



HAL
open science

Une méthode de décomposition des effets : Lyon entre 1976 et 1994

Patrick Bonnel, Pascal Pochet

► **To cite this version:**

Patrick Bonnel, Pascal Pochet. Une méthode de décomposition des effets : Lyon entre 1976 et 1994. Yves Bussière; Jean-Loup Madre. Démographie et transport : villes du nord et villes du sud, Chapitre 4, L'Harmattan, pp.79-105, 2002, 2-7475-2311-X. halshs-00080448

HAL Id: halshs-00080448

<https://shs.hal.science/halshs-00080448v1>

Submitted on 24 Jul 2006

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

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

IN BUSSIERE Y. MADRE J.-L., (EDS), *DÉMOGRAPHIE ET TRANSPORT : VILLES DU NORD ET VILLES DU SUD*, PARIS, L'HARMATTAN, PP. 79-105.

CHAPITRE 4 – Une méthode de décomposition des effets : Lyon entre 1976 et 1994

Patrick BONNEL et Pascal POCHE

Introduction

Dans les pays industrialisés, le modèle de développement urbain fondé sur la dissociation croissante des lieux d'activité et d'habitat ainsi que sur le développement de la motorisation individuelle, connaît une triple crise. Cette crise est d'abord une crise de congestion des grandes agglomérations liée à l'augmentation générale des trafics, même si les temps moyens de déplacements n'ont pas évolué de 1970 jusqu'au milieu des années 1990 [Gordon et al, 1991, Raux et al, 1996]. Elle est aussi une crise du financement des infrastructures de transport et notamment des transports collectifs nécessaires pour proposer une alternative à la voiture particulière [Raux et al, 1991]. Elle prend enfin la forme d'une crise environnementale, les évolutions technologiques ne réduisant qu'une partie de la pollution engendrée par l'automobile [Nicolas, 1997 ; Banister, 1998]. Pour faire face à cette situation, les autorités locales françaises visent à maîtriser les flux automobiles au profit des modes alternatifs (transports publics notamment) par le biais des Plans de Déplacements Urbains. La mise au point de politiques adaptées nécessite au préalable d'établir des diagnostics clairs des causes de la croissance de la mobilité automobile, de manière à cibler les facteurs les plus déterminants.

Or ces diagnostics ne sont pas aisés. Ainsi, par exemple, la croissance de la motorisation des ménages est (au-delà du simple effet de masse lié à l'accroissement des effectifs en âge de conduire) étroitement imbriquée avec les tendances d'évolution à long terme des modes de vie urbains. La déconcentration de l'habitat et des emplois, la hausse des revenus, la disparition progressive des générations non motorisées, le développement de l'activité féminine, tous ces facteurs ont un rôle déterminant dans l'accroissement de la motorisation et de l'usage de la voiture. Arriver à démêler l'influence respective des

facteurs explicatifs des comportements de déplacement s'avère d'autant plus ardu que l'on doit généralement s'intéresser à des données en évolution, et non plus à l'analyse d'un état. Généralement, l'analyse de données à un instant t est en effet loin de suffire pour comprendre des dynamiques complexes. Ainsi, à partir de données transversales, il apparaît que l'usage de la voiture selon l'âge suit une courbe en cloche, diminuant progressivement à partir de quarante ans. Se baser sur ce résultat partiel, surtout dans les villes du Nord, peut entraîner des erreurs de pronostics, comme par exemple celle de penser qu'à l'avenir, la mobilité automobile va diminuer du fait du vieillissement de la population. En effet, les analyses longitudinales sur longue période montrent que la date de naissance est bien plus importante que l'âge dans les phénomènes de motorisation et d'usage de la voiture [Lambert et Madre, 1989 ; Madre et Gallez, 1993 ; Gallez, 1995]. Sur la période récente, les effets de génération sont bien plus actifs que les effets liés à l'âge, et le léger vieillissement démographique intervenu jusqu'à présent n'a pas empêché, pour le moment, l'usage de la voiture de se développer fortement, à l'encontre du pronostic que l'on aurait pu faire sur de simples données transversales. Pour tenter d'éviter ce genre d'écueils, l'analyse de données diachroniques, issues d'enquêtes répétées dans le temps, s'avère nécessaire.

À partir de données diachroniques, la distinction et la mesure de l'influence respective des différents facteurs explicatifs des phénomènes de mobilité se heurtent au fait que ces facteurs sont généralement très corrélés. Pour séparer leurs effets, et pour les quantifier globalement, il est nécessaire, sur le plan analytique, de se doter d'indicateurs macroscopiques. Dans cet objectif, nous proposons une méthode de décomposition des effets de facteurs explicatifs sur un indicateur de mobilité. Cette méthode permet d'isoler l'effet propre des différents facteurs, toutes choses étant égales par ailleurs. Deux exemples d'application sont ensuite exposés, à partir des enquêtes-ménages lyonnaises. Le premier vise à expliquer l'effet respectif des évolutions de localisation, des évolutions de motorisation et des autres facteurs sur la part de marché des transports collectifs par couple d'origine-destination. Le second décompose la croissance du volume total de déplacements comme conducteur d'une voiture en trois facteurs : démographique, de motorisation, et enfin d'évolution de la mobilité des conducteurs. Ces deux décompositions découlent d'une même formulation générale des évolutions d'un phénomène en fonction de trois facteurs explicatifs.

1. Méthodologie

Nous explicitons tout d'abord le principe mathématique de notre décomposition des effets, pour ensuite l'interpréter et présenter les hypothèses nécessaires.

1.1 Principe mathématique

Dans les deux applications que nous développons dans les sections suivantes, nous cherchons à expliquer une grandeur à partir de trois facteurs. Notre formulation mathématique s'appuie donc sur une présentation avec trois facteurs, mais nous pouvons facilement généraliser à autant de facteurs que nous le souhaitons. Nous explicitons tout d'abord les notations, soit :

Y le facteur à expliquer ;

a, b, c, les trois variables explicatives ;

f, g, h, trois fonctions de chacune des variables explicatives.

$$Y = \sum_i f(a_i) * g(b_i) * h(c_i)$$

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 les deux exemples cités ci-dessus, la décomposition peut correspondre respectivement à une partition sur les localisations (à travers un zonage de l'espace étudié) et à une partition sur l'âge.

