

**« Choix modal, motorisation et recomposition des
systèmes de mobilité à l'ère des contraintes
climatiques »**

Auteurs

André de Palma, Nathalie Picard et Filippo Amadio

Document de Travail n° 2026 – 12

Mars 2026

Bureau d'Économie
Théorique et Appliquée
BETA

<https://www.beta-economics.fr/>

Contact :
jaoulgrammare@beta-cnrs.unistra.fr

Choix modal, motorisation et recomposition des systèmes de mobilité à l'ère des contraintes climatiques

André de Palma (CY Cergy Paris Université), Nathalie Picard (Université de Strasbourg)

et Filippo Amadio (Université de Strasbourg et CY Cergy Paris Université)

Le 4 mars 2026

Mots-clés : Choix modal ; équipement automobile ; externalités ; changement climatique ; véhicules autonomes ; véhicules électriques ; SERM ; mobilité urbaine ; zones peu denses ; structure urbaine ; congestion ; bien-être social.

JEL : R41 ; R42 ; R48 ; R52 ; Q54 ; Q58

Résumé

Cet article analyse la recomposition des systèmes de mobilité à l'ère des contraintes climatiques en articulant choix modal, équipement automobile et organisation territoriale. Il montre que le report modal est largement conditionné par les trajectoires de possession de véhicule, caractérisées par une forte inertie, et ne peut être compris indépendamment des structures urbaines. La transition vers le véhicule électrique transforme la motorisation sans réduire mécaniquement la dépendance automobile, tandis que les SERM constituent un levier central dans les zones denses. Dans les zones peu denses, les véhicules autonomes offrent des opportunités, mais comportent des risques d'effet rebond. L'article plaide pour une approche systémique intégrant instruments économiques, démographie, changement de préférences, innovations et aménagement du territoire afin d'atteindre des objectifs climatiques, d'efficacité et de bien-être social.

Remerciements

Ce travail a bénéficié du soutien financier de l'Agence nationale de la recherche (ANR), projet ANR-20-CE22-014 AFFINITE, du programme France 2030 « ANR-24-PEMO-0003 », projet HARMONIC, et de la Société des Grands Projets, projet « Rendre l'outil d'analyse trafic Luti, utilisé pour simuler l'interaction entre transport et aménagement urbain, plus clair et adaptable à différents projets et territoires ». Nous tenons aussi à remercier Jean-Marie Beauvais pour ses commentaires et suggestions qui ont amélioré la première version de cet article.

1 Introduction : des externalités locales aux contraintes planétaires

Les systèmes de transport génèrent des externalités majeures qui ont longtemps été analysées à une échelle essentiellement locale : congestion, accidents, nuisances sonores et pollution atmosphérique. En milieu urbain, la congestion entraîne des pertes de temps et de productivité importantes, tandis que les accidents représentent des coûts sociaux élevés et persistants. Ces dysfonctionnements ont mis en évidence les limites d'un modèle de mobilité largement centré sur la voiture individuelle et ont justifié, dès les travaux fondateurs de l'économie des transports, le recours à des instruments économiques et réglementaires visant à internaliser les coûts sociaux du transport (Small, Verhoef & Lindsey, 2024 ; de Palma, Lindsey & Wu, 2008).

Toutefois, le changement climatique introduit un changement d'échelle fondamental. Les externalités du transport ne se limitent plus à des déséquilibres locaux, mais s'inscrivent désormais dans des contraintes macroéconomiques et planétaires. Le secteur des transports demeure fortement dépendant des énergies fossiles et contribue de manière significative aux émissions de CO₂, tant en Europe qu'au niveau mondial (ITF, 2023 ; Ministère de la Transition Écologique et de la Cohésion des Territoires, 2022). Cette dépendance place les politiques de prix, de taxation et de régulation au cœur des stratégies de décarbonation.

