

La contrainte énergétique doit-elle réguler la ville ou les véhicules ?

Mobilités urbaines et réalisme écologique

Marie-Hélène Massot
Jean-Pierre Orfeuill

Les penseurs de la « troisième modernité » ou de l'hypermodernité (Ascher, Bauman, Beck, Giddens) caractérisent les sociétés contemporaines par la contraction du temps et la dilatation des territoires : dilatation de l'espace à toutes les échelles, depuis la globalisation économique et culturelle jusqu'à la constitution de vastes mégapoles aux frontières indéfinies ; contraction du temps, avec la généralisation du mouvement, l'accélération du changement, la nécessité de la réflexivité et de la flexibilité, l'omniprésence de l'incertitude.

Nous avons été conduits à rejoindre ces auteurs à partir de l'étude des pratiques habituelles de déplacements et de leurs transformations à partir d'enquêtes quantitatives. À une époque où l'on parlait surtout du risque d'une congestion paralysante, nous avons montré que la croissance des vitesses permise par la généralisation de l'automobile, par l'aménagement des réseaux rapides, par l'abondance des offres de stationnement, permettaient la constitution de territoires de vie plus étendus, et plus individuels. Ce faisant, nous avons débouché sur une rénovation en profondeur des approches de la mobilité habituelle : la mobilité ne peut plus seulement être analysée comme la résultante des situations des individus (position sociale, position dans le cycle de vie et dans l'univers professionnel, localisation résidentielle, etc.), nos capacités de mobilité sont aussi organisatrices de nos territoires, de notre insertion dans la société et de nos modes de vie. L'accent est alors mis sur les potentiels de réalisation de soi qu'offrent les systèmes de mobilité : capacité d'autonomie et réactivité, possibilité d'accès au marché de l'emploi, stratégies résidentielles dans des espaces plus étendus. Des conditions de déplacements facilités ainsi qu'une énergie abondante et bon marché ouvrent ces potentiels.

Contraction du temps et dilatation des espaces conduisent toutefois les sociétés à développer des « structures de confiance », c'est-à-dire des repères permettant aux individus de sécuriser la conduite de leur vie dans un univers plus incertain. Au quotidien, ces repères se traduisent, entre autres, par des normes de qualité (sécurité alimentaire,

normes antipollution, exigences minimales sur les contrats de travail, service minimum, etc.). Parce que l'homme est aussi doté de capacités de projection, ce n'est pas seulement le quotidien, mais aussi l'avenir qu'il faut baliser. Les individus s'inscrivent alors non seulement dans des stratégies assurantielles personnelles (préparation longue à la vie active, accession à la propriété, stratégies résidentielles privilégiant l'entre soi, ancrage dans des territoires et des réseaux personnels, etc.), mais ils attendent aussi de la société des repères collectifs. Le succès de la notion de développement durable, promesse d'un monde plus juste, moins agressif à l'égard de l'environnement, et offrant des perspectives de développement non seulement pour tous, mais aussi pour les générations futures, est l'expression de cette attente.

En matière de mobilité comme dans d'autres domaines, les images de non-durabilité, les scénarios de l'inacceptable, sont plus faciles à former que celles d'un monde durable. Elles constituent des stimulants puissants pour une action publique vouée à déjouer les prévisions négatives : plusieurs décennies après « Paris et le désert français », le renouveau de beaucoup de territoires ruraux contraste avec la langueur francilienne ; aux grandes peurs des années quatre-vingt sur la pollution de l'air urbain par les trafics répondent dès le milieu des années quatre-vingt-dix les améliorations de la qualité de l'air enregistrées par les réseaux de surveillance. La perspective de la congestion paralysante des réseaux urbains, déjouée en partie par les stratégies d'implantation des activités nouvelles sur des territoires moins congestionnés, a tellement régressé dans les territoires centraux que nombre d'autorités municipales réduisent l'espace des chaussées...

L'image de la durabilité du territoire est spontanément assez forte et partagée. L'image de la ville européenne qui sait ne pas rompre avec son patrimoine, où il fait bon vivre,



Jean-Claude Thullier/REA

où le maillage des ressources permet la proximité des fonctions, où l'espace public assure toutes ses fonctions sans être envahi par les flux, où les modes doux et les transports publics assurent la mobilité de tous, qui se renouvelle sans empiéter sur ses marges rurales, est dans toutes les têtes. Ville compacte, ville à portée de main, reconstruction de la ville sur elle-même, recherche de l'équilibre, de la mixité sociale et fonctionnelle, place aux modes doux et partage de la voirie, cohérence entre urbanisme et transport (public) font aujourd'hui partie d'une culture commune, non seulement en France, mais dans la plupart des pays européens, voire aux Etats-Unis avec le *New urbanism*. De nombreuses politiques publiques tendent à la réalisation de ces objectifs, qui peuvent aussi être lus en termes assurantiels. Cette ville issue de l'histoire, animée de proximité et de flux apaisés, répond à un besoin de stabilité dans un monde incertain. Dans un registre plus collectif, elle constitue une alternative aux stratégies assurantielles individuelles, telles que l'accession à la propriété aux marges de la ville.

Cette alternative, qui s'impose comme un idéal-type au service d'une vie plus libre, plus ouverte et plus partagée, apparaît aussi comme une solution de choix, voire la solution, aux deux problèmes majeurs qui pèsent sur l'avenir de nos systèmes de transport: la dépendance pétrolière et la contribution aux émissions de gaz à effet de serre. C'est en effet en ville qu'on peut envisager une vie des courtes distances et une densité suffisante pour assurer l'efficacité de transports publics plus sobres et moins émetteurs de gaz à effet de serre

que l'automobile. Les acteurs de l'aménagement seraient donc dans une excellente position pour participer à ce que l'Union européenne a appelé le « découplage »¹ entre activités économiques et besoins de transport ou d'énergie. Ce découplage entre activité économique, consommation pétrolière et émissions de gaz à effet de serre peut être recherché à trois niveaux: au premier niveau, on cherche à découpler la demande de transport et l'activité économique: la ville des courtes distances répond *a priori* à cette logique; au second niveau, on cherche à orienter la demande de transport vers les systèmes de transport ayant les émissions moyennes les plus faibles au kilomètre parcouru: marche, bicyclette et transports publics constituent *a priori* des alternatives plus crédibles dans la ville compacte que dans la ville étalée. Au troisième niveau enfin, on vise la baisse des émissions dans chaque système de transport. Cette baisse peut être recherchée au niveau des véhicules (véhicules moins consommateurs, utilisant des modes de propulsion ou des énergies alternatives), de l'exploitation des réseaux (lutte contre les congestions, incitation à des vitesses optimales du point de vue des consommations...), ou à celui de l'exploitation des mobiles (augmentation des taux d'occupation).

