



Which factors to explain the evolution of CO2 emission linked to urban daily mobility? The case of Lyon, France.

Louafi BOUZOUINA
Researcher
louafi.bouzouina@entpe.fr

Jean-Pierre NICOLAS
Researcher
jean-pierre.nicolas@entpe.fr

Florian VANCO
PhD Student
florian.vanco@entpe.fr

Laboratoire d'Économie des Transports
École Nationale des Travaux Publics de l'État, Université de Lyon

2 rue Maurice Audin - 69518 Vaulx-en-Velin

Topic area: F4 Transport and climate change

Key words: CO2 emissions, household trip survey, Lyon conurbation, travel behavior, socio demographic evolution, technological improvement.

Summary:

The alternative modes of the use of automobiles have regained attention on the urban level. Against this background, we look on the spatial context of this attention and look on the agglomeration of Lyon. More specifically, we ask how CO2 emissions that are associated with the everyday mobility have developed until recently? First, we analyze the development of the intensity of CO2 emissions per day that has been estimated in the last two household travel surveys done in the agglomeration of Lyon in 1995 and in 2006. We are interested in the dynamics of mobility of the development that we can observe in the comparison of both surveys. Furthermore, we aim to abstract the linkage of a specific form of mobility (mode of transport and distance) to a specific population group (status, car ownership, residential location). This typology helps us to highlight those groups where emissions rates are significantly higher and where the focus on the emissions reduction should be intensified.

Introduction

La réduction des gaz à effet de serre (GES) est devenue un objectif primordial à différentes échelles territoriales. Les travaux scientifiques récents estimant les coûts socio-économiques des effets du réchauffement climatique (Stern, 2006) renforcent les préoccupations sur les contraintes environnementales mais aussi énergétiques et mettent l'accent sur la nature et les modalités des politiques à mettre en place (Giddens, 2008 ; Guesnerie et Tulkens, 2008). Signataire du protocole de Kyoto en 1997, la France s'est d'abord engagée à maintenir le même niveau d'émissions de gaz à effet de serre entre 1990 et 2010, avant d'afficher sa volonté de le réduire de 20 % en 2020 et de le diviser par quatre à l'horizon 2050, dans le cadre de la Loi sur les orientations de la politique énergétique de 2005 et du Conseil Européen de décembre 2008. Ces engagements se traduisent par plusieurs mesures à l'échelle nationale et locale, à travers les chantiers du Grenelle de l'Environnement, des agendas 21 ou des Plans Climat Territoriaux, en ciblant notamment les secteurs les plus contributeurs du réchauffement climatique.

Or, le transport est aujourd'hui le premier secteur émetteur de gaz à effet de serre et de dioxyde de carbone en France. En 2007, selon le rapport du Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique (CITEPA, 2009), il est responsable de 34 % des émissions de CO₂, loin devant le secteur de l'industrie manufacturière (25 %), du résidentiel/tertiaire (22 %) et de l'énergie (17 %), sachant que les émissions de CO₂ contribuent à hauteur de 70 % au Pouvoir de Réchauffement Global parmi les gaz à effet de serre direct pris en compte dans le protocole de Kyoto (CO₂, CH₄, N₂O, HFC, PFC et SF₆) (CITEPA, 2009). Par ailleurs, ces émissions augmentent plus fortement dans le secteur du transport qu'ailleurs (+490 % en France entre 1960 et 2007 et +14 % entre 1990 et 2007), du fait de la croissance du trafic routier (respectivement +513 % et +27 %).

Deux distinctions essentielles doivent être faites pour révéler les dynamiques différenciées que recouvrent ces évolutions globales, d'une part entre les mobilités des personnes et des marchandises, et d'autre part entre les mobilités locales quotidiennes et les mobilités à longue distance.

Ainsi, la hausse constatée ces dernières années proviendrait des poids lourds et des véhicules utilitaires, alors que les émissions de la voiture particulière apparaissent en légère baisse depuis 1995 (CITEPA, 2009). Les enjeux environnementaux liés au transport routier de marchandises méritent donc d'être suivis de près, tant en milieu interurbain, que localement à l'intérieur des agglomérations (Segalou et al., 2004 ; Toilier et al., 2005).

Par ailleurs, il est important d'analyser à différentes échelles les évolutions récentes des émissions de CO₂ liées à la mobilité des personnes, afin de mieux comprendre les facteurs qui jouent sur leurs logiques respectives.

Tout d'abord, les enjeux environnementaux de la mobilité de longue distance sont très importants. L'analyse des résultats de l'Enquête Nationale Transport Déplacements de 1994 montre que 40 % des émissions de CO₂ liées au transport de personnes proviennent de la petite minorité (1%) des déplacements de plus de 80 km du domicile à vol d'oiseau (Nicolas

et David, 2009). Par ailleurs, c'est également à cette échelle que les déplacements augmentent le plus, notamment entre des aires urbaines (Orfeuil et Soleyret, 2002 ; Baccaini et al., 2007). L'exploitation des données de la dernière Enquête Nationale Transports de 2007-2008 sera extrêmement intéressante de ce point de vue (Hubert, 2009).

Dans cet article, nous nous intéressons cependant à l'échelle locale d'une grande agglomération. En effet, l'échelle urbaine, renforcée par les dynamiques métropolitaines, reste au centre des enjeux de la durabilité. Aujourd'hui, 82% de la population française réside dans des espaces à dominante urbaine et particulièrement sous l'influence des grandes agglomérations (Laganier et Vienne, 2009) qui attirent et génèrent l'écrasante majorité des activités humaines à l'intérieur de la métropole mais aussi entre métropoles. Ainsi, l'essentiel des déplacements de semaine liés aux activités de travail, d'études, d'achats ou de loisirs se réalise à l'échelle des aires urbaines. La périurbanisation se poursuit, mais avec la tendance récente de densification des centres et des proches périphéries des grandes villes (Laganier et Vienne, 2009) et de baisse de la mobilité automobile intra-urbaine que semblent indiquer les dernières enquêtes déplacements locales (Hubert, 2009), l'hypothèse d'une diminution des émissions de CO₂ peut être avancée.