Selon le GIEC, l'atteinte des objectifs de l'Accord de Paris repose sur une combinaison d'innovations technologiques, de régulation et de modération de la demande, plutôt que sur un arbitrage exclusif entre solutions technologiques et sobriété (IPCC, 2022). Cette conclusion est cohérente avec les travaux récents sur le coût social du carbone, qui soulignent l'ampleur des dommages climatiques et la nécessité d'instruments de tarification crédibles et robustes (Rennert *et al.*, 2022 ; Barrage & Nordhaus, 2024). Dans ce contexte, l'analyse des interactions entre choix modal, motorisation et organisation territoriale apparaît centrale pour comprendre les conditions d'une transition soutenable des systèmes de mobilité (de Palma *et al.*, 2025b ; Ben-Akiva *et al.*, 2026).

2 Choix modal et motorisation : une relation asymétrique

La littérature économique a longtemps analysé le choix modal comme un arbitrage individuel fondé sur les coûts généralisés des différents modes de transport. Si cette approche demeure pertinente, elle tend à sous-estimer le rôle structurant de la motorisation, entendue comme la possession ou l'accès durable à un véhicule. La motorisation constitue une variable structurante, caractérisée par une forte inertie, tandis que le choix modal quotidien est une variable conjoncturelle, sensible aux conditions locales du moment (Dargay, Gately & Sommer, 2007).

Cette distinction est essentielle, car elle introduit une asymétrie fondamentale : un individu motorisé peut se reporter occasionnellement vers d'autres modes, mais un individu non motorisé n'a généralement pas accès à l'automobile, indépendamment de ses préférences. De nombreux travaux empiriques montrent que les politiques de report modal ont des effets limités lorsque la motorisation reste élevée (Small *et al.*, 2024).

Ainsi, le report modal est largement déterminé en amont, par les trajectoires de motorisation, elles-mêmes influencées par les prix, la réglementation, les revenus et l'organisation spatiale des activités. Cette perspective permet de dépasser une lecture purement comportementale des évolutions observées.

3 Évolution des pratiques et dynamiques générationnelles

Les données récentes mettent en évidence une diversification des pratiques de mobilité, en particulier dans les zones urbaines denses. La part modale de la voiture y recule, au profit des transports collectifs, des mobilités actives et de l'intermodalité. Chez les jeunes générations, on observe un retard dans l'accès au permis de conduire et à la motorisation (Kuhnimhof *et al.*, 2012 ; Delbosc & Currie, 2013).

Toutefois, cette littérature souligne que ces évolutions relèvent davantage d'un effet de cycle de vie et de contexte économique que d'une rupture générationnelle nette. L'allongement des études, la précarisation de l'entrée sur le marché du travail, la hausse des coûts de l'automobile et la concentration des jeunes dans les grandes métropoles expliquent en grande partie ces tendances (Oakil, Manting & Nijland, 2016).

La question centrale devient alors celle de la pérennité de ces comportements : assistera-t-on à un rattrapage ultérieur de la motorisation, ou à une transformation durable des trajectoires de mobilité ? Cette interrogation est étroitement liée aux transformations technologiques en cours. Une réponse partielle peut être donnée dans le cas français, en analysant finement les dynamiques générationnelles à l'aide des données de recensement rénové, de 2006 à 2022, pour mettre en évidence les effets respectifs de l'âge (cycle de vie), de la conjoncture et de la génération (ces trois variables étant évidemment liées par une relation déterministe).

Nous avons pour cela décomposé la population en générations de 10 années de naissance. Dans la première génération (30-39) prise en compte pour l'équipement automobile, le chef de ménage a entre 67 et 76 ans en 2006, et entre 83 et 94 ans en 2022. Afin de se limiter aux actifs, la première génération prise en compte pour l'usage de la voiture pour les trajets domicile-travail a entre 57 et 66 ans en 2006, et entre 73 et 84 ans en 2022. La dernière génération (90-99) prise en compte aussi bien pour l'équipement automobile que pour l'usage de la voiture a entre 7 et 16 ans en 2006, et entre 23 et 32 ans en 2022.

Une année donnée, nous n'avons par ailleurs sélectionné que les chefs de ménage ayant au moins 18 ans pour le nombre de voitures, et les personnes en emploi ayant au moins 18 ans pour l'usage de la voiture dans les trajets domicile-travail. Cette dernière sélection explique que, sur les différents graphiques ci-dessous, les courbes 90-99 ne commencent qu'en 2008. Les pointillés indiquent les points où les pourcentages sont calculés sur moins de 5000 observations.

