



HAL
open science

La mobilité urbaine en 2030 : quelles évolutions, quels enjeux économiques pour les ménages et les collectivités ?

Patrick Bonnel, Bruno Faivre d'Arcier, Jean-Pierre Nicolas

► To cite this version:

Patrick Bonnel, Bruno Faivre d'Arcier, Jean-Pierre Nicolas. La mobilité urbaine en 2030 : quelles évolutions, quels enjeux économiques pour les ménages et les collectivités ?. TEC Mobilité intelligente [Revue TEC : Transport Environnement Circulation], 2012, 216, pp.14-21. halshs-01086736

HAL Id: halshs-01086736

<https://shs.hal.science/halshs-01086736>

Submitted on 24 Nov 2014

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

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

La mobilité urbaine en 2030 : quelles évolutions, quels enjeux économiques pour les ménages et les collectivités ?

Patrick BONNEL, Bruno FAIVRE D'ARCIER
et Jean-Pierre NICOLAS

Laboratoire d'Économie des transports – ENTPE,
université Lumière Lyon 2, CNRS

La seconde moitié du 20^e siècle a permis d'identifier un certain nombre de stabilités et des tendances lourdes en matière de mobilité urbaine. La constance du nombre de déplacements ou des budgets temps de déplacements font partie des indicateurs de stabilité, tandis que la croissance continue de l'usage de la voiture fait partie des tendances lourdes. Les derniers chiffres des enquêtes ménages déplacements ou de l'enquête nationale transport présentent le 21^e siècle en rupture par rapport aux évolutions antérieures avec une stabilisation voire une réduction de la place de la voiture selon l'indicateur de mesure utilisé ou le périmètre considéré. De nombreux facteurs sont avancés pour expliquer cette rupture. Certains y voient les effets du renchérissement du pétrole, d'autres le résultat des politiques conduites par les collectivités territoriales qui commencent enfin à porter leurs fruits, d'autres encore les germes d'un changement vers des comportements plus vertueux à l'égard de l'environnement, l'effet d'une baisse de la motorisation des plus jeunes, du vieillissement de la population, d'un retour au centre des agglomérations, du développement des nouvelles technologies de communication... Il convient toutefois d'être prudent.

S'il est certain que la mobilité urbaine évolue, l'identification des facteurs explicatifs est beaucoup plus complexe et selon le périmètre considéré, il est possible de présenter des images assez contrastées. Il nous semble donc nécessaire de poursuivre les travaux visant à identifier et quantifier l'impact des principaux facteurs explicatifs de la mobilité urbaine d'une part et à analyser plus en profondeur les germes des changements de comportement dans certains segments de population d'autre part. Toute prospective nous semble ainsi devoir se conjuguer au pluriel sous forme de scénarios (section 1).

Il est ensuite indispensable d'analyser les conséquences de ces scénarios. Classiquement ces analyses sont conduites en prenant en compte les 3 piliers du développement durable : économique, environnemental et social. Nous n'abordons pas dans cet article la question environnementale traitée par ailleurs dans ce numéro. Nous focalisons donc notre attention sur les deux autres piliers en traitant le coût de la mobilité pour les ménages (section 2) d'une part et pour les collectivités (section 3) d'autre part. L'analyse de la mobilité des ménages, nous permet d'identifier la question sociale à travers la mesure de leur vulnérabilité face aux risques de renchérissement du coût du pétrole. L'analyse pour les collectivités conduit à mettre en lumière une autre vulnérabilité à travers la question du financement des services de transports urbains. Les collectivités espèrent réduire la place de la voiture, du fait des nuisances qu'elle génère. Mais toute réduction passe le plus souvent par des investissements supplémentaires et des déficits supplémentaires pour les réseaux de transports collectifs alors que les collectivités doivent faire face à une crise de financement qui se précise de plus en plus. Nous évoquons quelques pistes indispensables à nos yeux si les collectivités souhaitent relever le défi de la mobilité urbaine en 2030.

La mobilité urbaine

Les enquêtes ménages déplacements (EMD) constituent la principale source de données sur les déplacements urbains (CERTU, 2008). Elles sont réalisées selon une méthodologie similaire depuis les années 1970 dans toutes les agglomérations françaises avec une périodicité de l'ordre d'une dizaine d'années, ce qui permet de comparer les résultats dans le temps et de comparer les agglomérations entre elles. Cette analyse doit évidemment être conduite avec prudence car si la méthodologie est similaire, les conditions de réalisation du terrain peuvent évoluer, les taux de réponse ont tendance à diminuer, les périmètres s'élargissent au gré de l'étalement urbain... Ceci étant, l'analyse permet d'identifier les grandes tendances. La mobilité y est définie comme le nombre de déplacements par jour moyen de semaine des personnes âgées de 5 ans et plus résidant au sein des périmètres enquêtés.

► Des tendances stables au 20^e siècle

Les principaux résultats relatifs aux 103 enquêtes réalisées depuis 1976 sont disponibles sur le site du CERTU. L'examen des résultats met en évidence une relative stabilité de la mobilité autour d'une moyenne de l'ordre de 3,6 déplacements quotidiens, mais avec un « bruit » d'un peu plus d'un demi-déplacement. De même, le temps quotidien passé dans les déplacements est relativement stable autour d'un peu plus de 50 minutes par personne (un peu plus de 60 mn par personne s'étant déplacée). Au-delà de ces stabilités, d'autres tendances lourdes marquent la période des années 70 à 2000. La première concerne la place de la voiture qui n'a fait que croître tout au long de cette période en nombre de déplacements et plus encore en distance du fait de l'allongement des distances de déplacements. Cette croissance s'est faite au détriment principalement de la marche à pied qui

a fini par se stabiliser autour d'un peu plus d'un déplacement quotidien et de l'usage du vélo qui est devenu marginal à l'échelle des agglomérations. Les transports collectifs sont parvenus à stabiliser leur part de marché dans les grandes agglomérations, mais pas toujours dans les plus petites.