Dans ce contexte, plus que de quantifier au niveau national l'impact de ces évolutions des mobilités quotidiennes sur les émissions de CO₂, l'objectif de cet article est d'en faire ressortir les principaux facteurs explicatifs, en analysant le cas d'une agglomération où une baisse de la part modale de l'automobile a pu être observée. Nous avons ainsi travaillé sur le cas de Lyon en estimant les émissions de CO₂ associées à la mobilité quotidienne de semaine des résidents de cette agglomération puis en observant leurs évolutions à partir des deux dernières enquêtes ménages déplacements de 1995 et de 2006. Comme nous le verrons, le progrès technique et le renouvellement du parc automobile ont joué un rôle sensible à travers la réduction du nombre de voiture de type essence et l'amélioration des normes environnementales mais, dans un contexte de contrainte énergétique, nous avons porté l'éclairage sur l'impact des changements de comportement de mobilité. Ainsi, au-delà de savoir si les émissions ont baissé ou augmenté durant ces 11 dernières années, le but a été de détecter les différences de comportements de mobilités (mode et distance) chez des groupes de populations susceptibles d'expliquer les évolutions des émissions de CO₂, en les distinguant des évolutions sociodémographiques. Les résultats permettent de cibler les groupes pour lesquels les marges de manœuvre sont importantes et d'anticiper les mesures les plus efficaces pour réduire les émissions de CO₂ liées aux déplacements quotidiens.

1. Données et méthode

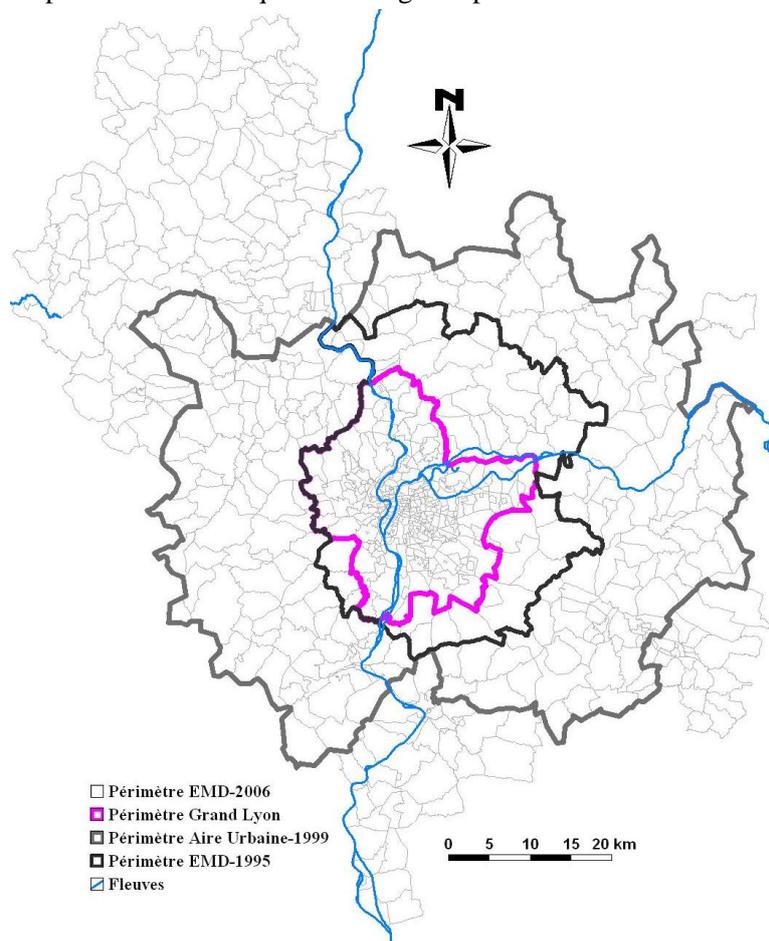
Des travaux précédents ont bien montré l'intérêt de mesurer les émissions de CO₂ de manière désagrégée à partir des enquêtes ménages déplacements (Orfeuil, 1984 ; Gallez et Hivert, 1998, Nicolas et al., 2001 ; Verry, 2006 ; Bouzouina et Nicolas, 2009), combinant caractéristiques des individus (caractéristique socioéconomique, localisation spatiale) et de leurs déplacements (modes et types de véhicules utilisés, distances estimés). Il s'agit de reproduire la même méthodologie en évaluant de manière précise les conditions de comparabilité entre les deux périodes des enquêtes ménages déplacements.

1.1. Les enquêtes ménages déplacements de 1995 et 2006

Etablies sur la base d'une procédure standard contrôlée par le CERTU, les enquêtes ménages déplacements permettent de réaliser des comparaisons entre différentes agglomérations et d'observer les évolutions des comportements de mobilité.

Le ménage constitue l'unité statistique d'observation. Toutes les personnes de cinq ans et plus appartenant à ce ménage sont interrogées sur leurs déplacements réalisés la veille du jour de l'enquête. Cette dernière se déroule du mardi au samedi et ne prend pas en compte la mobilité de la fin de la semaine. Les données recueillies concernent les principales caractéristiques socio-économiques des ménages et des personnes ainsi que les informations fines des déplacements comme l'origine et la destination, le motif, le(s) mode(s) utilisé(s), les horaires, etc.

Figure 1 : Zonages et périmètres des enquêtes ménages déplacements



L'analyse de l'évolution de la mobilité quotidienne et des émissions de CO₂ se base sur les deux dernières enquêtes ménages déplacements réalisées à Lyon en 1995 et en 2006. La première a permis de recueillir les caractéristiques de 6001 ménages, soit 13 997 personnes de cinq ans et plus ayant réalisé 53 213 déplacements. Cet échantillon a été tiré au sein d'un territoire élargi débordant du périmètre du Grand Lyon et représentant en 1995 une population totale de 536 000 ménages et 1 280 000 personnes (enfants de moins de cinq ans inclus). L'enquête ménages déplacements de 2006 concerne un échantillon plus important de 11 229 ménages, soit 25 656 personnes de cinq ans et plus, effectuant 96 250 déplacements. Le périmètre de cette dernière enquête est beaucoup plus large et dépasse même le zonage de

l'aire urbaine de 1999 (Figure 1), puisqu'il s'étend à d'autres aires urbaines limitrophes comme Villefranche, Tarare, Ambérieu-en-Bugey, Vienne ou Bourgoin-Jallieu, couvrant ainsi une population de 832 618 ménages et 1 975 260 personnes (enfants de moins de cinq ans inclus).