Pour simplifier les notations, on écrit cette somme sous la forme suivante :

$$Y = \sum a * b * c$$

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

$$\frac{Y_2}{Y_1} = E(a) \times E(b) \times E(c) \times E(a,b) \times E(a,c) \times E(b,c) \times E(a,b,c) \quad (1)$$

On pourra se reporter à l'encadré 4.1 pour le développement mathématique de cette équation. Les différentes composantes représentent les effets suivants :

Encadré 4-1 Décomposition des effets de trois facteurs explicatifs sur l'évolution d'un indicateur

Avec les notations précédentes, la décomposition s'écrit ainsi :

$$\frac{Y_2}{Y_1} = \frac{\sum a_2 b_2 c_2}{\sum a_1 b_1 c_1} = \frac{\sum a_2 b_1 c_1}{\sum a_1 b_1 c_1} \times \frac{\sum a_1 b_2 c_1}{\sum a_1 b_1 c_1} \times \frac{\sum a_1 b_1 c_2}{\sum a_1 b_1 c_1} \times \frac{(\sum a_1 b_1 c_1) \times (\sum a_2 b_2 c_1)}{(\sum a_1 b_2 c_1) \times (\sum a_2 b_1 c_1)} \times \frac{(\sum a_1 b_1 c_1) \times (\sum a_2 b_1 c_2)}{(\sum a_2 b_1 c_1) \times (\sum a_1 b_1 c_2)} \times \frac{(\sum a_1 b_1 c_1) \times (\sum a_1 b_2 c_2)}{(\sum a_1 b_1 c_2) \times (\sum a_1 b_2 c_1)} \times \frac{(\sum a_2 b_2 c_2) \times (\sum a_2 b_1 c_1) \times (\sum a_1 b_2 c_1) \times (\sum a_1 b_1 c_2)}{(\sum a_1 b_1 c_1) \times (\sum a_2 b_2 c_1) \times (\sum a_1 b_2 c_2) \times (\sum a_2 b_1 c_2)} \quad (2)$$

Interprétation des effets doubles et triple

Chacun des effets doubles est le rapport de deux taux de variation absolue. Ainsi par exemple pour E(a, b), dans le premier taux de variation, le facteur *b* varie de 2 à 1 avec les facteurs *a* et *c* à l'état 1. Il s'agit donc de l'inverse de E(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 de *a* et à l'état 1 de *c*.

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 nul, donc si le terme correspondant dans notre modèle multiplicatif est égal à 1, alors :

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

On peut aussi l'écrire sous la forme suivante :
$$\frac{(\sum a_1 b_2 c_1)}{(\sum a_1 b_1 c_1)} = \frac{(\sum a_2 b_2 c_1)}{(\sum a_2 b_1 c_1)}$$

On peut interpréter ce résultat ainsi : 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*.

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

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

De nouveau, on peut interpréter ce résultat ainsi : 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*.

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 de la manière suivante :

$$\frac{\left\{ \left(\sum a_2 b_2 c_2 \right) \times \left(\sum a_2 b_1 c_1 \right) \right\}}{\left\{ \left(\sum a_1 b_2 c_2 \right) \times \left(\sum a_1 b_1 c_1 \right) \right\}} \Bigg/ \frac{\left\{ \left(\sum a_2 b_2 c_1 \right) \times \left(\sum a_2 b_1 c_2 \right) \right\}}{\left\{ \left(\sum a_1 b_2 c_1 \right) \times \left(\sum a_1 b_1 c_2 \right) \right\}}$$

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).

- $E(a)$ désigne l'effet simple du facteur a . C'est un taux de variation absolue obtenu en ne faisant varier que ce facteur entre les dates 1 et 2 en maintenant les facteurs b et c constants ;
- de façon symétrique, $E(b)$ (respectivement $E(c)$) désigne l'effet simple du facteur b (c). C'est un taux de variation absolue obtenu en ne faisant varier que ce facteur entre les états 1 et 2 ;
- $E(a, b)$ désigne un effet double des facteurs a et b ;
- de même $E(a, c)$ (respectivement, $E(b, c)$) désigne un effet double des facteurs a et c (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 où interviennent les variations des trois facteurs.

Ainsi, le taux de variation global peut se décomposer en sept 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 triples 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 considérés isolément. Une interprétation des effets doubles et triples permet d'explicitier les conditions nécessaires à l'obtention d'un tel résultat.

Si les deux termes sont indépendants, c'est-à-dire que si l'évolution du facteur a est indépendante de l'évolution du facteur b alors l'effet double sera systématiquement égal à 1. Il sera alors possible d'interpréter les différents termes de notre décomposition et d'affirmer que l'évolution de l'indicateur Y est égale au produit 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 fortes chances 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 fonctions $f(a)$ et $g(b)$ dans laquelle l'évolution des deux facteurs soit indépendante ou tout au moins 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 des deux 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'interprétation peut être transposée aux deux autres effets doubles et généralisée à l'effet triple. L'utilisation de notre méthode nécessite donc l'indépendance entre l'évolution des trois facteurs afin de pouvoir interpréter les résultats. Elle nécessite également des données en séries chronologiques. Les enquêtes-ménages réalisées périodiquement dans la plupart des agglomérations françaises selon la même méthodologie vont jouer ce rôle.

1.2 Les données

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 94). Ces trois enquêtes permettent donc de balayer vingt ans de mobilité urbaine à Lyon (encadré 4.2).

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'Études sur les Réseaux, les Transports, l'Urbanisme et les constructions publiques). Les enquêtes sont réalisées au domicile des ménages et toutes les personnes de plus de quatre 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)).

Encadré 4-2 Évolution des conditions de transport et de la mobilité quotidienne à Lyon

Sur le périmètre de l'enquête de 1976, la population a tout d'abord chuté de 946 000 habitants en 1976 à 876 000 habitants en 1985 sous l'effet de l'étalement urbain, pour revenir en 1995 au niveau de 1976, la poursuite de l'étalement urbain étant compensée par un repeuplement du centre de l'agglomération.

Sur le périmètre de 1976, à l'image de la plupart des agglomérations françaises, la mobilité a diminué entre 1976 (3,64 déplacements quotidiens) et 1985 (3,48) pour s'accroître en 1995 (3,90). Les évolutions modales sont beaucoup plus notables avec une chute de la marche (1,70 déplacements en 1976 et 1,35 en 1995) et une quasi-disparition des deux-roues (0,19 déplacements en 1976, 0,04 en 1995) au profit des transports en commun (0,36 déplacements en 1976 et 0,52 en 1995) et surtout de la voiture (1,32 déplacements en 1976 et 1,92 en 1995). De ce fait, malgré la croissance de la mobilité transports collectifs, leur part de marché vis-à-vis de l'ensemble des modes motorisés est restée stable sur vingt ans (22% en 1976, 21% en 1995).

Pourtant, la croissance de l'offre de transports collectifs a été forte sur cette période. Les trois premières lignes de métro ont vu le jour entre les deux premières enquêtes. Leur prolongement ainsi que la quatrième ligne ont été inaugurés entre les deux dernières enquêtes. Enfin, l'offre des bus s'est également étoffée.

Le contraste est donc saisissant entre une forte croissance de l'offre de transport collectifs et une part de marché stable. Mais dans le même temps, l'offre viaire et de stationnement s'est également accrue. Et surtout, les flux se sont périphérisés. Ainsi, le temps moyen de déplacements en voiture est resté quasiment stable à seize minutes, tandis que la vitesse augmentait légèrement. La part de marché des transports collectifs est donc le résultat d'évolutions complexes et contradictoires qu'il convient d'analyser.