1. Parce que dans le passé, croissance économique, demande de déplacement et consommation d'énergie ont suivi des chemins parallèles, le terme de « découplage » est utilisé pour désigner toute stratégie visant à faire plus avec moins, c'est-à-dire à déconnecter l'activité économique et les pressions sur l'environnement.

Quels peuvent être les apports respectifs de ces trois niveaux dans la construction d'un avenir plus sobre de la ville contemporaine ? Quelles sont les bases empiriques dont on infère que les politiques d'aménagement urbain et les politiques de transport public peuvent jouer un rôle important dans la modération de la mobilité et de ses conséquences énergétiques ? Quelles ont été les évolutions des villes et des mobilités depuis le milieu des années soixante-dix, date à laquelle le rapport au Club de Rome et le premier choc pétrolier nous ont alertés sur la finitude du monde et de ses ressources non renouvelables ? Que peut-on en déduire pour l'action publique ?

La ville compacte est-elle la solution ?

Le lien entre consommation d'énergie et étalement urbain a fait l'objet d'une abondante littérature, en France depuis les études de « Budget Energie Transport » (IRT, CETUR, STU, 1984 ; Orfeuil J.-P. 1986) réalisées sur les enquêtes déplacements de la fin des années soixante-dix, et dans le monde depuis les travaux comparatifs de Newman et Kenworthy (1989). Sous l'appellation « Budget énergie environnement des déplacements », ces travaux ont été repris dans les années quatre-vingt-dix à partir d'enquêtes plus récentes. Les travaux français concernent les déplacements réalisés lors d'un jour de semaine dans les cadres urbains que sont les périmètres des enquêtes « ménage » menées par la Direction régionale de l'Équipement d'Île-de-France sur le périmètre de la région Île-de-France (DREIF) et le Centre d'études et de recherches sur les techniques urbaines (CERTU) sur des périmètres qui vont de l'unité urbaine à des territoires plus étendus (aires urbaines, etc.).

Les messages issus de ces travaux sont simples : selon que l'on vit dans une zone bien desservie et bien équipée, ou que l'on vit dans une zone peu dense et dépendante de l'automobile pour la plupart des activités, les consommations d'énergie pour la mobilité varient dans un rapport de 1 à 3 pour des personnes comparables en termes de niveau de vie et de position dans le cycle de vie. La part la plus importante des écarts constatés s'explique par les différences de distance que les personnes ont à parcourir pour réaliser leurs activités quotidiennes. Une part minoritaire mais significative tient aux différences d'usage des modes de transport, les habitants des cœurs urbains réalisant une part plus importante de déplacements à pied et en transport public. Dans les plus grandes villes, l'écart en matière d'émissions de gaz à effet de serre peut être plus marqué que l'écart de consommation énergétique, du fait de l'existence de métros, Val, tram fonctionnant (en France) avec une électricité recourant peu aux combustibles fossiles pour sa production. Des préconisations comme la ville compacte, la ville à portée de main, la ville polycentrique ou encore la coordination entre

développement urbain et transports répondent à ce souci, même si leurs objectifs peuvent être plus vastes. Les travaux de Newman et Kenworthy, puis de Kenworthy et Laube, utilisent les enquêtes de déplacements menées dans diverses métropoles mondiales pour comparer ces villes du point de vue des consommations énergétiques générées par les déplacements quotidiens. Ils mettent eux aussi en évidence le fait que les faibles densités sont associées à des consommations plus élevées, et identifient d'autres facteurs jouant un rôle significatif : vitesse et prix relatif des transports publics et de la voiture, maintien de l'emploi central favorable à l'usage des transports publics, abondance de l'offre de stationnement central favorable à l'automobile.

D'autres travaux attirent l'attention sur des effets négatifs de l'étalement, mais pour des questions économiques ou sociales. Dans un travail sur l'Île-de-France, Polacchini et Orfeuil (1999) montrent que les coûts des transports quotidiens occupent une part très élevée dans le budget des ménages périurbains, pouvant atteindre le même niveau que leur dépense de logement. Sur la question de l'accès à l'emploi et de la fluidité des marchés, Wenglenski et Orfeuil (2004) montrent la très forte décroissance de la quantité et de la qualité des emplois accessibles dans un temps donné quand on passe des zones centrales aux zones périphériques et font apparaître le rôle capital de la voiture dans le maintien d'un éventail d'emplois suffisant pour les catégories modestes périurbaines, en même temps que le caractère très dispersé de cette offre d'emploi. Le cœur de l'Île-de-France, en revanche, rassemble à la fois les transports publics performants et subventionnés, les emplois très qualifiés et les résidences pour les catégories supérieures de la population.

Les efficacités énergétiques moyennes des systèmes de transport observées dans les conditions de trafic urbaines et périurbaines valident également l'hypothèse d'une contribution potentielle significative à la réduction des consommations d'énergie des stratégies dites de transfert modal : marche, roller, bicyclette ne consomment évidemment pas de pétrole, et, selon l'Ademe, un kilo d'équivalent pétrole permet de transporter, en conditions urbaines, un voyageur sur 18 kilomètres en voiture, sur 31 km en deux-roues motorisés, sur 37 km dans un bus en province, sur 47 km dans un bus francilien, sur 64 km dans un métro de province, et sur 140 km dans le métro parisien. Dans le contexte français, les modes électriques n'émettent pratiquement pas de gaz à effet de serre. Là encore, on peut retenir un écart moyen de 1 à 2 entre les consommations d'énergie résultant de l'usage des transports publics et de la voiture.

La ville enveloppe-t-elle l'ensemble des interactions sociales ?

