celle des localisations. Elle explique une baisse de 4 % de la part de marché des transports collectifs durant la première décennie. Par contre, l'incidence est beaucoup plus réduite durant la seconde décennie.

Enfin, si la variation de la matrice des autres facteurs a des effets très positifs sur la part de marché des transports collectifs entre 1976 et 1985, ce n'est plus du tout le cas entre 1985 et 1995. Certes, les autres facteurs ne se résument pas à l'offre de transports collectifs, mais on peut penser que celle-ci doit y avoir sa place. Cette offre s'est pourtant accrue de manière similaire en termes de nombre de places-kilomètres offertes ou de kilomètres métro. Mais seule la première décennie se traduit par un effet important des autres facteurs sur la part de marché des transports collectifs. Il se peut que l'impact

n'ait pas été le même dans la mesure où l'offre métro représentait une innovation durant la première décennie. De même, la perception des transports collectifs (pour un même niveau d'offre) a pu évoluer durant la période dans un sens défavorable aux transports collectifs au profit de la voiture. Toutefois, il est également probable que d'autres éléments ont dû jouer un rôle inverse. A ce titre, on peut évoquer la politique de construction massive de places de stationnement dans l'hypercentre de Lyon et une amélioration significative de l'offre routière, au cours de la seconde décennie. Il reste toutefois que les autres facteurs ne sont pas connus, compte tenu de la construction de notre modèle. Les autres facteurs peuvent donc recouvrir d'autres éléments que nous n'avons pas pris en compte, de même qu'une certaine incertitude que nous ne pouvons cependant pas apprécier faute de test statistique.

5. CONCLUSIONS

Sur le plan méthodologique, il nous semble utile de revenir sur l'interprétation que l'on peut donner de ces résultats. Tout d'abord, nous nous gardons bien de les interpréter comme étant le signe d'une relation de causalité univoque. Le terme effet est en fait impropre, car il réfère à une relation de causalité que nous ne souhaitons pas aborder ici, notre travail ne nous permettant pas de traiter pleinement cette question. En revanche, nous mettons en évidence qu'une certaine évolution de la distribution spatiale des déplacements peut être reliée à une certaine évolution de la part de marché des transports collectifs et que l'on peut quantifier cette relation. La même constatation peut être faite pour la motorisation et les autres facteurs.

L'interprétation de l'effet de chacun des facteurs mérite également des précisions. Ce que nous nommons effet motorisation, par exemple, est en fait un abus de langage. L'évolution de la motorisation peut avoir des incidences sur les choix de localisation qui sont alors inscrits dans notre étude comme effet localisation et non effet motorisation, tout comme les choix de localisation peuvent avoir une incidence sur la motorisation. Ce que nous nommons « effet motorisation » ne correspond donc pas forcément à la totalité des « effets de la motorisation » sur l'usage des modes. Il traduit plutôt « l'effet » de l'évolution de la motorisation à structure spatiale des déplacements constante. Nous avons, en quelque sorte, décomposé l'évolution de la motorisation à l'échelle de l'agglomération en deux composantes : l'une est liée à l'évolution de la localisation des ménages (l'étalement urbain est alors synonyme de croissance de la motorisation, car la motorisation est plus élevée en périphérie qu'au centre) ; l'autre est liée à la croissance de la motorisation au sein de chacune des zones qui sert au calcul de la matrice des motorisations. Ce que nous nommons effet motorisation ne correspond qu'à l'effet de la seconde composante. Nous établissons ainsi une quantification de la relation entre l'évolution de la

matrice origine-destination des motorisations et l'évolution de la part de marché des transports collectifs. Dans le même ordre d'idée, ce que nous nommons effet localisation correspond en fait à l'effet de l'évolution de la distribution spatiale des origines-destinations des déplacements et non pas directement à l'effet de l'étalement urbain. Nous quantifions donc la relation entre l'évolution de la matrice origine-destination des déplacements et l'évolution de la part de marché des transports collectifs. Il en va de même pour la matrice des autres facteurs.

L'intérêt de notre démarche réside dans le fait que l'évolution combinée de ces trois matrices signifie une évolution de la part de marché des transports collectifs égale au produit des trois effets simples, avec des effets doubles et triple négligeables. On peut exprimer ce résultat par la formulation mathématique suivante :

$$\Delta P_{TC} = E(\Delta \text{matrice localisation}) \\ * E(\Delta \text{matrice motorisation}) \\ * E(\Delta \text{matrice autres facteurs})$$

avec :

- ΔP_{TC} : variation de la part de marché des transports collectifs entre deux dates ;
- $E()$: effet de l'évolution de chacune des trois matrices.