1.2. Une comparaison à périmètre constant

La croissance urbaine contemporaine est marquée par l'élargissement permanent de l'aire d'influence et de fonctionnement des villes. Le périmètre au sein duquel se réalise l'ensemble des activités quotidiennes n'est pas stable dans le temps, mais pour bien distinguer analytiquement l'origine des différences observées, une étude diachronique est préférable sur une échelle identique aux différentes dates. Les contraintes des échelles de disponibilité des données des deux dernières enquêtes ménages déplacements, qui ne sont pas nécessairement basées sur la quotidienneté, privilégient une analyse sur le périmètre de l'EMD 1995 (Figure 1). Même si cette démarche assure la condition d'une comparabilité spatiale, elle ne permet pas d'observer exactement le même phénomène qui dépasse naturellement le périmètre initial. Ainsi, l'évolution d'une partie des émissions de CO₂ liées à la mobilité quotidienne périphérique n'est pas prise en considération.

En 2006, le périmètre constant donné par l'EMD 1995 regroupe 1,3 millions d'habitants, ce qui représente les trois quarts de la population de l'aire urbaine lyonnaise. Parmi l'ensemble des déplacements de ces habitants, 97% ont une origine et une destination à l'intérieur de ce périmètre, pourcentage relativement stable par rapport à 1995 (96%). Cependant, les 3 % des déplacements sortant du périmètre en 2006 tout en restant à l'intérieur de l'aire urbaine sont responsables de 20 % des émissions de CO₂ liées à la mobilité quotidienne des habitants à cette échelle de l'agglomération lyonnaise. Cela illustre les enjeux environnementaux liés aux déplacements périphériques.

Par ailleurs, le secteur de tirage (75 ménages minimum) est la plus petite unité spatiale à laquelle l'échantillon de ménages enquêtés est représentatif aux deux dates. Les évolutions spatiales sont donc observables entre 1995 et 2006 sur 87 unités spatiales identiques au sein du périmètre 1995.

1.3. Calcul des émissions de CO₂ liées aux circulations urbaines des citoyens

Les émissions de CO₂ liées à la mobilité quotidienne sont calculées à l'aide de la méthodologie proposée dans le cadre du programme européen MEET (Hickman et al., 1999). Les détails des choix et des hypothèses de calcul précis sont fournis dans Nicolas et al. (2001), aussi nous ne les rappelons que dans les grandes lignes ici.

En ce qui concerne l'automobile, MEET fournit des courbes d'émissions en fonction de la vitesse moyenne sur le parcours, de la cylindrée, de l'âge et du type de carburant des véhicules. Ces deux dernières caractéristiques sont directement disponibles dans les enquêtes ménages déplacements. L'information sur la cylindrée est inférée à partir de la puissance fiscale et à l'aide de l'âge et de la carburant du véhicule (Gallez et Hivert, 1998). Par ailleurs, les distances et les vitesses des déplacements locaux sont recalculées à partir du modèle de trafic Davisum. Connaissant l'heure de départ et l'heure d'arrivée, il est également

possible de savoir si le démarrage s'opérait à froid ou non, compte tenu du déplacement précédent. Dans l'affirmative, un coefficient de surémission est estimé. Enfin, sachant que l'enquête ménages déplacements ne fournit pas d'information sur le taux de remplissage du véhicule, les émissions de CO₂ ont entièrement été attribuées au conducteur et les déplacements réalisés en tant que passager d'une voiture sont considérés non émetteurs.

Pour les transports collectifs, nous avons utilisé les kilométrages annuels totaux fournis par mode (bus, trolleybus, tramway, métro) par l'autorité organisatrice des transports lyonnais (SYTRAL) pour alimenter la base « 220 réseaux » géré par le CERTU. La vitesse moyenne des bus sur le réseau, de 17 km/h, a été reprise pour calculer leurs émissions à partir courbes proposées par MEET. Les émissions des modes à traction électrique ont été posées égales à 0, sachant que l'électricité lyonnaise est essentiellement produite à partir de l'énergie nucléaire et, dans une moindre mesure, hydroélectrique (Nicolas et al., 2001). Connaissant par ailleurs le nombre annuel de voyages sur le réseau lyonnais (base 201 réseaux, CERTU, 2009) et la distance moyenne par voyage à partir de l'enquête ménages déplacements, nous avons pu estimer une émission moyenne par voyageur kilomètre qui a été appliquée systématiquement à tout les déplacements en transports collectifs. Cette méthode fournit un résultat correct au niveau global, mais elle conduit à lisser les variations qui existent d'un déplacement à l'autre du fait de leur mix de modes TC. L'enquête de 1995 ne fournissant pas l'information nécessaire pour estimer le détail des distances parcourues pour chaque sous mode lors d'un déplacement en transport collectif, nous sommes restés avec ce coefficient moyen par voyageur kilomètre.

Une fois calculées, ces émissions de CO₂ dues aux déplacements peuvent être affectées aux individus, aux ménages ou à leur zone de résidence. Notre analyse se focalise sur les individus et vise à comprendre les évolutions de leurs émissions de CO₂ liées à leur mobilité quotidienne ces dix dernières années. Ces individus sont regroupés selon leurs caractéristiques socio-économiques et résidentielles les plus discriminantes par rapport à leurs distances parcourues, afin de mieux expliquer les évolutions des émissions de CO₂ en distinguant les évolutions comportementales moyennes des différents groupes, de l'évolution de leur importance démographique.

2. Stabilité des émissions de CO₂ : baisse de la mobilité motorisée mais augmentation des distances

2.1. Baisse de la mobilité motorisée

Malgré la relative dynamique démographique qui caractérise l'agglomération lyonnaise (+ 1,6 %) et qui est surtout soutenue par un solde naturel positif (INSEE-Rhône-Alpes, 2007), le volume global des déplacements de ses habitants a baissé (- 5,8 % en données pondérées) passant d'environ 4,46 à 4,20 millions déplacements par jour. La mobilité des Lyonnais de 5 ans et plus a baissé entre 1995 et 2006, passant de 3,73 à 3,47 déplacements par habitant par jour.