Les facteurs explicatifs de ces tendances sont connus. La motorisation à la faveur de la croissance économique s'est fortement accrue y compris dans les zones les plus centrales. L'étalement urbain des populations puis des emplois a conduit à développer les déplacements dans les zones où les transports collectifs sont les moins performants et à les réduire dans les zones où les investissements en leur faveur étaient les plus importants. Il a ainsi été possible de mettre en évidence le paradoxe suivant sur Lyon entre 1976 et 1995 (dates de la 1^e et de la 3^e EMD). La part de marché des transports collectifs (TC) face à la voiture s'est accrue sur tous les segments en termes d'origines-destinations (flux centre-centre, centre-proche périphérie...) entre 1976 et 1995, mais elle a diminué (très légèrement de 0,3 %) en moyenne. Le prix relatif de la voiture et de son usage a fortement décliné en termes de pouvoir d'achat. Le vieillissement de la population s'est traduit par un renouvellement de générations arrivant à l'âge de la retraite qui ont toujours connu et utilisé la voiture... On pourrait continuer la liste tant les tendances lourdes poussaient toutes dans le même sens de la croissance de l'usage de la voiture. Seules les politiques de développement de l'offre de transports collectifs ont permis de maintenir leur part ou de contenir leur baisse, car le plus souvent, elles n'ont pas été accompagnées de mesures de maîtrise de la place de la voiture voire ont été accompagnées d'investissements pour les infrastructures routières. Des travaux conduits au LET ont permis de quantifier le rôle de certains de ces facteurs sur l'agglomération lyonnaise (Bonnell et al., 2003) entre 1976 et 1995. Ils visaient à expliquer pourquoi la part de marché des transports collectifs face à la voiture est restée quasi-stable alors que 4 lignes de métro ont été construites, que le réseau de surface a été développé... Les principaux résultats consignés dans le tableau 1 expliquent que la stabilité de la part de marché des transports collectifs est en fait le résultat de tendances opposées qui se sont neutralisées.

Tableau 1 **Impact de l'évolution de facteurs explicatifs de l'usage des modes sur la part de marché des transports collectifs entre 1976 et 1995**

Facteurs de l'évolution de la part de marché des transports collectifs entre 1976 et 1995	Impact
Etalement urbain : évolution de la localisation des résidences et des activités qui se traduit par une périphérisation des flux	- 10 %
Motorisation individuelle (évolution moyenne de l'ordre de 10 %)	- 10 %
Croissance de l'offre de transports collectifs qui se traduit par une baisse moyenne de l'ordre de 15 % des temps généralisés	+ 15 %
Croissance de la congestion routière (malgré une augmentation de l'offre routière, les temps généralisés de la voiture augmentent légèrement surtout pour les flux en lien avec Lyon-Villeurbanne)	+ 5 %

Source : enquêtes ménages déplacements de Lyon, 1976, 1985, 1995.

► Des ruptures à l'aube du 21^e siècle ?

Les résultats des enquêtes ménages déplacements conduites en France depuis les années 2000, mais également dans plusieurs pays étrangers présentent des ruptures par rapport aux tendances

du siècle précédent. La place de la voiture en termes de part de marché, voire de nombre de déplacements ne progresse plus. À l'inverse, l'usage des transports collectifs progresse de manière continue. La chute du vélo est enrayée et il connaît même un renouveau important dans nombre d'agglomérations. Même la stabilité en nombre de déplacements semble remise en cause, si l'on en croit la dernière enquête en Ile-de-France. Avant de tenter d'explorer les pourquoi possibles de ces ruptures, nous illustrons davantage ces évolutions à travers quelques exemples.

La dernière enquête globale transport (EGT) Ile-de-France¹, réalisée en 2010 selon une méthodologie très proche de l'enquête ménages déplacements standard du CERTU fournit des résultats intéressants. Alors que la mobilité dans la région Ile-de-France a connu une très grande stabilité à 3,50 déplacements quotidiens (en 1976, 1983, 1991 et 2001), elle est en 2010 de 3,86 déplacements par personne et par jour de semaine. Malgré cette croissance, le nombre de déplacements quotidiens en voiture diminue de 1,54 en 2001 à 1,46 en 2010. À l'inverse, tous les autres modes progressent, de 0,68 à 0,78 déplacements quotidiens pour les transports collectifs. L'usage du vélo a doublé, même si le niveau reste modeste avec 0,06 déplacements quotidiens en 2010. Mais la croissance la plus spectaculaire et surtout en rupture avec le passé est celle de la marche qui passe de 1,19 déplacements (en 1991 et 2001) à 1,50 déplacements quotidiens alors que la moyenne des autres grandes villes est restée stable autour de 1,2 déplacements (Lille 1987, 1998 et 2006, Lyon 1986, 1995 et 2006 par exemple). En quantité de déplacements quotidiens, le nombre de déplacements en voiture est resté stable entre 2001 et 2010 du fait de la croissance de la population avec 15,5 millions de déplacements chaque jour. La croissance de la population amplifie celle de l'usage des transports collectifs qui passe de 6,8 millions en 2001 (6 millions en 1976) à 8,3 millions de déplacements en 2010, soit une croissance de 21 % en 9 ans avec qui plus est une distance moyenne par déplacement qui s'est légèrement accrue passant de 8,7 à 9 km en 2010.

Cette tendance à la baisse de l'usage de la voiture se retrouve plus ou moins dans toutes les agglomérations qui ont réalisé des enquêtes ménages déplacements en province depuis le début des années 2000. La baisse de la voiture n'est pas toujours aussi spectaculaire. Souvent, elle ne s'observe qu'en part de marché car le nombre et surtout la distance totale parcourue s'accroît (à la différence de l'Ile-de-France où la portée des déplacements automobile est passée de 6,4 km en 2001 à 6,1 km en 2010, la distance moyenne en province a tendance à continuer à croître²).

Ces ruptures n'ont pas manqué d'être commentées et d'être « expliquées ». Les politiques en faveur des transports collectifs commencent enfin à porter leur fruit. Ou plus probablement, elles commencent enfin à être moins souvent accompagnées par des investissements similaires dans les infrastructures routières, voire se traduisent comme dans le cas des tramways ou

1. http://www.stif.info/IMG/pdf/Enquete_globale_transport_BD-2.pdf
 2. Ce constat doit toutefois être pris avec prudence car le périmètre de l'EGT parisienne est stable et correspond à l'Ile-de-France alors que ceux des agglomérations de province ont tendance à accompagner l'étalement urbain, expliquant l'allongement parfois important des distances moyennes.