C'est le résultat de ces trois effets que nous dénommons par facilité effet localisation, motorisation et autres facteurs, même s'il ne désigne en fait qu'une relation entre une certaine formulation de la localisation, de la motorisation ou des autres facteurs et la part de marché des transports collectifs.

Au-delà de la quantification des effets, notre travail a permis de construire deux matrices originales : matrice des motorisations et matrice des autres facteurs. La première permet d'associer une motorisation à un flux de déplacements. Elle présente le mérite d'illustrer une autre vision de la motorisation que celle généralement présentée à travers la motorisation du ménage ou de l'individu. Cette fois l'attribut est affecté au déplacement. Il permet en quelque sorte de déterminer l'accès moyen à l'automobile pour les déplacements réalisés sur une origine-destination particulière. Cette définition permet de relativiser quelque peu les différences de motorisation que les statistiques de motorisation des ménages font apparaître entre le centre et la périphérie. Le rapport n'est plus de 1 à 2 entre l'hypercentre et les zones les plus éloignées du périmètre d'étude, mais une variation de 20 à 40 % entre les flux de l'hypercentre et ceux de lointaine périphérie pour lesquels la motorisation est la plus élevée. On constate également que la variation de motorisation dans le temps est relativement uniforme dans l'espace des flux et même qu'elle aurait tendance à être très légèrement supérieure dans le centre qu'en moyenne. Ces résultats nuancent les

observations qui sont fréquemment faites sur les différences d'accès à la voiture pour les déplacements effectués en modes motorisés entre les zones centrales et celles de lointaines périphéries. Il apparaît que ces différences sont en fait plutôt limitées. Cette approche ouvre des perspectives d'analyse qui mériteraient d'être approfondies en matière de modélisation du choix modal.

La seconde matrice produite est celle des autres facteurs. Son analyse est assez délicate car elle est déduite des autres matrices (matrice des parts de marché des transports collectifs / matrice des motorisations) et non à partir d'une analyse des autres facteurs. De ce fait, elle intègre également les résidus non expliqués sans que l'on sache la part qu'ils peuvent représenter. Toutefois, au-delà des valeurs elles-mêmes, la comparaison des valeurs relatives entre chacune des cases de la matrice peut apporter des informations intéressantes. De même l'évolution dans le temps de la matrice peut renseigner sur l'évolution des autres facteurs dans le temps pour chacun des flux. La formulation logistique a ainsi permis de montrer que les autres facteurs n'étaient favorables aux transports collectifs que dans les zones les plus centrales et que l'amélioration des transports collectifs a permis d'étendre, bien que faiblement, le nombre de flux concernés.

En conclusion, ces résultats amènent à s'interroger sur la capacité à accroître la part de marché des transports collectifs en agissant uniquement sur les investissements en faveur des transports collectifs. Tout laisse à penser que les évolutions passées concernant la localisation et la motorisation vont se poursuivre, si la politique en la matière n'est pas fortement infléchie. En reproduisant les variations passées de ces deux facteurs, c'est donc déjà de l'ordre de 10 % de perte de part de marché des transports collectifs qui sont à attendre à Lyon au cours des 10 prochaines années indépendamment de l'évolution des autres facteurs. Seule une politique volontariste sur les transports collectifs, mais aussi (et probablement surtout) une politique de maîtrise de la voiture est alors probablement à même de renverser la tendance. De plus un accroissement significatif de la part de marché des transports collectifs nécessite également une maîtrise de la localisation des flux, donc de la localisation des activités pour freiner l'étalement urbain et la dissociation des flux.

Sur le plan prospectif, cette recherche est riche d'enseignement à l'heure où les Plans de Déplacements Urbains, en France, sont censés inverser la vapeur pour accroître la place des transports collectifs vis-à-vis de la voiture. Les résultats montrent qu'un « simple » maintien de la part de marché des transports collectifs passe par des efforts conséquents sur les transports collectifs à moins de s'attaquer réellement à la place de la voiture en ville et à la maîtrise des localisations. Mais cela nécessite alors bien souvent des inflexions fortes des politiques de déplacements urbains et une coopération intercommunale et interservice à développer pour une mettre en place une

politique globale et cohérente à l'échelle du bassin d'attraction de l'agglomération qui déborde fréquemment les limites administratives françaises existantes.