Le poids potentiel de l'action publique est d'abord lié à l'importance de la matière sur laquelle elle travaille. L'analyse

Jean-Claude Thuillier/CEA

requiert donc de rapporter la mobilité dans les cadres quotidiens à l'ensemble de la mobilité, voire à l'ensemble des activités de transport. Orfeuil (2000) montre, sur la base de l'enquête Transport de 1994, que les circulations automobiles internes aux agglomérations (là où les alternatives à l'automobile sont les plus nombreuses) ne représentent que 21 % des circulations totales quotidiennes. C'est sur ce créneau, étroit, que les alternatives à l'automobile sont les plus nombreuses. Les circulations dites « locales non urbaines » (déplacements de moins de 100 km, au sein des communes périurbaines, entre le périurbain et les villes, entre villes voisines...) représentent 51 % des circulations totales. Ce poids très important, et croissant, peut certes être lu comme un produit de l'étalement urbain, mais la croissance de la tache urbaine est loin d'en être la seule cause. Massot et Orfeuil (1995) montrent en effet qu'un des segments de croissance les plus importants est celui des échanges interurbains de proximité. Le phénomène se poursuit sur les périodes les plus récentes, comme le montrent Massot (2004) avec le recensement de 1999 et Baccaini (2007) qui utilise les déclarations annuelles de données sociales: les 8 % d'actifs qui vivent dans une aire urbaine et travaillent dans une autre représentent la moitié des kilomètres parcourus pour le travail: l'étalement morphologique, celui qui urbanise des territoires ruraux proches des villes, est visible et peut faire l'objet de politiques publiques. L'étalement fonctionnel, qui conduit un ménage à résider dans une ville peut-être compacte, mais oblige ses membres à travailler, étudier, se distraire dans d'autres villes, peut-être tout aussi compactes, est aussi important, voire plus, pour les consommations d'énergie, que l'étalement morphologique, et ne peut pas être combattu avec les moyens réglementaires de la planification urbaine.

Ce que nous observons ici à l'échelle régionale s'observe d'ailleurs aussi au sein de la ville constituée. Hourdez

(Hourdez, 2005) montre que les distances de déplacements, notamment vers le travail, croissent aussi au sein de la ville constituée, pour partie du fait de déséquilibres structurels contre lesquels l'aménagement peut en principe lutter (comme les déséquilibres est-ouest en Île-de-France), mais aussi pour partie du fait des stratégies et contraintes résidentielles des différentes catégories de ménages. Ces travaux valident la forte corrélation entre éloignement au travail des résidences des ménages actifs franciliens et coût du logement. Si seulement 27 % des ménages d'actifs franciliens résident aujourd'hui à plus de trente minutes de leur lieu de travail, 45 % d'entre eux résident dans une commune où se loger est nettement moins coûteux que dans une commune plus proche de leur emploi; pour eux, largement représentés dans les familles d'actifs ouvriers et employés en charge de famille, l'éloignement au travail est le résultat de la tension sur le marché immobilier central. À l'opposé, une minorité (25 %), très représentée parmi les cadres domiciliés dans le centre et l'ouest francilien, accepte un coût de logement largement supérieur à celui dont elle pourrait bénéficier auprès de son emploi: la logique d'adresse et l'opportunité de se mettre au vert dominant pour cette minorité.

Le troisième créneau, celui des déplacements à plus de 100 kilomètres du domicile, représente 28 % des circulations automobiles, 40 % des distances annuelles parcourues par les individus et c'est celui qui est en plus forte croissance pour des raisons bien étayées: extension des temps de loisirs, baisse des coûts du transport aérien, attrait de la rive ensoleillée et peu onéreuse de la Méditerranée.

Cependant la voiture n'est à l'origine que de la moitié des consommations énergétiques des transports: poids lourds, camionnettes de livraison et avion contribuent à l'essentiel de l'autre moitié. Dit autrement, ce qui est l'objet de toutes les attentions dans les PDU, les circulations des voitures

Réduction potentielle du trafic automobile par report modal (en % km voiture)

Hypothèse sur Croissance des temps quotidiens de transport des conducteurs	En zone dense francilienne	dans les cadres urbains denses, ne représente que 10 % des consommations	Dans la région du Grand Lyon
Constant	5%		6%
+ 25%	9%		12%
+ 100%	26%		16%
Hypothèses de simulation	En zone dense francilienne		Dans la région du Grand Lyon
Temps de transport (BT) et Offre TC constants	5%		6%
BT = + 25% et Offre TC constante	9%		12%
BT = + 25% et Offres TC très augmentée	13%		23%

Source : Massot et al., (2006), LVMT

d'énergie des transports, et beaucoup moins encore si l'on se limite aux villes centres qui sont les territoires qui conduisent les politiques les plus actives d'élimination des voitures.

En transgressant encore un peu plus le présupposé que « la ville » serait l'enveloppe de nos interactions, Orfeuill et Soleyret (2002) ont utilisé l'enquête transport pour étudier les comportements de fin de semaine et de déplacements à longue distance des personnes selon leur localisation résidentielle. Ce travail permet de reconstituer une mobilité globale sur l'année. Ils observent alors que les déplacements à longue distance sont plus fréquents chez les résidents des centres que chez ceux des périphéries, y compris à niveau de revenu comparable. Ce sont même les résidents de Paris *intra-muros* qui parcourent les distances les plus grandes dans l'année, alors qu'ils ont les déplacements les plus mesurés et les plus économiques sur leur territoire quotidien. Tout se passe comme si le barbecue dans le jardin s'inscrivait en substitut possible des pratiques de sortie de ville, voire du tourisme aérien lointain dont les Parisiens sont les premiers consommateurs. Centralité et compacité n'apparaissent pas, dans cette logique globale, comme porteuses de toutes les vertus.

Le report modal des mobilités automobiles sur des mobilités douces, quels enjeux ?

Sur le front des mobilités douces et des transports publics, les espoirs issus des seules comparaisons des efficacités énergétiques observées doivent aussi être nuancés pour différentes raisons. Le domaine potentiel des mobilités douces est limité aux déplacements dont les distances sont relativement courtes, et celui des transports publics urbains aux déplacements suffisamment concentrés dans le temps et l'espace pour conduire à des taux d'occupation significatifs des véhicules, condition de leur efficacité énergétique. Il va sans dire que les meilleurs créneaux (déplacements internes à la ville centre, déplacements de banlieue vers les centres) sont déjà occupés, et que le développement des services sur d'autres créneaux (extensions périurbaines, services de nuit) se fait dans des conditions de moindre efficacité. Sur les créneaux mêmes où ils captent une demande importante, fondée partiellement sur des clientèles captives (adolescents, étudiants et jeunes sans permis, personnes âgées, ménages sans voiture), leur capacité à se développer en gagnant des clients sur l'automobile apparaît réelle, mais limitée.

