

Diffusion de l'automobile en France : vers quels plafonds pour la motorisation et l'usage ?

Roger Collet *, Jean-Loup Madre ** et Laurent Hivert ***

En France, la croissance de la motorisation individuelle continue de ralentir et la circulation des voitures particulières plafonne depuis les années 2000, surtout dans les zones les plus urbanisées. Comment ces phénomènes s'inscrivent-ils dans le mouvement de long terme de diffusion de l'automobile des couches aisées vers les catégories modestes de la population ? Nous décrivons ce processus de 1974 à 2010 pour la France métropolitaine et pour l'Île-de-France, en distinguant les ménages selon leur position dans la distribution des niveaux de vie. À l'échelle nationale, l'hypothèse que les ménages aisés, les classes moyennes et les plus modestes ont des trajectoires de motorisation et d'usage convergentes vers le même plafond automobile n'a pas été invalidée. Pour évaluer ce plafond, nous ajustons des courbes sigmoïdes de Chapman-Richards sur les séries de l'équipement et de l'utilisation de l'automobile. Plus flexibles et mieux adaptées à notre contexte que des courbes logistiques standards, elles permettent de le situer autour de 0,76 voiture par adulte, et de 16 200 kilomètres par an et par ménage si le prix des carburants se maintenait à son niveau de 2010. Ce plafond des kilométrages est modulé par une élasticité de - 0,24 rendant compte des réactions aux évolutions heurtées des prix des carburants. Toutefois en Île-de-France, le plafonnement des kilométrages a commencé d'autant plus tôt que les ménages sont plus aisés, avant le renchérissement du carburant des années 2000, laissant penser qu'il s'agit d'un mouvement de fond dont les Franciliens seraient précurseurs.

Rappel :

Les jugements et opinions exprimés par les auteurs n'engagent qu'eux mêmes, et non les institutions auxquelles ils appartiennent, ni a fortiori l'Insee.

* Université Paris-Est, IFSTTAR, AME, DEST, Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux.

** Université Paris-Est, IFSTTAR, AME, DEST, Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux.

*** Université Paris-Est, IFSTTAR, AME, DEST, Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux.

Nous exprimons notre gratitude à tous ceux qui ont permis notre accès aux données d'enquête : d'abord l'Insee pour les ECAMs, puis l'ADEME, le CCFA et le Ministère en charge des transports qui ont continûment financé l'enquête Parc-Auto. Sans remonter aux années 1980 où les séries statistiques ont commencé à s'élaborer au Credoc à partir des ECAMs, ces travaux se sont développés dans le cadre d'un projet du Programme de Recherche et d'Innovation sur les Transports Terrestres (PREDIT) en partenariat avec le CERNA (École des Mines Paristech). Élise Boucq a beaucoup contribué à leur avancement et les a présentés notamment à plusieurs Journées du PREDIT. Ils ont fourni la matière pour une communication à la Conférence mondiale sur la recherche dans les transports à Lisbonne en juillet 2010 et ont été discutés à Paris I dans le cadre des séminaires organisés pour le projet ANR MALDI, dirigé par le Professeur François Gardes. Nous remercions vivement les financeurs et les collègues qui ont stimulé l'avancement de ce projet par leurs critiques et suggestions. Enfin, nous exprimons notre gratitude aux trois rapporteurs et à Jean-Paul Hubert, coordinateur de ce numéro spécial sur les transports, qui nous ont guidés pour la refonte d'une première version très imparfaite de cet article.

Après une croissance rapide dans les années 1960 et 1970, les trafics routiers moyens par personne ont ralenti et semblent approcher de la saturation dans plusieurs pays industrialisés (Millard-Ball et Schipper, 2010). Le Bureau australien des infrastructures et de l'économie du transport, qui a rassemblé des séries longues pour 25 pays, explique cette évolution par celles des prix du carburant et de l'activité économique, ainsi que par un effet de saturation lié au temps (BITRE, 2012).

La France ne fait pas exception dans cette tendance multinationale. En effet, le Bilan de la circulation établi pour la Commission des comptes des transports de la Nation montre un net ralentissement, voire une stagnation des trafics automobiles depuis 2003 (CCTN, 2012), c'est-à-dire depuis que le prix du pétrole est clairement orienté à la hausse (SOeS, 2012). Cette rupture par rapport aux tendances antérieures à toujours plus de mobilité a été illustrée par les enquêtes *Ménages Déplacements* à Lyon, Lille, Rouen, Reims, Rennes, Strasbourg, etc. (Hivert *et al.*, 2008), puis par l'enquête nationale *Transports et Déplacements* 2007-2008 (ENTD) qui permet de l'imputer essentiellement aux habitants des grands pôles urbains (Hubert, 2009).

Le renchérissement du carburant n'est sans doute pas l'unique facteur ayant infléchi la croissance de la mobilité individuelle ; l'aménagement des programmes d'activité favorisé par la diffusion de la journée continue (Hubert *et al.*, 2013) et l'émergence de nouveaux modes de vie (impulsés par la RTT, le télétravail, les achats en ligne, etc.) permettent d'alléger la charge de transport, rendant son mode réputé le plus pratique, l'automobile, moins indispensable. Parallèlement au ralentissement de la circulation automobile individuelle, on assiste également à celui de la motorisation des ménages : elle recule même au cœur des grandes agglomérations comme dans celles de Londres ou de Paris (STIF, 2012), alors que s'y développent également d'autres manières de se déplacer : renaissance de la bicyclette avec les vélos en libre-service, deux roues à moteur pour circuler malgré les embouteillages et émergence de nouveaux services automobiles (location ponctuelle, AutoLib, auto-partage, etc.). Enfin, parallèlement au développement du réseau TGV puis des vols à bas coût, l'utilisation de l'automobile pour les voyages à longue distance a baissé au-delà de 300 km aller-retour, en particulier chez les ménages les plus urbanisés (Grimal, 2010).

En France, le ralentissement observé de l'usage et de l'équipement automobile individuel soulève la question de leurs trajectoires futures. Trois scénarios sont théoriquement envisageables (Goodwin, 2011) :

- 1) Une reprise de leur croissance après la pause actuelle ;
- 2) Une saturation à des niveaux qu'il conviendrait d'estimer ;
- 3) Un retournement de tendance après un maximum en plateau, également à estimer.

À long terme, les contraintes d'espace et de temps qui pèsent sur les individus invalident la proposition selon laquelle leur motorisation et leur usage personnel de l'automobile pourront croître indéfiniment. Ainsi, s'ils reprenaient leur essor au cours de prochaines années, motorisation et usage automobile individuel seront conduits à saturer plus tard pour éventuellement décroître ensuite. En supposant que les ralentissements récemment observés sont bien le signe précurseur du plafonnement automobile¹, nous proposons dans cet article d'en déterminer les niveaux. Par hypothèse, nous écarterons donc le scénario 1, mais nous ne préjurerons pas du caractère permanent ou transitoire des comportements automobiles une fois leur plafond atteint. Autrement dit, nous ne discriminerons pas entre les scénarios 2 et 3, selon que ce plafond correspond à une saturation de long terme ou à un maximum précédant une diminution.

Pour estimer les niveaux du plafond automobile, nous adoptons une approche par séries temporelles, notamment en focalisant l'attention sur les catégories de populations susceptibles d'avoir un comportement pionnier : les Franciliens (motorisés avant la Province, mais contraints par la densité et bénéficiant d'un bon réseau de transports collectifs) et les ménages les plus aisés. Concentrer l'attention sur ces catégories particulières permet de se demander :

- Si le découplage entre croissance des trafics et des revenus déjà observé dans plusieurs pays (Millard-Ball et Schipper, 2010) se manifeste d'abord dans les régions les plus denses et/ou au-delà d'un certain niveau de vie ;
- Si le plafonnement de la circulation totale, observé au niveau national, ne résulte pas de

1. Plus connu sous sa dénomination anglo-saxonne : « peak car ».

la superposition d'évolutions contraires (poursuite de la croissance du trafic chez les ruraux et périurbains à l'inverse du recul chez les habitants des zones les plus denses).

Des analyses désagrégées menées sur les enquêtes nationales *Transports* (Grimal, 2011 ; Roux, 2012) montrent que zone d'habitat et niveau de vie sont bien les dimensions les plus structurantes des comportements automobiles, avec un affaiblissement du rôle du revenu :

- La zone de résidence reste le premier facteur explicatif du taux d'équipement en voiture particulière, en 1981 comme en 2007. La structure du ménage, que nous prenons en compte via la mesure de la motorisation par le nombre moyen de voitures par adulte, devient le second facteur en 2007 et précède le niveau de vie ;

- De 1981 à 2007, le nombre d'adultes est resté le principal facteur expliquant le multi-équipement des ménages, la zone de résidence passant au second rang en 2007, devant le niveau de vie.

Nous aborderons le sujet sous l'angle des inégalités en montrant la diffusion – du quart le plus aisé vers les quarts plus modestes de la distribution des niveaux de vie – de la motorisation des ménages et des kilométrages qu'ils parcourent. Le chemin vers le plafonnement automobile peut être représenté par une courbe sigmoïde fonction du temps : pour représenter celui emprunté par les ménages, nous utiliserons la forme fonctionnelle de Chapman-Richards. Cette fonction tend vers une asymptote que nous ferons dépendre du prix des carburants pour capturer son effet sur les kilométrages des ménages et ainsi rendre compte du retournement de tendance concernant l'usage automobile individuel.

Motorisation et kilométrages depuis les années 1970

Comment mesurer la diffusion de l'automobile ?

