

Note ouverte à la co-construction citoyenne

Pour une mobilité sobre: la révolution des véhicules légers

Février 2023

SYNTHESE



Aujourd'hui, le système automobile fondé sur la vitesse est devenu insoutenable : des déplacements de plus en plus longs et lointains, des ménages de plus en plus motorisés, des véhicules de plus en plus lourds, des conséquences écologiques considérables, des modes de vies vécus comme trop intenses, mais aussi des inégalités sociales et des coûts pour les individus et la collectivité qui ne peuvent plus être ignorés, notamment après la crise énergétique survenue en 2022.

Face à ces défis, l'électrification des véhicules est aujourd'hui au cœur des politiques publiques qui la considèrent comme le levier prioritaire, notamment pour réduire les émissions de gaz à effet de serre des transports, premier secteur émetteur en France.

Pourtant, l'entrée par la technique ne suffira pas, d'une part parce qu'elle n'apporte pas de réponse aux autres impacts écologiques et sociaux des transports routiers de personnes (étalement urbain, sédentarité, coût économique élevé, etc.), d'autre part parce que l'électrification accentue d'autres pressions environnementales. D'autant plus que le scénario de référence présenté par RTE en 2021 indique que l'électrification des transports sera le premier facteur d'augmentation de la consommation d'électricité à horizon 2050, impliquant de développer à un rythme effréné les énergies renouvelables et/ou le nucléaire. À rebours de la dynamique actuelle consistant à vendre toujours plus de lourds SUV, y compris électriques, une autre voie est possible : organiser la réduction du poids des véhicules.

En complément des transports collectifs, de la marche et du vélo, une nouvelle offre alternative à la voiture doit être développée : les véhicules légers, moins coûteux, dont les besoins en énergie (électrique ou humaine) sont inférieurs, et parfaitement adaptés à de nombreux trajets.

Les véhicules légers existent déjà mais ne sont pas encore suffisamment connus et déployés. Cette note a pour objectif de les présenter et de faire le point sur les actions à mettre en œuvre pour les diffuser.

Ce sont des véhicules de moins de 500 kilogrammes qui roulent généralement à une vitesse maximum de 50 km/h et émettent peu de CO₂, aussi bien lors de leur utilisation, car ils sont mécaniques ou électriques, que sur l'ensemble de leur cycle de vie grâce à une production locale et à une plus grande réparabilité. Ce sont des véhicules qui permettent de faire plus de choses que le vélo (équilibre, vitesse, effort, transport de charges ou de personnes, ...) mais davantage en proximité que la voiture telle qu'on la connaît aujourd'hui. Leur production et leur réparation pourrait s'appuyer sur un système décentralisé et issu d'une hybridation entre l'industrie (pour la production des composants) et l'artisanat (pour l'assemblage et la réparation).

Au-delà de leur conception, pour favoriser le développement d'une mobilité sobre et d'un système modal réellement alternatif à la voiture, ces véhicules légers devront s'inscrire dans une réorganisation du territoire pour limiter le nombre et la portée des déplacements, et dans un nouvel imaginaire de la mobilité abandonnant la vitesse et la performance.

PROPOSITIONS

Pour impulser le développement et la diffusion de véhicules légers, le groupe de travail propose :

1

D'instaurer un véritable bonus-malus sur le poids des véhicules, condition nécessaire à l'essor des véhicules intermédiaires.

2

D'organiser des « rencontres nationales et translocales des véhicules légers ».

3

De mettre en place une « maison de la mobilité » à l'échelle de chaque commune ou intercommunalité selon la taille.

Un véhicule léger...

de quoi s'agit-il ?

Une extension du vélo, plus polyvalente, et une simplification de la voiture, plus sobre.

qui peut s'en servir ?

Les 30% de la population qui pratiquent déjà l'ensemble de leurs activités à moins de 9km de leur domicile ; les 60% de personnes en emploi qui ont des trajets domicile-travail de moins de 9 km ; les 23% de travailleurs effectuant des déplacements professionnels quotidiens ou occasionnels ; les familles avec 2 à 3 enfants ; les personnes à mobilité réduite nécessitant un véhicule plus adapté que le vélo pour se déplacer ; ...

combien ça pèse ?