Le défi de vitesse et de flexibilité d'usage dans le temps et dans l'espace que pose la voiture aux politiques visant le report des mobilités automobiles vers le transport collectif, les deux roues et la marche doit être considéré comme très élevé. 92 % des conducteurs se déplaçant, un jour donné, en zone dense francilienne (Paris et petite couronne)

n'auraient pas pu réaliser leurs activités, dans les lieux où ils les ont réalisées, autrement qu'en automobile à moins de consacrer plus de temps à se déplacer (Massot *et alii*, 2002). Autrement dit, dans l'espace dense francilien, la vitesse et le temps sont des atouts puissants d'organisation de la mobilité.

La confrontation avec les résultats établis sur le Grand Lyon permet de nuancer quelque peu le résultat (Massot *et alii*, 2005) : dans cette zone, où les usages de la voiture sont en proportion plus importants, 84 % des conducteurs n'auraient pas pu réaliser, autrement qu'en voiture, l'ensemble de leurs activités quotidiennes à vitesse inchangée. D'autre part, et le fait est encore plus marqué, dans l'hypothèse où les conducteurs, qui auraient pu réaliser leurs activités et leurs mobilités autrement qu'en voiture sans voir augmenter leurs temps de transport quotidien, réalisaient effectivement leurs mobilités sur les alternatives à la voiture, la réduction du trafic automobile serait de 5 % en zone dense francilienne et de 6 % dans la région du Grand Lyon.

La « résistance » de la mobilité quotidienne des conducteurs au report modal, mesurée dans une démarche de simulation qui examine les potentiels de transfert de leurs déplacements sur la marche, le vélo et le transport public (TC) un jour donné en 1991, est très forte. En effet, toutes choses égales par ailleurs et sous condition que l'espace libéré par la voiture n'induisse pas de trafic automobile supplémentaire ce que les faits contredisent, la tolérance des conducteurs franciliens à une augmentation de 25 % de leurs temps quotidiens de déplacement réduiraient le trafic automobile de la zone dense francilienne de 9 %. La tolérance à un doublement de ces mêmes temps conduirait à une baisse des trafics automobile de 25 % seulement. Un renforcement de l'offre de TC et de sa performance en vitesse (extension de 44 % de l'offre par création de rocade en tramway, prolongement des lignes ferrées et d'une augmentation de 35 % de la vitesse des autobus dont l'intervalle de passage est de quatre minutes toute la journée), bien qu'adossée à une augmentation des temps de trajets en voiture de 25 %, ne change pas les enjeux ni le défi. La réduction potentielle du trafic automobile s'établirait alors à 13 % dont 75 % serait acquis par la seule dégradation de la vitesse automobile. Les enjeux sont légèrement supérieurs en termes de trafic sur le grand Lyon, l'augmentation de l'offre de TC n'étant pas du même ordre (+100 %, avec un effort sur le rail important).

L'action publique au cours du dernier quart de siècle : quels enseignements ?

Conduits à former des diagnostics mesurés sur un terrain où les croyances communes sont plus optimistes, il nous est apparu nécessaire de confronter notre prudence aux résultats

des politiques publiques conduites depuis le premier choc pétrolier. Près de 35 ans nous séparent du premier choc pétrolier. Cette période est suffisamment longue pour que l'action publique ait pu donner sa mesure dans sa volonté et sa capacité à transformer ses objets de manière à promouvoir de nouveaux modes de vie et un découplage entre croissance économique et pression sur l'environnement et les ressources pétrolières.

Cette période marque la fin de la croissance économique rapide (division par deux du rythme de croissance économique), la fin des grandes migrations des campagnes vers les villes, et la montée des préoccupations environnementales (impact des trafics sur la qualité de l'air, souhait de préserver des zones vertes autour des agglomérations, etc.).

Ces éléments ont progressivement amené les urbanistes à passer d'une logique « extensive » à une logique de contrôle plus affirmé de l'urbanisation à travers des schémas directeurs puis des Schémas de cohérence territoriale de plus en plus attentifs à la maîtrise de la « tache urbaine ». Il n'en reste pas moins que les processus d'étalement se poursuivent, non seulement en termes morphologiques (extension de la tache urbaine), mais aussi en termes fonctionnels (allongement, certes plus modéré en fin de période, des distances vers le travail et poursuite de la croissance du nombre d'actifs résidant dans une aire urbaine et travaillant dans une autre). Cette dimension fonctionnelle, faiblement contrôlable par les documents de planification a une incidence majeure sur les consommations, puisque plus de la moitié des distances parcourues pour le travail se fait sur ce créneau. La planification des usages du sol n'apparaît donc ni comme un instrument suffisamment puissant au regard des forces qui portent l'étalement pour contribuer à la réduction de la demande de circulation, ni comme un instrument adapté pour contrer le développement des trafics quotidiens interurbains qui constituent une forme nouvelle et subtile d'étalement fonctionnel.

L'offre de transport collectif de qualité a été fortement développée sur la période : TGV, RER, TER, métro dans les villes millionnaires, dizaines de lignes de tram, bus en site propre ou couloir réservé. À longue distance, le TGV a indiscutablement pris des clients à l'aérien sur les créneaux où les deux systèmes sont en concurrence, mais globalement l'activité aérienne est restée très dynamique. À courte distance, les collectivités ont consacré des sommes importantes et en forte progression au développement des transports de la vie quotidienne.

Ce sont 10 milliards d'euros qui ont été consacrés au seul transport public urbain, en croissance en monnaie constante de 4 % par an depuis une vingtaine d'années, et près de 15 milliards lorsqu'on intègre les transports communaux, départementaux et régionaux.

La clientèle est passée de 51 à 90 milliards de voyageurs-km (1500 km par personne et par an en 2005), soit un gain de 500 km par personne en trente-cinq ans. Si ces 500 km

supplémentaires par personne avaient été faits en automobile, la surconsommation automobile induite aurait été de 18 litres par personne et par an.