Enfin, le modèle de décomposition des effets que nous avons appliqué sur les trois dernières enquêtes ménages de l'agglomération lyonnaise pourrait être utilisé en prospective. Il suffit de simuler d'une part différents scénarios d'évolution de la matrice des localisations en fonction d'hypothèses de localisation des activités et d'autre part des hypothèses de croissance de la motorisation pour quantifier l'incidence sur la part de marché des transports collectifs. Cette analyse serait probablement utile pour bon nombre d'études de planification urbaine, ne serait-ce que pour illustrer l'ampleur des enjeux en matière de gestion des déplacements urbains. Elle aiderait peut être aussi à prendre conscience de la nécessité d'une rupture dans la politique mise en œuvre dans cette gestion des déplacements urbains et des localisations des activités. Toutefois, afin de renforcer le caractère prospectif de notre modèle, l'analyse des autres facteurs mériterait d'être approfondie. Notamment, il serait souhaitable d'identifier clairement la contribution de l'offre de transport tant collectif que de voirie. Une analyse à partir de fonctions de coûts généralisés pour chacun des deux modes permettrait probablement d'y répondre.

BIBLIOGRAPHIE

ANDAN O., BONNEL P., RAUX C. (1988) **Les analyses des comportements de mobilité individuelle quotidienne, une synthèse bibliographique.** Lyon, Laboratoire d'Economie des Transports, pour le compte du SERT, Ministère des Transports, 118 p.

BANISTER D., BAYLISS D. (1992) Structural changes in population and impact on passenger transport. In **ECMT Round table 88.** OECD, Paris, pp. 103-142.

BANISTER D. (1993) Structures démographiques et comportements sociaux, rapport introductif au 12^{ème} symposium de la CEMT Lisboa 1992. In **La croissance des transports en question.** Paris, CEMT, pp. 111-156.

BANISTER D. (1998) **Transport policy and the environment.** Londres, E&FN SPON, 348 p.

BONNAFOUS A. (1993) Structures démographiques et comportements sociaux, rapport introductif au 12^{ème} symposium de la CEMT Lisboa 1992. In **La croissance des transports en question.** Paris, CEMT, pp. 21-77.

BONNAFOUS A., TABOURIN E. (1995) Modèles de simulation stratégique. **Communication à la 7ème WCTR,** Sydney, 17 p.

BONNEL P. (1995) Urban Car Policy in Europe. **Transport policy**, Vol. 2, n° 2, pp. 83-95.

BONNEL P., GABET P. (1999) **Mesure de l'effet de l'évolution des localisations et de la motorisation sur la part de marché des transports collectifs**. Lyon, LET pour le compte de la DRAST-programme PREDIT, 160 p.

CERTU (1998) **L'enquête ménage déplacements « méthode standard »**. Lyon, éditions du CERTU, 295 p. (Collections du CERTU).

CETE de Lyon, D.E.U. (1977) **Enquête Ménages de Lyon 1976, document technique**. Lyon, CETE de Lyon, 49 p.

CETE de Lyon (1986) **Enquête Ménages Lyon 1985, document technique**. Lyon, CETE de Lyon, 156 p.

CETE de Lyon, SYTRAL, INSEE (1995) **Enquête « Déplacements auprès des ménages de l'agglomération lyonnaise » 1994 - 1995, document technique**. Lyon, CETE de Lyon, 119 p.

CETUR (1990) **10 ans de mobilité urbaine**. Bagneux, CETUR, 75 p. + annexes.

DREIF (1995) **Les déplacements des Franciliens en 1991-1992, enquête globale de transport**. Paris, 70 p.

DREIF (1996) **Les transports de voyageurs en Ile-de-France en 1994**. Paris, 110 p.

GALLEZ C. (1995) Une nouvelle perspective pour la projection à long terme des comportements d'équipement et de motorisation. **Recherche Transport Sécurité**, n° 48, pp. 3-14.

GÄRLING T., LAITILA T., WESTIN K. (Eds.) (1998) **Theoretical foundations of travel choice modeling**. Oxford, Pergamon, 498 p.

GORDON P., RICHARDSON H. W., JUN M. J. (1991) The commuting paradox. Evidence from the top twenty. **Journal of the American Planning Association**, vol. 57, N° 4, pp. 416-420.

KAUFMANN V., STOFER S. (1995) **Le report modal de l'automobile vers les transports publics - Recherche comparative auprès des actifs motorisés des agglomérations genevoise, lausannoise et bernoise**. Lausanne, Institut de Recherche sur l'Environnement Construit, Département d'Architecture, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, 53 p. (Rapport de recherche n° 127).