Comme la période d'observation s'étend sur 17 ans, et les générations sur 10 ans, on peut observer sur les graphiques de droite, jusqu'à 3 générations différentes pour un âge donné. La comparaison de ces 3 courbes permet d'identifier un effet de génération qui n'est que marginalement affecté par la conjoncture. Les courbes de gauche cherchent à mettre en évidence un effet de la conjoncture, qui s'avère très différencié entre les générations. Toutefois, comme les différents graphiques de droite mettent en évidence un très fort effet d'âge, l'effet conjoncturel observé sur les graphiques de gauche intègre de fait un effet d'âge important.

Les effets d'âge, de génération et de conjoncture sont discutés dans la section 3.1 pour l'équipement automobile en fonction de l'âge et de la génération du chef de ménage, alors que ces effets sont discutés dans la section 3.2 pour l'usage de l'automobile en fonction de l'âge de la personne qui travaille.

Nous avons sélectionné deux régions très différentes, l’Ile-de-France et le Grand Est, afin d’illustrer l’hétérogénéité géographique de nos résultats.

3.1 Dynamique générationnelle de l’équipement automobile

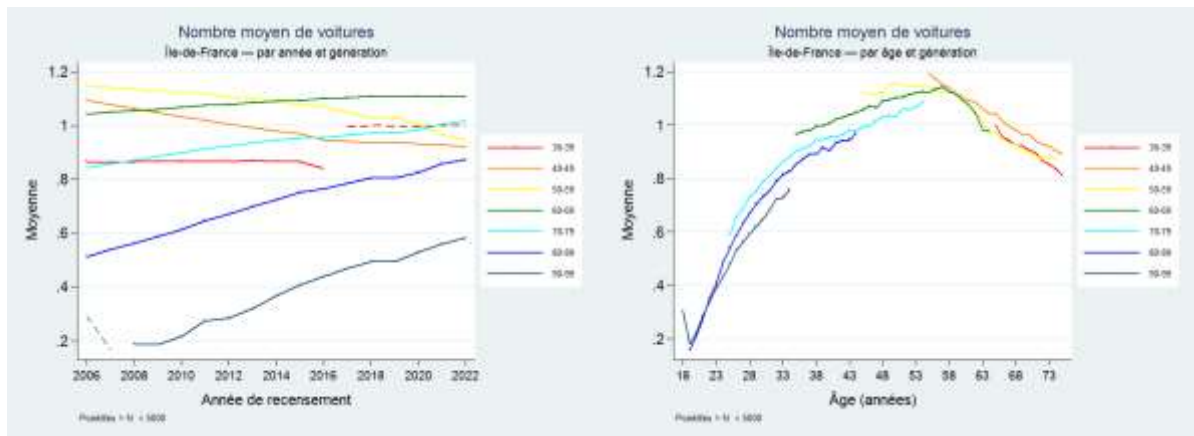


Figure 1 : Nombre moyen de voitures en Ile-de-France

La Figure 1 montre que, en Ile-de-France, le nombre moyen de voitures plafonne à environ 1.15 par ménage lorsque le chef de ménage a 57 ans, mais à âge identique, les générations nées dans les années 70 ont moins de voitures que celles nées dans les années 50 ou 60. La baisse est encore plus prononcée pour les générations nées dans les années 80 et surtout dans les années 90. De façon cohérente, le nombre de voitures croît de 2006 à 2022 pour les générations nées à partir des années 60, qui sont, sur la période, dans une phase de croissance de leur revenu, et de leur nombre d’enfants, donc de leurs besoins en équipement automobile, alors qu’il décroît au cours du temps pour les générations nées jusqu’aux années 50, qui sont, sur la période, dans une phase de décroissance de leur taux d’activité, de leur nombre d’enfants vivant au domicile, et donc de leurs besoins en équipement automobile. A cela s’ajoute la dynamique de la localisation géographique au cours du cycle de vie (voir Aqzzouz et Picard, 2026).