La baisse de la mobilité quotidienne est surtout marquée par une baisse de l'usage des modes motorisés et notamment de la voiture particulière et une augmentation de la part des modes

doux. En effet, le nombre et la part modale des déplacements réalisés en voiture ont baissé passant, respectivement de 1,98 à 1,72 déplacement par habitant par jour et de 53 % à 50 % (Tableau 1). Les transports en commun gagnent des usagers en 2006 car parmi les 3,47 déplacements journalier par habitant 0,5 sont effectués à partir de ce mode de transport (0,48 parmi les 3,73 en 1995). Ils renforcent ainsi leur part modale, qui augmente de 13 % à 15 % entre les deux périodes (Tableau 1). L'usage du vélo a quant à lui plus que doublé alors que la marche à pied a légèrement baissé même si sa part modale augmente d'un point.

La part des déplacements combinant voiture particulière et transport en commun a légèrement augmenté, ce qui incite à continuer à encourager l'intermodalité. Par ailleurs, la baisse des déplacements effectués en voiture est valable aussi bien pour les automobilistes que pour les passagers (respectivement, - 11 % et - 12 %). Si des efforts ont été entrepris pour promouvoir un usage plus collectif de la voiture comme le covoiturage par exemple, la stabilité du taux de remplissage (ratio global nombre de déplacements comme passager automobile / nombre de déplacements automobile) montre que ces évolutions sont trop marginales (et peut être aussi trop récentes) pour apparaître au plan statistique.

Tableau 1 : Nombre moyen de déplacements et part modale en 1995 et 2006

		Voiture conducteur	Voiture passager	Voiture - transport en commun	Transport en commun	Marche à pied	Vélo	2 roues à moteur
Nb moyen déplacements par mode	1995	1,53	0,45	0,02	0,48	1,19	0,03	0,02
	2006	1,33	0,39	0,03	0,50	1,14	0,06	0,02
Part modale (%)	1995	41,0	12,0	0,6	13,0	32,0	0,7	0,6
	2006	38,4	11,3	0,9	14,8	32,9	1,6	0,5

Avec ces évolutions opposées entre modes motorisés et modes doux, l'hypothèse du changement de comportement et la possibilité du report modal se pose clairement. S'agit-il d'une rupture de tendance dans la mobilité motorisée ou d'une baisse conjoncturelle ? S'agit-il d'une baisse générale ou touchant seulement les déplacements de courtes distances ? L'hypothèse de fluctuations liées aux difficultés pratiques pour assurer la comparabilité des enquêtes (mesure, échantillonnage et redressement, contexte social du moment) peut également être soulevée. En effet, cette baisse du nombre de déplacements tous modes n'est pas la première dans l'histoire de la mobilité lyonnaise, car un fléchissement avait déjà été observé entre 1976 et 1985, avant la reprise constatée entre 1985 et 1995. Mais il provenait alors d'une baisse du nombre de déplacements à pied (plus sensible aux conditions de recueil de la mobilité de la veille), et non d'une baisse du nombre de déplacements en voiture, comme actuellement. Cette baisse est par ailleurs confirmée par d'autres enquêtes ménages déplacements récentes de Bordeaux, Lille, Reims, Rennes, Rouen, Strasbourg et Toulon (CERTU, 2010). Aussi, nous faisons l'hypothèse que ces évolutions reflètent bien les tendances actuelles et tentons d'apporter des éléments explicatifs aux évolutions constatées.

2.2. Des distances plus longues

Alors que la mobilité quotidienne et la part modale de la voiture particulière baissent en faveur des modes doux, le volume global des distances continue d'augmenter (+ 9 %) car la distance moyenne parcourue par déplacement s'accroît nettement, de 3,73 à 4,32 km entre 1995 et 2006. Le budget distance augmente également de 14 à 15 km par habitant par jour. Cette hausse des distances, notamment pour les modes motorisés, a largement compensé la baisse de la mobilité (en volumes de déplacements). Ce constat est partagé par une autre étude sur le périmètre restreint de la communauté urbaine de Lille Métropole où les distances ont également augmenté de 7 % entre 1987 et 2006 (Merle et al., 2009). Cela explique le maintien, dans l'agglomération lyonnaise, de la part élevée des distances des déplacements effectués en voiture (74 %) malgré la croissance des distances avec d'autres modes. En effet, parmi les 14 km effectués en moyenne par personne par jour, 11 sont réalisés en voiture particulière et 9 en tant que conducteur en 2006 (Tableau 2).

Tableau 2 : Distance quotidienne parcourue par mode de déplacement en 1995 et 2006

		Voiture -						
		Voiture conducteur	Voiture passager	transport en commun	Transport en commun	Marche à pied	Vélo	2 roues à moteur
Distance par pers/mode/jour	1995	8,25	2,03	0,24	2,52	0,72	0,08	0,09
	2006	8,93	2,10	0,40	2,57	0,69	0,15	0,13
Part modale (%)	1995	59,3	14,6	1,7	18,1	5,2	0,6	0,6
	2006	59,6	14,0	2,7	17,1	4,6	1,0	0,8

En se focalisant sur le mode qui contribue le plus aux émissions de CO₂, nous constatons que les déplacements réalisés au volant d'une voiture à l'intérieur de l'agglomération lyonnaise diminuent de 12 % alors que les distances parcourues au total avec ce mode augmentent de 10 %. La distance moyenne par déplacement au volant d'une voiture augmente ainsi de 5,4 à 6,7 km (Tableau 3). Les individus se déplacent moins en voiture, mais quand ils l'utilisent, ils parcourent des distances plus élevées qu'en 1995. Une analyse plus fine des évolutions en fonction de l'origine et la destination des déplacements (Tableau 3) montre une baisse des distances totales parcourues par les automobilistes à l'intérieur du centre (-3 %) mais aussi entre le centre et la première couronne (-7 %), du fait de la baisse importante du nombre de déplacements (-22 % et -26 %, respectivement). Cependant, les distances moyennes augmentent pour tous les types de liaisons, même si les enjeux des émissions de CO₂ sont plus importants pour les déplacements en lien avec la deuxième périphérie car ceux-ci sont les plus longs.