BHNS (Bus à Haut Niveau de Service) par des aménagements urbains qui de fait réduisent la place de la voiture³. Des politiques cyclables voient le jour dans de plus en plus d'agglomérations avec notamment, mais pas seulement les développements de vélos en libre-service. Ces politiques restent toutefois souvent confinées dans les zones les plus centrales. Les aménagements urbains prennent de plus en plus en compte les piétons, avec les premiers plans piétons dans certaines agglomérations. Au-delà de ces politiques transports, certaines tendances socio-éco-démographiques influent probablement. Le vieillissement qui autrefois se traduisait surtout par un renouvellement de générations peu motorisées par des générations ayant connu la voiture tout au long de leur vie, se traduit maintenant par un effet essentiellement lié à l'âge. La généralisation du travail féminin ne produit plus les effets de fortes motorisations et de croissance de l'usage de la voiture observés le siècle dernier. La fin de la généralisation de la journée continue ne vient plus compenser l'augmentation de la mobilité de loisirs. La crise économique et le chômage réduisent l'usage de la voiture. Les jeunes, tout particulièrement ceux vivant dans les centres, se motorisent beaucoup moins, voire passent moins le permis. L'augmentation du prix du pétrole a stoppé la chute relative (en termes de pouvoir d'achat) du coût de l'usage de la voiture. Enfin, on peut évoquer des tendances sociétales. La montée des préoccupations environnementales se traduirait par une évolution des comportements de choix modaux en direction des modes plus respectueux de l'environnement...

Il est probable que ces différentes « *explications* » jouent un rôle dans ces évolutions. Il est toutefois difficile d'isoler l'incidence des différents facteurs et les travaux visant à les quantifier manquent cruellement. Il nous semble ainsi qu'il y a lieu d'être prudent afin de ne pas prolonger trop rapidement dans le futur les tendances récentes. Même dans la région parisienne où la baisse de la part de marché de l'automobile est la plus spectaculaire, son usage ne fait que se stabiliser en nombre de déplacements. En grande périphérie, il continue à croître, même en part de marché. Si l'étalement urbain devait continuer sans grande structuration, il n'est pas certain que les gains des zones centrales ne soient pas consommés par la (grande) banlieue. La baisse de la motorisation et de l'usage de la voiture des plus jeunes adultes porte-t-elle en germe un renouvellement de génération comme on l'a connu dans la seconde moitié du siècle dernier pour les retraités, mais avec un effet inverse car réducteur de l'usage de la voiture ou bien ne s'agit-il que d'un « *retard* » de motorisation sous la pression de la contrainte économique, les jeunes préférant investir dans les moyens de communications mobiles que dans les moyens de transport?... Au-delà de l'analyse en termes de mobilité, ces évolutions nous questionnent aussi en termes économiques. Nous apportons deux focus. Le premier centré sur les ménages et plus particulièrement sur les questions de vulnérabilité économique de certains segments de population. Le second sur les collectivités territoriales en charge des transports collectifs. Elles ont consenti des efforts financiers importants pour développer l'offre et se retrouvent avec des coûts d'exploitation qui ont aussi fortement augmenté. Sont-elles capable de continuer l'effort ?

3. Cette maîtrise de la place de la voiture figure d'ailleurs comme un des objectifs des PDU depuis l'adoption de la loi n° 96-1236 LAURE (Loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie) en 1996.

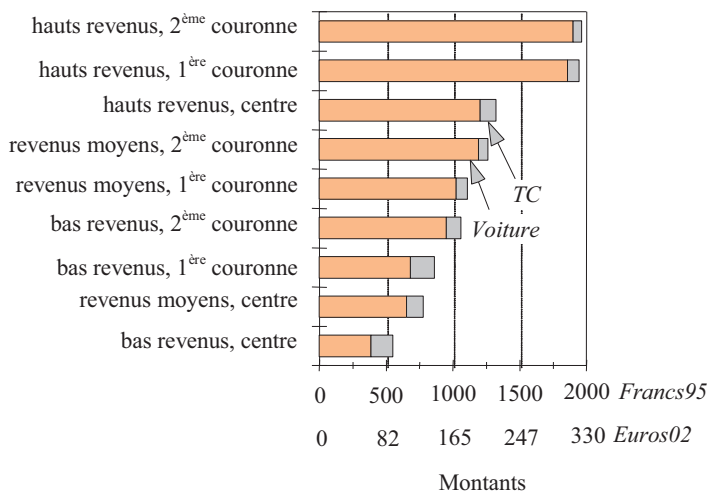
Le coût de la mobilité urbaine pour les ménages : croissance des prix des carburants et vulnérabilité

Le renforcement progressif de la dépendance à l'automobile qui s'est opéré tout au long de la seconde moitié du 20^e siècle se traduit par une inquiétude vis-à-vis de la capacité de résilience du système urbain. En effet, les prix élevés de l'immobilier combinés à un faible coût de la mobilité automobile ont contribué à un étalement de la ville dans des zones périurbaines éloignées. Aujourd'hui, tant les débats autour du pic de production du pétrole que les fluctuations du prix des carburants au cours des années 2000 conduisent à s'interroger sur la vulnérabilité socio-économique des ménages fortement contraints dans leur usage quotidien de la voiture, avec de longues distances à parcourir (Lemaître et Kleinpeter, 2009 ; Dupuy, 2010 ; Aftabuzzaman et Mazloumi, 2011). L'inversion des tendances de mobilité dans les villes centre observée lors de la dernière décennie ne suffit certainement pas à diminuer l'enjeu, qui se situe dans les périphéries urbaines : une vision prospective ne peut se permettre d'ignorer le risque de voir une partie de la population appauvrie et immobilisée du fait d'évolutions internationales défavorables sur le marché du pétrole.

Une première manière de considérer cette question est de la prendre sous l'angle des territoires. Il importe en effet pour les acteurs des politiques urbaines de repérer les zones où les populations apparaissent les plus vulnérables face aux prix du pétrole pour pouvoir ensuite envisager où mettre les priorités en matière de politiques d'aménagement traitant de la question. Des travaux australiens se sont ainsi attachés à repérer les zones d'une agglomération où la vulnérabilité au prix des carburants est forte. Ils ont élaboré un index composite à partir des données statistiques disponibles à un niveau spatial fin, combinant le niveau de vie des ménages, leur taux de motorisation et la part modale de la voiture pour les déplacements domicile-travail au sein de chaque zone, permettant de mettre en évidence celles qui combinent forte dépendance automobile et pauvreté des ménages résidents (Dodson et Sipe, 2007 ; Fishman et Brennan, 2009). En France, l'INSEE vient de mener une analyse relevant des mêmes préoccupations, en utilisant des variables plus sophistiquées mais de même type. Elle a par contre été réalisée à l'échelle beaucoup plus large du grand quart Sud-Est du territoire (INSEE Rhône-Alpes, 2011). Il ressort notamment que les zones les plus exposées à une augmentation des prix du pétrole sont d'abord des arrières pays ruraux, à faibles densités, à bas revenus et où les actifs sont souvent contraints de longs déplacements automobiles pour aller travailler. On retrouve ici l'arrière-pays méditerranéen et la moitié sud-est de la Corse. Un second type de zones à risque concerne ensuite les « *zones périurbaines dépendantes* ». Le niveau de vie moyen est plus élevé que dans les zones précédentes et les densités de population et d'activités apparaissent plus favorables pour envisager des aménagements qu'il reste à faire. Cependant, une très forte proportion des actifs de ces territoires ont de longues distances domicile-travail à parcourir et n'ont pas d'alternative à la voiture.