Le parc automobile, première source d'émission des transports, a doublé depuis le choc pétrolier de 1973. Chaque Français parcourait alors 6300 km par an en voiture. Ce sont 12 200 km/personne qui sont réalisés en voiture aujourd'hui. Sur les questions dont on s'est vigoureusement préoccupé, la pollution et l'insécurité routière, les progrès sont très sensibles : malgré le doublement des trafics, les émissions polluantes ont fortement régressé, notamment depuis 1993 où des règlements européens très contraignants ont été mis en œuvre. Le nombre de morts sur les routes a été divisé par plus de 3, si bien que le risque au kilomètre parcouru a été divisé par 6.

Le diagnostic est nettement plus mesuré pour les consommations d'énergie et les émissions de gaz à effet de serre, puisque globalement, la consommation du secteur a presque doublé en 35 ans. Ce mauvais résultat est certes en partie dû aux croissances différentielles plus importantes pour le transport aérien que pour la route, et, au sein de la route, des poids lourds par rapport à l'automobile, il n'en reste pas moins que la croissance des consommations automobiles a été forte. Le contraire serait étonnant, puisque les automobiles sont non seulement plus nombreuses, mais parce qu'elles ont beaucoup évolué. La puissance du véhicule moyen vendu en 1980 était de 46 kw. Elle est de 76 kw aujourd'hui. L'évolution des masses des véhicules est à l'avenant.

On note toutefois qu'en dépit de cette évolution *a priori* défavorable, la consommation kilométrique a baissé de 25 % entre 1973 et 2005, et les émissions de GES des voitures vendues en France ont baissé de 176 grammes de CO₂ au km en 1995 (année de référence de l'accord volontaire des constructeurs européens) à 149 grammes en 2006. Si la baisse des consommations n'avait pas eu lieu, nous consommerions 150 litres de plus par personne et par an... Ces évolutions en matière de consommation ne doivent rien à l'intervention publique, car la fiscalité sur l'automobile et les carburants a été allégée (disparition de la vignette, diésélisation du parc).

Les améliorations sur les émissions unitaires produisent des bénéfices pour l'environnement global non seulement en France, mais dans les pays où des voitures françaises (et plus globalement européennes) sont exportées. Enfin, la désagrégation temporelle des évolutions est assez rassurante : dans les années soixante-dix, les trafics automobiles croissaient au rythme soutenu de 4,2 % par an, et les consommations kilométriques ne diminuaient pas. Le rythme de l'activité ne cesse de s'infléchir depuis : on passe de 2,8 % par an dans les années quatre-vingt à 1,9 % dans les années quatre-vingt-dix et à 0,8 % depuis le début du XXI^e siècle pour les circulations. Les émissions de gaz à effet de serre du trafic de voitures particulières sont stables depuis le début du XXI^e siècle.

La Ville Cohérente et ses potentiels de régulation

Le concept de « la ville cohérente » qui sous-tend nos réflexions repose sur une approche fonctionnelle de la ville impliquant la cohérence territoriale des fonctions d'habitat, de travail et d'aménités urbaines. Il s'inscrit dans une double préoccupation fortement mise en avant par Jean-Charles Castel, à savoir la nécessité d'une action sur le stock de logements, et pas seulement sur les flux, et la conviction qu'il faut des mécanismes incitatifs en direction des collectivités pour qu'elles coordonnent leurs ambitions d'accueil d'entreprises avec des offres de logement. Loin des approches morphologiques de la ville compacte (densités, métriques, continuités du bâti), le concept propose une réflexion sur une configuration urbaine dans laquelle chaque individu disposerait « d'un panier d'emplois et de services à X minutes de sa résidence ». Ce concept de ville tient pour acquis que les ménages ne cherchent pas tant, dans la construction de leur stratégie résidentielle, à optimiser des déplacements qu'à les situer dans un cadre acceptable (les temps à parcourir par exemple).

Le respect de ce principe conduit à explorer des cohérences territoriales déterminées par des accessibilités entre les fonctions urbaines dans une enveloppe de temps donnée : dans cette approche, la mobilité n'est ni stigmatisée ni facilitée mais « légitimée » comme base de la construction de cohérence territoriale.

Ce concept est à la base d'une

exploration des futurs de la ville construits à partir d'un outil original de simulation qui préfigure la mobilité résultante des reconfigurations urbaines et en précise les enjeux en termes de réduction du trafic automobile (et de ségrégation socio-spatiale).

Le modèle de simulation réalise la cohérence par relocalisation résidentielle des ménages d'actifs éloignés de leur lieu d'emploi. Plus exactement le modèle simule le rapprochement des résidences des actifs, considérés comme éloignés, dans un rayon de « x » minutes en voiture ou en transport collectif autour de son lieu d'emploi. Il procède donc par réaffectation des logements des actifs éloignés dans des logements proches de leur emploi. Comme tout modèle de simulation, ce dernier est réalisé sur des hypothèses et des règles (Korsu, Massot, 2006); la réaffectation d'un ménage dans un autre logement tient compte du type de logement (occupé par un ménage de même profil économique et familial types et profils établis à partir du recensement de population - RGP, 1999).

Les potentiels de réduction de la dépendance à la voiture sont réels : les estimations confirment le fait que le rapprochement des lieux de résidence et d'emploi constitue un enjeu important. En effet si tous les actifs résidaient à moins de 30 minutes de leur emploi, les distances entre le domicile et le travail des ménages seraient réduites de 31 %. Cela concernerait 22 % d'actifs (760 000) résidant et travaillant en Île-de-France. Pour autant ces réductions sont directement indexées à la norme de rapprochement

que l'on fixe, comprise entre 43 % et 14 % des distances actuelles en automobile pour le travail. Plus le seuil de temps retenu pour distinguer ce qui est « proche » est exigeant, plus la réduction des distances domicile-travail est élevée. Cependant même avec un seuil de rapprochement relativement lâche (45 minutes), les baisses de circulation automobile pour le travail serait de 14 %.