Tableau 3 : Evolution des volumes de déplacement, des km parcourus et de la distance moyenne en voiture conducteur entre 1995 et 2006

Origine – Destination du déplacement	Evolution nb déplacements	Evolution des kms parcourus	Distance/ déplacement en 1995	Distance/ déplacement en 2006	Evolution distance / déplacement
Centre – Centre	-22 %	-3 %	2,9	3,6	+23,6 %
Centre - 1 ^{ère} couronne	-26 %	-7 %	6,3	7,9	+25,3 %
Centre - 2 ^{ème} couronne	-9 %	+14 %	12,3	15,3	+24,7 %
1 ^{ère} - 1 ^{ère} couronne	-4 %	+18 %	3	3,7	+23,3 %
1 ^{ère} - 2 ^{ème} couronne	-8 %	+15 %	8,8	10,9	+24,1 %
2 ^{ème} - 2 ^{ème} couronne	0 %	+22 %	4,2	5,1	+22,1 %
Total	-12 %	10 %	5,4	6,7	24,5 %

2.3. Des émissions de CO₂ relativement stables

Le volume global des émissions de CO₂ dépend du niveau de l'émission unitaire par km du mode motorisé, de la distance parcourue par déplacements, du nombre des déplacements par personne et de la taille de la population. Alors que les kilomètres parcourus augmentent de manière sensible, notamment en modes motorisés, le volume global des émissions de CO₂ liées à la mobilité quotidienne des Lyonnais n'a que légèrement augmenté (+ 3 %) entre 1995 et 2006, du fait notamment de la baisse du niveau d'émission unitaire (- 5 %) des modes motorisés (Tableau 4).

Les transports en commun est le seul mode qui enregistre une baisse du volume des émissions de CO₂ (- 33 %) entre 1995 et 2006 (Tableau 4). Leur niveau d'émission unitaire diminue également de - 35 %, du fait d'une part de l'évolution de l'offre et des caractéristiques du parc, notamment à travers l'introduction de nouvelles lignes de métro, de tramway et de l'électrification du réseau de bus, mais d'autre part aussi grâce à l'augmentation du taux de remplissage.

Tableau 4 : Evolution des émissions par mode entre 1995 et 2006

	Volume des émissions (tonnes)			Emission unitaire (g/km)		
	1995	2006	Evolution 1995-2006	1995	2006	Evolution 1995-2006
Voiture conducteur	2059	2168	+5,3%	209	201	-3,9%
Voiture + TC	22	36	+64,9%	147	138	-6,5%
TC	172	116	-32,8%	57	37	-34,8%
Deux roues à moteur	6	15	+138,1%	62	102	+65,3%
Total	2259	2336	+3,4%	136	129	-5,2%

En 2006, les transports en commun ne sont responsables que de 5 % des émissions de CO₂ (8 % en 1995), alors que la voiture y contribue à hauteur de 93 % (91 % en 1995). Cependant, l'impact de la baisse du niveau d'émission unitaire des transports en commun sur l'évolution du volume total des émissions n'est pas négligeable. Sans cette baisse, de 57 à 37 g/km (Tableau 4), le volume total aurait du augmenté de 5,8 % au lieu de 3,4 %.

Par ailleurs, l'évolution des caractéristiques des voitures et l'amélioration des normes environnementales liées au renouvellement du parc automobile a également fortement

contribué à la baisse observée des émissions globales. Ainsi, la baisse des émissions unitaires des déplacements effectués en tant que conducteur d'une voiture (- 4 %) a largement contribué à la stabilité du volume des émissions globales face aux fortes distances parcourues à partir de ce mode. En supposant que le niveau d'émission de ce mode soit resté inchangé entre 1995 et 2006, le volume total d'émissions aurait du augmenter de 7,2 % au lieu de 3,4 %. Les deux roues à moteur sont les seuls à voir leur émission unitaire augmenter entre les deux dates (+ 65 %) du fait notamment d'une hausse de leur cylindrée. Mais leur contribution aux émissions totales reste toujours marginale.

Après avoir mis la lumière sur les évolutions des déplacements, des distances parcourues et des émissions par mode de transport et souligné le rôle du progrès technique et du renouvellement des parcs automobiles et de transport en commun, il convient de mettre en avant les autres facteurs socio-économiques expliquant les émissions de CO₂ et leurs évolutions en les distinguant des simples changements démographiques.

3. Quels facteurs socio-économiques pour expliquer les niveaux d'émissions de CO₂ et leurs évolutions et quels sont les groupes les plus émetteurs?

Globalement, les émissions de CO₂ par habitant restent relativement stables (environ 1900 g/hab/jour). Cette stabilité masque des évolutions différenciées entre groupes d'individus, selon leurs caractéristiques socioéconomiques et résidentielles. L'objectif est de mettre en avant les groupes dont les évolutions sont les plus importantes et de distinguer ce qui relève de l'évolution démographique de ce qui est potentiellement lié au changement de comportement.

Pour cela une typologie de la population a été réalisée, en cherchant à maximiser la variance entre les groupes à partir de la distance moyenne parcourue par personne et par jour en 1995 (Nicolas et al. 2001). Vingt-deux types ont ainsi été distingués, faisant principalement ressortir comme facteurs explicatifs le statut d'activité (scolaires, étudiants, actifs, chômeurs, personnes au foyer, retraités) et la localisation (décomposée ici en trois zones concentriques, le centre dense constitué de Lyon Villeurbaine, la première couronne des communes limitrophes du centre et la seconde couronne des communes extérieures). Ces facteurs sont complétés par l'accès ou non à l'automobile pour les adultes et par le genre pour les actifs. Certaines variables n'ont donc pas été intégrées, comme le revenu du ménage, dont les effets apparaissent moins nets et sont déjà en partie implicitement intégrés dans le statut d'activité et la motorisation.