Moins de 500 kilos.

combien ça coûte ?

De 1 500 à plus de 10 000 euros selon le type de véhicule (autour de 1 500 euros pour un vélo électrique, 3 500 euros pour un vélo cargo, 4 000 pour un triporteur et 10 000 pour une voiturette).

à quelle vitesse peut-on rouler avec ?

Jusqu'à 50km/h.

pour quels usages ?

Pour les déplacements de la vie quotidienne en proximité : aller au travail, faire ses courses, transporter du matériel, accompagner des enfants, des personnes âgées, etc.

quelle motorisation ?

Mécanique ou électrique.

comment les déployer ?

Mettre en place un bonus-malus sur le poids des véhicules, organiser la filière de production et de réparation, mettre à disposition des véhicules légers à l'échelle des collectivités et accompagner les individus dans leurs changements de pratiques.

Signataires

- **Aurélien Bigo** - chercheur indépendant sur la transition écologique des mobilités
- **Frank Daout** - secrétaire fédéral de la Métallurgie CFDT
- **Anne Fuzier** - co-présidente, chargée de projets au Forum Vies Mobiles
- **Frédéric Héran** - enseignant-chercheur en économie à l'Université de Lille, spécialiste des mobilités
- **Samuel Klebaner** - enseignant-chercheur en économie à l'Université Sorbonne Paris Nord, spécialiste de l'industrie automobile
- **Olivier Lefebvre** - enseignant en philosophie des techniques, docteur en robotique, ancien ingénieur spécialisé dans les navettes autonomes
- **Jill Madelenat** - co-présidente, chargée d'études à La Fabrique Ecologique
- **Jean-Marie Robert** - secrétaire national de la Métallurgie CFDT
- **Nora Youcefi** - cofondatrice d'Azimio Field Consulting, autrice d'un rapport sur l'imaginaire des low-tech

Autres membres du groupe de travail

- **Matilin Guillouët** - ancien stagiaire de La Fabrique Ecologique, rapporteur
- **Quentin Mateus** - chargé de projets au Low-tech Lab

Conformément aux règles de La Fabrique Ecologique, seuls les signataires de la note sont engagés par son contenu. Leurs déclarations d'intérêts sont disponibles sur demande écrite adressée à l'association.

Personnes auditionnées

- **Philippe Cabon et Hélène Jacquemin** - membre de l'association IN'VD
- **Yoann Demoli** - maître de conférence en sociologie, Laboratoire Printemps, Université Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines
- **Adrien Despoisse** - fondateur de Veloma
- **Gaël Lavaud** - fondateur et directeur général de Gazelle Tech
- **Vincent Liégy** - ingénieur, chercheur et essayiste
- **Camille Pechoux** - consultante en design actif et santé, co-gérante de Praxie Design

Grands Témoins

- **Emmanuel Hache** - économiste à l'IFPEN, directeur de recherche à l'IRIS, spécialiste des matériaux de la transition écologique et de la géopolitique des ressources naturelles
- **Hélène Jacquemin** - membre d'IN'VD, association œuvrant pour des mobilités alternatives en milieu rural de moyenne montagne

Relecture

Cette note a été discutée par le Comité de lecture de La Fabrique Ecologique, composé de **Nicolas Blanc, Gildas Bonnel, Elyne Etienne, Géraud Guibert, Sandrine Maïsano, Guillaume Sainteny et Lucile Schmid**.

Elle a également été relue et validée par le Forum Vies Mobiles.

Elle a enfin été validée par le Conseil d'administration de La Fabrique Ecologique.

Première publication : Conformément aux règles de La Fabrique Ecologique, cette première publication est mise en ligne sur le site de l'association (<https://www.lafabriqueecologique.fr/>) pour faire l'objet d'une co-construction citoyenne et sur le site du Forum Vies Mobiles (<https://forumviesmobiles.org/recherches/15773/pour-une-mobilite-sobre-la-revolution-des-vehicules-legers>). Chacun peut contribuer à son élaboration, les amendements et les propositions pouvant être intégrés lors d'une deuxième publication de la note à intervenir dans les prochains mois.