La diffusion sociale d'un bien définit le processus temporel par lequel il pénètre dans toutes les couches de la société, notamment dans les différentes classes de revenu. Dans le cas de l'automobile, les ménages se sont progressivement équipés, en commençant par les plus aisés et les plus urbanisés, dès l'entre deux guerres

en Amérique du Nord, surtout après la seconde guerre mondiale en Europe occidentale et au Japon, plus récemment en Europe de l'Est et dans les pays émergents (Berri, 2009).

La diffusion de la multimotorisation a pris le relais de celle du premier équipement pour tirer la croissance du parc automobile, mais elle ne présente pas forcément la même cinétique. L'usage de l'automobile s'individualise, réduisant ainsi les inégalités d'accès entre les différents membres d'un ménage (Choquet, 1983) : malgré l'émergence de nouveaux usages, les pratiques de partage au sein du ménage ont eu tendance à décroître dans les années 1990 au fur et à mesure que se développait le multiéquipement, de sorte que l'automobile, même si elle ne peut s'y réduire, tend à devenir un objet de plus en plus personnel (Papon et Hivert, 2008).

L'équipement automobile et le kilométrage des ménages aisés, des classes moyennes, et des plus modestes suivent-ils les mêmes trajectoires au cours du temps ? Nos analyses s'appuient sur des données provenant de deux enquêtes qui réinterrogent en partie les mêmes ménages d'une année à la suivante : l'*Enquête de conjoncture auprès des ménages (ECAM)* puis l'enquête *Parc-Auto* (encadré 1). À partir de ces deux sources, les séries annuelles de l'équipement et de l'usage automobile moyens des ménages ont été calculées de 1974 à 2010 pour chaque quart de la distribution de leurs revenus par unité de consommation, qui caractérise l'échelle des niveaux de vie dans cet article (encadré 2). Délimités chaque année par les trois quartiles, ces quarts sont nommés $Q1$ à $Q4$ du plus modeste vers le plus aisé. Les séries ont été calculées pour l'ensemble des ménages de France métropolitaine d'une part, et pour les ménages franciliens d'autre part, afin de montrer la spécificité de la région la plus dense et la plus riche, où la motorisation s'est développée plus tôt qu'en Province (Madre, 1989). Il s'agit donc d'une analyse dont le cadre géographique est fixé et non évolutif (Julien, 2000)².

2. Avec la croissance spatiale et démographique de l'agglomération parisienne et, plus encore, celle de l'aire urbaine, les limites fixes de l'Île-de-France doivent modifier progressivement les conditions de comparaison, alors que le territoire français permet d'intégrer toutes les modalités de croissance métropolitaine et notamment la relative paupérisation des zones les plus périphériques et mal desservies en transports en commun (TC) des aires urbaines. Le territoire francilien ne permet pas de capter les ménages périurbains les plus lointains ; en outre, sa desserte par les TC s'est considérablement améliorée pendant la période étudiée. L'Île-de-France est donc de plus en plus saturée par la zone dense, riche et accessible en TC et, le temps avançant, les courbes franciliennes traduiraient un peu moins bien la circulation automobile de la population dépendante et polarisée par l'agglomération parisienne.

Pour la mesure des inégalités à chaque période, nous utilisons l'indicateur « $Q4/Q1$ », qui calcule ici le rapport de taux d'équipement ou de

kilométrages annuels moyens entre les quarts extrêmes de la distribution des niveaux de vie, c'est-à-dire le ratio entre la valeur moyenne des

Encadré 1

PLUS DE TRENTE ANS D'OBSERVATION À TRAVERS DEUX PANELS

Cet article s'appuie sur deux sources statistiques décrivant la motorisation des ménages et leur usage de l'automobile :

- l'*Enquête de conjoncture auprès des ménages (ECAM)* de l'Insee : pour chaque année de 1974 à 1994, nous avons cumulé les échantillons indépendants interrogés en mai, et ceux renouvelés par moitié interrogés en octobre-novembre. Après 1994, l'enquête est devenue mensuelle et téléphonique, et la plupart des questions sur l'automobile ont disparu. Les données dont nous avons disposé comportaient 10 000 à 13 000 répondants chaque année, habitant des logements tirés dans le recensement et dont le quart avait reçu la visite d'un enquêteur l'année précédente ;

- l'enquête *Parc-Auto* de TNS-SOFRES : chaque vague annuelle de cette enquête postale comporte 6 000 à 7 000 ménages volontaires, dont au moins 2/3 ont également répondu l'année précédente, même

s'ils ont déménagé (contrairement aux *ECAMs* qui suivaient un échantillon de logements). Ce panel, qui a repris à partir de 1994 les questions disparues de l'enquête Insee de conjoncture, se poursuit toujours, et les données sont disponibles à l'Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux (IFSTTAR) depuis la vague 1984. Pour une description succincte de ces données, on pourra consulter Papon et Hivert (2008), Hivert *et al.* (2008) ou Hivert (2013).

En dépit des différences méthodologiques, nous avons vérifié que ces deux sources fournissaient des images cohérentes des niveaux et évolutions de l'équipement et de l'usage automobile sur la période 1984-1994 où elles sont toutes deux disponibles. Toutefois, la petite taille des échantillons franciliens induit des niveaux sensiblement différents en 1994 (année de soudure entre les deux sources) ; nous avons réduit ces écarts par homothétie.

Encadré 2

HOMOGÉNÉISER LA DESCRIPTION DES MÉNAGES ET DE LEURS COMPORTEMENTS AUTOMOBILES

Les *ECAMs* et l'enquête *Parc-Auto* présentent un tronc comparable de variables, parmi lesquelles :

- Le revenu annuel du ménage en dix tranches environ ;
- La description sociodémographique du ménage (composition, zone de résidence, etc.) ;

- La description des véhicules dont dispose le ménage (âge, type de carburant, conducteur principal, etc. pour deux voitures dans les *ECAMs* et jusqu'à trois dans *Parc-Auto*). Alors qu'elles ne couvraient que les voitures particulières dans un premier temps, les enquêtes se sont par la suite élargies aux véhicules utilitaires légers (VUL) à la disposition des ménages. Ces derniers ont été écartés pour homogénéiser le champ des véhicules sur toute la période d'observation, qui a donc été restreint aux seules voitures particulières ;

- L'estimation du kilométrage annuel de chaque véhicule (relevé en classes dans les *ECAMs* et en clair dans *Parc-Auto*), avec des arrondis et des points d'accumulation. Par comparaison avec la différence des relevés du compteur deux années de suite dans l'enquête *Parc-Auto*, il a été montré que cette estimation n'était pas biaisée (Hivert 2001, Yamamoto 2009).

Nous caractérisons la motorisation d'un ménage par le nombre de voitures par adulte (population en âge de conduire) et non par possesseur de permis (population autorisée à conduire). L'écart entre ces populations a varié dans le temps car les femmes ont de plus en plus

souvent le permis de conduire et les enfants le passent avant de quitter le ménage de leurs parents, mais l'information sur le permis n'est pas disponible dans les enquêtes les plus anciennes. Dans le futur, ce taux devrait concrètement rester inférieur à 1 en moyenne malgré la diversification de l'offre de véhicules. En effet, contrairement aux États-Unis mais comme en Allemagne, il n'y a pas en France un nombre significatif de ménages disposant de plus de véhicules qu'ils ne comptent d'adultes ou de titulaires du permis (Hivert *et al.*, 2008). Afin de caractériser l'usage automobile d'un ménage, nous utilisons la somme des kilométrages annuels parcourus par toutes les voitures particulières dont il dispose. Il est donc nul pour les ménages qui ne sont pas motorisés.

Pour construire les quatre quarts de la distribution des niveaux de vie dans chaque vague d'enquête, nous avons interpolé la distribution des quotients des milieux de classes de revenu annuel par le nombre d'unités de consommation du ménage. Ces derniers ont été calculés en utilisant l'échelle d'Oxford (dont les pondérations valent 1 pour le chef de ménage, 0,7 pour les autres personnes de plus de 14 ans et 0,5 pour les enfants). Enfin, le calcul des séries du nombre moyen de voitures par adulte et du kilométrage annuel moyen par ménage dans chaque quart a été optimisé en valorisant la ré-interrogation d'une partie de l'échantillon d'une enquête à la suivante (Desabie, 1966 ; Cochran, 1977).

variables d'intérêt pour les plus aisés (représentés par les ménages appartenant à Q_4 , le dernier quart de la distribution des revenus par unité de consommation) et les plus modestes (représentés par ceux classés dans Q_1 , le premier quart).

La seconde voiture a pris le relais du premier équipement dans la diffusion de l'automobile

On constate une réduction des inégalités d'équipement d'abord due aux quarts intermédiaires (Q_2 et Q_3), dont les taux de ménages équipés ont rejoint celui du quart le plus aisé (Q_4) au début des années 1990 (cf. graphique 1). L'écart d'équipement des ménages entre les quarts extrêmes (Q_1 et Q_4) a également tendu à diminuer jusqu'au début des années 2000, puis il s'est stabilisé. Ainsi, la proportion de ménages sans voiture dans le premier quart est tombée de 55 % au milieu des années 1970 à 25 % en 2002, alors que celle dans le dernier quart n'a

diminué que de 25 % à environ 15 % dans le même intervalle de temps.