L'échantillon est constitué par tirage aléatoire de ménages après stratification géographique du périmètre d'enquête. Cette stratification s'opère de manière à avoir un échantillon d'une cinquantaine de ménages au sein de chacune des zones de tirage. Le taux d'échantillonnage, variable par zone, permet de minimiser la taille globale de l'échantillon au niveau de l'agglomération tout en gardant un taux d'erreur constant par zone. A Lyon, les enquêtes ont porté sur 3 700 ménages en 1976, 5 000 en 1985 et 6 000 en 1994.

Le tronc commun du questionnaire assurant la comparabilité des enquêtes-ménages entre elles est constitué de trois parties :

- un questionnaire « ménage » qui décrit les caractéristiques du ménage. Il comprend trois grandes rubriques : composition du ménage, motorisation et divers ;
- un questionnaire « personne » qui comprend des questions sur les déterminants socio-économiques individuels, sur les déplacements domicile-travail ou école, le stationnement ainsi que des questions « d'habitude » d'usage des modes de transport ;

- un questionnaire « déplacements » qui comprend, pour chaque personne, la description détaillée de tous ses déplacements de la veille : type de trajet, zone d'origine et de destination, motif du déplacement à l'origine et à la destination et éventuellement personnes accompagnées, heure de départ et d'arrivée, durée du déplacement, mode de transport et titre de transport s'il s'agit d'un déplacement effectué en transports collectifs.

Seules les personnes résidant à l'intérieur du périmètre d'enquête sont sondées. 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 1994 reprend celui de 1985 en y ajoutant quelques communes de la côte de l'Ain. Pour la première application, 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 1994.

2. Quantification de l'effet de l'évolution des localisations et de la motorisation sur la part de marché des transports collectifs

À 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, cette analyse vise à quantifier la contribution de certaines tendances lourdes d'évolution du partage modal entre les transports collectifs et la voiture. Nous examinons ainsi l'incidence de l'étalement urbain et de la croissance de motorisation sur la part de marché des transports collectifs et de la voiture particulière. Ces deux facteurs nous semblent en effet jouer un rôle particulièrement important dans le choix du mode de transport et surtout dans son évolution [Andan et al, 1988 ; Banister et al, 1992 ; Bonnafous, 1993 ; Massot et al, 1989, 1990, 1991 ; Orfeuill, 1992]. 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.

2.1 Principe de la décomposition

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 qui respectent la condition d'indépendance entre l'évolution des facteurs pour que la décomposition ait un sens (encadré 4.3).

Pourtant, en ce qui concerne les deux premiers facteurs, il n'est pas envisageable de prétendre que l'évolution des localisations est indépendante de l'évolution de la motorisation. Il faut donc trouver des formulations mathématiques de chacun de ces facteurs permettant de réduire, si ce n'est annuler, la dépendance entre leurs évolutions respectives.

Nous proposons tout d'abord une prise en compte de l'incidence de la localisation sur la part de marché des transports collectifs à travers le poids de chacune des origines-destinations parmi les déplacements motorisés (équation (3)).

Pour résoudre le problème posé par la corrélation entre l'évolution de la localisation et de la motorisation, nous proposons une formulation de la motorisation qui fasse 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. Cette formulation permet de faire varier indépendamment localisation et motorisation. Nous avons ainsi en quelque sorte orthogonalisé les deux facteurs (équation (4)). Reste à traiter la formalisation des autres facteurs dont nous ne connaissons pas le contenu. Les analyses de mobilité [Andan et al, 1988] soulignent la multiplicité des facteurs explicatifs du choix modal.

Facteur localisation

$$P_{TC} = \sum_{i,j} l_{ij} * P_{TCij} \quad (3)$$

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 ;

Facteur motorisation

$$P_{TC} = \sum_{i,j} l_{ij} * P_{TCij} = \sum_{i,j} l_{ij} * g(m_{ij}) * h(a_{ij}) \quad (4)$$

où m_{ij} est la motorisation des déplacements pour l'origine-destination entre i et j

$$m_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^{N_{ij}} t_k}{N_{ij}} ; \text{ avec } t_k \text{ motorisation individuelle des plus de 18 ans. } t_k = \text{nombre de}$$

voitures du ménage/nombre de personnes de 18 ans et plus enquêtées du ménage ;
et N_{ij} , le nombre de déplacements de l'origine-destination i/j ;
 a_{ij} est le terme « autres facteurs » pour l'origine-destination entre i et j .

Autres facteurs

$$h(a_{ij}) = \frac{P_{TCij}}{g(m_{ij})} \text{ pour chaque origine-destination } i/j. \quad (5)$$

Formulation logit exprimant la part de marché des TC

$$P_{TCij} = \frac{1}{1 + e^{\alpha * (m_{ij} + a_{ij})}}, \text{ pour chaque origine-destination } i/j. \quad (6)$$

Ne connaissant pas les autres facteurs, nous avons intégré la constante relative aux autres facteurs dans le terme a_{ij} , ce qui simplifie les notations. Nous n'avons plus une formulation multiplicative entre nos trois facteurs. Toutefois, le principe de la décomposition présentée dans la seconde section s'applique de manière identique.

Nous déduisons les autres facteurs 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 :

$$a_{ij} = \frac{\ln\left(\frac{1}{P_{TCij}} - 1\right)}{\alpha} - m_{ij} \quad (7)$$

Nous ne proposons donc pas de formalisation de ces autres facteurs à partir de la description des variables les composant. Par contre, nous pouvons déduire les autres facteurs des données des enquêtes ménages. Nous connaissons la part de marché des transports collectifs sur chacune des origines-destinations. De même nous pouvons calculer la motorisation sur chaque origine-destination à partir des données de

l'enquête. Nous pouvons donc en déduire la valeur des autres facteurs pour chaque origine-destination (équation (5)).

En définissant les autres facteurs au niveau de chacune des origines-destinations, nous garantissons l'indépendance d'évolution des termes localisation et « autres facteurs » comme nous l'avons indiqué pour la motorisation. En revanche, il n'est pas possible d'établir formellement cette indépendance pour la motorisation et les autres facteurs. Nous la testerons donc en calculant le coefficient de corrélation statistique entre les deux jeux de données fournis par chacune des origines-destinations (tableau 4.1).

Pour finaliser les fonctions g et h , nous retenons une formulation logit (voir encadré 4-3, équation (6)) 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.