Sommaire

Introduction	4
I. Un système automobile devenu insoutenable	6
I. Une mobilité accrue aux conséquences écologiques et sociales colossales	6
A. Des déplacements de plus en plus rapides, de plus en plus longs, et des ménages de plus en plus motorisés.....	6
B. Des modes de vie structurés par la mobilité.....	7
C. Des conséquences écologiques désastreuses	7
D. Les inégalités sociales en matière de mobilité.....	8
E. La voiture : un coût important pour les individus et pour la collectivité	9
F. Des modes de vie trop intenses.....	10
II. Une approche s'appuyant sur le progrès technique et la croissance des déplacements	11
A. Le levier technologique privilégié au détriment de l'évitement des déplacements	11
B. Le véhicule électrique au cœur des politiques publiques de mobilité	13
II. Pour une mobilité sobre et inclusive.....	15
I. Des véhicules légers et ultralégers pour répondre aux besoins	15
II. Le développement d'un système modal, d'un urbanisme, d'un système de production et d'un imaginaire alternatifs pour accueillir les véhicules légers et réduire la portée des déplacements	28
A. Le développement d'un système modal alternatif pour favoriser les véhicules légers.....	28
B. L'aménagement du territoire pour réduire les déplacements contraints	30
C. Un système de production et de réparation alternatif	31
D. Sortir de l'imaginaire de la vitesse et de la puissance	33
III. Recommandations	35
I. Instaurer un véritable bonus-malus sur le poids des véhicules, condition nécessaire à l'essor des véhicules intermédiaires.	35
II. Mettre en place des « rencontres nationales et translocales des véhicules légers »	38
III. Mettre en place une « maison de la mobilité » à l'échelle de chaque commune ou intercommunalité selon la taille	39
Conclusion	40
Bibliographie	42
Annexes.....	45
I. Différentes analyses d'impacts du véhicule électrique	45
II. Une typologie de véhicules intermédiaires	47
III. Les quatre constituants d'un système modal	51

Introduction

Polluante, de plus en plus coûteuse, et pourtant toujours indispensable dans de nombreux territoires, la voiture individuelle reste hégémonique. Son électrification est au cœur des politiques publiques de transition écologique des mobilités. Pourtant, remplacer les moteurs thermiques par des moteurs électriques *toute chose égale par ailleurs* ne suffira pas à réduire suffisamment les nombreuses nuisances associées à la production et à l'usage des véhicules : les émissions de gaz à effet de serre (GES) tout comme la pollution atmosphérique – cette dernière étant pour moitié causée par l'abrasion des freins et des pneus - resteront trop importantes, la fabrication des batteries générera des pollutions nouvelles et délocalisées et une compétition internationale pour l'accaparement des ressources minières, la fatigue et la sédentarité générées par les dizaines d'heures par semaine passées au volant d'une voiture continueront de dégrader les conditions de vie des usagers. De plus, l'hypothèse de *toute chose égale par ailleurs* est bien éloignée de la réalité : le poids des véhicules neufs continue d'augmenter et avec lui les émissions de CO₂ des véhicules, faisant des SUV les véhicules les plus vendus, et les kilomètres parcourus continuent de croître, tandis que le prix des carburants s'envole.

Cette dépendance à la voiture a été engendrée par des décennies d'aménagement du territoire favorisant l'étalement urbain et de productions culturelles et de publicités créant « l'idéologie sociale de la bagnole » (Gorz, 1978). Elle génère aujourd'hui un problème politique majeur : les modes de vie sont organisés autour de véhicules lourds devenus insoutenables écologiquement et en passe de le devenir économiquement pour une grande partie des ménages. En France, le gouvernement, effrayé par la perspective d'un mouvement social de l'ampleur de celui des Gilets Jaunes - initié à l'époque contre l'augmentation du prix des carburants - est prêt à dépenser 7,5 milliards d'euros sur l'année 2022. Il agit à rebours de l'impératif partagé par l'ensemble de la communauté scientifique de stopper les subventions aux énergies fossiles.