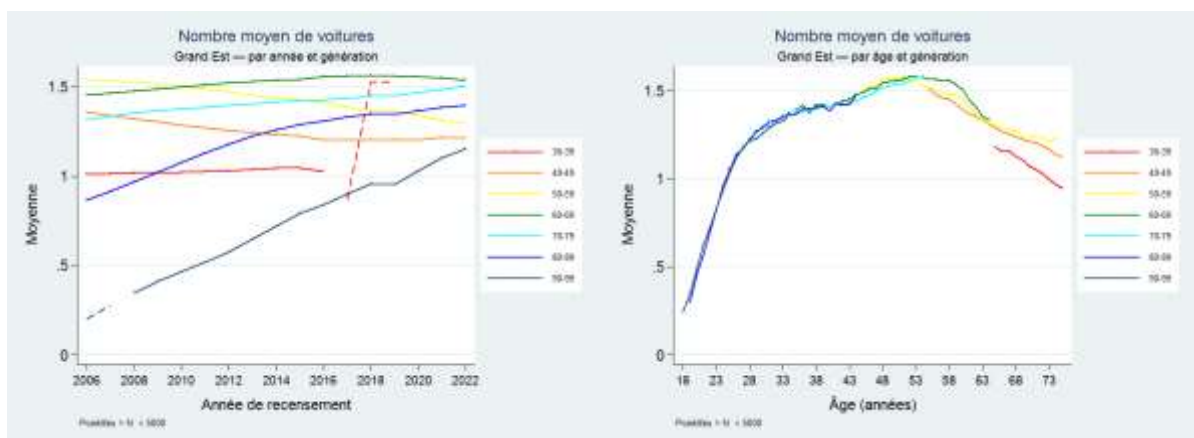


Figure 2 : Nombre moyen de voitures dans le Grand Est

La Figure 2 montre une situation bien différente dans le Grand Est par rapport l’Ile-de-France. Premièrement, on ne constate pas dans le Grand Est d’effet générationnel significatif en matière d’équipement automobile, mis à part un léger différentiel entre les générations nées dans les années 50 et dans les années 60, mais seulement à partir de 52 ans. Deuxièmement, le nombre de voitures par ménage est globalement plus élevé (d’environ 0,5 voitures par ménage) dans le Grand Est qu’en Ile-de-France, ce qui s’explique aisément par l’offre de transports publics en Ile-de-France. Notons à ce titre que l’usage du vélo dans le centre de Strasbourg n’est pas

représentatif du Grand Est, la part modale des deux-roues étant de l'ordre de 5% dans les deux régions. Troisièmement, on remarque dans le Grand Est un premier plafond sur le nombre de voitures aux alentours de 35-42 ans pour les 3 générations observées sur cette tranche d'âge, alors que l'équipement automobile est croissant en Ile-de-France pour les 3 générations observées sur cette tranche d'âge (avec une inflexion autour de 33 ans pour la génération née dans les années 70). Le second plafond n'est réellement observé dans le Grand Est que dans la génération née dans les années 60, avec un maximum d'environ 1.6 voitures entre 50 et 60 ans. Comme c'est la seule tranche d'âge où l'on a pu constater des différences générationnelles (mêmes mineures), ce résultat restera à être conforté sur les recensements suivants, en particulier pour vérifier si la génération née dans les années 70 poursuit sur sa lancée en se distinguant de la génération née dans les années 60 ou si la croissance de son équipement automobile s'infléchit pour suivre celle de la génération née dans les années 60.

3.2 Dynamique générationnelle de la part modale de la voiture

En Ile-de-France, les dynamiques générationnelles de la part modale de la voiture pour les trajets domicile-travail sont similaires à celles observées pour l'équipement automobile, avec une forte décroissance de la part modale de la voiture de génération en génération, et un plafonnement de la part modale de la voiture aux alentours de 43% entre 38 et 48 ans pour la génération née dans les années 70, alors qu'elle était aux alentours de 47% sur cette tranche d'âge pour la génération née dans les années 60.