2.2 Résultats

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 sept 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 1994 concernent les sept zones (pér 85 pour périmètre 1985) :

- zone 1 : hypercentre de Lyon (presqu'île + Part Dieu)
- zone 2 : reste de Lyon-Villeurbanne (zone interne au premier périphérique)
- zone 3 : 1^{ère} couronne Est
- zone 4 : 1^{ère} couronne Ouest
- zone 5 : 2^{ème} couronne Est
- zone 6 : 2^{ème} couronne Ouest
- zone 7 : 3^{ème} couronne Est

Nous présentons tout d'abord l'analyse de la relation entre l'évolution de chacun de nos trois facteurs pris deux à deux. Nous avons pour cela calculé le coefficient de corrélation. Il consiste à calculer un coefficient de corrélation entre deux séries de données correspondant à deux variables différentes. Les variables retenues correspondent ici aux matrices origine-destination d'évolution de chacun de nos facteurs entre deux enquêtes exprimées en pourcentage. Ce coefficient est le rapport de la covariance des deux variables sur le produit de leurs écarts-types respectifs. On sait que si deux variables sont indépendantes, leur covariance est nulle. Le coefficient de corrélation mesure la relation existant entre les deux séries de données. Il détermine si ces deux séries varient de façon conjointe, c'est-à-dire si les valeurs élevées d'une des séries sont associées à celles de l'autre série (corrélation positive), si les petites valeurs d'une des séries sont associées aux valeurs élevées de l'autre série (corrélation négative) ou si les valeurs des deux séries sont indépendantes. Plus la corrélation entre les valeurs des séries de données est forte, plus le coefficient tend vers 1 ou (-1). Plus la corrélation est faible, plus le coefficient tend vers 0.

Tableau 4-1 Coefficients de corrélation entre l'évolution de la localisation, de la motorisation et des « autres facteurs » (agglomération lyonnaise)

Coefficient de corrélation (sur les matrices O-D d'évolution des facteurs... entre les enquêtes...)	EM 85 / EM 76 (pér 76)	EM 94 / EM 85 (pér 76)	EM 94 / EM 76 (pér 76)	EM 94 / EM 85 (pér 85)
Localisation – motorisation	0,542	0,066	0,301	-0,050
Localisation - autres facteurs	0,174	-0,136	0,090	-0,005
Motorisation - autres facteurs	0,291	-0,018	0,114	0,092

Sources : Enquêtes ménages

Les coefficients de corrélation sont donc plutôt faibles, surtout au cours de la seconde décennie (tableau 4-1). Il subsiste malgré tout une certaine relation tout particulièrement par rapport à 1976 entre l'évolution des localisations et des motorisations. Elle résulte probablement de la taille des zones. Un plus grand nombre de zones permettrait probablement de réduire cette corrélation, mais on aurait alors un trop grand nombre d'origines-destinations pour lesquelles le nombre de déplacements recensés serait trop faible.

La formulation retenue pour chacune des trois dimensions prises en compte permet donc de supprimer les effets doubles et triples, puisque tant leur somme en valeur absolue (il s'agit plus exactement de la somme des écarts à 1 en valeur absolue +1) que leur produit est inférieur

à 1%. Cette formulation nous permet donc de « résumer » l'évolution de la part de marché des transports collectifs en un produit de trois effets simples.

Tableau 4-2 Décomposition des effets localisation, motorisation et « autres facteurs » (agglomération lyonnaise)

	EM 85 / EM 76 (pér 76)	EM 94 / EM 85 (pér 76)	EM 94 / EM 76 (pér 76)	EM 94 / EM 85 (pér 85)
Taux global de variation	1,105	0,898	0,992	0,878
Effet localisation l_{ij}	0,940	0,923	0,883	0,908
Effet motorisation m_{ij}	0,963	0,996	0,959	0,997
Effet des autres facteurs a_{ij}	1,211	0,969	1,173	0,962
Effet double (l_{ij}, m_{ij})	0,999	1,000	0,999	1,000
Effet double (l_{ij}, a_{ij})	1,004	1,007	0,997	1,006
Effet double (m_{ij}, a_{ij})	1,004	1,001	1,003	1,001
Effet triple (l_{ij}, m_{ij}, a_{ij})	1,001	1,000	0,999	1,000
Somme des effets doubles et triple	1,010	1,008	1,007	1,007
Produit des effets doubles et triples	1,007	1,008	0,998	1,007

Sources : Enquêtes ménages

La variation des localisations des origines-destinations 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 1994 selon le périmètre. Sur vingt ans, on obtient ainsi une chute de 12% sur le périmètre de l'enquête de 1976. L'évolution des localisations des origines-destinations des déplacements a donc eu une influence négative sur la fréquentation des transports collectifs, contribuant à réduire les bénéfices attendus des investissements lourds effectués pour 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 1994. 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 terme 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. 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.

Ces résultats conduisent à s'interroger sur la capacité à accroître la part de marché des transports collectifs en agissant uniquement sur les investissements en leur faveur. Tout laisse à penser que les évolutions passées en matière de localisation et de motorisation vont se poursuivre, si la politique en la matière n'est pas fortement infléchie. C'est donc déjà de l'ordre de 10% de perte de part de marché des transports collectifs qui sont à attendre au cours des 10 prochaines années indépendamment de l'évolution des autres facteurs. Seule une politique volontariste sur les transports collectifs, et aussi 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 probablement également une maîtrise de la localisation des flux, donc de la localisation des activités pour freiner l'étalement urbain et la dissociation des origines-destinations des flux de déplacements.

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 Plans de Déplacements Urbains en cours, 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.

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 permet d'y répondre [Cabanne, 1999].

3. Décomposition de la croissance de la mobilité au volant d'une voiture selon l'âge, le sexe, la motorisation et la mobilité des conducteurs

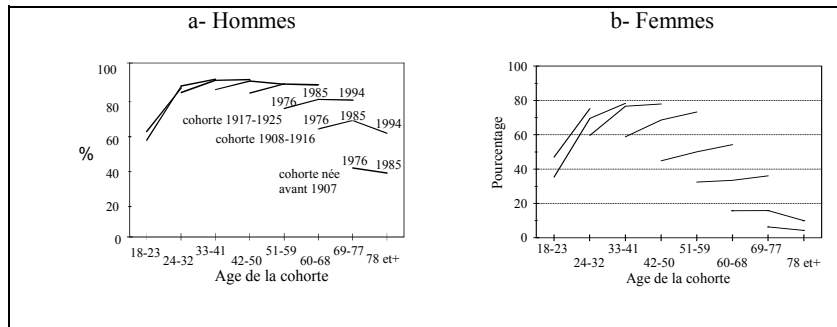
Avant de présenter la décomposition du volume de déplacements comme conducteur, il est utile, pour bien mesurer l'ampleur et la rapidité des changements intervenus, de revenir sur les évolutions dans l'accès à la voiture qui caractérisent les générations successives d'hommes et de femmes en âge de conduire.