Pour sortir de cette impasse, il est indispensable de réduire à la fois les déplacements et le poids des véhicules, impliquant de réduire leurs performances, à rebours des tendances actuelles. Dans le premier cas, il est nécessaire de modifier en profondeur les modes de vie et l'aménagement du territoire, en s'appuyant sur les aspirations des personnes tout en préservant le droit à un exercice concret d'une liberté de mobilité pour tous. Dans le second cas, il faut concevoir des véhicules beaucoup plus légers, éco-conçus, réparables, facilement recyclables, modulables et inclusifs, avec une gamme pensée pour pouvoir être utilisée par des personnes à mobilité réduite, qui sont les parents pauvres des politiques de mobilité.

Cette note met en évidence la diversité des véhicules légers, intermédiaires entre le vélo et la voiture, qui pourraient être utilisés en alternative à cette dernière. Une pluralité de termes est utilisée pour les désigner. Le sujet étant émergent, aucune appellation ne fait consensus ni n'est stabilisée. Le terme « véhicule intermédiaire », de plus en plus utilisé (voir le dossier « L'avenir des véhicules intermédiaires » de la revue Transports urbains¹), donne une définition en creux, par comparaison de ces véhicules avec le vélo et la voiture. Le terme « véhicule low-tech », renvoie au caractère « utile, accessible et durable »² qu'ils peuvent revêtir, mais son anglicisme peut rebuter. Le terme « véhicule léger et ultraléger » permet de faire référence au critère le plus pénalisant écologiquement pour une

¹ L'avenir des véhicules intermédiaires, Transports urbains, 2022/1, n°141

² Définition des low-tech par le Low-tech Lab : <https://lowtechlab.org/fr>

voiture : son poids. L'acronyme LEV (pour *light electric vehicles*) utilisé par un groupement d'industriels européens, restreint les modes intermédiaires aux véhicules électriques. Enfin, le terme « mobilité sobre » permet d'englober la nécessité de repenser les moyens et la finalité des déplacements. Si le choix du terme le plus judicieux pour décrire ces nouveaux engins est si difficile, c'est qu'il convient en réalité de sortir des catégories usuelles de « voiture » et de « vélo ». Alors que certains technophiles aimeraient faire décoller la voiture ou la rendre entièrement autonome, il faudrait à l'opposé la faire « atterrir » au sens de Bruno Latour, c'est-à-dire l'ancrer dans les limites planétaires, aussi bien en termes d'émissions de GES que d'utilisation des ressources. Quant au vélo, qui répond bien aux critères d'une mobilité écologique, il pêche parfois par son manque d'inclusivité et de polyvalence.

Dans une première partie, cette note dresse l'état des lieux d'une mobilité toujours plus écrasante écologiquement et socialement. Dans une seconde partie, elle présente les véhicules légers comme autant d'alternatives écologiques, économiques, inclusives et bonnes pour la santé. Enfin, dans une troisième partie, elle développe trois propositions qui permettraient de mettre en place de réelles alternatives à la voiture individuelle telle qu'on la connaît aujourd'hui qui viendraient en complément des transports en commun, du vélo et de la marche.

I. Un système automobile devenu insoutenable

La possibilité de se déplacer, d'aller travailler ou vivre dans une autre ville ou encore les congés payés qui ont permis à une grande partie de la population de découvrir d'autres régions sont des acquis sociaux importants. Les différents épisodes de confinement plus ou moins stricts ont d'ailleurs montré à quel point la privation de la liberté de se déplacer pouvait être douloureuse et inégalitaire. Pour autant, la mobilité actuelle soulève de nombreux problèmes écologiques et sociaux qu'il convient de prendre au sérieux.