Le taux de ménages multi-équipés a crû de manière assez linéaire au cours du temps dans les deux quarts les plus modestes (cf. graphique 2), alors que les courbes des quarts Q_3 et Q_4 présentent un plateau dans les années 1990. L'équipement en seconde voiture est bien croissant avec le niveau de vie jusqu'en 1990. Ensuite, les ménages des quarts intermédiaires sont devenus tour à tour davantage multiéquipés en moyenne que ceux du quart le plus aisé, résidant plus souvent dans les zones denses, notamment en Île-de-France.

Au niveau national, les courbes retraçant l'évolution du nombre moyen de voitures par adulte sont croissantes et concaves pour tous les quarts, et les taux de motorisation individuelle respectent la hiérarchie des niveaux de vie sur toute la période d'observation (cf. graphique 3). Il en est de même en Île-de-France

Graphique 1
Évolution de la part des ménages équipés dans chaque quart de la distribution du revenu par unité de consommation



Lecture : moyennes mobiles sur 3 ans. « Q_i » désigne le groupe des ménages appartenant au i -ème quart de la distribution du revenu par unité de consommation.

Champ : France métropolitaine.

Source : ECAM 1974-1994, Parc-Auto 1994-2010.

(cf. graphique 4), où la courbe de motorisation individuelle pour le premier quart $Q1$ s'est quasiment stabilisée au début des années 1990. Du milieu des années 1970 au milieu des années 1990, les ménages franciliens des quarts intermédiaires présentent des taux de motorisation par adulte comparables. Mais alors que la courbe du second quart tend à se stabiliser après 1995, le niveau de motorisation du troisième quart continue de se rapprocher de celui du quart le plus aisé, qui n'évolue presque plus depuis le milieu des années 1990.

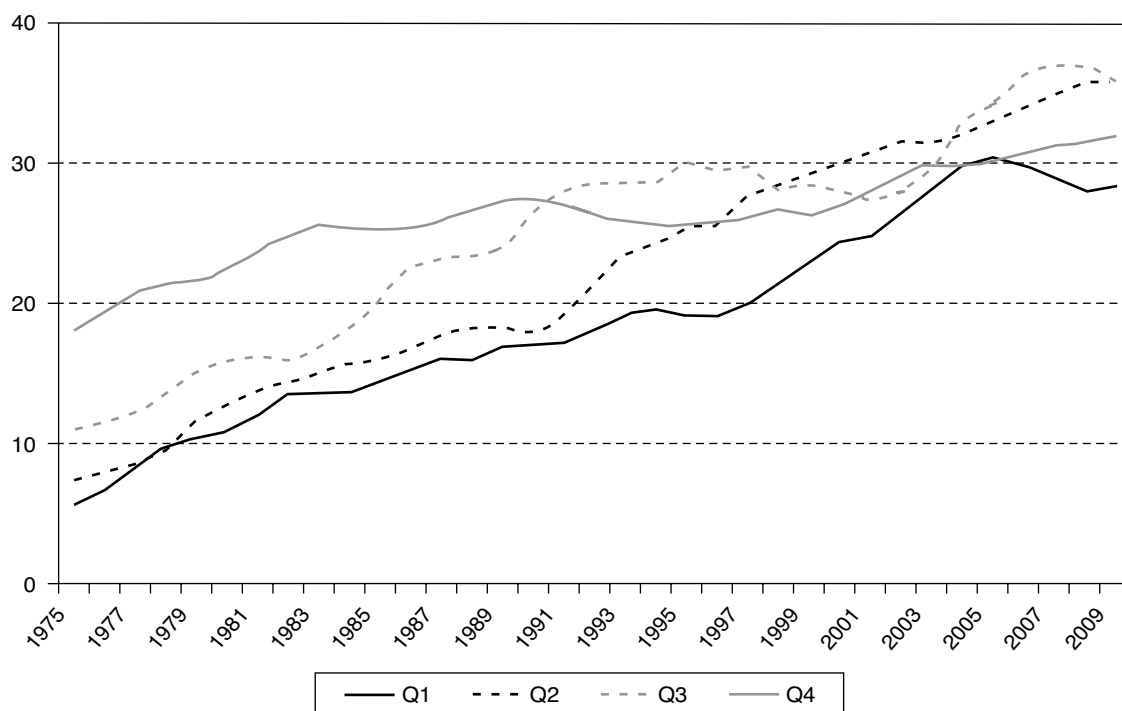
Qu'en résulte-t-il en termes d'inégalités ? Au niveau national, le ratio $Q4/Q1$ du nombre moyen de voitures par adulte est passé de 2 au milieu des années 1970 à moins de 1,4 dans les années 2000, après avoir connu un pallier dans la seconde moitié des années 80 (cf. graphique 5). Pendant la même période, le ratio $Q4/Q1$ pour le taux de multi-équipement a été divisé par 3, tombant de 3,3 au milieu des années 1970 à 1,1 dans les années 2000. L'écart de taux d'équipement entre ménages modestes

et ménages aisés s'étant stabilisé depuis la seconde moitié des années 1990 d'une part, et le multi-équipement ayant tendu à s'uniformiser dans les deux quarts extrêmes de la distribution des niveaux de vie d'autre part, le recul des inégalités de motorisation individuelle après 1995 a donc été impulsé par la diffusion de la seconde voiture du ménage. Comme le multi-équipement ne présente actuellement plus d'écarts sensibles en fonction des niveaux de vie, la diffusion sociale de l'automobile semble atteindre ses limites.

Du milieu des années 1970 à 1993, les inégalités de motorisation individuelle ont diminué parallèlement en Île-de-France, le ratio $Q4/Q1$ passant de 1,7 à 1,4 (cf. graphique 5). Mais alors que les inégalités de motorisation étaient moindres, l'indicateur $Q4/Q1$ a sensiblement augmenté chez les Franciliens vers le milieu des années 1990, passant à 1,5 environ et légèrement au-dessus de l'indicateur national. Il lui est ensuite resté supérieur, bien qu'ayant repris une lente diminution.

Graphique 2
Évolution de la part des ménages multi-équipés dans chaque quart de la distribution du revenu par unité de consommation

En %



Lecture : moyennes mobiles sur 3 ans. « Qi » désigne le groupe des ménages appartenant au i-ème quart de la distribution du revenu par unité de consommation.

Champ : France métropolitaine.

Source : ECAM 1974-1994, Parc-Auto 1994-2010.

Une diffusion de l'usage de l'automobile modulée par les fluctuations de prix des carburants

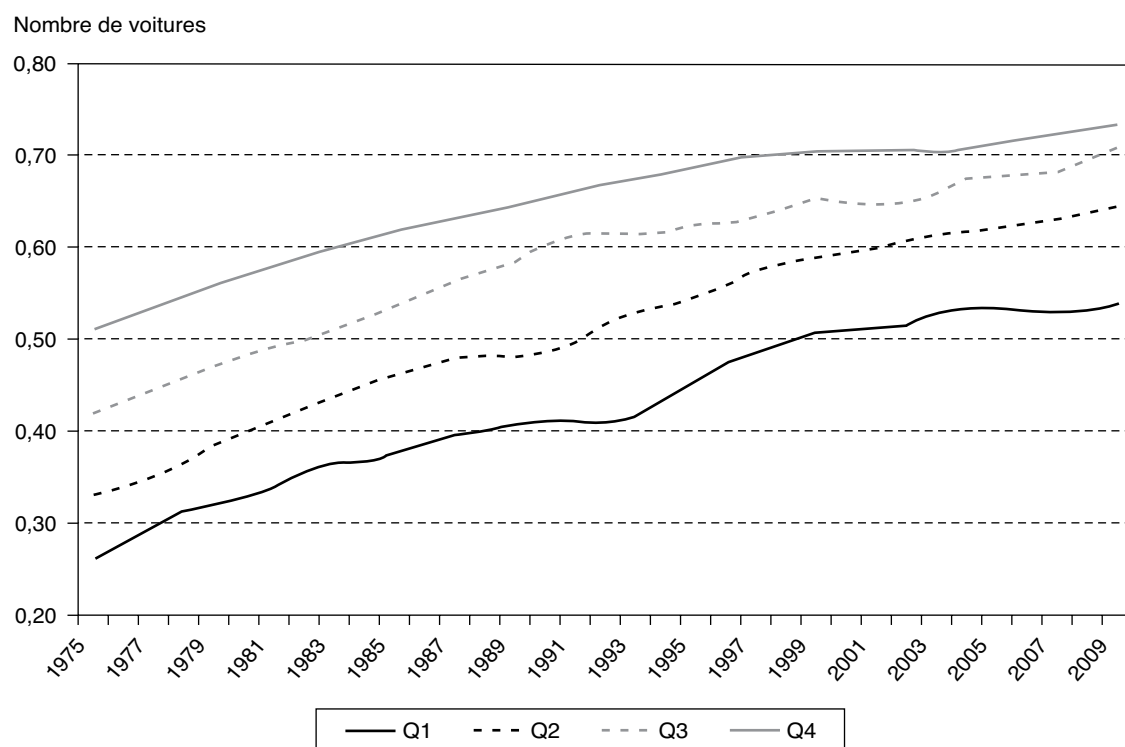
Globalement, le kilométrage moyen par ménage en France a augmenté jusqu'en 2000 (cf. graphique 6). Ensuite, et puisque la motorisation ne décroît pas, il a diminué en raison de la baisse du kilométrage moyen par voiture, qui est en partie liée au renchérissement des carburants. En effet, le prix relatif des carburants est durablement orienté à la hausse depuis la seconde moitié des années 1990. Après une pointe observée en 2000, il a continûment augmenté de 2003 à mi-2008, puis connu d'amples fluctuations, établissant un nouveau record au printemps 2012. Les courbes correspondant aux quarts Q1, Q2 et Q4 suivent cette forme générale ; celle de Q3 plafonne dès les années 1990.