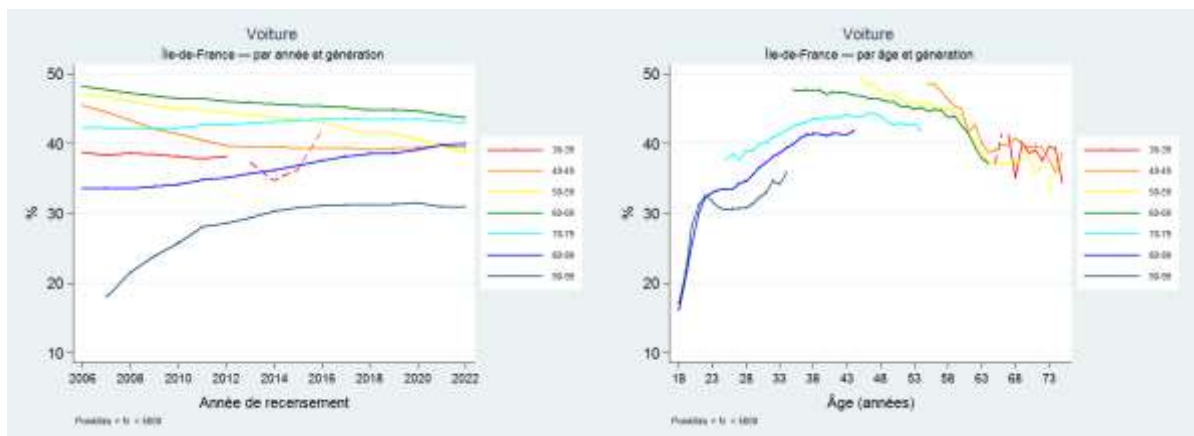


Figure 3 : Part modale de la voiture pour les trajets domicile-travail en Ile-de-France

Comme pour l'équipement automobile, les effets générationnels concernant la part modale de la voiture pour les trajets domicile-travail sont moins marqués dans le Grand Est qu'en Ile-de-France. Il semble donc que la désaffection des jeunes générations pour la voiture s'exprime d'abord par une baisse d'usage avant de se traduire par une baisse de l'équipement automobile. De génération en génération, on utilise de moins en moins la voiture pour aller travailler, mais les ménages continuent quand même à en acheter pour d'autres usages.

L'autre différence fondamentale entre les deux régions analysées est que la part modale de la voiture est près de deux fois plus élevée dans le Grand Est (maximum autour de 80%) qu'en Ile de France (maximum proche de 50%).

Au-delà de l'Ile-de-France qui fait souvent figure d'exception, l'étude des autres grandes régions Françaises dépasse le cadre de cet article.

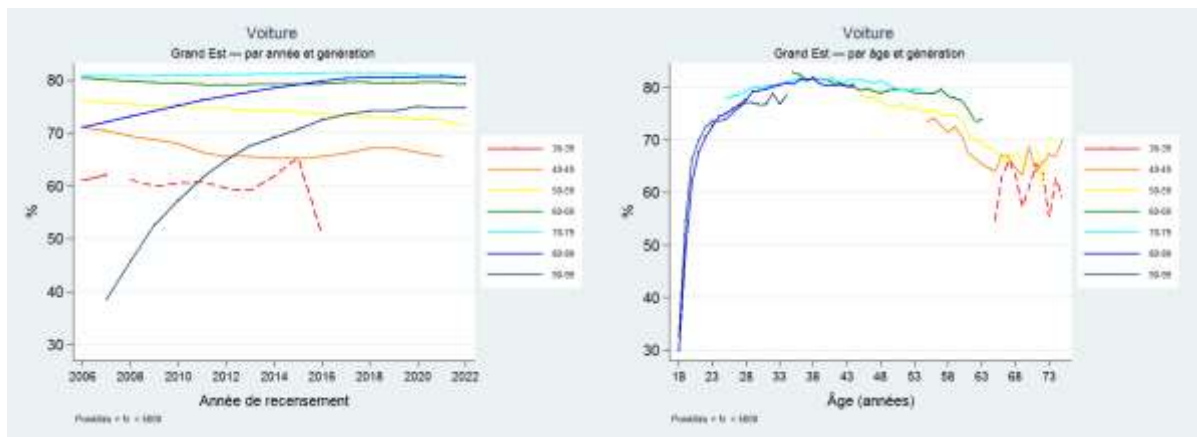


Figure 4 : Part modale de la voiture pour les trajets domicile-travail dans le Grand Est

Dans la section suivante, nous jetons un coup de projecteur sur la révolution en cours dans le monde automobile et dans la société entière (en France et dans le reste du monde) par l'avènement de la voiture électrique.