I. Une mobilité accrue aux conséquences écologiques et sociales colossales

A. Des déplacements de plus en plus rapides, de plus en plus longs, et des ménages de plus en plus motorisés

En permettant l'apparition et le développement de modes de transport rapides, train d'abord, puis voiture et avion, la Révolution industrielle a bouleversé notre système de mobilité, comme le montrent notamment les travaux du Forum Vies Mobiles³. Un Français parcourt aujourd'hui 60 kilomètres par jour en moyenne, contre 4 kilomètres au XIX^e siècle, soit quinze fois plus.

La voiture est au cœur de cette révolution de la vitesse. Les villes et les territoires ont été façonnés pour elle, les pouvoirs publics et les industriels ont développé les infrastructures et les normes nécessaires à son déploiement, marginalisant les autres formes de déplacement qui peinent à fournir une alternative efficace. Cela a créé une dépendance à l'automobile aujourd'hui avérée et de plus en plus forte⁴. En 2018, 85 % des ménages possèdent au moins une voiture, contre 77 % en 1990, et 36 % en possèdent plusieurs (INSEE, 2020). En 2008, on comptait 495 véhicules pour 1 000 personnes, contre 505 en 2018 (Cerema, 2022). Près du tiers des ménages disposent de deux voitures en 2018, alors qu'ils étaient moins du quart en 1990 (TNS-Sofres, Parcauto).

Le développement de la voiture s'est appuyé sur un système sociotechnique comprenant des objets technologiques (moteur à explosion, voiture, etc.), des infrastructures et des équipements (routes, parkings, etc.), des formes urbaines (étalement urbain, séparation des fonctions entre les lieux où l'on travaille, où l'on dort, où l'on fait ses courses, etc.), des acteurs économiques (industrie automobile, exploitants pétroliers, etc.), des politiques publiques (fiscalité et réglementation), des pratiques sociales (motifs de déplacements, modes de vie, etc.), des imaginaires, des valeurs et des normes (vitesse associée à la modernité et à la liberté, voiture comme symbole de réussite sociale, injonction à se déplacer pour s'insérer socialement, etc.). La voiture est devenue hégémonique dans les territoires, au détriment des autres modes (piétons, vélos, etc.) et des autres usages (jeux dans la rue, etc.), qui ont été relégués à une portion congrue de la chaussée.

³ <https://forumviesmobiles.org/>

⁴ Entretien avec Yoann Demoli, 5 juillet 2022.

B. Des modes de vie structurés par la mobilité

La possibilité de se déplacer vite, loin et souvent en revenant facilement à son point de départ, que l'on appelle la « mobilité réversible », est devenue une valeur centrale de nos sociétés. Elle structure nos modes de vie. Selon l'Enquête Nationale Mobilité et Modes de Vie (ENMMV) menée par le Forum Vies Mobiles et l'ObSoCo (Observatoire Société et Consommation)⁵, un Français se déplace en moyenne 10 heures par semaine et parcourt 400 kilomètres, soit l'équivalent d'une journée et demie de travail et d'un trajet Paris-Nantes par semaine (cf. Figure 1). La mobilité est structurée par le travail, premier motif de déplacement des Français : les personnes en emploi parcourent en moyenne 500 km par semaine et y consacrent près de 12 h, contre 7 h pour les personnes hors emploi.