Le frein à la croissance des kilométrages a été plus précoce chez les habitants des grandes villes que dans les zones moins denses. En Île-de-France, où la congestion du trafic est

importante, mais qui est bien desservie par les transports collectifs tant locaux qu'à longue distance, il s'observe dès la seconde moitié des années 1990 pour le quart Q2, dans la première moitié des années 1990 pour Q3, au milieu des années 1980 pour Q1 et dès le début des années 1980 pour Q4 (cf. graphique 7). Si les kilométrages des trois quarts supérieurs (Q2 à Q4) semblent converger en fin de période, celui des ménages les plus modestes reste en retrait.

En termes d'inégalités, le ratio Q4/Q1 des kilométrages annuels a décliné de 1,7 en 1985 à 1,3 en 1995 au niveau national, en raison d'une moindre augmentation de l'usage de l'automobile chez les ménages à hauts revenus. Cette période correspond à la baisse du coût d'usage de l'automobile, induite par la baisse du prix du carburant lors du contre-choc pétrolier de 1985-86 d'abord, puis par la diésélisation du parc automobile dans un contexte de moindre taxation du gazole ensuite. Lorsque le carburant s'est fortement renchéri entre 2001 et

Graphique 3
Évolution du nombre moyen de voitures par adulte dans chaque quart de la distribution du revenu par unité de consommation - France métropolitaine



Lecture : moyennes mobiles sur 3 ans. « Qi » désigne le groupe des ménages appartenant au i-ème quart de la distribution du revenu ménage par unité de consommation.
Champ : France métropolitaine.
Source : ECAM 1974-1994, Parc-Auto 1994-2010.

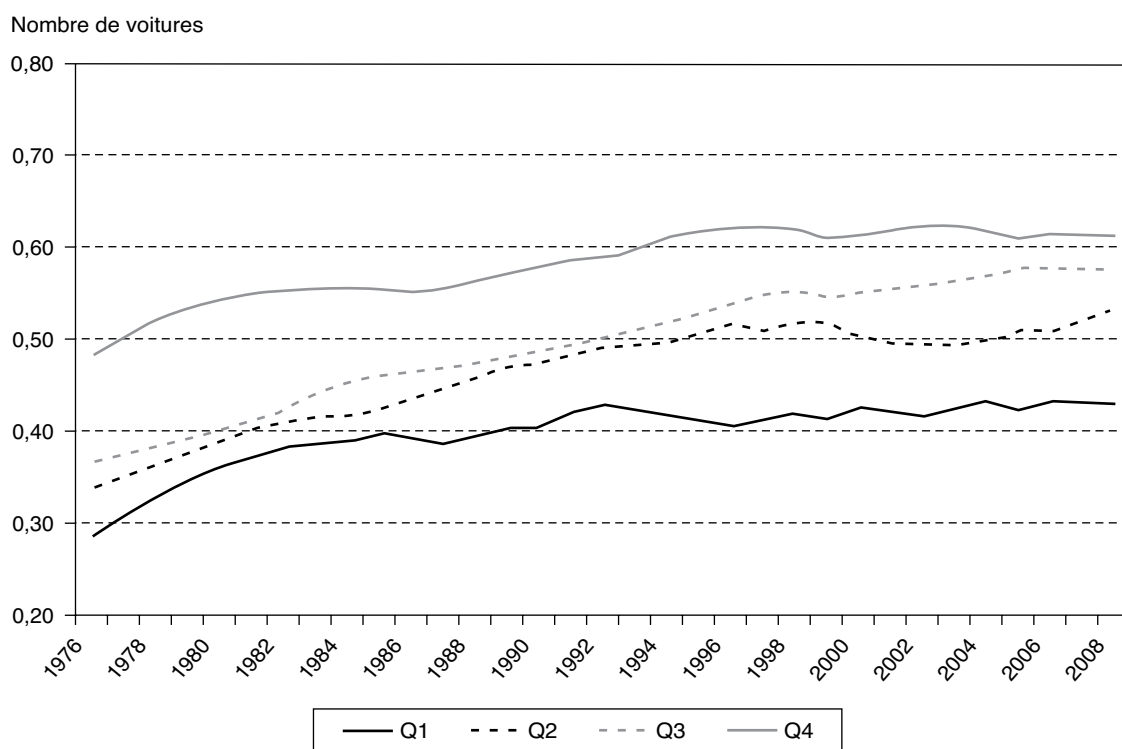
2006, les ménages les plus modestes semblent avoir rencontré davantage de difficultés que les plus aisés à réduire leur usage de la voiture. Les premiers résidant moins souvent en zone urbaine que les seconds, ils ne disposent pas d'autant d'alternatives en transports en commun et ont moins la possibilité d'ajuster leur kilométrage, déjà plus faible, aux variations du prix du carburant.

D'une façon plus globale, après une période de *statu quo* entre le milieu des années 1980 et le début des années 1990, la diffusion sociale de l'usage automobile a repris comme dans les années 1970, particulièrement dans les zones les moins denses où la dépendance à l'automobile est plus forte, notamment pour les ménages à bas revenus. Elle semble toutefois avoir atteint sa limite à l'aube des années 2000, l'indicateur d'inégalités $Q1/Q4$ s'étant pratiquement stabilisé depuis au niveau national comme en Île-de-France.

Quelles limites à la croissance de la motorisation et de l'usage de l'automobile ?

Théoriquement, la diffusion d'un bien au fil du temps peut être représentée par une courbe sigmoïde croissante qui tend vers une asymptote : le niveau de saturation. Dans l'hypothèse où les comportements automobiles que nous étudions dans cet article se conforment à ce schéma, qui concorde bien avec le plafonnement de la circulation observé dans les années 2000, nos données collectées depuis le milieu des années 1970 pour la motorisation individuelle et le kilométrage annuel par ménage paraissent ne recouvrir que la partie concave des sigmoïdes (sur les graphiques 3 et 6 en particulier). Dans cette section, nous en présentons les ajustements par la fonction de Chapman-Richards (cf. encadrés 3 et 4), prenant le temps comme variable explicative. Dans notre cas, le

Graphique 4
Évolution du nombre moyen de voitures par adulte dans chaque quart de la distribution du revenu par unité de consommation - Île-de-France



Lecture : moyennes mobiles sur 5 ans. « Qi » désigne le groupe des ménages appartenant au i-ème quart de la distribution du revenu ménage par unité de consommation.

Champ : Île-de-France.

Source : ECAM 1974-1994, Parc-Auto 1994-2010.

temps est un *proxy* qui permet de capturer de nombreux effets structurels ayant conduit au développement du marché automobile, tant en termes d'équipement que d'usage individuel. Par exemple, la tendance à l'étalement urbain, la diffusion du permis de conduire chez les femmes et le vieillissement de générations qui se sont progressivement équipées et qui ont pris l'habitude de la voiture sont trois facteurs ayant porté la croissance de la demande. Par ailleurs, l'automobile est aujourd'hui un bien hétérogène qui se décline en de nombreuses gammes et variétés (familiale, citadine, routière, etc.) pour correspondre à une segmentation très fine de la demande. Les constructeurs ont en effet encouragé les ménages à s'équiper et se multi-équiper en leur proposant, avec le temps, des véhicules qui répondaient de mieux en mieux à leur mode de vie (Herpin et Verger, 2000). Ce dynamisme a constitué une source de vitalité pour le marché de l'occasion, dont le recours permet d'abaisser le coût d'acquisition d'une automobile, et de soutenir ainsi l'équipement des ménages.