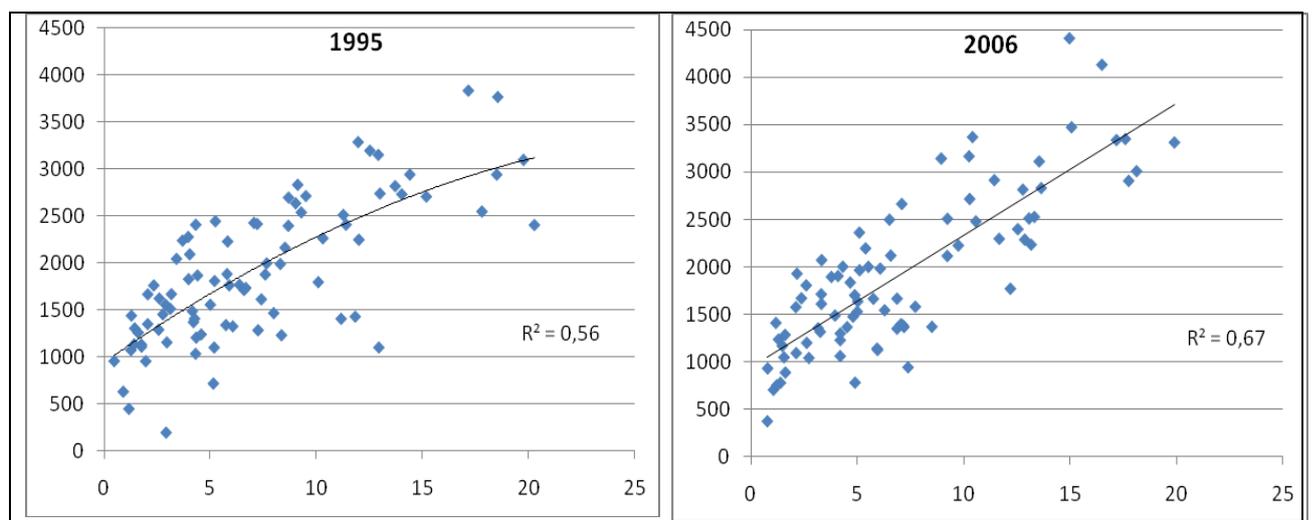
3.1. Un niveau d'émission lié au cycle de vie, à l'accès à la voiture et à la localisation résidentielle

Le critère le plus discriminant vis-à-vis du niveau d'émission de CO₂ est celui du statut de la personne par rapport à l'activité. Un jour moyen de semaine, les actifs, qui représentent 44 % de la population, génèrent 74 % du volume global des émissions de CO₂ liées à la mobilité quotidienne en 2006. Un actif émet en moyenne plus que trois fois qu'une personne inactive et son niveau d'émission est en croissance entre 1995 et 2006 (+ 3 %). En 2006, un actif émet en moyenne 3220 g/jour (3130 en 1995) alors qu'un inactif émet 910 g/jour (920 en 1995).

Cela renvoie au principe selon lequel l'activité économique est également fortement génératrice de mobilité et d'émissions de CO₂.

Au sein de cette catégorie d'individus actifs occupés, la possibilité de conduire, conditionnée par l'accès au permis et la disponibilité d'une voiture au sein du ménage, détermine grandement le niveau d'émission de CO₂. Par ailleurs, les hommes, légèrement plus nombreux, contribuent de manière nettement plus importante que les femmes au volume des émissions en 2006 (respectivement 44 % et 30 %). Cependant, entre 1995 et 2006, l'émission moyenne des femmes actives augmente, passant de 2440 à 2700 g/jour, alors que celle des hommes reste stable, avoisinant les 3700 g/jour. Une hétérogénéité existe également au sein de la catégorie des inactifs. En 2006, les émissions moyennes par groupe d'inactifs varient de 20 g/jour pour les scolaires du primaire, qui se déplacent souvent à pieds ou accompagné en voiture, à 1400 g/jour pour les chômeurs. Le niveau d'émission moyen est en baisse chez toutes les catégories de personnes inactives, à l'exception des retraités où il augmente de 20 %.

Figure 2 : Emissions de CO₂ par personne (g/hab/j) aux deux dates en fonction de l'éloignement de la zone de résidence du centre (km)

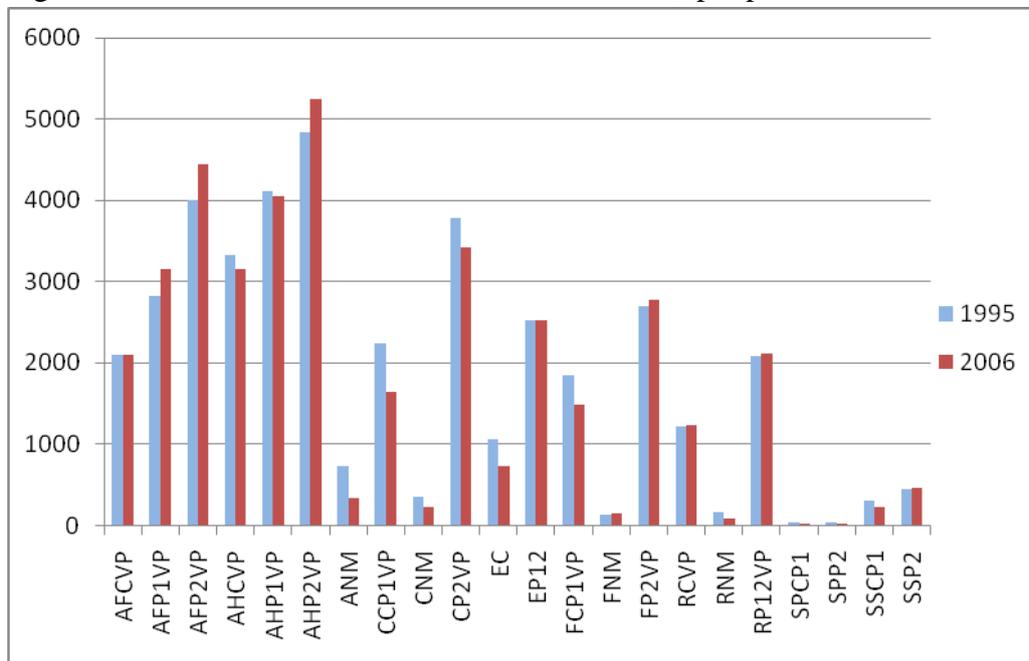


Le niveau d'émission de CO₂ par habitant augmente avec l'éloignement de la localisation résidentielle du centre (Figure 2). C'est ce que montre également la typologie (Figure 3) basée sur une localisation en trois classes (centre, 1^{ère} périphérie et 2^{ème} périphérie). Cette structure spatiale monocentrique est un élément explicatif important des distances parcourues et des émissions de CO₂, mais elle est également associée à la structure sociodémographique et l'accès à la voiture différenciés entre le centre et la périphérie. L'évolution entre 1995 et 2006 de l'émission moyenne par zone de résidence (Figure 2) montre une baisse et une reconcentration au niveau des quartiers centraux et une croissance dans les zones périphériques avec une relation vis-à-vis de la distance au centre nettement plus linéaire. Nous supposons, au vu de ces deux relations, que les zones qui dépassent le périmètre d'étude seraient beaucoup plus émettrices en 2006 par rapport à 1995, ce qui renforce les enjeux liés au choix de l'échelle soulevés précédemment.