4 Voiture électrique : transformation de la motorisation sans démotorisation

La transition vers la voiture électrique modifie la nature de la motorisation sans en remettre fondamentalement en cause le rôle structurant. D'un point de vue microéconomique, le véhicule électrique conserve les attributs essentiels de la voiture individuelle : flexibilité, autonomie décisionnelle et usage privatif. En revanche, il introduit des coûts fixes plus élevés, des contraintes d'infrastructure et une incertitude technologique. Comme le coût variable est réduit, les usagers seront (sans tarification) incités à se déplacer sur de plus longues distances (demande induite). Sans réglementation, ceci risque aussi de contribuer à l'étalement des villes.

Les travaux récents (de Palma, Lindsey, Riou, 2025a) montrent que l'adoption du véhicule électrique est socialement et territorialement différenciée. Loin de conduire mécaniquement à une baisse de la dépendance automobile, la transition électrique risque de reconfigurer la motorisation, en renforçant certaines inégalités d'accès.

Pour les politiques publiques, l'enjeu n'est donc pas seulement de favoriser l'innovation technologique, mais d'articuler celle-ci avec des instruments de prix et de régulation cohérents, afin d'éviter un simple déplacement des externalités.

5 SERM et recomposition des mobilités métropolitaines

Dans les zones denses et périurbaines, les Services Express Régionaux Métropolitains (SERM) constituent un levier structurant pour réduire la dépendance automobile. En améliorant la capacité, la fiabilité et la fréquence des transports collectifs, ils abaissent le coût généralisé de ces modes et rendent possible un moindre usage de la voiture, qui peut se traduire à terme par un moindre équipement automobile des ménages. L'avenir dira quelle part des écarts entre l'Île-de-France et des régions comme le Grand Est (voir Section 3) sera réduite par les SERM.

Toutefois, l'efficacité des SERM dépend fortement de leur intégration intermodale et de leur articulation avec l'urbanisation. Sans politiques d'accompagnement sur le stationnement,

l'accès aux gares et l'organisation du foncier, leur potentiel de report modal reste limité (Small *et al.*, 2024). La Société des Grands Projets (SGP) est particulièrement vigilante sur ces aspects. Des études sont en cours avec le modèle METROPOLIS pour les régions de Lille et Hauts-de-France. Ceci nécessite la modélisation de l'intermodalité qui reste à ce jour mal décrite (voir Javaudin, de Palma, 2024)

6 Zones peu denses et véhicules autonomes : complément ou verrouillage ?

Dans les zones peu denses, le modèle classique de transport collectif se heurte à des contraintes économiques fortes. La voiture autonome est parfois présentée comme une solution qui pourrait permettre de desservir ces territoires à moindre coût, notamment via des services à la demande automatisés ou des navettes de rabattement.

Sur le plan théorique, la réduction du coût total du travail du conducteur peut améliorer l'efficacité économique de certains services (Milakis, Van Arem & Van Wee, 2017). Toutefois, plusieurs travaux soulignent le risque d'un effet rebond, conduisant à une augmentation de la demande de déplacements et à un renforcement de la dépendance automobile (Wadud, MacKenzie & Leiby, 2016).

Dans cette perspective, il est utile d'élargir l'analyse au-delà des seuls coûts de déplacement, pour intégrer les effets des véhicules autonomes sur l'usage du sol, le stationnement et, in fine, le bien-être social (voir Antoniou et Picard, 2015). En effet, les véhicules autonomes peuvent influencer la structure urbaine via (i) la baisse du coût marginal de déplacement liée à l'utilité des activités embarquées, (ii) des effets fonciers potentiellement importants lorsque les véhicules sont partagés et réduisent la demande de stationnement en ville, une modification de la structure démographique de la population en avec une relocalisation différentielle liée à un appétit très différencié pour les véhicules autonomes en fonction des caractéristiques sociodémographiques.