La diffusion de l'équipement automobile au cours du temps

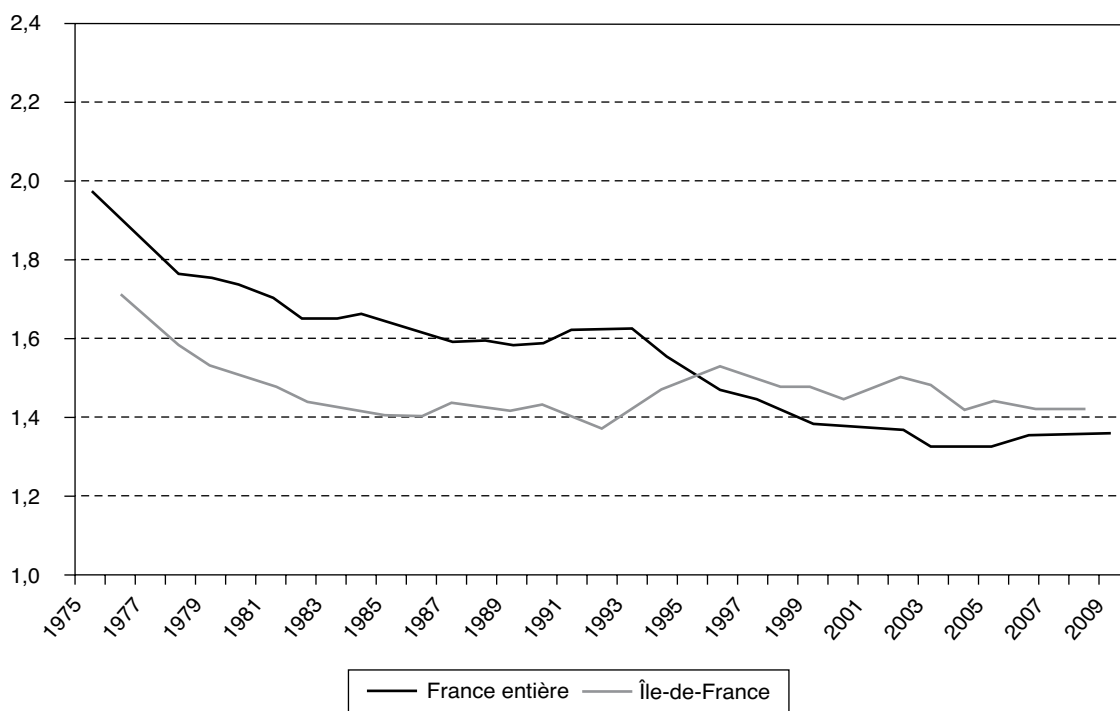
Au niveau national

L'estimation des paramètres qui décrivent l'évolution des niveaux de motorisation individuelle dans le temps indique une trajectoire sigmoïde pour chaque quart (cf. tableau 1). En effet, les coefficients $\hat{\alpha}_{1i}$ sont positifs, alors que les coefficients $\hat{m}_{1i}$ sont compris dans]0 ; 1[. Les dates d'inflexion s'échelonnent de 1961 pour Q4 à 1972 pour Q1 : elles sont donc bien antérieures au début de nos observations et suggèrent des trajectoires de motorisation différenciées entre quarts. Cela est confirmé par un test de Fisher, qui rejette l'hypothèse d'égalité entre quarts des paramètres $[\alpha_{1i}, m_{1i}]$. Les trajectoires de motorisation individuelle s'avèrent donc bien spécifiques à chacun des niveaux de vie.

Les plafonds d'équipement automobile sont estimés de façon assez homogène pour les quarts

Graphique 5
Évolution du ratio Q4/Q1 pour le nombre moyen de voitures par adulte - France métropolitaine et Île-de-France

Ratio Q4/Q1 du nombre de voitures par adulte



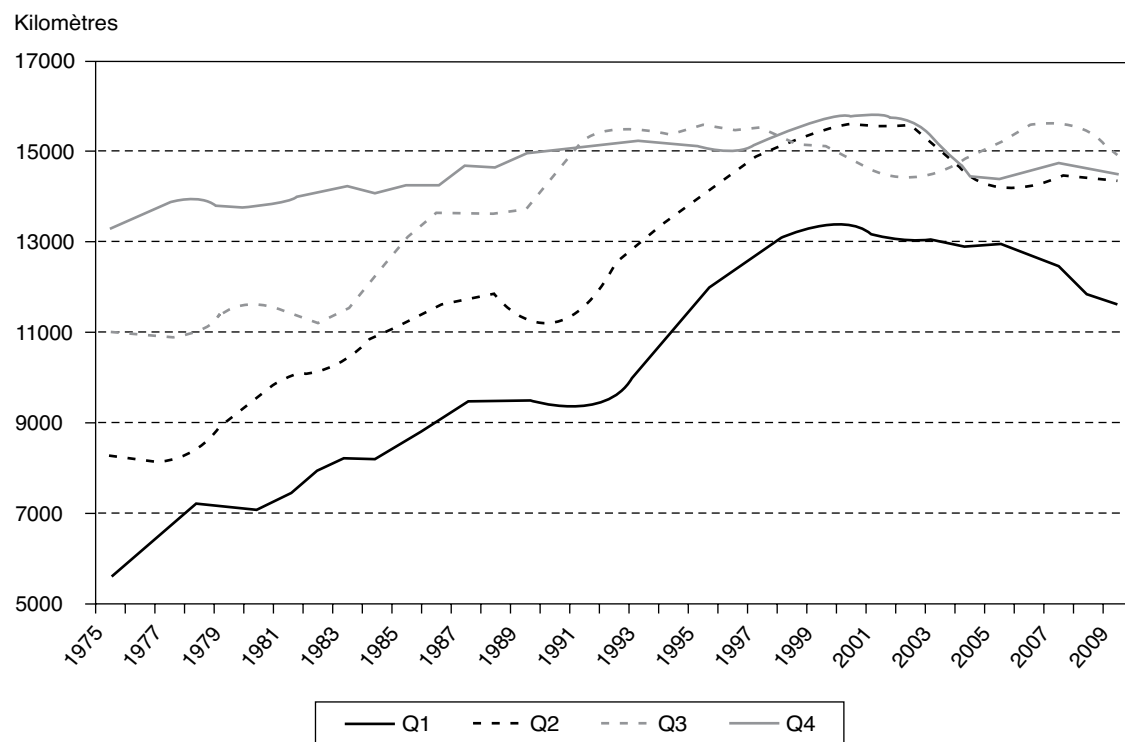
Lecture : moyennes mobiles sur 3 ans pour la courbe nationale, sur 5 ans pour la courbe francilienne.
Champ : France métropolitaine et Île-de-France.
Source : ECAM 1974-1994, Parc-Auto 1994-2010.

$Q2$, $Q3$ et $Q4$, autour de 0,77 voiture par adulte. Le quart le plus modeste semble se démarquer des autres par une estimation inférieure du plafond d'équipement, à 0,68 voiture par adulte. Toutefois, cette estimation présente un intervalle de confiance assez large pour contenir les plafonds estimés des quarts supérieurs, et donc recouper leurs intervalles de confiance. Utilisant un test de Fisher, on ne peut rejeter l'hypothèse d'égalité des plafonds de motorisation entre quarts, tel que suggéré par l'examen des intervalles de confiance. Nous avons donc estimé le modèle de motorisation en le contraignant par un plafond d'équipement commun à tous les quarts. Ce plafond est estimé de manière assez précise, son intervalle de confiance à 95 % étant de $[0,74 ; 0,78]$ voiture par adulte. On remarquera également que le modèle contraint permet d'estimer les coefficients α_{1i} et m_{1i} de manière sensiblement plus précise. Par ailleurs, on observe que l'amplitude de l'intervalle de confiance pour l'estimation du plafond d'équipement automobile tend à se réduire avec la

position du quart dans l'échelle des niveaux de vie. Cela résulte notamment de la proximité entre le niveau de motorisation individuelle déjà atteint en 2010 et le plafond théorique estimé par le modèle : alors que le quart $Q1$ présente une motorisation de 0,55 voiture par adulte en 2010, il reste à cette date beaucoup plus éloigné de son plafond estimé que le quart $Q4$, qui rend compte d'une motorisation de 0,72 voiture par adulte³.

3. Enfin, nous justifions en bas de l'encadré 4 pourquoi la spécification du modèle de motorisation fait l'hypothèse que l'équipement individuel n'est pas affecté par les évolutions du prix des carburants, contrairement à celle du modèle d'usage. Pour la vérifier, nous avons tout de même estimé à posteriori le modèle (1) pour la France métropolitaine en considérant l'indice du prix des carburants comme variable explicative. Nettement, l'hypothèse qu'il n'impacte pas le taux d'équipement individuel ne peut être rejetée, la p-valeur du paramètre d'élasticité-prix étant de 0,87.

Graphique 6
Évolution du kilométrage moyen par ménage dans chaque quart de la distribution du revenu par unité de consommation - France métropolitaine



Lecture : moyennes mobiles sur 3 ans. « Q_i » désigne le groupe des ménages appartenant au i -ème quart de la distribution du revenu ménage par unité de consommation.
Champ : France métropolitaine.
Source : ECAM 1974-1994, Parc-Auto 1994-2010.

En Île-de-France

Les paramètres $\hat{\alpha}_{1i}$ et $\hat{m}_{1i}$ retracent également une diffusion sigmoïde de l'équipement automobile des Franciliens dans chaque quart (cf. tableau 2). Les dates d'inflexion sont sensiblement équivalentes à celles calculées au niveau national : de la plus ancienne à la plus récente, elles s'échelonnent de 1962 pour le quart Q4 à 1971 pour le quart Q1. L'hypothèse que les quatre quarts franciliens ont connu des trajectoires de motorisation individuelle similaires est rejetée par le test de Fisher. Mais à l'opposé des résultats pour la France métropolitaine, l'hypothèse d'homogénéité des plafonds d'équipement en Île-de-France est également rejetée. En effet, ceux-là dépendent significativement du niveau de vie des ménages : l'intervalle de confiance à 95 % du seuil d'équipement pour le quart le plus modeste est [0,41 ; 0,43] voiture par adulte, [0,52 ; 0,57] pour le second quart, et [0,59 ; 0,69] pour le troisième. Toutefois, on n'observe pas de différence significative

entre ce dernier et le quart le plus aisé, dont le plafond d'équipement est estimé entre 0,61 et 0,65 voiture par adulte. Notamment en raison de la densité en Île-de-France, les seuils d'équipement estimés chez les Franciliens sont tous significativement inférieurs à celui précédemment calculé à l'échelle nationale par le modèle contraint (0,76 voiture par adulte).

Une saturation des kilométrages qui dépend du prix des carburants

Au niveau national

Pour la France métropolitaine et un prix des carburants égal à celui de 2010, les plafonds d'usage moyen de l'automobile par ménage sont estimés à 14 600 km/an pour le quart le plus modeste, 17 200 pour le second. Ils sont évalués à 16 300 km/an pour le troisième quart et 14 900 pour le plus aisé, qui résident généralement dans des zones plus urbanisées

Graphique 7
Évolution du kilométrage moyen par ménage dans chaque quart de la distribution du revenu par unité de consommation - Île-de-France



Lecture : moyennes mobiles sur 5 ans. « Qi » désigne le groupe des ménages appartenant au i-ème quart de la distribution du revenu ménage par unité de consommation.