3.1 Diffusion spectaculaire de l'accès à la voiture en raison des effets de génération

Le traitement des données des enquêtes ménages lyonnaises permet de visualiser simplement les effets d'âge et de génération. Les enquêtes étant espacées de neuf ans, il nous suffit pour cela de suivre le vieillissement de cohortes (ou ensembles d'individus nés dans un même intervalle de temps) de neuf ans d'amplitude. Les figures présentées s'interprètent de la façon suivante : si les courbes des cohortes sont proches ou confondues à un âge donné, cela signifie que les générations successives adoptent les comportements des générations précédentes arrivées à cet âge, autrement dit qu'il n'y a pas d'effet de génération et donc que les comportements sont stables autour de cet âge sur la période étudiée. En revanche, pour un âge donné, des écarts verticaux entre cohortes mettent en évidence des effets de génération constituant l'aspect dynamique du phénomène étudié, comme le montrent par exemple les profils de l'accès à la voiture par cohorte (figures 4-1a et 4-1b).

Chez les hommes, les écarts intergénérationnels sont actuellement maximaux après soixante ans. Ainsi, par exemple, 40% des hommes de la classe d'âge 69-77 ans pouvaient accéder à la voiture en 1976 (cohorte née avant 1907), 80% le peuvent en 1994 (cohorte née entre 1917 et 1925). Pour les cohortes nées plus récemment, la saturation semble atteinte aux environs de 90% des individus ayant le permis et une voiture au moins dans le ménage, la dynamique se faisant désormais sur l'accroissement du nombre moyen de voitures par ménage. Les femmes ayant accédé plus tardivement à la voiture que les hommes, les écarts intergénérationnels sont actuellement encore très importants dans la quarantaine et la cinquantaine (figure 4-1b). Les profils proches des trois plus jeunes cohortes semblent indiquer que chez les femmes de moins de 50 ans, le seuil de saturation est proche.

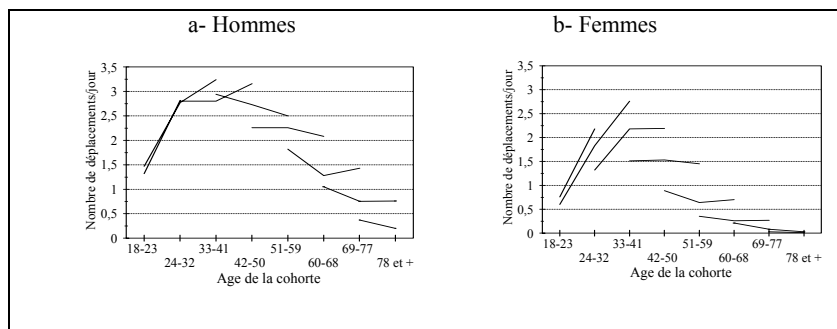
Figure 4-1 Évolution du pourcentage de personnes motorisées* par cohorte à Lyon en 1976, 1985 et 1994



Sources : Enquêtes ménages

*individus ayant le permis de conduire et appartenant à un ménage possédant au moins une voiture

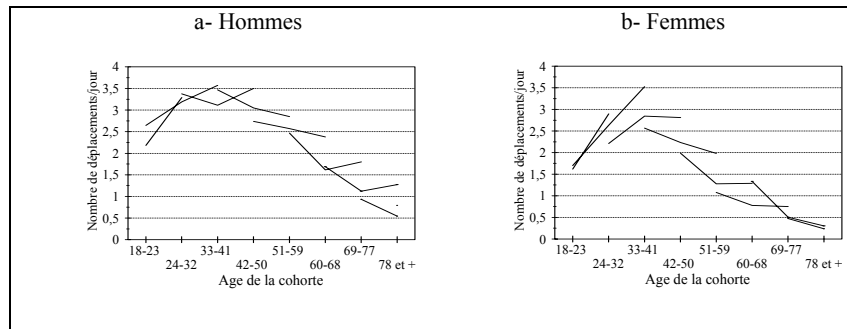
Figure 4-2 Évolution du nombre de déplacements moyens comme conducteur, par cohorte entre 1976, 1985 et 1994



Sources : Enquêtes ménages

Ces évolutions de motorisation ont un impact évident sur l'usage de la voiture comme conducteur, évalué en nombre de déplacements quotidiens, même si l'allure globale traduit une décroissance générale à partir de 35-40 ans (figures 4-2a et 4-2b), ce qui reflète le fait que la pratique de la conduite chez les personnes motorisées devient moins fréquente avec l'âge (figures 4-3a et 4-3b). Toutefois, sur ces dernières figures, il faut aussi noter les décalages verticaux existants, notamment chez les femmes. Chez les personnes motorisées, le taux moyen d'usage de la voiture augmente de génération en génération.

Figure 4-3 Évolution du nombre de déplacements moyens comme conducteur chez les personnes motorisées*, par cohorte entre 1976, 1985 et 1994



Sources : Enquêtes ménages

*individus avant le permis de conduire et appartenant à un ménage possédant au moins une voiture

3.2 Les composantes de l'accroissement du volume de déplacements comme conducteur

Pour quantifier les écarts repérés dans ces figures par cohorte et pour réintégrer dans l'analyse l'évolution des poids démographiques de chaque classe d'âge, nous avons réalisé une décomposition de la croissance du volume de déplacements comme conducteur. Cette analyse vise à quantifier les fortes évolutions d'usage de la voiture chez les générations successives de personnes âgées [Pochet, 1995, 1997]. Elle peut être appliquée à l'ensemble des groupes d'âge. En s'inspirant de la formulation proposée par Greene [1987], le volume total de déplacements au volant d'une voiture (DVPC) s'écrit comme la somme des déplacements générés par les personnes des différentes classes d'âge ayant la possibilité de conduire. Pour chaque classe d'âge i , le nombre total de déplacements est le produit du poids relatif de la classe (P_i), de la part de personnes motorisées (M_i , ou % des individus ayant le permis et appartenant à un ménage possédant au moins une voiture), et du nombre moyen de déplacements au volant réalisés par les personnes motorisées (C_i).

$$D_{VPC} = \sum_i P_i M_i C_i$$

L'évolution de l'usage de la voiture en tant que conducteur entre la date 1 (D_1) et la date 2 (D_2) s'écrit comme un rapport de deux sommes :

$$\frac{D_2}{D_1} = \frac{\sum_i P_{i2} M_{i2} C_{i2}}{\sum_i P_{i1} M_{i1} C_{i1}}$$

Compte tenu du fait que l'accès au volant s'est historiquement produit plus tardivement chez les femmes que chez les hommes, cette décomposition sera réalisée pour chaque sexe. Conformément à la forme générale de la décomposition présentée plus haut, l'évolution du nombre global de déplacements d'une population au volant d'une voiture peut se décomposer en trois effets simples qui constituent la quasi-totalité de la croissance, trois effets doubles et un effet triple (tableau 4.3). Les trois effets simples sont donc :

- l'effet *changement de structure démographique (ou effet démographie)* égal à la variation entre les dates 1 et 2, toutes choses égales par ailleurs, des poids relatifs de chaque classe d'âge ;
- l'effet *évolution de l'accès à la voiture (ou effet motorisation)* qui mesure, toutes choses égales par ailleurs, l'influence de la croissance du pourcentage de personnes motorisées entre deux enquêtes ;
- l'effet *évolution du nombre moyen de déplacements comme conducteur chez les personnes motorisées (ou effet comportement)*.