Il est également possible d'avoir une interrogation plus individuelle, en cherchant à caractériser les ménages économiquement les plus exposés. La question est alors de savoir quel est

Montants dépensés pour la mobilité urbaine (francs 95 et euros 2002)



% du revenu moyen

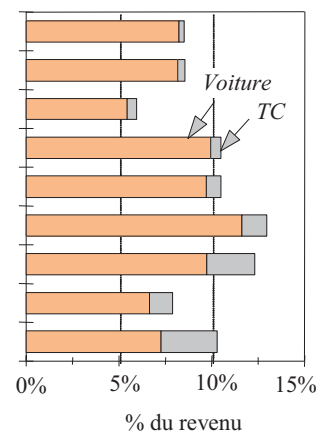


Figure 1 **Part du revenu moyen consacrée aux transports urbains par les ménages, selon le revenu et la localisation**
(en 1995, données enquête ménages déplacements Lyon 1995)

le poids de la mobilité quotidienne dans le budget des ménages et quels sont les facteurs explicatifs d'un taux d'effort budgétaire élevé (Vanco et Verry, 2009). C'est cette question, complémentaire de la précédente, qui sert plus spécifiquement de fil directeur à cette partie.

Les enquêtes ménages déplacements réalisées régulièrement dans les grandes agglomérations françaises fournissent une base extrêmement riche pour permettre de mettre en évidence les facteurs explicatifs des mobilités quotidiennes. Cependant, elles restent insuffisantes pour construire et analyser un tel taux d'effort lié à la mobilité des ménages. Il est en effet nécessaire de posséder à la fois des données socio-économiques fines sur les ménages (composition du ménage, activité, revenus, endettement), le contexte territorial dans lequel ils évoluent (localisation résidentielle, localisation des activités, offre de transport) et les pratiques de mobilité associées (budgets distances, modes utilisés). Comme le montre succinctement l'encart méthodologique ci-joint, cette difficulté peut être contournée en utilisant, en complément de ce premier type d'enquêtes, les Enquêtes Budget des Familles et les Enquêtes Nationales Transport (Galiez, 2000; Nicolas et al., 2001).

Basés sur l'analyse des taux d'effort établis à partir de ces différentes bases de données, de premiers travaux menés au début des années 2000 insistaient déjà sur l'importance de croiser revenu et localisation pour bien mettre en évidence les enjeux (Nicolas et al., 2002). Dans le cas de l'enquête ménages déplacements de Lyon de 1995, les ménages avaient été distingués en fonction de leur revenu (tiers des revenus les plus bas / tiers médian / tiers le plus élevé) et de leur localisation (Lyon-Villeurbanne / première couronne des communes adjacentes / deuxième couronne des autres communes de l'aire d'enquête). Les montants dépensés par ménage en matière de mobilité quotidienne dépendent fortement de ces deux facteurs, allant d'un peu moins de 100 € 2002 mensuels pour les ménages centraux à bas revenu, à près de 330 € 2002 chez les hauts revenus de deuxième couronne (Figure 1). Mais du fait des fortes inégalités de revenus, l'effort consacré par les ménages pour satisfaire les besoins de mobilité urbaine, mesuré en part de revenu, offre

un tout autre classement : il passe de 6 % en moyenne pour les hauts revenus du centre, à 12 % pour les bas revenus de la deuxième couronne, les taux dépassant même 15 % chez ces derniers lorsqu'ils sont motorisés. (Figure 1)

Autre résultat intéressant que les indicateurs de dépenses permettent de faire émerger, chez les bas revenus, le poids relatif des coûts variables est plus élevé (20 % du total pour les transports collectifs et 24 % pour le carburant contre, respectivement, moins de 10 % et 20 % pour les autres groupes). Cette part plus importante des coûts variables dans le « budget transport urbain » des ménages les moins favorisés s'explique à la fois par un usage plus important des transports collectifs, et un recours plus fréquent au marché de l'occasion pour les véhicules particuliers.

Des travaux plus récents, établis à partir de la dernière enquête ménages déplacements lyonnaise de 2006, fournissent les mêmes types de résultats tout en permettant d'affiner la caractérisation des ménages et des territoires concernés (Vanco et Verry, 2009; Nicolas et al., 2012). La grande majorité des ménages avec un taux d'effort important (supérieur à 18 %, pour un taux d'effort moyen de 10,7 %), se situe en deuxième couronne et en périurbain (le « périurbain » correspond ici au reste de l'aire urbaine, qui n'avait pas été enquêté en 1995 mais a été couvert en 2006) : 65 % d'entre eux y résident alors que ces zones périphériques contiennent moins de 50 % de la population de l'aire d'étude. Ils possèdent des revenus moins élevés que la moyenne (respectivement 16000 euros par unité de consommation contre 20000 en moyenne), une mobilité automobile élevée et des budgets distances en voiture particulière importants. Par conséquent, leurs dépenses en carburant sont fortes et représentent près de 7 % de leur revenu global. Le surcroît de distance parcourue par ces ménages peut notamment s'expliquer par de longs déplacements domicile-travail et domicile-études, de l'ordre de 16 km en distance quotidienne contre 10 km en moyenne en deuxième couronne, voire respectivement 20 km contre 11,5 km en moyenne en couronne périurbaine. D'autres facteurs que la localisation et le revenu jouent sur le risque de vulnérabilité des ménages vivant au sein du périmètre

de l'enquête ménages déplacements de Lyon. D'une part, les actifs sont davantage touchés, même si leurs revenus sont supérieurs à la moyenne, car ils sont soumis à une mobilité plus contrainte, avec des déplacements domicile-travail plus longs que les autres et plus souvent dépendants de l'automobile. Ainsi, parmi les ménages sans actif, 11 % ont un taux d'effort supérieur à 18 % tandis que ces pourcentages montent à 16 % et 20 % respectivement pour les ménages à un actif et à deux actifs ou plus. Parmi les ménages avec actif, les catégories socioprofessionnelles les plus exposées sont les agriculteurs et les ouvriers, alors que les professions libérales et les cadres présentent un risque moindre d'être vulnérables : on retrouve ici, sous-jacents, les facteurs de localisation et, surtout, de revenu.