Champ : Île-de-France.

Source : ECAM 1974-1994, Parc-Auto 1994-2010.

(cf. tableau 3). On remarque que les intervalles de confiance qui entourent ces estimations se recoupent assez nettement, et que le plafond du quatrième quart est mieux estimé que celui des quarts inférieurs.

Par ailleurs, les élasticités estimées de l'usage automobile au prix du carburant s'échelonnent de -0,18 environ pour les quarts $Q1$, $Q2$ et $Q4$ à -0,31 pour le quart $Q3$. Elles sont significatives aux seuils conventionnels, excepté pour le quart

le plus modeste. Là aussi, on remarque que les intervalles de confiance pour ces paramètres d'élasticité se recoupent. On note également que la date d'inflexion est toujours d'autant plus récente que les ménages ont un bas niveau de vie, celles-là s'échelonnant de 1952 à 1974.

L'hypothèse jointe que les plafonds d'usage et les élasticités-prix sont équivalents pour tous les quarts ne peut être rejetée. Par contre, le F-test rejette celle que les paramètres de trajectoires

Encadré 3

CARACTÉRISER LA DIFFUSION DE L'ÉQUIPEMENT AUTOMOBILE PAR UNE FONCTION SIGMOÏDE

Pour rendre compte de l'évolution de l'équipement en automobile dans chaque quart de la distribution des niveaux de vie, nous utilisons une fonction issue des modèles de croissance. Dans la littérature, ces modèles ont été utilisés dans de nombreux contextes (en botanique, biologie, médecine, démographie, etc.). Afin d'être cohérent avec le schéma théorique de la diffusion d'un bien, nous devons retenir parmi ces modèles une forme fonctionnelle qui serait idéalement définie à partir d'une date t_0 , autorisée à croître de façon convexe jusqu'à un point d'inflexion, et dont la croissance ralentirait ensuite progressivement à mesure qu'elle se rapproche d'un seuil ou plafond à déterminer. La fonction de Chapman-Richards (Richards, 1959; Chapman, 1961; Draper et Smith, 1981) permet une telle représentation. Appliquée à la diffusion de l'automobile, celle-là s'écrit :

$$M_{it} = S_{it}(1 - \exp(-\alpha_{it}(t - t_0)))^{\frac{1}{1-m_{it}}} + \varepsilon_{it}, \quad (1)$$

où la variable dépendante M_{it} est le nombre de voiture par adulte dans le quart Q_i en l'année t , et où ε_{it} est un terme d'erreur indépendant et d'espérance nulle. Les paramètres d'estimation sont les plafonds d'équipement automobile S_{it} , la période initiale t_0 supposée commune à tous les quarts, ainsi que les coefficients α_{it} et m_{it} qui déterminent leurs trajectoires de motorisation au cours du temps. En particulier, $\alpha_{it} > 0$ et $m_{it} < 1$ sont nécessaires pour que le modèle du quart Q_i soit croissant. Pour $m_{it} \leq 0$, la fonction de Chapman-Richards croît de manière concave dès t_0 , sa pente étant maximale en cette date. En particulier, lorsque $m_{it} = 0$, on aboutit à la formulation du modèle de Von Bertalanffy (1938). Pour $m_{it} \in]0; 1[$, la fonction de Chapman-Richards présente un point d'inflexion postérieur à t_0 , situé en $[t_0 + \alpha_{it}^{-1} \ln(p_{it}); S_{it} m_{it}^{p_{it}}]$ avec $p_{it} = (1 - m_{it})^{-1} > 1$. La contribution des paramètres à la forme sigmoïde du modèle s'éclaircit lorsqu'elle est parcourue dans le sens inverse du temps : partant du plafond S_{it} , m_{it} permet d'identifier l'ordonnée du point d'inflexion, puis α_{it} permet de déterminer le temps séparant ce point de la condition initiale, positionnée à la date t_0 sur l'axe du temps en abscisse.

Le modèle (1) peut être estimé par moindres carrés non linéaires.

Toutefois, nos séries ne sont pas suffisamment anciennes pour couvrir la période d'inflexion (cf. graphique 3). Pour chaque quart, en effet, les courbes du niveau d'équipement automobile par adulte ont une allure concave, laissant penser que la phase convexe de la croissance de la motorisation individuelle est antérieure à 1974. Dans ce contexte, l'ajustement d'une fonction de Chapman-Richards est très délicat, dans la mesure où le point d'inflexion est indéterminé. Autrement dit, le modèle est sur-paramétré pour être ajusté sur les courbes de motorisation (avant lissage) du graphique 3. L'identification du modèle pourrait être rétablie en fixant l'ordonnée du point d'inflexion sur un niveau inférieur à celui de la motorisation individuelle en 1974, ce qui reviendrait à déterminer une valeur pour chaque m_{it} à priori. Mais un tel choix serait difficilement justifiable. Cependant, on peut également faire porter l'identification du modèle de Chapman-Richards sur la période initiale t_0 . Puisque la diffusion de l'automobile en France n'a véritablement démarré qu'après la première guerre mondiale et l'introduction du fordisme dans les techniques de production, nous posons la contrainte $t_0 = 1920$ pour en rétablir l'identification.

Si d'autres formes fonctionnelles peuvent également rendre compte d'une allure sigmoïde, nous leur avons ici préféré celle de Chapman-Richards pour diverses raisons. Par exemple, les modèles logistique et de Gompertz manquent de flexibilité, l'ordonnée de leur point d'inflexion étant fixée proportionnellement à la valeur du plafond. En outre, l'identification du modèle logistique généralisé (Richards, 1959), défini même pour les périodes antérieures au démarrage de la diffusion, nécessitait dans notre cas de contraindre l'ordonnée du point d'inflexion sans que cela puisse être justifié. Enfin, le modèle de Tanner, dont on trouvera une application à la diffusion de l'équipement automobile dans Kolli (2012), ne permet pas de meilleurs ajustements que celui de Chapman-Richards dans notre contexte.

au cours du temps α_{2i} et m_{2i} ont été les mêmes pour tous les quarts. Cela nous autorise à estimer un modèle contraint par un plafond S_2 et par une élasticité β communs. Le plafond d'usage au prix des carburants de 2010 est alors estimé à 16 200 km/an, et l'élasticité de l'usage automobile est significative et évaluée à - 0,24. On calcule ainsi que le plafond d'usage par ménage en France diminuerait d'environ 2 400 km si le prix des carburants doublait par rapport à son

niveau de 2010, passant alors à 13 800 km/an⁴. Dans leur revue internationale de la littérature sur la mesure des effets du prix du carburant, Goodwin *et al.* (2004) indiquent que l'élasticité de l'usage automobile est généralement estimée entre - 0,15 et - 0,55, et autour de - 0,30 en

4. Calcul : $16\,247 \times (1 + 100\%)^{-0,238} = 13\,776$ km/an.

Encadré 4

CONSIDÉRER L'EFFET DU PRIX DU CARBURANT SUR LA DIFFUSION DE L'USAGE AUTOMOBILE

Pour modéliser la diffusion de l'usage de l'automobile au cours du temps, nous utilisons la même base que le modèle d'équipement en automobile (1) décrit dans l'encadré 3. Toutefois, la littérature démontre que le trafic automobile est souvent sensible à des effets du contexte économique, au premier rang desquels figure celui du prix du carburant (Graham et Glaister, 2002 ; Goodwin *et al.*, 2004). Nous prenons celui-là en considération pour notamment expliquer le recul du kilométrage annuel moyen par ménage visible dans la plupart des quarts à partir de l'an 2000 (cf. graphique 6). Pour décrire l'évolution de l'usage automobile, nous ajustons le modèle suivant :

$$KM_{it} = S_{2i} P_t^{\beta_i} (1 - \exp(-\alpha_{2i}(t - 1920)))^{\frac{1}{1-m_{2i}}} + \varepsilon_{2it}, \quad (2)$$

où KM_{it} désigne le kilométrage annuel moyen par ménage dans le quart Q_i en l'année t , P_t est l'indice du prix du carburant en t (base 1 en 2010), et où ε_{2it} est un terme d'erreur indépendant et d'espérance nulle. L'année initiale est fixée à 1920, comme précédemment pour le modèle d'équipement automobile. Les paramètres à estimer sont ici α_2 , m_2 , S_2 et β , et

sont indicés par i afin de considérer des trajectoires d'usage automobile différenciées selon les quarts. En particulier, β_i est un paramètre qui s'interprète comme l'élasticité de l'usage automobile du quart Q_i par rapport au prix du carburant. Son plafond d'usage de l'automobile est ici modulé par le prix des carburants et s'écrit $S_{2i} P_t^{\beta_i}$. Seul, le paramètre S_{2i} s'interprète alors comme le plafond d'usage pour un prix du carburant équivalent à celui de 2010. Techniquement, le modèle (2) peut être estimé par la méthode des moindres carrés non linéaires.

Enfin, on notera ici que, contrairement au modèle d'usage (2), le modèle de motorisation (1) décrit dans l'encadré 3 ne dépend pas du prix du carburant. Deux raisons majeures peuvent être évoquées pour soutenir cette hypothèse. Tout d'abord, l'automobile est un bien durable dont l'usage génère des comportements d'habitude (Collet *et al.*, 2010). Ensuite, la détention d'une voiture peut être une nécessité pour les ménages ne disposant pas d'alternative, quels que soient les prix à la pompe. Nous supposons donc l'usage comme étant la variable d'ajustement des ménages lorsque le prix des carburants évolue.