L'offre de logement existante permet-elle ce rapprochement ? Selon nos estimations, l'offre de logement en Île-de-France permet au plus grand nombre de disposer d'un logement répondant à ses besoins et à ses aspirations près de son lieu de travail. Le nombre de logements qui feraient défaut, si on relogerait tous les ménages éloignés (760 000) à moins de trente minutes de leurs lieux de travail, est estimé à 190 000. Ce chiffre équivaut à 4,5 % du parc de logement francilien actuel et à moins de 40 % du nombre de logements construits en Île-de-France entre 1990 et 1999. Ce dernier comparatif sous-estime la réalité du problème, la géographie du déficit de logements n'étant pas prise en compte. La quasi-totalité des logements qui feraient défaut se trouve au cœur de l'agglomération et notamment dans Paris *intra-muros* où d'ailleurs à peine 12 % des logements neufs ont été construits. De plus la nature des logements manquants n'est pas anodine. Pour l'essentiel, il s'agirait de logements locatifs plutôt grands (3 à 5 pièces) dans le secteur privé mais aussi dans le secteur social. Il serait question de « bâtir » l'équivalent de 18 % du parc actuel de Paris *intra-muros*.

Demande fictive de logements et logements manquants selon les seuils de rapprochement retenus

Seuil de cohérence des fonctions habitat-emplois	Demande fictive de logements (milliers) (1)	Logements manquants (milliers) (2)	Demande fictive à Paris (en % de (1))	Part des logements manquant à Paris (en % de (2))
Moins de 20 minutes	1 180	260	38%	83%
Moins de 30 minutes	760	190	44%	81%
Moins de 45 minutes	251	80	34%	58%



Cilles Rolle/REA

Urbanisme, Transport, Véhicules : améliorer la maîtrise des émissions demain

La volonté de diviser par 4 les émissions de gaz à effet de serre du pays, affichée par plusieurs gouvernements successifs et considérée comme une nécessité par les scientifiques du climat, est très ambitieuse.

Un objectif aussi ambitieux nécessite la mobilisation de tous les acteurs. On l'atteindra d'autant mieux que les potentiels d'évitement les moins coûteux (en termes économiques, sociaux, psychologiques...) seront les plus sollicités (à titre purement illustratif, il est équivalent pour le climat que chaque Français réduise de 1 kg par an sa consommation de bœuf ou qu'il parcoure 200 km de moins en voiture (Jancovici, 2002)).

Il faudra éviter qu'une économie dans un secteur ne se traduise par des surémissions dans un autre. Le sujet est insuffisamment avancé en termes empiriques et conceptuels (même si les analyses de cycle de vie y contribuent) pour pouvoir être traité convenablement.

On s'en tiendra donc à la demande de transport de personnes. Les émissions de cette dernière seront d'autant plus faibles que :

- Le besoin de parcourir des distances importantes est faible.
- Les modes de transports utilisés pour se déplacer ont de faibles émissions.
- Les véhicules utilisés dans chaque système modal ont de faibles émissions.

Plus que les nuances induites par telle ou telle direction de travail, ce sont les capacités de pilotage des collectivités et les constantes de temps du système qui conduisent à penser qu'un retour d'une planification plus volontariste et orientée vers la compacité est utile, voire indispensable face à des enjeux sociaux urgents, mais ne saurait être l'alpha et l'oméga de la lutte contre le réchauffement. En supposant qu'on ait la capacité de déplacer la demande de 50 000 logements de la périphérie vers les zones mieux équipées et desservies, on contribuerait chaque année à une économie d'au plus 75 000 tonnes de CO₂ pour les déplacements, ce qui reste modeste par rapport à d'autres possibilités et difficile en regard des inflexions dans les coûts immobiliers, les modes de vie et les aspirations que ce changement suppose (Korsu, Massot, 2006).

Cette orientation vers plus de cohérence dans les fonctions d'habitat de la ville est intéressante et utile : les principales réparations pourraient se faire dans la ville existante et largement sur le stock de logements actuels ; pour autant cette réparation de la ville n'apparaît que de second rang dans la lutte contre le changement climatique.

La maîtrise des consommations d'énergie et des émissions par les transferts modaux révèle la même contradiction de diagnostic entre les analyses micro-comportementales et les analyses globales : certes, là où automobile et transport public sont en concurrence, l'usage des transports publics divise les émissions par 2 (bus), voire les annule (modes électriques). En termes macroscopiques, la question est celle de la part des circulations substituables par les trans-

ports publics ou le vélo et de l'échelle des efforts à consentir, ce dont on peut prendre la mesure avec un exemple. Une « très bonne » ligne de tram transporte 100 000 voyageurs par jour, sur une moyenne de 3 km, soit environ 100 millions de voyageurs-km par an.

Adoptons des hypothèses optimistes : sa clientèle est supérieure de 40 % à celle des bus auxquels elle se substitue, et 50 % de ces clients étaient des conducteurs de voiture (ce qui ne s'est jamais vu). On supprime ainsi 15 millions de km en automobile par an, soit environ 2300 tonnes de CO₂, et il faut ajouter que d'aussi bonnes lignes, avec des capacités de transfert aussi optimistes, sont rares. Plus globalement, à l'échelle des bassins de vie, les potentiels techniquement envisageables (CGP, 1997 ; Massot, 2002) sont de l'ordre de 10 % des circulations automobiles urbaines.

Leur concrétisation suppose des offres nouvelles qu'il faudra financer et l'acceptation par les personnes de conditions de déplacements en moyenne moins rapides ou moins confortables.

Là encore, le bilan coût-avantage n'est pas bon, si on le rapporte aux seuls avantages en CO₂ : avec une dépense publique allant de 0,2 à 0,6 euro par voyageur kilomètre dans le transport public pour un gain de transfert au mieux de l'ordre de 40 grammes de carbone évité, le coût (récurrent) de la tonne de CO₂ se situe entre 15 000 et 20 000 euros, sous l'hypothèse optimiste (et irréaliste) que tous les nouveaux clients étaient des conducteurs de voiture et sans valoriser les éventuelles pertes de temps des usagers. On passe à des valeurs quatre fois supérieures si l'on suppose, de façon plus réaliste, qu'un client sur quatre vient de la voiture.