D'autre part la taille du ménage joue très fortement. Ainsi, les personnes seules, qui représentent 30 % des ménages, ne constituent que 16 % des ménages à fort taux d'effort. Par contre, les couples avec un enfant et deux enfants et plus ont respectivement 18 % et 29 % de risque d'avoir un taux d'effort important, alors qu'ils représentent 11,5 % et 20 % de la population des ménages. Ce facteur reste très prégnant même à revenu et localisation équivalents. Ainsi, au sein des ménages modestes de deuxième couronne et de périphérie, le risque d'avoir un fort taux d'effort se maintient à 13 % pour les ménages d'une personne, mais il s'élève à 32 % et 25 % pour les couples avec un enfant et deux enfants ou plus.

Enfin, une analyse plus spécifique des couronnes périurbaines peut également mettre en évidence l'influence des pôles secondaires sur la vulnérabilité des ménages (Vanco, 2011). Le fait de résider dans un pôle indépendant et éloigné du centre limite les coûts de la mobilité. Le pôle apporte à ses résidents, à une échelle un peu plus large que la zone de résidence, un ensemble

d'avantages propres à la centralité, c'est-à-dire une meilleure proximité à la population, aux services, et aux emplois mais également une meilleure accessibilité en transports collectifs.

Ainsi, les ménages à fort taux d'effort sont globalement situés dans les parties périurbaines des aires urbaines. Ce sont généralement des familles avec des actifs, issues des classes moyennes multi-motorisées. Tous les chiffres présentés ici ont été établis sur la base des tarifs du carburant en vigueur à la date de 2006. À titre indicatif, en supposant la mobilité inchangée en 2008 et en prenant en compte la forte inflation des prix du pétrole de juillet 2008, 24 400 ménages supplémentaires (+16,6 %) ont vu leur taux d'effort dépasser la barre des 18 %, parmi lesquels 7 100 ménages au sein du premier tiers des revenus (+9,2 %). Cette croissance s'est faite essentiellement en périphérie, et la plus forte croissance relative des ménages vulnérables par rapport aux modestes montre que les classes moyennes (deuxième tiers) risquent d'être de plus en plus concernées par l'augmentation continue des prix du pétrole à l'avenir. Si à long terme, il devait y avoir un doublement du prix de l'essence, nos calculs montrent que, toutes choses égales par ailleurs, le nombre de ménages économiquement exposés augmenterait de 50 %.

La réponse à cet enjeu n'est évidemment pas univoque. Le basculement progressif vers un parc moins consommateur, incité par des outils économiques non régressifs comme le système de bonus-malus, ne peut être qu'encouragé. Les systèmes de co-voiturage méritent également d'être testés et systématisés dès aujourd'hui, ainsi que toutes les alternatives souples et peu coûteuses qui peuvent être imaginées vis-à-vis de la mobilité automobile. Sur le plus long terme, le rôle joué par la structure urbaine indique qu'il y a également un intérêt certain à mieux organiser l'étalement urbain en favorisant le développement de

MESURER LE TAUX D'EFFORT DES MÉNAGES POUR LEUR MOBILITÉ QUOTIDIENNE

L'estimation d'un taux d'effort budgétaire lié à la mobilité quotidienne des ménages d'une agglomération n'est pas immédiate. La reconstitution des dépenses de mobilité nécessite notamment l'usage complémentaire d'une Enquête Ménages Déplacements Locale et d'enquêtes nationales comme l'Enquête Budget des Familles et l'Enquête Nationale Transports.

- > Les Enquêtes Ménages Déplacements permettent de disposer d'une partie des coûts des déplacements quotidiens (tickets et abonnements en transports collectifs et, pour la voiture, coûts du stationnement et estimation des dépenses de carburant à partir des caractéristiques des véhicules des ménages et de chacun de leur déplacement).
- > Les autres dépenses automobiles nécessitent de recourir aux Enquêtes Budget des Familles. Celles-ci fournissent en effet des informations sur les dépenses fixes liées à la voiture particulière (acquisition d'un véhicule, assurances et carte grise) et donnent également des éléments sur les dépenses d'entretien et de réparations. Ces informations peuvent être réaffectées à chaque ménage d'une enquête ménages déplacements en fonction de son revenu et de son taux de motorisation.
- > Par ailleurs, le recours à l'Enquête Nationale Transport permet d'imputer une part de ces dépenses à la mobilité quotidienne au prorata des distances parcourues en mobilité locale et à

longue distance d'une part, en mobilité de semaine et de week-end d'autre part. À titre d'exemple, les chiffres de l'Enquête Budget des Familles de 2006 aboutissent à une dépense annuelle de 4 830 euros par ménage, dont 90 % sont liés à l'automobile (Vanco, 2011). Le recours à l'Enquête Nationale Transports de 2008 permet d'estimer que 65 % de cette somme concerne la mobilité locale quotidienne pour les habitants des grandes agglomérations de plus de 100 000 habitants, hors Paris.

La construction d'un taux d'effort des ménages passe également par une estimation monétaire de leurs revenus. Elle peut être établie à partir des enquêtes ménages déplacements, qui disposent d'une question sur ce point. Il nous semble ici plus judicieux d'établir ces revenus par Unités de Consommation (UC) du ménage, afin de pouvoir comparer les niveaux de vie de ménages de tailles différentes. Les pondérations proposées par l'INSEE peuvent être utilisées : le premier adulte compte pour 1 unité de consommation, les suivants (âgés de 14 ans ou plus) en valent 0,5, et enfin les enfants 0,3.

On trouvera tout le détail de cette méthode d'estimation du taux d'effort des ménages pour leur mobilité quotidienne dans Nicolas et al. (2001), ainsi qu'une actualisation récente dans Vanco (2011).

pôles secondaires indépendants, ayant vocation à être bien desservis par les transports en commun, et reproduisant certains attributs de la centralité qui limitent des déplacements importants. Il reste à savoir si la temporalité longue de l'aménagement sera compatible avec des fluctuations rapides des prix des carburants, et si les contraintes financières des collectivités ne vont pas limiter les alternatives que l'on peut espérer.