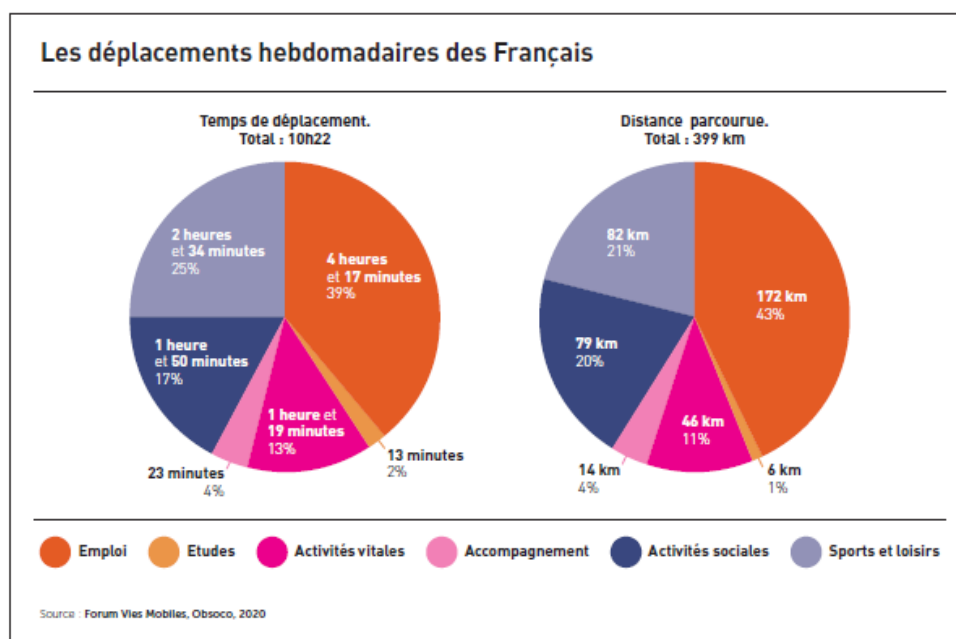


Figure 1 – Les déplacements hebdomadaires des Français.
Source : Forum Vies Mobiles, Obsoco, 2020.

C. Des conséquences écologiques désastreuses

Les impacts écologiques des transports sont colossaux. Le secteur des transports est le premier secteur émetteur de gaz à effet de serre en France, avec 31 % des émissions en 2021 (transports intérieurs hors international)⁶. C'est le seul secteur dont les émissions continuent d'augmenter : +9.5 % en 2019 par rapport à 1990. La moitié de ces émissions sont imputables à la voiture, qui représente 15.9 % de l'ensemble des émissions nationales tous secteurs confondus en 2021. D'après le Cerema (2022), les émissions des voitures neuves ne baissent plus depuis 2016, pour deux raisons : d'une part le retour de l'essence et d'autre part l'arrivée massive des SUV, qui pèsent environ 200 kg de plus qu'une voiture standard, qui ont constitué la deuxième source de croissance des émissions de gaz à effet de serre (GES) en France dans les dix dernières années et qui ont vu leurs ventes multipliées par 7 en dix ans. Ce type de véhicules génère des marges importantes pour les constructeurs, contrairement aux plus petites voitures. Plus généralement, la tendance est à la hausse du poids des véhicules, qui a augmenté

⁵ Forum Vies Mobiles, ObSoCo, « Enquête Nationale Mobilité et Modes de vie », 2020.

<https://forumviesmobiles.org/recherches/12796/enquete-nationale-mobilite-et-modes-de-vie>

⁶ <https://www.citepa.org/fr/secten/>

d'environ de 450 kg en 60 ans selon l'Argus, en lien avec l'adaptation aux réglementations de sécurité, avec l'apport d'équipements supplémentaires comme les systèmes de climatisation, ou encore avec les effets pervers du lobbying dans la négociation des limitations de gaz à effet de serre : en 2009, sous la pression des constructeurs allemands, les objectifs CO2 des constructeurs sont adaptés au poids moyen des véhicules vendus, ce qui incite à l'alourdissement (Klebaner, 2020).

Outre les émissions de gaz à effet de serre, les voitures émettent des polluants locaux (notamment les NOx et les particules fines), responsables de plus de quarante-cinq mille décès chaque année⁷. En Ile de France, la pollution de l'air, générée principalement par le chauffage au bois et le trafic routier, a été responsable d'un décès sur 10 en 2019 (Observatoire Régional de Santé, 2022). D'après cette étude, « le transport routier est le principal contributeur aux émissions de NOx avec plus de la moitié (53 %) des émissions franciliennes ».