Les modèles récents distinguant véhicules autonomes privés (PAV) et partagés (SAV) montrent précisément que ces mécanismes peuvent conduire à des résultats ambivalents : l'introduction des véhicules autonomes peut entraîner une expansion ou une contraction de la taille urbaine, selon les coûts marginaux de temps de déplacement, les coûts fixes des véhicules autonomes et la part de marché des SAV. De même, le bien-être social et les coûts totaux de congestion peuvent augmenter ou diminuer, en fonction de l'arbitrage entre la baisse du coût du temps de transport et l'allongement potentiel des distances de déplacement. Autrement dit, les véhicules autonomes ne constituent pas intrinsèquement une solution à la congestion ou à l'étalement urbain ; leurs effets dépendent de manière critique de leur intégration dans des politiques de mobilité et d'aménagement du territoire cohérentes (Wu & Li, 2023 ; Pudāne, 2020 ; Milakis *et al.*, 2017 ; Wadud *et al.*, 2016).

Cette approche renforce l'idée que la voiture autonome, si elle peut améliorer l'accessibilité des zones peu denses, doit être pensée comme un composant d'un système multimodal régulé : complément aux réseaux structurants (dont les SERM) plutôt que substitut généralisé, afin d'éviter un verrouillage automobile et une hausse des kilomètres parcourus.

7 Conclusion : transitions technologiques, démographiques et préférences de mobilité

L'analyse du choix modal à l'ère des contraintes climatiques ne peut se limiter à une lecture technologique ou comportementale de court terme. Elle appelle une approche systémique intégrant les trajectoires de motorisation, les instruments économiques, les innovations technologiques et l'organisation territoriale, mais également les transformations démographiques et l'évolution des préférences des usagers. Le vieillissement de la population, la diversification des structures familiales, la recomposition des parcours résidentiels et professionnels, ainsi que l'hétérogénéité croissante des modes de vie modifient en profondeur les besoins de mobilité et les arbitrages individuels.

Parallèlement, les préférences des usagers évoluent sous l'effet combiné des contraintes économiques, des préoccupations environnementales et des innovations numériques. Si la voiture individuelle conserve un rôle central dans de nombreux territoires, notamment peu denses, son statut évolue : la possession tend à être davantage arbitrée au profit de l'usage, de la flexibilité et de la réduction des coûts fixes, en particulier chez les jeunes générations urbaines. Toutefois, ces évolutions ne sauraient être interprétées comme une rupture uniforme ou irréversible ; elles restent conditionnées par l'accessibilité aux alternatives crédibles et par les structures territoriales existantes.

Dans ce contexte, la transition vers le véhicule électrique et le développement des véhicules autonomes ne constituent pas en eux-mêmes des solutions aux externalités du transport. Ils reconfigurent la motorisation et les coûts généralisés de déplacement, mais peuvent aussi renforcer certaines formes de dépendance automobile et d'étalement urbain si leur déploiement n'est pas encadré. À l'inverse, les SERM et, plus généralement, les réseaux de transport collectif structurants jouent un rôle déterminant pour accompagner les mutations démographiques et orienter durablement les préférences de mobilité, en particulier dans les aires métropolitaines.

L'enjeu central des politiques publiques réside ainsi dans leur capacité à articuler transitions technologiques, transformations démographiques et évolution des préférences, plutôt que de les traiter séparément. Seule une combinaison cohérente d'instruments de prix, de régulation, d'investissement et d'aménagement du territoire permettra d'éviter les effets rebond, de limiter les inégalités d'accès à la mobilité et de concilier décarbonation, efficacité économique et bien-être social à long terme.

En outre, le débat parlementaire sur les péages, à l'approche de la fin des concessions autoroutières, pourrait aboutir à leur suppression, entraînant une nouvelle perte de recettes fiscales. Une refonte de la tarification routière s'impose donc (Quinet, Beauvais, 2025). De plus, le débat sera bientôt ouvert (en 2027), pour la tarification de l'électricité utilisée pour la voiture électriques (de Palma, Lindsey, Riou, 2025a).