Tableau 1
Résultats du modèle de motorisation individuelle - France métropolitaine

Paramètre	Quart Q_i			
	Q1	Q2	Q3	Q4
S_{1i}	0,679 [0,609 ; 0,750]	0,776 [0,713 ; 0,838]	0,761 [0,726 ; 0,796]	0,763 [0,739 ; 0,787]
α_{1i}	0,042 [0,031 ; 0,053]	0,043 [0,034 ; 0,053]	0,055 [0,044 ; 0,065]	0,064 [0,051 ; 0,078]
m_{1i}	0,889 [0,829 ; 0,949]	0,889 [0,836 ; 0,943]	0,919 [0,874 ; 0,963]	0,928 [0,876 ; 0,979]
Date d'inflexion	1972	1970	1965	1961

Lecture : modèle Chapman-Richards décrivant le nombre moyen de voitures par adulte dans chaque quart de la distribution du revenu ménage par unité de consommation en France. Intervalles de confiance à 95 % entre crochets.

Au niveau national, le nombre de voitures par adulte dans le quart le plus modeste (Q1) a crû de façon convexe depuis 1920 jusqu'en 1972, date à laquelle sa croissance s'est infléchie. Il a ensuite progressé de manière concave pour tendre vers un plafond estimé à 0,679. Les paramètres α_1 et m_1 déterminent les trajectoires d'équipement au cours du temps, et leur année d'inflexion en particulier (cf. encadré 3).

Champ : France métropolitaine.

Source : ECAM 1974-1994, Parc-Auto 1994-2010.

moyenne⁵. Notre élasticité-prix s'inscrit donc bien dans ces résultats. Pour la France en particulier, elle est comparable à celles calculées dans de récents travaux qui exploitent également l'enquête *Parc-Auto*, mais qui adoptent des approches différentes : - 0,23 en pseudo-panel (Collet, 2012), de - 0,26 à - 0,20 sur un panel de ménages continûment interrogés par cette source (Kemel *et al.*, 2011).

En Île-de-France

La procédure d'estimation du modèle d'usage (2) pour le quart francilien le plus aisé n'aboutit pas (cf. tableau 4). L'examen du graphique 7 nous en donne la raison probable : la courbe des kilométrages annuels moyens par ménage

appartenant à ce quart n'a pas connu de phase croissante significative après 1974, date du début de nos données. En effet, la courbe est oscillante mais plutôt stable jusqu'en 1992, suggérant que le quart *Q4* avait quasiment atteint son plafond d'usage automobile avant 1974. La composante sigmoïde de la diffusion de l'usage n'étant donc pas identifiable dans ce cas, elle est amputée du modèle (2). La spécification « raccourcie » pour le quart *Q4* permet toutefois d'estimer son plafond d'usage et sa sensibilité aux variations du prix des carburants⁶.

5. À long terme lorsque le modèle estimé comporte des effets retardés, ou lorsque le modèle est statique.

6. En d'autres termes, les paramètres s_{24} et β_{24} restent identifiables dans le modèle (2), mais α_{24} et m_{24} ne le sont plus.

Tableau 2
Résultats du modèle de motorisation individuelle - Île-de-France

Paramètre	Quart Qi			
	Q1	Q2	Q3	Q4
S_{1i}	0,422 [0,412 ; 0,432]	0,542 [0,517 ; 0,567]	0,637 [0,578 ; 0,695]	0,626 [0,607 ; 0,646]
α_{1i}	0,211 [0,148 ; 0,275]	0,087 [0,060 ; 0,113]	0,056 [0,034 ; 0,078]	0,099 [0,059 ; 0,138]
m_{1i}	0,999 [0,999 ; 1,000]	0,983 [0,959 ; 1,008]	0,921 [0,831 ; 1,011]	0,984 [0,950 ; 1,018]
Date d'inflexion	1971	1967	1965	1962

Lecture : modèle Chapman-Richards décrivant le nombre moyen de voitures par adulte dans chaque quart de la distribution du revenu ménage par unité de consommation en Île-de-France. Intervalles de confiance à 95 % entre crochets.

En Île-de-France, le nombre de voitures par adulte dans le quart le plus modeste (Q1) a crû de façon convexe depuis 1920 jusqu'en 1971, date à laquelle sa croissance s'est infléchi. Il a ensuite progressé de manière concave pour tendre vers un plafond estimé à 0,422. Les paramètres α_i et m_i déterminent les trajectoires d'équipement au cours du temps et leur année d'inflexion en particulier (cf. encadré 3). Champ : Île-de-France.

Source : ECAM 1974-1994, Parc-Auto 1994-2010.

Tableau 3
Résultats du modèle d'usage automobile par les ménages - France métropolitaine

Paramètre	Quart Qi			
	Q1	Q2	Q3	Q4
S_{2i}	14560 [12067 ; 17052]	17156 [13907 ; 20404]	16236 [13783 ; 18688]	14877 [13989 ; 15765]
β_i	-0,176 [-0,453 ; 0,100]	-0,208 [-0,438 ; 0,022]	-0,309 [-0,510 ; -0,107]	-0,167 [-0,269 ; -0,064]
α_{2i}	0,061 [0,028 ; 0,095]	0,053 [0,020 ; 0,086]	0,054 [0,011 ; 0,098]	0,083 [-0,030 ; 0,196]
m_{2i}	0,966 [0,906 ; 1,026]	0,932 [0,820 ; 1,045]	0,901 [0,684 ; 1,118]	0,933 [0,529 ; 1,336]
Date d'inflexion	1975	1971	1962	1952

Lecture : modèle Chapman-Richards décrivant le kilométrage annuel par ménage dans chaque quart de la distribution du revenu ménage par unité de consommation en France (cf. Encadré 4). Intervalles de confiance à 95% entre crochets.

Au niveau national et en isolant l'effet du prix des carburants, le kilométrage annuel par ménage dans le quart le plus modeste (Q1) a crû de façon convexe depuis 1920 jusqu'en 1975, date à laquelle sa croissance s'est infléchi. Il a ensuite progressé de manière concave pour tendre vers un plafond estimé à 14 560 km/an si l'on considère un prix du carburant égal à celui de 2010. L'élasticité de l'usage automobile des ménages au prix des carburants est estimée à - 0,176 pour ceux du quart Q1. Les paramètres α_2 et m_2 déterminent les trajectoires d'usage au cours du temps et leur année d'inflexion en particulier (cf. encadré 3).

Champ : France métropolitaine.

Source : ECAM 1974-1994, Parc-Auto 1994-2010.

En région Île-de-France et contrairement au niveau national, les plafonds d'usage de l'automobile sont estimés de manière assez précise pour chaque quart de la distribution des niveaux de vie. Pour un prix des carburants égal à celui de 2010, l'usage automobile du quart francilien le plus modeste devrait culminer autour de 8 600 km/an, 10 000 pour le second quart, et 10 700 pour les deux quarts supérieurs. Les intervalles de confiance autour de ces estimations sont relativement réduits et suggèrent des différences significatives entre les trois premiers quarts. Cela est confirmé par un F-test, qui rejette l'hypothèse d'un plafond d'usage homogène pour tous les quarts. Un autre test rejette également l'hypothèse d'une trajectoire de l'usage automobile similaire au cours du temps entre les trois premiers quarts franciliens.

L'élasticité de l'usage automobile par rapport au prix des carburants est négative pour chaque quart, tel qu'attendu. Elle est estimée à - 0,22 pour les deux quarts franciliens les plus modestes, mais de manière non significative. L'estimation de la sensibilité-prix du quart Q3 est légèrement supérieure : elle est mesurée à - 0,32, mais n'est significative qu'au seuil de 10 %. C'est finalement le quart francilien le plus aisé qui présente la sensibilité au prix des carburants la plus élevée dans les estimations, avec une élasticité-prix significative estimée à - 0,37. Malgré une sensibilité qui semble croître avec l'échelle des niveaux de vie en Île-de-France, l'hypothèse qu'elle est homogène entre tous les quarts ne peut être rejetée. Nous sommes donc autorisés à ajuster un modèle imposant une

sensibilité au prix des carburants commune à tous les quarts. Celui-là évalue à - 0,31 l'élasticité de l'usage automobile des Franciliens par rapport au prix des carburants.

* *
*

La diffusion sociale de l'automobile a constitué l'un des principaux moteurs de la croissance économique après la seconde guerre mondiale en Europe. Depuis les années 1970, la seconde voiture a progressivement pris le relais du premier équipement pour tirer la croissance du parc automobile ; mais ce mouvement de long terme atteint ses limites car le multi-équipement est devenu pratiquement uniforme en fonction des niveaux de vie, sachant que les ménages les plus aisés résident dans des zones plus denses où l'automobile n'est plus reine. L'Île-de-France en offre un bon exemple puisque les inégalités de motorisation y sont devenues un peu plus marquées qu'au niveau national après s'être accrues dans les années 1990. Dans les zones les moins denses, la dépendance à l'automobile reste forte même chez les ménages les plus modestes, car il n'y a plus d'alternative à l'automobile (Dupuy, 1999).