L'intégration de la localisation résidentielle permet de faire ressortir des disparités du niveau d'émissions plus prononcées au sein de la typologie (Figure 3). Ce sont les hommes actifs motorisés de la 2^{ème} couronne qui ont le niveau d'émissions le plus élevé, juste devant les femmes de la même catégorie. Les émissions moyennes augmentent chez les femmes actives mais aussi chez les hommes actifs de deuxième couronne qui voient leur nombre baisser entre 1995 et 2006, probablement du fait du passage à la retraite puisque le nombre de retraités augmente fortement à ce niveau. En revanche, elles sont stables ou en baisse chez les autres groupes à l'image des hommes actifs du centre ou des chômeurs.

Face à l'objectif de réduction des émissions de CO₂ et afin d'illustrer les enjeux liés à leurs évolutions, il est important de situer les contributions de chaque groupe et leurs variations entre 1995 et 2006 en distinguant l'impact de l'évolution démographique, des évolutions des distances et des émissions unitaires de CO₂.

Figure 3 : Evolution du niveau des émissions de CO₂ par personne entre 1995 et 2006



Légende :

Statut : A : actif ; C : chômeur ; E : étudiant ; F : au foyer ; R : retraité ; SP : scolaire du primaire ; SS : scolaire du secondaire

Sexe : H : homme ; F : femme

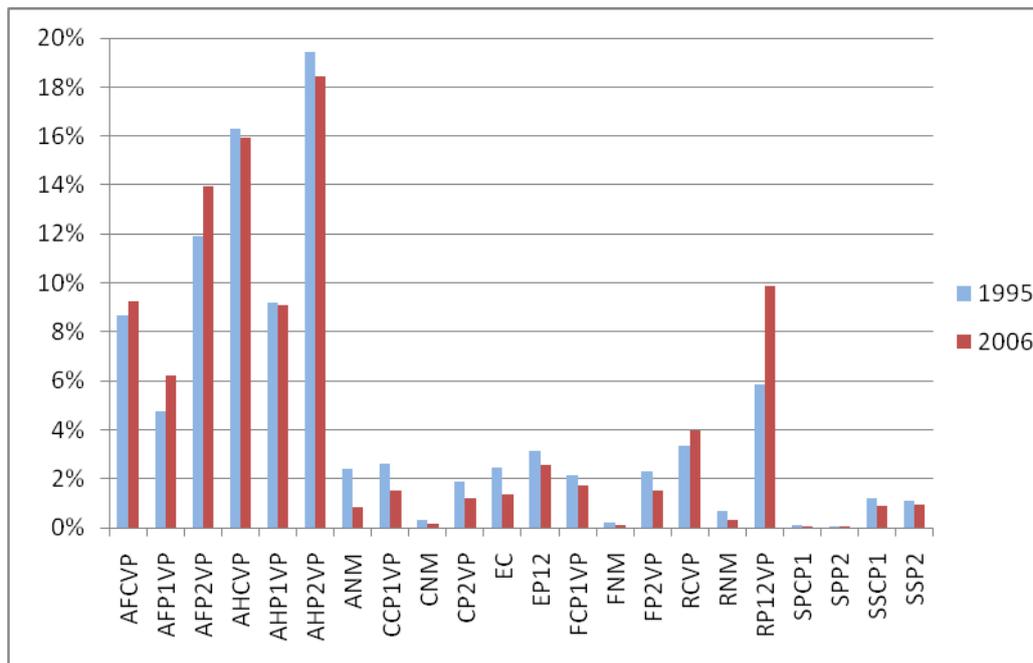
Localisation : C : centre ; P1 : 1^{ère} périphérie ; P2 : 2^{ème} périphérie

Motorisation : VP : ayant accès à la voiture particulière ; NM : non-motorisé

3.2. Des émissions fortement croissantes chez les retraités et les femmes actives

Les retraités motorisés et les femmes actives sont les deux grandes catégories qui tirent les émissions vers le haut. La croissance de leurs émissions contribue de 10 % au volume total en 2006, dont 4 % viennent des retraités de la périphérie (de 6 % en 1995 à 10 % en 2006) (Figure 4).

Figure 4 : Part des émissions de chaque groupe dans le volume total des émissions de CO₂ en 1995 et en 2006 par groupe



Légende :

Statut : A : actif ; C : chômeur ; E : étudiant ; F : au foyer ; R : retraité ; SP : scolaire du primaire ; SS : scolaire du secondaire

Sexe : H : homme ; F : femme

Localisation : C : centre ; P1 : 1^{ère} périphérie ; P2 : 2^{ème} périphérie

Motorisation : VP : ayant accès à la voiture particulière ; NM : non-motorisé

Tout d'abord, on enregistre une croissance démographique très forte des retraités motorisés entre 1995 et 2006, jusqu'à + 72 % en périphérie, combinant un effet démographique de vieillissement de la population et un effet de génération avec des nouveaux retraités plus motorisés que leurs aînés. La croissance démographique des retraités motorisés de la périphérie est tirée par la croissance des séniors de 75 ans et plus qui triplent en nombre et en volume d'émissions. Les retraités de moins de 75 ans appartenant à la même catégorie sont plus émetteurs de CO₂ car leur nombre augmente de 50 % et leur volume d'émissions de 60 %. Ils sont ainsi responsables de 86 % des émissions des émissions totales des retraités motorisés de la périphérie en 2006. Il s'agit d'un vieillissement sur place de ces générations actives périurbaines des trente glorieuses (Ghékière, 1998) dont les analyses précédentes montraient qu'ils étaient de plus en plus motorisés et qu'ils utilisaient de plus en plus la voiture (Pochet, 2003). Ils maintiennent aujourd'hui leur niveau de motorisation et leur habitudes en termes d'usage de la voiture à l'image des autres pays européens (Hjorthol et al., 2010). En effet, à caractéristiques équivalentes (localisation, motorisation), les évolutions de comportement des groupes de retraités restent dans la moyenne de la population. C'est essentiellement l'évolution des caractéristiques de motorisation et de localisation de la population retraités (outre son poids démographique croissant) qui explique la hausse de leurs émissions de CO₂.

Les femmes actives contribuent également à la croissance des émissions et commencent à rattraper l'écart avec leurs homologues masculins. D'une part leur nombre augmente

sensiblement, traduisant une poursuite de la croissance du taux d'activité féminin, qui se retrouve en creux dans la baisse du nombre de femmes au foyer. A la différence des retraités, cette croissance démographique se combine avec une augmentation sensible des distances moyennes parcourues, mais aussi une baisse beaucoup plus faible du niveau d'émission unitaire expliquant ainsi la croissance des émissions de ce groupe.