Cela ne signifie pas que le développement des transports publics ne doit pas être à l'ordre du jour, cela signifie qu'il doit l'être d'abord pour des raisons, économiques, sociales ou territoriales : la présence d'un tramway ou de tout mode à traction électrique sera socialement et économiquement plus « acceptable » voire plébiscitée lorsque le pétrole sera rare et très cher pour une majorité.

Du côté des véhicules, les biocarburants dits de « deuxième génération » (issus de bois, paille, déchets) se détachent du lot des énergies possibles. L'Union européenne évalue à 25 % (moitié produit en Europe, moitié importé de pays comme le Brésil) le potentiel de pénétration pour les carburants routiers.

La substitution se traduit par une baisse de 80 à 90 % des émissions de CO₂, pour un surcoût carburant de 7 à 8 centimes d'euros par litre et un coût à la tonne de CO₂ évitée estimé entre - 50 et + 200 euros. Il s'agit donc d'une piste attractive et source d'économies massives de CO₂, mais elle suppose de consacrer des parts significatives du territoire à cette production, qui devra aussi être compatible avec des enjeux tels que la biodiversité.

La baisse de la consommation des véhicules a été de loin la première source de maîtrise des émissions de CO₂ des transports : les émissions moyennes des ventes en Europe

sont passées de 185 à 160 g/km entre 1995 et 2005, PSA et Renault sont au coude à coude à 145g. En France, les ventes de voitures émettant moins de 140 g/km ont doublé (plus 500 000 unités), celles des voitures émettant plus de 140g ont baissé de 500 000, et les ventes de voitures très efficaces (moins de 120 g) ont bondi de 17 000 à 282 000 entre 2000 et 2005 (Ademe, 2006). Doit-on aller plus loin, et si oui, jusqu'où ? Le peut-on ?

L'analyse technico-économique dans chaque secteur peut guider la réflexion et contribuer à faire prendre conscience que certaines pistes sont à portée de main. Pour les voitures, c'est ce qu'ont montré des chercheurs américains (De Cico, 1993) et l'Agence de protection de l'environnement (EPA, 1991) avec une méthodologie fondée sur la construction de courbes (dites coûts efficacité) rangeant les différentes technologies de maîtrise des consommations par coûts croissant au litre aux cent kilomètres économisés. Une intégration des économies sur la durée de vie des véhicules fait apparaître les technologies rentables pour le consommateur pour une classe de véhicule donnée.

À titre d'exemple, pour le parc américain du début des années quatre-vingt-dix, le panier des technologies rentables permettait d'augmenter de 50 % l'efficacité (de 28 à 42 miles par gallon) sans augmentation du coût global d'achat et d'usage.

Même si le contexte européen est différent (véhicules déjà plus efficaces, et donc améliorations plus coûteuses, mais prix du carburant plus élevé, donc améliorations plus rentables), il reste des marges importantes. À titre d'exemple aujourd'hui, les différents niveaux d'hybridation envisageables donnent un majorant des coûts de réduction des émissions.

Le système le plus basique (Start Stop) permet un gain de l'ordre de 5 % sur les consommations pour un coût de l'ordre de 350 euros par véhicule (350 euros par tonne de CO₂ évitée), compensée par une économie à l'usage de l'ordre de 500 euros sur la durée de vie du véhicule. Un système incluant des fonctions de régénération et d'assistance à la puissance sur un moteur de puissance réduite procure un gain de l'ordre de 20 % pour un coût de l'ordre de 1500 euros par véhicule, une économie à l'usage de l'ordre de 1800 euros (d'après Douaud, 2007) et un coût comparable à la tonne de CO₂ évitée. Par ailleurs, des baisses de performance (puissance, vitesse de pointe) entraîneraient des réductions d'émissions encore plus significatives.

Les moyens publics d'orientation de l'offre et de la demande vers des véhicules plus efficaces sont bien connus : outils fiscaux et réglementaires tournés vers les constructeurs (obligation pour chaque constructeur présent sur le marché d'atteindre un objectif sur la moyenne de ses ventes, assorti d'un système de permis négociables pour les échecs) ou vers les consommateurs (surtaxation des voitures les plus consommatrices alimentant un fond de sous-taxation des voitures les moins émettrices). En bref, ce sont des millions de tonnes de CO₂ qui sont évitables par une meilleure

adéquation des voitures aux contraintes de demain et une orientation des choix des consommateurs par des incitations aux coûts faibles.

Selon leur perception de l'urgence de la question climatique, selon leur perception des secteurs ou des énergies qui doivent être mis à contribution (rappelons que le gaz, le charbon et le kérosène ne sont pas taxés, que la taxe sur le fioul domestique est en France deux fois moindre que la moyenne européenne, et que le poids de la fiscalité dite « verte » n'est en France que de 4,9 % des prélèvements obligatoires, contre 7,1 % en Europe - ADEME, 2007) les pouvoirs publics français ou européens peuvent discuter de l'opportunité ou du rythme de mise en œuvre de telles orientations.

Les potentiels les plus massifs d'évitement des gaz à effet de serre sont là et ce choix préserve les capacités de mobilité que le contexte socio-économique exige des citoyens.

Le rôle des collectivités locales dans cette orientation

Les potentiels d'économies massives résultent donc beaucoup plus d'une action sur les parcs de véhicules, qui est d'échelle plutôt européenne, que des potentiels offerts par les moyens traditionnels de planification de la ville et des transports. Les collectivités locales qui peuvent déjà jouer un rôle économique à travers les marchés publics, et politique dans l'éclairage des choix des citoyens pourraient souhaiter disposer de plus de pouvoir d'orientation grâce à une liberté accrue dans la fixation des tarifs des certificats d'immatriculation (sur ce point, la Chine est plus décentralisée que la France...), des tarifs de stationnement, voire plaider pour un retour de la « vignette ». Ces collectivités pourraient aussi faire « monter au créneau » pour la mise en œuvre de dispositifs incitatifs allant par exemple dans le sens de la « ville cohérente ».

Références bibliographiques

Ademe, (2007), « Taxes vertes françaises parmi les moins élevées d'Europe », *Ademe et vous*, n° 2.

Baccaïni B. et al., (2007), « Les déplacements domicile travail amplifiés par la périurbanisation », *Insee Première*, n° 1129.

Carballes S., (2006), *Les véhicules particuliers en France*, Ademe.