Les fluctuations de prix du pétrole expliquent pourquoi les courbes de kilométrage ne sont pas monotones, puisque des décroissances sont observées dans les années 2000. L'introduction de ce facteur permet de moduler le seuil de saturation selon différentes hypothèses,

Tableau 4
Résultats du modèle d'usage automobile par les ménages - Île-de-France

Paramètre	Quart Q_i			
	Q1	Q2	Q3	Q4
S_{2i}	8643 [7966 ; 9321]	10061 [8859 ; 11263]	10742 [8205 ; 13280]	10717 [10060 ; 11374]
β_i	-0,227 [-0,538 ; 0,083]	-0,223 [-0,573 ; 0,127]	-0,324 [-0,663 ; 0,015]	-0,379 [-0,619 ; -0,139]
α_{2i}	0,288 [0,273 ; 0,302]	0,084 [-0,019 ; 0,188]	0,056 [-0,015 ; 0,227]	n.d.
m_{2i}	0,999 [0,999 ; 1,000]	0,974 [0,828 ; 1,120]	0,772 [-1,192 ; 2,737]	n.d.
Date d'inflexion	1972	1963	1946	n.d.

Lecture : modèle Chapman-Richards décrivant le kilométrage annuel par ménage dans chaque quart de la distribution du revenu ménage par unité de consommation en Île-de-France (cf. encadré 4). Intervalles de confiance à 95 % entre crochets. « n.d. » pour « non défini ». En Île-de-France et en isolant l'effet du prix des carburants, le kilométrage annuel par ménage dans le quart le plus modeste (Q1) a crû de façon convexe depuis 1920 jusqu'en 1972, date à laquelle sa croissance s'est infléchie. Il a ensuite progressé de manière concave pour tendre vers un plafond estimé à 8 643 km/an si l'on considère un prix du carburant égal à celui de 2010. L'élasticité de l'usage automobile des ménages au prix des carburants est estimée à - 0,227 pour ceux du quart Q1. Les paramètres α_2 et m_2 déterminent les trajectoires d'usage au cours du temps et leur année d'inflexion en particulier (cf. encadré 3). Ils n'ont pas pu être estimés pour le quart Q4.

Champ : Île-de-France.

Source : ECAM 1974-1994, Parc-Auto 1994-2010.

notamment quant au renchérissement des carburants. Cette information sera très précieuse pour bâtir des scénarios de développement durable, hors hypothèse de rupture technologique, qu'il s'agisse de motorisation des véhicules ou de TIC (Technologies de l'information et de la communication) proposant des substituts à la demande de mobilité. Toutefois, en raison des contraintes de circulation et de stationnement d'une part, de la substitution avec de bonnes dessertes en transports collectifs tant locaux qu'à longue distance d'autre part, on notera que le kilométrage des Franciliens les plus aisés a commencé à stagner bien avant le tournant du siècle, appuyant l'hypothèse de comportements précurseurs au plafonnement de la circulation.

Beaucoup reste à faire pour analyser ces données, par exemple en désagrégeant nos analyses

sur séries chronologiques selon les cohortes de ménages : celles dont les chefs sont nés dans les années 1930 et 1940 qui ont subsisté pendant toute la période d'observation, celles plus récentes qui sont progressivement apparus, et celles plus anciennes qui s'effacent. On pourrait ainsi montrer le rôle du renouvellement de la population sur les comportements automobiles, qui sont fortement marqués par la succession des générations et des événements au cours du cycle de vie (par exemple, l'allongement de la vie active amenant à conserver des véhicules plus longtemps). Dans la mesure où l'accès aux données individuelles serait à nouveau possible sur la longue période nécessaire pour l'analyse du « *peak car* », des pseudo-panels pourraient être constitués en élargissant l'éventail des caractéristiques des ménages prises en compte. □

BIBLIOGRAPHIE

Berri A. (2009), « A Cross-country Comparison of Household Car Ownership: A Cohort Analysis », *IATSS Research*, n° 33, pp. 21-38.

BITRE (2012), *Traffic Growth : Modelling a Global Phenomenon*, Rapport n° 128, Bureau of Infrastructure, Transport and Regional Economics, Canberra ACT, Australie. Disponible en ligne à : http://www.bitre.gov.au/publications/2012/files/report_128.pdf (consulté le 18/08/2012).

CCTN (2012), *Les transports en 2011 : 49ème rapport à la Commission des comptes des transports de la Nation*, CGDD, Paris. Disponible en ligne à : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Les-comptes-des-transports-en-2011.html> (consulté le 18/08/2012).

Chapman D.G. (1961), « Statistical problems in population dynamics », *Proceedings of the 4th Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability*, University of California Press, Berkeley.

Choquet O. (1983), « L'automobile, un bien banalisé », *Économie et Statistique*, n° 154, pp. 47-55.

Cochran W.G. (1977), *Sampling Techniques*, John Wiley and Sons, New York.

Collet R., de Lapparent M. et Hivert L. (2010), « Addiction to car use and dynamic elasticity

measures in France », *Proceedings of the 12th World Conference on Transport Research (WCTR)*, Lisbonne.

Collet R. (2012), « Household car use in France: a demographic and economic analysis », *Economics Bulletin*, n° 32, pp. 475-485.

Desabie J. (1966), *Théorie et pratique des sondages*, Dunod, Paris.

Draper N.R. et H. Smith (1981), *Applied Regression Analysis*, John Wiley and Sons, New York.

Dupuy G. (1999), *La dépendance automobile : symptômes, analyses, diagnostic, traitements*, Anthropos, Paris.

Goodwin P., Dargay J. et Hanly M. (2004), « Elasticities of road traffic and fuel consumption with respect to price and income: a review », *Transport Reviews*, n° 24, pp. 275-292.

Goodwin P. (2011), *Peak Car*, a series of five articles in *Local Transport Today*, June 2010 - June 2011, Local Transport Today, London.

Graham D.J. et Glaister S. (2002), « The demand for automobile fuel - A survey of elasticities », *Journal of Transport Economics and Policy*, n° 36, pp. 1-25.

- Grimal R. (2010)**, « Mobilité à longue distance : plus de voyages s'effectuent en train, mais les seniors restent adeptes de la voiture », *revue du CGDD*, Décembre, pp. 123-149. Disponible en ligne à : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Rev3.pdf> (consulté le 18/08/2012).
- Grimal R. (2011)**, « A disaggregate model of car ownership based on French National Transport Survey », *Proceedings of the European Transport Conference*, Glasgow.
- Herpin N. et Verger D. (2000)**, *La consommation des Français (Tome 2 : Transports, loisirs et santé)*, Repères, La découverte, Paris.
- Hivert L. (2001)**, *Le parc automobile des ménages, étude en fin d'année 1999 à partir de la source Parc-Auto SOFRES*, INRETS, Arcueil.
- Hivert L., Ottmann P., Krakutovski Z., Legros D., Chlond B., Madre J.-L. et Zumkeller D. (2008)**, *Comparative Analysis of Demographic Modifications and Impact on the longitudinal Use of Modes (CADMIUM)*, INRETS, Arcueil.
- Hivert L. (2013)**, « Short-term break in the French love for Diesel? », *Energy Policy*, n° 54, pp. 11-22.
- Hubert J.-P. (2009)**, « Dans les grandes agglomérations, la mobilité quotidienne des habitants diminue, et elle augmente ailleurs », *Insee Première*, n° 1252.
- Hubert J.-P., Madre J.-L., Meissonier J. et Roux S. (2013)**, « La pause méridienne : un facteur clé de l'évolution de la mobilité en France depuis 35 ans », *Économie et Statistique, ce numéro*.
- Julien, P. (2000)**, « Mesurer un univers urbain en expansion », *Économie et Statistique*, n° 336, pp. 3-33.
- Kemel E., Collet R., et Hivert L. (2011)**, « Evidence for an endogenous rebound effect impacting long-run car use elasticity to fuel price », *Economics Bulletin*, n° 31, pp. 2777-2786.
- Kolli Z. (2012)**, *Dynamique de renouvellement du parc automobile (projection et impact environnemental)*, Thèse de doctorat en sciences économiques, Université Paris I, Panthéon-Sorbonne.
- Madre J.-L. (1989)**, *Les ménages et l'automobile : originalité et contrastes*, Données Sociales Île-de-France, Insee.
- Orfeuil J.-P. (1994)**, *Je suis l'Automobile*, Éditions de l'Aube, La Tour d'Aigues.
- Papon F. et Hivert L. (2008)**, « Adulterous behaviour within the car-owner couple: some analyses from French panel data on car rental and car sharing within households », *IATSS Research*, n° 32, pp. 6-15.
- Richards F.J. (1959)**, « A flexible growth function for empirical use », *Journal of Experimental Botany*, n° 10, pp. 290-300.
- Roux S. (2012)**, *Transition de la motorisation en France au XX^{ème} siècle*, Thèse de doctorat en démographie, Université Paris I, Panthéon-Sorbonne.
- SOeS (2012)**, *La circulation routière augmente à un rythme ralenti depuis 2003*, Le Point sur n°118, Commissariat Général au Développement Durable. Disponible en ligne à : http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/fileadmin/documents/Produits_editoriaux/Publications/Le_Point_Sur/2012/LPS%20118%20Circulation%20routiere.pdf (consulté le 18/08/2012).
- STIF (2012)**, *Nouvelles mobilités des Franciliens*, Communiqué de presse du Lundi 9 juillet 2012. Disponible en ligne à : http://www.stif.info/IMG/pdf/Nouvelles_mobilites_des_Franciliens_9_juillet2012.pdf (consulté le 18/08/2012).
- Von Bertalanffy L. (1938)**, « A quantitative theory of organic growth », *Human Biology*, n° 10, pp. 181-213.
- Yamamoto T. (2009)**, « A random heaping model of annual Vehicle Kilometres Travelled considering heterogeneous approximation in reporting », *Proceedings of the 12th International Conference on Travel Behaviour Research (ICTBR)*, Jaipur.