Si les émissions de gaz à effet de serre et la pollution atmosphérique sont les plus évoquées à l'heure actuelle, il importe de considérer l'ensemble des conséquences écologiques de la voiture : pollution des eaux et des sols, pollution sonore, empreinte foncière démesurée⁸, fragmentation des espaces, artificialisation des sols, dégradation des paysages, atteintes à la biodiversité, etc. Il n'existe pas à l'heure actuelle de revue systématique et exhaustive des conséquences écologiques et sanitaires du système automobile tel qu'il existe aujourd'hui. De récents travaux scientifiques indiquent que les conséquences sanitaires des polluants générés par les véhicules sont sous-évaluées et sous-médiatisées. Par exemple, d'après Januel et Stankoff (2019), la pollution atmosphérique peut atteindre le système nerveux central et une exposition chronique à cette pollution est un facteur de risque pour les AVS, la maladie d'Alzheimer, la maladie de Parkinson ou encore la sclérose en plaques. Les chercheurs soulignent la nécessité de mener des travaux épidémiologiques sur une longue période. Une étude publiée dans The Lancet en 2019 évalue l'impact des polluants routiers sur l'asthme pédiatrique. Chaque année, à l'échelle mondiale, la pollution au NO2 d'origine routière provoque 4 millions de nouveaux cas d'asthme, soit 16% de l'ensemble des nouveaux cas. A Paris, un tiers des nouveaux cas d'asthme est causé par la pollution routière (Achakulwisut et al., 2019).

D. Les inégalités sociales en matière de mobilité

Tout le monde n'a pas le même accès à la mobilité. Avec l'ENMMV, le Forum Vies Mobiles a montré qu'entre les Français qui se déplacent le moins et ceux qui se déplacent le plus, les écarts vont de 1 à 30 pour le temps passé à se déplacer : à peine 10 minutes par jour pour ceux qui se déplacent le moins, contre près de 5 h par jour pour les plus mobiles.

Les plus riches et les plus diplômés se déplacent plus et plus vite que les autres. Ils y consacrent plus de temps et parcourent des distances supérieures (ENMMV). La mobilité dans le cadre du travail, plus fréquente et plus lente, concerne davantage les classes populaires. En 2018, le mouvement des Gilets Jaunes avait rappelé les fortes dépendances à la voiture pour une partie de la société. Si une partie de la population ne peut se déplacer aussi librement qu'elle le souhaiterait, à l'inverse beaucoup de personnes sont contraintes de se déplacer bien plus qu'ils ne le voudraient et dans des conditions de confort médiocres. On pense par exemple aux travailleurs modestes qui ne peuvent pas se loger à proximité de leur travail et sont contraints à de longs déplacements pendulaires. L'injonction à « bouger pour s'en sortir », à se déplacer pour trouver du travail ou effectuer des démarches

⁷ « Rapport annuel 2016 de Santé Publique France : une année au service de la santé des populations », santepubliquefrance.fr, 2017.

⁸ A Paris, la moitié de l'espace public est consacré à la voiture

Source : https://www.lemonde.fr/les-decodeurs/article/2016/11/30/a-paris-la-moitie-de-l-espace-public-est-reservee-a-l-automobile_5040857_4355770.html

administratives pour l'insertion, pèse ainsi particulièrement sur les plus modestes dont les choix résidentiels sont particulièrement contraints.

E. La voiture : un coût important pour les individus et pour la collectivité

La possession et l'usage des véhicules thermiques sont coûteux, et le seront sans doute de plus en plus avec l'augmentation du prix des carburants, avec des disparités géographiques et sociales très importantes. Beauvais (2020) distingue deux types de coût : le coût marginal, qui est celui ressenti par le conducteur et qui comprend le carburant et le stationnement, et le coût complet, qui comprend l'amortissement du véhicule, l'assurance, le coût d'entretien et de réparation, etc. Son travail montre qu'en 2018, le coût marginal de la voiture est compris entre 7⁹ et 11 centimes d'euros par voyageur.km, soit légèrement plus faible que le TER dans le premier, tandis que le coût complet s'élève à 35 centimes d'euros par voyageur.km. La voiture est donc moins chère que les transports en commun si l'on se base sur le coût marginal, ce qui est ressenti par le conducteur, ce qui explique en partie sa très large diffusion dans la population. Pourtant, si l'on considère le coût complet, sans prendre en compte les externalités environnementales et sociales, la voiture coûte plus cher que les transports en commun. Ces résultats portent sur des données de 2018, et mériteraient d'être actualisés afin de prendre en compte le renchérissement du prix des carburants. D'après une enquête de l'INSEE (2021), les ménages consacrent 14% de leur revenu à la voiture, avec des inégalités très fortes en fonction du revenu : les 10% les plus modestes consacrent 21% de leur revenu disponible aux transports, contre 11% pour les 10% les plus aisés.