Financer le coût d'une mobilité urbaine durable en 2030 : un défi majeur

Favoriser une mobilité durable signifie notamment réduire les émissions de gaz à effet de serre. L'usage de l'automobile constituant la source très majoritaire de ces émissions, l'action en faveur de véhicules plus propres est essentielle, mais certains travaux de prospective montrent que le progrès technologique sur les véhicules ne pourrait, au mieux, que les diviser par 2 à l'horizon 2050 (Lopez-Ruiz, Crozet, 2011). Il serait donc nécessaire de favoriser un report modal important, qui en urbain se répartirait sur la marche à pied et le deux-roues pour les trajets courts, et sur les transports collectifs pour les trajets longs. On peut ainsi estimer que le report sur les transports publics pourrait entraîner un accroissement de clientèle de l'ordre de 60 à 70 %, ce qui suppose un important effort de développement de l'offre (Favre d'Arcier, 2008).

Or la situation des transports publics urbains est déjà difficile. Les données annuelles publiées par le GART montrent que le coût total (investissement + exploitation, hors emprunts) atteint déjà 6 milliards d'euros annuels pour les réseaux de province. Cette charge est aujourd'hui assurée à près de 50 % par le produit du Versement Transport, ressource dont le rendement semble à son maximum et pourrait même baisser en période de crise, puisque calé sur la masse salariale des entreprises localisées dans le Périmètre des Transports Urbains. Parallèlement, la part supportée par les usagers (recettes commerciales) ne représente plus que 20 % de ce coût total, et les collectivités membres des AOT doivent couvrir les 30 % restants, une part qui a cru fortement depuis 15 ans, même si aujourd'hui les contraintes financières qu'elles rencontrent les conduisent à stabiliser, voire un peu réduire leur contribution.

Les raisons de cette explosion du coût des transports publics urbains sont bien connues : des efforts significatifs sur l'offre (investissement dans les TCSP), mais qui par nature génèrent des dépenses d'exploitation plus importantes ; une dérive des coûts unitaires d'exploitation résultant des choix technologiques, mais aussi de pertes de productivité (baisse de la vitesse commerciale) ; une extension des périmètres de transport urbain, obligeant à faire beaucoup de kilomètres pour rapporter peu de clients ; une trop faible optimisation de l'offre dans un contexte où l'on a privilégié la couverture spatiale des territoires, alors que la clientèle est plus sensible à l'intensité de l'offre.

Mais certains facteurs seront favorables à l'accroissement de l'usage des transports publics (qui reste encore faible, malgré le développement de l'offre ces dernières années). Il s'agit d'une part des nouveaux Plans de Déplacements Urbains qui pénalisent

l'usage de la voiture en ville (notamment la contrainte de stationnement) et réduisent ainsi le déficit de compétitivité des TPU en temps/coût généralisé. Mais cette action concerne principalement les grandes agglomérations. Il s'agit d'autre part de l'évolution des prix du carburant qui incite fortement les ménages à réduire l'utilisation de leur voiture, mais va également faire émerger un nouveau groupe de ménages fragilisés, les « *captifs de l'automobile* », ces ménages à faible revenu qui ont du se localiser loin dans le périurbain du fait du coût du logement.

► Maitriser les coûts et accroître les ressources financières

La pénalisation accrue de l'usage de l'automobile, que ce soit par les contraintes sur le stationnement et la circulation, ou du fait du coût des carburants, ne sera cependant acceptable que si des alternatives de qualité sont proposées à la population. Cela est déjà largement le cas pour les déplacements dans la ville-centre, mais l'étalement urbain (population et activités) génère des déplacements longs entre le centre et la périphérie, et même de plus en plus, de périphérie à périphérie. Sur ce type d'origines-destinations, le transport collectif reste encore peu performant, en vitesse, comme en fréquence ou en amplitude horaire, trois conditions avancées régulièrement pour justifier le non-recours au transport collectif.

Il apparaît également que l'attractivité des lignes de transport collectif est très dépendante du niveau de service proposé, avec des effets de seuil importants en termes de fréquence. L'observation de la fréquentation des lignes de bus montre ainsi que le nombre de voyages par jour croît en fonction du carré du nombre de services offerts : en dessous de 100 services par jour, la fréquentation reste marginale (Favre d'Arcier, 2012). De plus, l'évolution des rythmes de vie quotidiens se traduit par des changements croissants des jours et heures de déplacement, générant des flux de déplacements de plus en plus variables. Cette « *désynchronisation* » remet en cause la stabilité traditionnelle tant des origines-destinations que des périodes de pointe sur la semaine, et révèle des pratiques de déplacement de plus en plus multimodales (Cf. enquêtes Keoscope).

L'objectif de « *capter des automobilistes* » suppose donc une amélioration sensible des niveaux d'offre, ce qui naturellement contribuera à augmenter le coût d'exploitation. Mais si ceci s'accompagne d'un accroissement significatif de la fréquentation, le déficit d'exploitation à la charge des collectivités ne devrait pas fortement augmenter. C'est donc bien un objectif d'amélioration de la performance des réseaux qui peut être recherché, afin de contenir le niveau des dépenses publiques. De même, il existe encore de grandes marges pour optimiser les coûts d'exploitation, tant dans les efforts de productivité externe (priorité de circulation), que dans une plus grande souplesse dans la définition des services et le design des réseaux. Mais ceci suppose sans doute d'offrir une plus grande marge de manœuvre aux exploitants, pour mieux tenir compte des contraintes d'exploitation (graphicage) : il sera alors nécessaire de modifier les contrats de délégations de service public dans ce sens, quitte à rémunérer l'exploitant en fonction de critères de performance. Ceci semble incontournable pour éviter la

dérive des coûts unitaires d'exploitation observée ces dernières années.

Cet effort sur l'offre suppose également que la contribution des usagers soit revue à la hausse : la qualité a un prix, et l'automobiliste qui renonce à sa voiture révèle un consentement à payer plus élevé pour avoir une offre de qualité. De plus, si le coût d'usage de la voiture augmente, il n'y a pas de raisons de diminuer le prix du transport collectif, alors que le coût de l'abonnement mensuel est déjà plus de dix fois inférieur au coût mensuel de l'usage de la voiture. L'observation de pays voisins montre que le ratio R/D (Recettes commerciales / Dépenses d'exploitation) peut être sensiblement croissant, comme en Allemagne où il atteint 75 % dans certaines grandes villes (Buehler & Pucher, 2010). Ceci n'empêche en rien de pratiquer par ailleurs une tarification sociale pour les personnes aux revenus modestes. Il faut d'ailleurs noter une évolution intéressante sur cette tarification sociale, qui semble passer d'une réduction au statut (enfant, étudiant, chômeur, retraité...) à une réduction selon les revenus, à l'instar de la « tarification solidaire » pratiquée dans certains réseaux (Dunkerque, Grenoble...).