3.3 Des évolutions aux rythmes très variables selon les groupes d'âge et le sexe

Le tableau 4-3 apporte plusieurs enseignements. Tout d'abord, on vérifie bien que les effets doubles et triple apparaissent négligeables. Ce sont les effets simples qui expliquent les fortes croissances du volume de déplacements comme conducteur d'une voiture particulière (+25% chez les hommes, +108% chez les femmes). Parmi ceux-ci, l'évolution de la structure démographique apparaît, elle aussi, quasiment neutre, confirmant les résultats mis en évidence sur Grenoble [Pochet, 1995, 1998b]. En revanche, les effets motorisation et comportement sont spectaculaires chez les femmes, et demeurent non négligeables chez les hommes. Même un vieillissement plus net de la population n'aurait fait que ralentir la croissance de l'usage de la voiture comme conducteur. Il faut préciser que l'effet démographique est calculé à effectif global de population en âge de conduire constant, donc hors de tout effet de masse.

Tableau 4-3 Décomposition de la croissance de la conduite automobile chez l'ensemble des hommes et des femmes en âge de conduire (18 ans et plus) (agglomération lyonnaise)

	Hommes			Femmes		
	EM85/ EM76	EM94/ EM85	EM94/ EM76	EM85/ EM76	EM94/ EM85	EM94/ EM76
Croissance globale	1,039	1,156	1,201	1,439	1,418	2,040
Effets simples						
<i>Effet démographie</i>	0,968	1,000	0,967	0,971	0,993	0,999
<i>Effet motorisation</i>	1,098	1,011	1,110	1,341	1,157	1,500
<i>Effet comportement</i>	0,972	1,134	1,102	1,115	1,176	1,367
Effets doubles						
<i>Effet démographie/motorisation</i>	1,005	1,001	1,006	1,009	1,000	1,005
<i>Effet démographie/comportement</i>	0,998	1,002	1,000	0,992	1,003	0,988
<i>Effet motorisation/comportement</i>	1,002	1,006	1,009	0,991	1,009	1,004
Effet triple D/M/C	1,000	1,000	1,000	0,999	1,000	0,998

Sources : Enquêtes ménages.

Lecture : pour chaque couple d'enquêtes, la plus ancienne est affectée de l'indice 1. Ainsi, par exemple, chez les femmes, la croissance a été de +52% (1,520) entre 1976 et 1985, et de +37% entre 1985 et 1994. Entre 1976 et 1985, la croissance globale de 1,52 est égale au produit d'un très faible effet démographique (1,01), d'un effet motorisation et d'un effet comportement des conducteurs (respectivement 1,27 et 1,19), les effets doubles et triple étant quasiment nuls.

Chez les hommes comme chez les femmes, l'effet motorisation est plus fort en début de période (1976-1985) qu'en fin (1985-1994). Le taux d'équipement des ménages vient à saturation, alors que l'accroissement du nombre moyen de déplacements par personne motorisée prend une part de plus en plus importante dans la croissance globale. Derrière cette importance croissante de « l'effet comportement », il faut voir en partie l'influence de la bi-motorisation de plus en plus fréquente qui élargit les possibilités de conduire une voiture du ménage dès lors que l'on dispose du permis.

La croissance globale depuis vingt ans provient en grande partie de l'amélioration de l'accès quotidien des femmes à la voiture, qui rattrapent rapidement leur retard sur les hommes. Toutefois, la situation est variable selon les grands groupes d'âge, comme le montre la même décomposition des évolutions, appliquée à chacun de trois grands groupes d'âge. Pour permettre une certaine comparabilité des résultats entre la méthode de décomposition et la visualisation graphique présentée ci-dessus, ces classes d'âge sont construites à partir des tranches de neuf ans d'amplitude déjà utilisées, définissant les moins de 42 ans les 42-59 ans et les 60 ans et plus. Les valeurs prises par les effets doubles et triples n'ont pas été détaillées car elles sont toutes très proches de l'unité ; seul a été indiqué leur produit (tableaux 4-4 à 4-6).

Tableau 4-4 Décomposition de la croissance de la conduite automobile chez les hommes et les femmes de moins de 42 ans (agglomération lyonnaise)

	Hommes			Femmes		
	EM85/ EM76	EM94/ EM85	EM94/ EM76	EM85/ EM76	EM94/ EM85	EM94/ EM76
Croissance globale	0,94	1,07	1,00	1,37	1,23	1,69
<i>Décomposition des effets simples</i>						
<i>Effet démographie</i>	0,98	1,01	0,99	0,98	1,02	1,00
<i>Effet motorisation</i>	1,06	1,00	1,05	1,15	1,04	1,29
<i>Effet comportement</i>	0,91	1,07	0,97	1,13	1,16	1,31
Produit des 4 effets d'interaction	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Sources : Enquêtes ménages

Tableau 4-5 Décomposition de la croissance de la conduite automobile chez les hommes et les femmes de 42 à 59 ans (agglomération lyonnaise)

	Hommes			Femmes		
	EM85/ EM76	EM94/ EM85	EM94/ EM76	EM85/ EM76	EM94/ EM85	EM94/ EM76
Croissance globale	1,20	1,16	1,39	1,68	1,71	2,87
<i>Décomposition des effets simples</i>						
<i>Effet démographie</i>	0,98	1,01	1,00	0,96	1,06	1,02
<i>Effet motorisation</i>	1,13	1,00	1,13	1,53	1,23	1,88
<i>Effet comportement</i>	1,09	1,13	1,23	1,14	1,34	1,52
Produit des 4 effets d'interaction	1,00	1,00	1,00	1,00	0,98	0,98

Sources : Enquêtes ménages

Tableau 4-6 Décomposition de la croissance de la conduite automobile chez les hommes et les femmes de 60 ans et plus (agglomération lyonnaise)

	Hommes			Femmes		
	EM85/ EM76	EM94/ EM85	EM94/ EM76	EM85/ EM76	EM94/ EM85	EM94/ EM76
Croissance globale	1,30	1,79	2,33	1,49	2,86	4,26
<i>Décomposition des effets simples</i>						
<i>Effet démographie</i>	0,98	1,01	1,00	1,08	1,02	1,10
<i>Effet motorisation</i>	1,34	1,14	1,54	2,16	1,74	3,76
<i>Effet comportement</i>	0,99	1,54	1,51	0,64	1,62	1,03
Produit des 4 effets d'interaction	1,00	1,01	1,01	1,00	0,99	0,99

Sources : Enquêtes ménages

L'effet démographique représente ici la variation de la structure d'âge relative à l'effectif de chacun des trois grands groupes d'âge en question. Il est non négligeable uniquement pour le groupe des femmes de 60 ans et plus entre les deux premières enquêtes. Cet effet s'explique par les classes creuses de la première guerre mondiale. Âgées de 58 à 62 ans en 1976, elles minoraient alors le poids des plus jeunes générations féminines composant le groupe des 60 ans et plus et aussi relativement plus habituées à la conduite automobile (voir les figures par cohorte). Âgées de 67 à 71 ans en 1985, elles minorent alors le poids de cette génération qui, en comparaison de la cohorte suivante est alors moins utilisatrices de la voiture. Cet effet démographique n'apparaît pas chez les hommes car leurs pratiques de l'automobile étaient déjà plus proches d'une classe d'âge à l'autre. Cet exemple particulier rappelle une évidence : l'effet de structure lié au vieillissement démographique est d'autant plus faible que les comportements des différentes classes d'âge sont proches les uns des autres.