8 Références

Aqzzouz, A., N. Picard (2026). Residential mobility and life cycle: identifying the role of local taxes, *Revue d'Economie Régionale et Urbaine*, à paraître.

Antoniou C., N. Picard (2015). Urban sustainability and individual/household well-being, in *Quality of Life in Cities - Equity, Sustainable Development and Happiness from a Policy Perspective*, A. Michelangeli Ed., Ch. 5, Routledge.

- Barrage, L., & Nordhaus, W. (2024). Policies, projections, and the social cost of carbon: Results from the DICE-2023 model. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 121(13), e2312030121.
- Ben-Akiva, M., M. Bierlaire, K. Doyme, S. Gershenveld, N. Picard, A. Schafter, R. Sheshadri, Sivakumar, A, L. Steg (2026). The Behavioral Dimension of Transport Decarbonization. *Nature NPJ sustainable mobility and transport*, à paraître.
- Dargay, J., Gately, D., & Sommer, M. (2007). Vehicle ownership and income growth, worldwide: 1960-2030. *The energy journal*, 28(4), 143-170.
- de Palma, A., Lindsey, R., & Wu, F. (2008). Private operators and time-of-day tolling on a congested road network. *Journal of Transport Economics and Policy (JTEP)*, 42(3), 397-433.
- de Palma, A., Lindsey, R., & Riou, Y. (2025a). Meeting the European Union's zero-CO2-emissions target for cars in France. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 199, 104531.
- de Palma, A., Lindsey, R., Proost, S., Riou, Y., Trannoy, A. (2025b). Why combating climate change is so challenging? *Ambio, Journal of Environment and Society*, 1–14.
- Delbosc, A., & Currie, G. (2013). Causes of youth licensing decline: a synthesis of evidence. *Transport Reviews*, 33(3), 271-290.
- ITF (2023). *ITF Transport Outlook 2023*. OECD Publishing.
- Javaudin, L., & de Palma, A. (2024). METROPOLIS2: Bridging theory and simulation in agent-based transport modeling. Technical report, THEMA (THéorie Economique, Modélisation et Applications).
- Kuhnimhof, T., Armoogum, J., Buehler, R., Dargay, J., Denstadli, J. M., & Yamamoto, T. (2012). Men shape a downward trend in car use among young adults—evidence from six industrialized countries.*Transport Reviews*, 32(6), 761-779.
- Milakis, D., Van Arem, B., & Van Wee, B. (2017). Policy and society related implications of automated driving: A review of literature and directions for future research. *Journal of intelligent transportation systems*, 21(4), 324-348.
- Ministère de la Transition Écologique et de la Cohésion des Territoires. BAS-CARBONE, Stratégie Nationale. *Ministère de la Transition énergétique, mis en ligne en 2022*.
- Oakil, A. T. M., Manting, D., & Nijland, H. (2016). Determinants of car ownership among young households in the Netherlands: The role of urbanisation and demographic and economic characteristics. *Journal of transport geography*, 51, 229-235.
- Pudāne, B. (2020). Departure time choice and bottleneck congestion with automated vehicles: Role of on-board activities. *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, 20(4), 306-334.
- Quinet, E. et J.M. Beauvais, J.M. (2025) Vers une refonte de la taxation routière : des bases pour un débat, *Transports urbains*, 2025/2 n° 147, 23-28.
- Rennert, K., Errickson, F., Prest, B. C., Rennels, L., Newell, R. G., Pizer, W., ... & Anthoff, D. (2022). Comprehensive evidence implies a higher social cost of CO₂. *Nature*, 610(7933), 687-692.
- Small, K.A., Verhoef, E.T., Lindsey, R. (2024). *The Economics of Urban Transportation*. Routledge.
- Wadud, Z., MacKenzie, D., & Leiby, P. (2016). Help or hindrance? The travel, energy and carbon impacts of highly automated vehicles. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 86, 1-18.
- Wu, S., & Li, Z. C. (2023). Managing a bi-modal bottleneck system with manned and autonomous vehicles: Incorporating the effects of in-vehicle activity utilities. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 152, 104179.