Plus généralement, le développement de la billétique offre désormais de nombreuses possibilités pour penser différemment la tarification. Outre le « post-paiement » comme à Belfort, la prise en compte de la « consommation de transport » pourrait être le moyen de mieux ajuster les prix à l'usage. Les tarifications « plates » (uniformes sur le réseau), tout comme les abonnements (coût du déplacement supplémentaire nul) génèrent des effets pervers sur la fréquentation, et contribuent à faire baisser le revenu par voyage. Il semble aujourd'hui nécessaire d'ouvrir le chantier de grandes réformes tarifaires, en lien avec les profils des nouveaux usagers, et avec la nature de la consommation de services de transport public. C'est là une des conditions pour « mieux » faire contribuer les usagers, en fonction des coûts qu'ils génèrent. C'est enfin la possibilité de créer de nouvelles marges de manœuvre pour les AOT pour améliorer le service offert, sans compromettre la viabilité financière des réseaux.

Plus largement encore, la billétique est également le moyen de favoriser un usage simplifié des différents réseaux de transport, en proposant des supports tarifaires uniques. Si l'intermodalité reste encore marginale aujourd'hui en France, une conception plus intégrée des différentes offres (urbaine, départementale, régionale), ainsi que l'organisation du rabattement (en voiture, comme en deux-roues) sur des pôles d'échanges à haut niveau de service pour les zones difficiles à desservir en TC, pourraient permettre d'offrir une alternative aux déplacements en voiture seule, surtout dans un contexte de renchérissement du prix des carburants.

La contribution de l'utilisateur ne suffira pas à dégager des ressources suffisantes pour financer l'amélioration de la quantité et de la qualité de service visée. Le réseau de transport collectif contribue à assurer quatre missions principales dans la ville : favoriser un accès équitable à la ville (personnes captives ou à faible revenu), réduire la congestion automobile en captant une part significative de la demande, contribuer à la revalorisation des espaces centraux et à une meilleure intégration transport/urbanisme, réduire les atteintes à l'environnement et notamment les émis-

sions de gaz à effet de serre. Il semble donc logique de faire contribuer les bénéficiaires de ces mesures au financement des réseaux de transports publics. C'est déjà le cas pour les entreprises avec le Versement Transport, mais il reste à concevoir et à mettre en œuvre les dispositifs permettant de faire contribuer les automobilistes (congestion et environnement) et les bénéficiaires d'une accessibilité renforcée (contribution au financement des infrastructures de transport).

► Proposer des services de mobilité urbaine à leur juste prix

Pour faire face à la diversification de la demande et favoriser des reports modaux significatifs de la voiture sur les autres modes de déplacement, il importe d'élargir la vision de l'offre de service de mobilité aux citoyens. Le transport collectif n'est économiquement pertinent que sur des axes concentrant un certain niveau de clientèle, et ne peut donc assurer toutes les demandes de déplacement. Il faut donc proposer des « bouquets de service », associant le transport collectif (multi-réseaux), l'usage du deux-roues, l'accès à un service d'auto-partage, afin que pour chaque déplacement le citoyen dispose d'une alternative adaptée. L'accent devra être mis sur la banlieue où l'usage de la voiture continue de progresser en distance parcourue, et contribue fortement aux émissions de gaz à effet de serre. Ceci montre à quel point une plus forte intégration entre transport et urbanisme doit être recherchée, à l'instar des « contrats d'axes » et des SCOT structurant le développement urbain futur autour des axes de transport collectif. C'est également l'opportunité pour favoriser la recherche d'une mobilité de proximité par l'organisation de polarités secondaires centrées autour de pôles d'échanges attractifs. Mais ceci suppose aussi une maîtrise de l'étalement urbain sur des territoires dépassant les limites des PTU urbains, notamment par des mesures prescriptives au niveau des permis de construire, à l'instar de ce qui se développe dans certaines villes suisses.

Plus globalement, l'offre de mobilité multi-services doit s'intégrer dans un système de prix globalement cohérent, non seulement par une intégration tarifaire renforcée à l'échelle des bassins de vie, mais aussi par rapport au coût d'usage de la voiture. Si la hausse inéluctable du prix des carburants constitue une incitation forte à la réduction d'usage de la voiture, encore faut-il informer le citoyen sur les coûts réels des systèmes de transport et l'encourager à une plus grande rationalité dans le choix de sa localisation résidentielle. Mais l'on comprend bien que ceci suppose également une politique du logement cohérente pour permettre cette réduction de la consommation de transport.

Conclusion : quel futur pour 2030 ?

Les incertitudes sur le futur, nous conduisent à une certaine prudence. Il ne nous semble pas très raisonnable de dessiner dès maintenant le futur. En revanche, il nous semble indispensable d'explorer des futurs possibles afin d'explorer les conséquences possibles au regard des 3 piliers du développement durable à travers les dimensions environnementales, économiques et sociales. Les travaux présentés dans cet article et d'autres conduits au LET permettent d'identifier quelques risques

et de faire quelques propositions. Il est probable que nous ayons à faire face à une augmentation du prix de l'énergie et singulièrement du pétrole. Les innovations technologiques permettront sûrement de l'atténuer en termes de coûts d'usage de la voiture mais aussi des autres modes, mais à quel niveau ? Il est ainsi probable que la question de la vulnérabilité de certains ménages habitant en périphérie va se poser avec une acuité grandissante. La question environnementale va continuer à se poser, même si là aussi les progrès technologiques sont susceptibles de contenir la progression des enjeux. Toutefois quasiment toutes les prospectives montrent que ces progrès technologiques ne pourront à eux seuls contribuer au facteur 4 à l'horizon 2050⁴ (Lopez-Ruiz, Crozet, 2011). La question économique va continuer à se poser aux collectivités pour assurer le financement et la couverture des déficits d'exploitation avec une acuité d'autant plus importante que les politiques de maîtrise de la voiture porteront leur fruit, car tout nouvel usager des transports collectifs accroît les déficits dès lors que l'on souhaite maintenir un niveau de service acceptable. Certaines pistes de solutions sont proposées dans cet article, mais seront-elles suffisantes ? La question de l'aménagement des territoires se pose aussi car tous les travaux montrent que si l'amélioration des systèmes de transport (TC, vélo, piéton) est nécessaire pour réduire la place de la voiture, elle n'est pas suffisante si dans le même temps la maîtrise des localisations n'est pas assurée (Bonnell et al., 2005). Les exemples des contrats d'axe comme à Grenoble par exemple sont sûrement très prometteurs, mais sont-ils suffisants si l'on ne contraint pas l'urbanisation dans les zones moins bien desservies ? De plus, le fonctionnement de la ville ne tient pas compte des frontières administratives et l'étalement urbain impose une coordination tant transport qu'urbanisme sur des échelles spatiales toujours plus larges. Ceci pose plus globalement la question d'une nouvelle gouvernance de la mobilité urbaine, qui doit s'affranchir de périmètres de compétence aujourd'hui dépassés.