On retrouve dans les trois grands groupes d'âge spécifiés la prédominance de l'accroissement du nombre de conducteurs potentiels ou effectifs de voitures particulières, d'une part, et de l'évolution de leur niveau moyen d'usage de la voiture comme conducteur, d'autre part.

Les hommes de moins de 40 ans ont atteint un niveau stable, alors que les femmes des mêmes âges continuent à accroître leur mobilité au volant d'une voiture. Les taux de croissance s'élèvent avec l'âge. Toutefois chez les femmes de plus de 60 ans ils doivent, pour être évalués à leur juste valeur, être rapprochés de la faiblesse des niveaux d'usage initiaux. Ainsi, mesurés non plus en taux de croissance mais en gain individuel moyen, les accroissements enregistrés de 1976 à 1994 apparaissent beaucoup moins déséquilibrés. Par ordre d'importance des accroissements, les femmes de 42 à 60 ans (+1,2 déplacements), puis les hommes de plus de 60 ans (+1 déplacement), les femmes de moins de 41 ans (+0,8 déplacements), les femmes de plus de 60 ans (+0,30) et enfin, les hommes de moins de 41 ans (stables). Chez les hommes comme chez les femmes et dans tous les groupes d'âge, l'effet motorisation prépondérant entre 1976 et 1985 tend, dans la période la plus récente, à passer au second plan au profit de l'effet comportement.

Ce résultat reflète l'individualisation croissante de l'usage de la voiture, ainsi que l'habitude croissante, chez les personnes motorisées, de la conduite automobile. Les titulaires du permis, conducteurs potentiels, sont de plus en plus des conducteurs quotidiens. Toutes ces évolutions sont, bien entendu, à mettre en relation avec le développement de la seconde voiture chez les ménages à deux adultes.

3.4 Conséquences en matière de prévisions et prolongements de la méthode

Cette méthode apporte donc des éléments en termes de prévision de la demande de déplacements au volant d'une voiture. Elle confirme tout d'abord que la croissance de l'usage de la voiture comme conducteur n'est pas achevée (en particulier chez les femmes). Si les taux d'équipement des ménages et de possession du permis arrivent à saturation, le recours de plus en plus fréquent au véhicule devrait continuer à alimenter cette croissance prévisible. A nouveau, les conséquences de cette tendance de long terme ne sont guère favorables aux transports collectifs, comme le montre par exemple la baisse de la mobilité déjà enregistrée à Lyon entre 1976 et 1994 chez les personnes motorisées de plus de soixante ans [Pochet, 1998a].

Ces résultats laissent entrevoir que le vieillissement démographique devrait avoir un impact relativement limité sur l'usage de la voiture (mesuré en termes de nombre de déplacements quotidiens). En effet, lorsque le vieillissement démographique deviendra réellement déterminant (à partir de 2005-2010), les personnes âgées, et notamment les femmes âgées, auront des comportements plus proches des plus jeunes qu'à l'heure actuelle. Cette hypothèse demande toutefois à être testée. En particulier, en matière de conduite automobile aux âges élevés, l'allongement de l'espérance de vie pose la question des conséquences du poids démographique grandissant des très âgés (80 ans et plus) au sein des retraités. Pour cela, à l'image de ce qui a été vu pour la première décomposition, celle-ci peut tout à fait être utilisée pour réaliser des simulations à partir de projections démographiques par sexe et par tranche d'âge, des taux de personnes motorisées, et de différentes hypothèses de niveaux d'usage de la voiture chez ces personnes motorisées. Il ressort de cette analyse que l'une des variables clefs pour évaluer ces taux d'usage est le nombre de voitures dans le ménage. Pour améliorer la pertinence de cette décomposition, un prolongement intéressant consisterait à distinguer explicitement dans la formule de départ, les conducteurs potentiels appartenant à des ménages mono/bimotorisés.

Le second prolongement de cette méthode consiste à décomposer non pas le nombre de déplacements au volant, mais le « budget-distance » réalisé comme conducteur d'une voiture. Différents travaux indiquent en effet que si les pratiques d'usage de la voiture tendent à s'homogénéiser en termes de nombre de déplacements effectués, les résultats sont différents en termes de distances parcourues [Madre et

Amoogum, 1996, Baccaïni, 1996, Gallez et al, 1997, Andan et al, 1999]. A partir des enquêtes-ménages, l'estimation des distances de déplacement permettra ainsi d'affiner les résultats de cette méthode de décomposition des effets de la croissance de l'usage de la voiture.

Conclusion

Dans les deux exemples présentés, la formulation proposée permet de réduire (voire de supprimer totalement) la dépendance entre l'évolution des éléments pris en compte. Elle peut alors se ramener à une formulation mathématique très générale :

$$\Delta P = E(\Delta a) * E(\Delta b) * E(\Delta c)$$

avec ΔP : variation du phénomène étudié ;

$E(\Delta a)$, $E(\Delta b)$, $E(\Delta c)$ effet simple du facteur a, b et c .

Cette décomposition a ainsi un double intérêt. D'une part, elle permet de réduire fortement la complexité liée aux évolutions de multiples facteurs qui agissent sur les phénomènes de mobilité.

D'autre part, cette décomposition peut se prêter aisément aux simulations d'évolutions possibles de l'usage de la voiture et des transports collectifs en fonction d'hypothèses de localisation des origines-destinations des déplacements, de motorisation ou encore de structure démographique. En ce sens, cette méthode constitue un outil permettant de mieux anticiper d'éventuelles évolutions et de participer ainsi à l'élaboration d'un diagnostic en vue d'éclairer les politiques de transport actuelles.