Commissariat Général du Plan, (1998), *Rapports de prospective Énergie 2020*, Paris.

De Cico J. et alii, (1993), « Transportation on a greenhouse planet : a least cost transition scenario for the USA » in *Transportation and global climate change*, Greene D. Ed, ACEEE, Washington D.C.

De Cico J., Gordon D., (1995), « Steering with prices : fuel and vehicle taxation as market incentives for higher fuel economy », in *Transportation and energy*, Sperling D. Ed, ACEEE Washington D.C.

Darbera R., (2007), « Voiture et effet de serre : qui faire payer ? », *Revue Transport*, n° 440.

Douaud A., (2004), « Dossier Biocarburant », *Autoactualité*, n° 51, CCFA, Paris.

Douaud A., (2007), *Automobile et planète*, CCFA.

EPA, (1991), *An assessment of potential passenger car fuel economy objectives for 2010*.

European Commission, Ispra joint research center, (2003), *Well to wheel analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context*, En cours d'actualisation en 2007. Document utilisé : JEC WtW study version 2c, mars 2007.

European Commission, Directorate for research, (2006), *Biofuels in the UE. A vision for 2030 and beyond*, Eur 22066.

Hourdez P., (2005), *Éloignement au travail et choix résidentiels des ménages en Île-de-France*, LVMT, Mémoire de recherche pour l'obtention du Master Cité Mobilité Université Paris XII, Université de Marne-la-Vallée, ENPC, IFU.

Ifen, (2005), « L'intérêt des biocarburants pour l'environnement », *Quatre pages Ifen*, n° 108.

International Energy Agency, (2005), *Saving oil in a hurry*.

IRT, CETUR, STU, (1984), *Maîtriser l'espace et l'énergie*, Paris, STU.

Jancovici J.-M., (2002), *L'avenir climatique*, Paris, Le Seuil.

Korsu E., Massot M.-H., (2006), « Rapprocher les ménages de leurs lieux de travail : les enjeux pour la régulation de l'usage de la voiture en Île-de-France », *Cahiers scientifiques du transport*, n° 50.

Massot M.-H., Orfeuil J.-P., (1995), *Espaces de vie, espace de travail : 15 ans d'évolution*, rapport INRETS.

Massot M.-H., Armoogum J., Hivert L., (2002), *Pari 21, Étude de faisabilité d'un système de transport radicalement différent pour la zone dense francilienne*, Collections de l'Inrets, Rapport INRETS n° 243, Arcueil, 198 p.

Massot M.-H. et al., (2006), « Potential for car use reduction through a simulation approach : Paris and Lyon case studies », *Transport Reviews*, vol 26, n° 1, pp. 25-46.

Newman P., Kenworthy J., (1989), *Cities and automobile dependence*, Gower, Aldershot, Royaume-Uni.

Orfeuil J.-P., (1986), « Les budgets énergie Transport : un concept, une pratique, des résultats », *RTS*, n° 2, INRETS.

Orfeuil J.-P., (2000), « L'évolution de la mobilité quotidienne », *Synthèse INRETS*, n° 37, Inrets.

Orfeuil J.-P., Soleyret D., (2002), « Quelles interactions entre les marchés de la mobilité à courte et longue distances ? », *RTS*, n° 76, Inrets.

Polacchini A., Orfeuil J.-P., (1999), « Les dépenses de logement et de transport des ménages en Île-de-France », *Recherche Transport Sécurité*, n° 63, Inrets.

Wenglenski S., Orfeuil J.-P., (2004), « Differences in Accessibility to the job market according to the social status and place of residence in the Paris area », *Built environment*, vol. 30 n° 2.

Biographies

MARIE-HÉLÈNE MASSOT, docteur en économie, est directrice de recherches au Laboratoire Ville mobilités Transport (LVMT), commun à l'INRETS, l'ENPC et l'Université de Marne La Vallée. Elle dirige un programme de recherches intitulé « Métropolisations et mobilités ». Ses travaux de recherche actuels sont structurés autour de deux thématiques :
 – Interactions sociales, modes de vie et mobilités urbaines, dont l'objet est d'identifier les réorganisations sociales du point de vue des temps et des espaces pour spécifier le rôle de la mobilité dans la nécessaire synchronisation des temps sociaux et individuels
 – Agencement Urbain, structure des réseaux de transport et mobilités, dont l'objet est l'analyse des relations entre les formes socio-spatiales de la croissance urbaine, la structure des réseaux et les mobilités individuelles pour définir les potentiels de régulation des politiques publiques (urbanisme, transport). Elle a publié récemment : Massot M.H., Aguilera A., 2006, « Recompositions urbaines et distance à l'emploi », in *Etalement urbain et ségrégations socio-spatiales*, Presses Universitaires de Bordeaux; Aguilera A., Massot M.H., Proulhac L., 2006, « L'intégration du périurbain francilien à la métropole parisienne. Une mesure par les flux quotidiens de personnes », in *Franges de métropoles*, Presses Universitaires de Dijon ; Massot M.H., Korsu E., (2006), « Mise en cohérence des bassins d'habitat et d'emploi : les enjeux pour la régulation automobile en Île-De-France », in *Les Cahiers Scientifiques du Transport*, n°50; Massot M.H., Orfeuil J.-P., (2004) « La mobilité au quotidien, entre choix individuel et production sociale », in *Les cahiers internationaux de la sociologie*, CNRS-PUF.

massot@inrets.fr

JEAN-PIERRE ORFEUIL, de formation ingénieur (École des mines) et statisticien (docteur, Paris VI), est professeur à l'Institut d'Urbanisme de Paris, à l'Université Paris XII, et co-directeur du Centre de recherche sur l'espace, les transports, l'environnement et les institutions locales (CRETEIL). Ses travaux de recherche portent sur les mobilités, leur rôle dans les transformations des territoires et les enjeux économiques, sociaux, environnementaux, urbains et financiers associés à leur régulation dans une perspective de durabilité. Il anime la Chaire universitaire de l'Institut pour la ville en mouvement (vilmouv.com).

Outre une centaine d'articles de revue et de rapports pour des institutions françaises et internationales, il a publié ou dirigé des ouvrages sur l'automobile, la mobilité, les stratégies de localisation, les controverses sur les trafics.

orfeuil@univ-paris12.fr