Toutes ces prospectives doivent pouvoir s'appuyer sur une meilleure compréhension des déterminants expliquant les tendances lourdes en matière de comportements de mobilité, mais aussi et surtout, les évolutions récentes avec un focus plus particulier sur les évolutions qui sont les plus porteuses de changements potentiellement importants dans le futur comme le cas des jeunes adultes par exemple. Il est important de mixer des travaux de nature exploratoire s'appuyant le plus souvent sur des enquêtes qualitatives, avec des travaux plus quantitatifs visant à mesurer l'impact de certaines variables sur les évolutions comportementales. Ces travaux permettent d'alimenter la construction d'outils de simulation indispensable à toute prospective. Si des outils existent depuis longtemps pour la simulation des systèmes de transport (Bonnell, 2004), ils sont encore en cours de développement pour la simulation des interactions transports-urbanisme, grâce notamment au soutien de programme comme le PREDIT (Antoni, 2010). Le LET est ainsi engagé dans le programme SIMBAD⁵ (Simulation des MoBilités pour une Agglomération Durable) plateforme de modélisation des interactions transports-urbanisme sur

l'agglomération lyonnaise conçue pour permettre le test de scénarios à l'aune des 3 piliers du développement durable. Nous disposons ainsi d'un outil calé en statique sur une année de référence (Nicolas et al., 2011). Des travaux sont en cours pour assurer un calage en dynamique afin d'analyser la capacité du modèle à reproduire les évolutions observées entre les années 80 et aujourd'hui. ■

Références

- Aftabuzzaman M, Mazloumi E (2011), Achieving sustainable urban transport mobility in post peak oil era, *Transport Policy* n° 18, pp. 695-702.
- Antoni J-P (ed.) (2010), *Modéliser la ville. Forme urbaine et politiques de transport*. Paris : Economica, coll. Méthodes et Approches.
- Bonnell P (2004), *Prévoir la demande de transport*, Presses de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, Paris, 425p.
- Bonnell P, Cabanne I, Massot M-H (2003), *Evolution de l'usage des transports collectifs et politiques de déplacements urbains*, La documentation Française, collection « Le point sur », 81p.
- Bonnell P, Caubel D, Mignot D (2005), Lyon 21, étude de faisabilité d'un système de transport radicalement différent pour la zone dense lyonnaise, *Etudes et Recherche* n° 17, LET-ENTPE, Lyon, 220p.
- Buehler, R., Pucher, J., 2010, Making public transport financially sustainable. *Transport Polic.y*
- CERTU (2008), Guide méthodologique : l'enquête ménages déplacements « standard CERTU », publication du CERTU, Lyon.
- Dodson J, Sipe N (2007), Oil Vulnerability in the Australian City: Assessing Socioeconomic Risks from Higher Urban Fuel Prices, *Urban Studies* n° 44(1), pp. 37-62.
- Dupuy G., 2010, *Towards sustainable transport: the challenge of car dependence*. Paris, Lavoisier.
- Faivre d'Arcier B., 2010, La situation financière des transports publics urbains est-elle durable ? *Les Cahiers Scientifiques du Transport*, n° 58, pp. 3-28
- Faivre d'Arcier B. (dir.), 2012, *Mesure de la performance des lignes de transport public urbain*, rapport pour le PREDIT IV – MEEDMTN, LET, Lyon, 102 p.
- Fishman E, Brennan T (2009), *Oil vulnerability in Melbourne*. Research report, Institute for Sensible Transport, Brisbane. [<http://www.sensibletransport.org.au/>].
- Gallez C (2000), *Indicateurs d'évaluation des scénarios d'évolution de la mobilité urbaine*. Rapport de recherche pour le compte du PREDIT, INRETS-DEST, Arcueil.
- INSEE Rhône-Alpes (2011), Grand Sud-Est : sept types de vulnérabilité des territoires en cas de contrainte aux déplacements, *La Lettre Analyses*, n° 140.
- Keoscopie, www.keoscopie.fr, consulté en décembre 2012.
- Lemaître E, Kleinpeter MA (2009), Dépenses de carburant automobile des ménages : relations avec la zone de résidence et impacts redistributifs potentiels d'une fiscalité incitative, Commissariat Général au Développement Durable, *Etudes et documents* n° 8. 50 p.
- Lopez-Ruiz HG, Crozet Y (2011), La voie étroite du « facteur 4 » dans le secteur des transports : quelles politiques publiques, pour quelles mobilités ? *Recherche Transports Sécurité* n° 27, pp. 54-73
- Nicolas J-P, Pochet P, Poimboeuf H (2001), *Construction et évaluation d'indicateurs de mobilité durable sur la métropole lyonnaise - méthodes et résultats*. Lyon, rapport de recherche LET et APDD, 235 p.
- Nicolas J-P, Bonnell P, Cabrera J, Godinot C, Homocianu M, Routhier J-L, Toillier F, Zuccarello P (2009), *Simuler les mobilités pour une agglomération durable*. LET, rapport final. Lyon, 211 p.
- Nicolas J-P, Pochet P, Poimboeuf H (2002), Mobilité urbaine et développement durable : quels outils de mesure pour quels enjeux ? *Les Cahiers Scientifiques du Transport* n° 41, pp. 53-76.
- Nicolas J-P, Vanco F, Verry D (2012), Mobilité quotidienne et vulnérabilité des ménages, *Revue d'Economie Régionale et Urbaine* n° 1/2012, pp. 5-30.
- Vanco F (2011), *Formes urbaines et durabilité du système de transports, une application aux coûts de la mobilité urbaine des ménages sur l'agglomération lyonnaise*, Lyon, Université de Lyon, thèse en sciences économiques.
- Vanco F, Verry D (2009), Rising fuel price and household vulnerability: a French comparison, 2nd Euro Cities-DATTA Workshop Urban mobility in Europe, Namur, January 8-9 2009.

4. Division par 4 des émissions de gaz à effet de serre entre 1990 et 2050 à laquelle la France s'est officiellement engagée et qui a été reprise en 2007 dans le cadre du Grenelle de l'environnement.

5. <http://simbad.let.fr/>