Sur les évolutions récentes, les deux exemples convergent pour mettre en évidence un contexte globalement défavorable aux transports collectifs, du fait des évolutions respectives des localisations, de la motorisation et de l'habitude croissante de la conduite automobile. Sur le plan prospectif, cette recherche apparaît riche d'enseignements à l'heure où les Plans de Déplacements Urbains (PDU) 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 en faveur de ce mode de transport, à moins de s'attaquer réellement à la place de la voiture en ville et à la maîtrise des localisations (habitat et activités). Mais cela nécessite alors bien souvent des inflexions fortes des politiques de déplacements urbains et une coopération intercommunale

et inter-service à développer pour mettre en place une politique globale et cohérente à l'échelle du bassin d'attraction de l'agglomération qui déborde fréquemment les limites administratives existantes.

Références

- Andan O., Bonnel P., Raux C. (1988), *Les analyses des comportements de mobilité individuelle quotidienne, une synthèse bibliographique*, rapport pour le compte du SERT, Ministère des Transports, Lyon : LET, 118 p.
- Andan O., Pochet P., Routhier J.-L., Schéou B. (1999), *Stratégies de localisation résidentielle des ménages et mobilité domicile-travail*, LET, rapport pour la DRAST, PREDIT 1996-2000, Lyon : LET, 175 p. + annexes.
- Baccaïni B. (1996), « Les trajets domicile-travail en Île-de-France. Contrastes entre catégories socioprofessionnelles », *Économie et Statistiques* n°294-295, pp. 109-126.
- Banister D. (1993), « Structures démographiques et comportements sociaux », rapport introductif au 12^{ème} symposium de la CEMT Lisboa 1992, *La croissance des transports en question*, Paris : CEMT, pp. 111-156.
- Banister D. (1998), *Transport policy and the environment*, E&FN SPON, Londres, 348 p.
- Banister D., Bayliss D. (1992), *Structural changes in population and impact on passenger transport*, ECMT Round table, Paris : OCDE, pp. 103-142.
- Bonafous A. (1993), « Structures démographiques et comportements sociaux », rapport introductif au 12^{ème} symposium de la CEMT Lisboa 1992, *La croissance des transports en question*, Paris : OCDE, pp. 21-77.
- Bonafous A., Tabourin E. (1995), *Modèles de simulation stratégique, communication à la 7ème WCTR*, Sydney, 16-21 juillet 1995, 17 p.
- Bonnel P. (1995), « Urban Car Policy in Europe », in *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*, rapport pour le compte de la DRAST programme PREDIT, Lyon : LET, 160 p.
- Brög W., Erl E., Raux C., Jones P., *Changing daily urban mobility less or differently?*, Round table 102, Paris : OCDE, 231 p.

- Cabanne I (1999), *Mesure de l'effet de différents facteurs du partage modal dans les transports collectifs*, LET, mémoire de DEA, Lyon, 128p.
- CETE de Lyon (1986), *Enquête Ménages Lyon 1985*, document technique, Lyon : CETE de Lyon, 156p.
- CETE de Lyon, D.E.U. (1977), *Enquête Ménages de Lyon 1976*, document technique, Lyon : CETE de Lyon, 49 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.
- DREIF (1995), *Les déplacements des Franciliens en 1991-1992, enquête globale de transport*, Paris, 70 p.
- DREIF (1996), *Les transports de voyageurs en Île-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.
- Gallez, C., Orfeuil J.-P., Polacchini A. (1997), « L'évolution de la mobilité quotidienne, croissance ou réduction des disparités ? » , *Recherche Transport Sécurité*, n° 56 pp. 27-42.
- 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.
- Greene D. L. (1987) « Long run vehicle travel prediction from demographic trends », *Transportation Research Record*, n° 1135, Washington D.C. : T.R.B..
- Kostyniuk L. P., Kitamura R. (1987), « Effects of aging and motorisation on travel behaviour: An exploration », *Transportation Research Record* n° 1135, pp. 31-36.
- Lambert T., Madre J.-L. (1989), *Prévisions à long terme du trafic automobile*, CREDOC, Coll. des rapports n°60, 1989. 106 p.
- Madre J.-L., Gallez C. (1993), « Équipement automobile des ménages et cycles de vie », *Sociétés contemporaines*, n°14/15, pp. 59-78.
- Madre J.-L., Bussière Y., Armoogum J. (1995), *Demographic dynamics of mobility in urban areas: a case study of Paris and Grenoble, actes de la 7th WCTR*, Sidney, 16-21 juillet 1995, 19 pp.287-303.
- Madre J.-L., ARMOOGUM J. (1996), *Motorisation et mobilité des franciliens aux horizons 2010 - 2020*, Rapport INRETS n° 209, Arcueil : INRETS, 125 p.
- 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*, Rapport INRETS n° 100, premier tome, Arcueil : INRETS, 63 p.

- 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*, Rapport INRETS n° 121, deuxième tome, Arcueil : INRETS, 73 p.
- 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*, Rapport INRETS n° 148, troisième tome, Arcueil : INRETS, 76 p.
- 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 : Presses de l'ENPC, pp. 71-83.
- Orfeuil J.-P. (1992), *Structural changes in population and impact on passenger transport*, ECMT Round Table 88, Paris : OCDE, pp. 43-102.
- Pochet P. (1995), *Mobilité quotidienne des personnes âgées en milieu urbain : évolutions récentes et perspectives*, Thèse pour le Doctorat en Sciences Économiques, Lyon : Université Lumière Lyon 2, 1995, 321 p.
- Pochet P. (1997), *Les personnes âgées*, Paris : La Découverte, 128 p.
- Pochet P. (1998a), « Mobilité quotidienne et accès à la voiture à l'âge de la retraite : les évolutions de ces deux dernières décennies à travers les enquêtes-ménages lyonnaises », in INRETS (éd.), *La ville des vieux. Recherche sur une cité à humaniser*, Paris : Éditions de l'aube, pp. 196-206.
- Pochet P. (1998b), « Changes in urban travel behaviour of elderly people », in Ortuzar J. de D., Hensher D. A., Jara-Díaz S.R. (Eds) *Travel Behaviour Research: Updating the State of Play*, Oxford : Pergamon, pp. 299-316.
- 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), rapport d'étape*, Lyon : LET, SEMALY, 159 p.
- Raux C., Tabourin E. (1991), *Les investissements en transports collectifs dans l'agglomération lyonnaise : simulation des effets et risques financiers*, Lyon : LET, 70 p.
- SYTRAL (1997), *Le plan des déplacements urbains de l'agglomération lyonnaise*, projet arrêté le 31 janvier 1997, Lyon, 101p.
- SYTRAL, COURLY, Conseil Général du Rhône, Ministère 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 Rhône (1995), *Premiers résultats de l'enquête déplacements auprès des ménages de l'agglomération lyonnaise en 1995*, Lyon, 50 p.
- Union des Transports Publics (1997), *Les chiffres clés du transport public urbain de l'année 1996*, Paris, 31 p.
- Wachs M. (1993), « Learning from Los Angeles: transport, urban form and air quality », *Transportation* 20, pp. 329-354.