KAUFMANN V., GUIDEZ J.-M. (1996) **Les citoyens face à l'automobile - Les déterminants du choix modal**. Paris, Fonds d'Intervention pour les Etudes et Recherches, 188 p. (Rapport du FIER n° 19).

KOSTYNIUK L. P., KITAMURA R. (1987) Effects of ageing and motorisation on travel behaviour: An exploration. **Transportation Research Record**, 1135, pp. 31-36.

LICHERE V., RAUX C. (1997) **Développement d'un modèle stratégique de simulation des déplacements, présentation générale**. Lyon, SEMALY, LET, 28 p. + annexes.

MADRE J.-L., LAMBERT T. (1989) **Prévisions à long terme du trafic automobile**. Paris, CREDOC (Collection des rapports).

MADRE J.-L., ARMOOGUM J. (1996) **Motorisation et mobilité des franciliens aux horizons 2010 – 2020**. Arcueil, INRETS, 125 p. (Rapport INRETS n° 209).

MASSOT M.-H., ORFEUIL J.-P. (1989) **Offre et demande de transport en commun dans les villes françaises sans métro - Usages et usagers des services de transport en commun urbain**. Arcueil, INRETS, 63 p. (Rapport INRETS n° 100, premier tome).

MASSOT M.-H., ORFEUIL J.-P. (1990) **Offre et demande de transport en commun dans les villes françaises sans métro - Structures de l'offre de transport. Deuxième tome**. Arcueil, INRETS, 73 p. (Rapport INRETS n° 121).

MASSOT M.-H., ORFEUIL J.-P. (1991) **Offre et demande de transport en commun dans les villes françaises sans métro - Sensibilité de l'usage à l'offre. Troisième tome**. Arcueil, INRETS, 76 p. (Rapport INRETS n° 148).

NICOLAS J.-P. (1997) Mobilité, congestion, technologie : les paramètres du trafic routier affectant le niveau de pollution atmosphérique en milieu urbain. In **Mobilité dans un environnement durable, colloque de l'ATEC**. Paris, Presse de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, pp. 71-83.

ORFEUIL J.-P. (1992) Structural changes in population and impact on passenger transport. **ECMT Round Table 88**. Paris, OECD, pp. 43-102.

ORTUZAR J. de D., HENSHER D. A., JARA-DIAZ S. R. (Eds.) (1998) **Travel Behaviour Research: Updating the State of Play**. Oxford, Pergamon, Elsevier.

POCHET P. (1995) **Mobilité quotidienne des personnes âgées en milieu urbain : évolutions récentes et perspectives**. Lyon, Université Lumière Lyon 2, faculté des sciences économiques et de gestion, 321 p. (Thèse de doctorat de sciences économiques).

RAUX C., GODINOT C., MASSON S. (1996) **Développement d'un modèle stratégique de simulation des déplacements, vingt ans de rétrospective à travers les enquêtes déplacements de l'agglomération lyonnaise (1976-1985-1995)**. Lyon, LET, SEMALY, 159 p. (rapport d'étape).

RAUX C., LHOMET E., MASSON S. (1996) Un modèle stratégique de simulation des déplacements urbains - Conception et aspects méthodologiques. **Recherche Transports Sécurité**, n° 52, pp. 31-43.

RAUX C., TABOURIN E. (1992) Congestion et crise du financement des transports à Lyon : vers un péage urbain ? In C. RAUX, M. LEE GOSSELIN (Ed.), **La mobilité urbaine : de la paralysie au péage ?** Lyon, Editions du Programme Rhône-Alpes Recherches en Sciences Humaines, pp. 41-63.

STOPHER P., LEE-GOSSELIN M. (eds.) (1997) **Understanding travel behaviour in an era of change**. Oxford, Pergamon, 583 p.

SYTRAL, COURLY, CONSEIL GENERAL DU RHONE, MINISTERE DES TRANSPORTS (1990) **Comment se déplacent les lyonnais ? Résultats de l'enquête ménages sur l'agglomération lyonnaise en 1986**. Lyon, 29 p.

SYTRAL, DDE DU RHONE (1995) **Premiers résultats de l'enquête déplacements auprès des ménages de l'agglomération lyonnaise en 1995**. Lyon, 50 p.

SYTRAL (1997) **Le plan des déplacements urbains de l'agglomération lyonnaise, projet arrêté le 31 janvier 1997**. Lyon, 101 p.

UNION DES TRANSPORTS PUBLICS (1997) **Les chiffres clés du transport public urbain de l'année 1996**. Paris, 31 p.