Conclusion

L'analyse des deux dernières enquêtes ménages déplacements confirme la baisse de la mobilité quotidienne et en particulier la mobilité motorisée des Lyonnais entre 1995 et 2006. Cependant, dans une logique d'analyse des effets environnementaux de la mobilité, ce constat demeure partiel car cette baisse du nombre de déplacements est compensée par un allongement des distances parcourues notamment par les résidents des communes périphériques de l'agglomération. Ce qui nous interroge sur la sensibilité de notre résultat principal, à savoir la stabilité des émissions de CO₂, par rapport à un éventuel élargissement du périmètre d'observation. Il est vraisemblable qu'avec l'étalement urbain et l'extension de l'aire d'influence de la ville, les zones périphériques non observées seraient plus émettrices de CO₂ en 2006 qu'en 1995 et de manière plus importante que celles observées ici dans un rayon de 20 kms (Figure 2). Cette question de l'échelle d'observation mérite sans doute d'être approfondie afin de compléter nos résultats obtenus à travers une analyse à l'échelle du périmètre constant de 1995.

L'analyse des évolutions des émissions de CO₂ à périmètre constant permet tout de même de mettre en avant un certain nombre de résultats importants. Au-delà de l'impact attendu lié au renouvellement du parc automobile qui a permis de réduire les émissions unitaires des véhicules, les évolutions socio-économiques, urbaines et démographiques ont un effet important sur l'évolution du volume global des émissions à travers les distances parcourues et le choix du mode de transport qui font référence aux comportements des individus.

En effet, l'analyse typologique sur les deux périodes confirme le rôle du statut de la personne et du fait qu'elle soit homme ou femme si elle est active, de son accès ou non à la voiture et de sa localisation résidentielle dans l'explication du niveau d'émission de CO₂ liées à la mobilité quotidienne.

Derrière la stabilité des émissions globales de CO₂, l'analyse temporelle montre des évolutions contrastées entre les différents groupes et souligne les enjeux autour des retraités et des femmes actives, seules catégories pour lesquelles les émissions ont augmenté et de manière importante entre 1995 et 2006.

Références

Baccaini, B., Semecurbe, F., Thomas, G., 2007, « les déplacements domicile-travail amplifiés par la périurbanisation », *INSEE Première*, n° 1129.

Bouzouina L., Nicolas J.-P., 2009, Harmoniser politiques sociale et environnementale : évaluation de l'impact d'une réhabilitation de quartiers défavorisés sur les émissions de CO₂ liées aux déplacements. *Vertigo*, Vol. 9, n°2. en ligne : <http://www.vertigo.revues.org/index8771.html>.

- CERTU 2010, Baisse de la mobilité urbaine : les derniers chiffres des EMD, en ligne : www.certu.fr
- CITEPA, 2009, Inventaire des émissions de polluants atmosphériques en France – séries sectorielles et analyses étendues, rapport d’inventaire national, SECTEN, 305 p.
- Hickman J., D. Hassel, R. Joumard, Z. Samaras, S. Sorenson, 1999, MEET - Methodology for calculating transport emissions and energy consumption. European Commission, DG VII, Luxembourg. <http://www.inrets.fr/infos/cost319/M22.pdf>
- Gallez C., Hivert L., 1998, BEED : mode d’emploi. Synthèse méthodologique pour les études “budget énergie environnement des déplacements”. Rapport de convention ADEME-INRETS, 85 p.
- Giddens, A., 2009. *The politics of climate change*, Polity Press, Cambridge, 256 p.
- Guesnerie, R., Tulkens, H (eds), 2008. *The Design of Climate Policy*, MIT Press, 408 p.
- Hjortol, R.J., Levin, L., Sirén., A., 2010, Mobility in different generations of older persons: The development of daily travel in different cohorts in Denmark, Norway and Sweden, *Journal of Transport Geography* (à paraître)
- Hubert, J-P., 2009. Dans les grandes agglomérations, la mobilité quotidienne des habitants diminue, et elle augmente ailleurs. *INSEE première* 1252.
- Lagagnier, J., Vienne, D., 2009. « Recensement de la population de 2006 : La croissance retrouvée des espaces ruraux et des grandes villes », *INSEE Première*, n° 1218.
- Merle N., Dupont A., Quetelard B, Hivert L., 2009, *Diagnostic Énergie Environnement des Déplacements (DEED) 1987 / 1998 / 2006 de la Communauté Urbaine de Lille*, INRETS et CETE NP pour LMCU, Région Nord et ADEME Nord.
- Nicolas, J-P., David, D., 2009, “Passenger transport and CO₂ emissions: What does the French transport survey tell us?” *Atmospheric Environment* n°43, 2009. pp. 1015-1020.
- Nicolas, J.P., Pochet, P., Poimboeuf, H., 2001. Indicateurs de mobilité durable. Application à l’agglomération de Lyon. Lyon, LET, Coll. Etudes & Recherches. 127 p.
- Orfeuil J.-P., 1984, « Les budgets énergie-transport : un concept, une pratique, des résultats ». *Recherche Transport Sécurité* n°2, pp. 23-29.
- Orfeuil, J-P., Soleyret, D., 2002, Quelles interactions entre les marchés de la mobilité à courte et à longue distance. *Recherche Transport Sécurité* n°76, p. 208-221.
- Segalou, E., Ambrosini, C., Routhier, J.L. 2004, The environmental assessment of urban goods movement, *Logistics Systems for Sustainable Cities*, E. Taniguchi and R.G. Thompson (eds), pp. 207-220, Elsevier.
- Stern, N., 2007. *The Economics of Climate Change*, Cambridge University Press, United Kingdom.
- Toilier, F., Routhier, J.L., Albergel, A., Perdiel, S., 2005, *Intégration d’un module environnemental dans FRETURB V2*, Rapport ADEME, LET, Aria Technologies, 124 p.
- Verry D., 2006. Systèmes de transports urbaines et impacts environnementaux: quelle évaluation ? Une analyse comparative des agglomérations de Bordeaux, Grenoble, Lyon et Paris, XLIIe colloque de l’ASRDLF – XIIe colloque du GRERBAM, Sfax, 21 p.