Paradoxalement, la voiture est donc relativement peu chère à l'usage et pourtant, elle génère différentes situations de précarité. D'après une étude publiée en avril 2022 par Wimoov et la Fondation pour la Nature et l'Homme¹⁰, 13,3 millions de Français sont concernés par la « précarité mobilité ». Cette précarité mobilité entraîne notamment des conséquences en termes de renoncement, qu'il s'agisse de renoncer à une offre d'emploi (28 % des demandeurs d'emploi ont renoncé au moins une fois à un emploi pour des raisons de mobilité), à des activités de loisir (23 % des étudiants ont renoncé à des activités de loisir à cause de leur précarité mobilité), voire à des soins (42 % des séniors ayant exprimé un renoncement l'ont fait au moins une fois pour des rendez-vous médicaux).

Depuis le déclenchement de la guerre en Ukraine et la hausse du prix des carburants qu'il a engendré, la situation a empiré et devient critique pour un certain nombre de ménages. Au renchérissement du prix des carburants s'est ajouté l'augmentation du prix du gaz et de l'électricité. À la suite de ce renchérissement, le gouvernement français a mis en place une remise sur les carburants afin de limiter l'augmentation des prix et les possibles mouvements sociaux que cette hausse aurait pu engendrer. Sur l'année 2022, l'État aura dépensé près de 7.5 milliards d'euros dans cette mesure, soit l'équivalent de 15 % du budget dédié à la transition écologique des transports ou encore l'équivalent de 150 000 km de pistes cyclables¹¹.

Si la voiture pèse lourdement sur le budget des ménages, elle est également une charge financière pour l'ensemble de la collectivité. Une étude de la direction générale du Trésor (Bergerot, Comolet, et Salez, 2021) révèle que plus des deux tiers du coût des nuisances liées aux transports routiers sont supportés par la collectivité.

⁹ Tous les chiffres cités dans ce paragraphe concernent les déplacements de courte distance (inférieurs à 80km). L'auteur a également fourni des estimations pour les déplacements de longue distance.

¹⁰ <https://barometremobilites-quotidien.org/>

¹¹ https://www.lemonde.fr/les-decodeurs/article/2022/10/14/7-5-milliards-d-euros-de-ristournes-sur-les-carburants-qu-aurait-on-pu-faire-avec-une-telle-somme_6145837_4355770.html

Enfin, non seulement la collectivité supporte les pollutions générées par le transport routier, mais elle contribue largement au soutien de l'industrie automobile. Le plan de relance consécutif à la pandémie de covid 19 a massivement soutenu l'industrie automobile, à hauteur de 8 milliards d'euros et en particulier la mobilité *high-tech*, à hydrogène, électrique, autonome ou connectée.

F. Des modes de vie trop intenses

Enfin, la mobilité rapide qui s'est imposée dans nos modes de vie est une source de fatigue et de stress considérables. Selon une enquête du Forum Vies Mobiles de 2015, 80 % des Français trouvent que le rythme de vie dans la société actuelle est trop rapide. 82 % souhaitent personnellement ralentir¹².

Tous ces éléments rendent nécessaire une nouvelle approche de la mobilité, qui doit prendre en compte les enjeux écologiques tout en continuant à garantir la liberté de se déplacer.

¹² Forum Vies Mobiles, ObSoCo, « Aspirations liées à la mobilité et aux modes de vie – enquête internationale », 2016. <https://forumviesmobiles.org/recherches/3240/aspirations-liees-la-mobilite-et-aux-modes-de-vie-enquete-internationale>

II. Une approche s'appuyant sur le progrès technique et la croissance des déplacements

L'Accord de Paris de 2015 sur le climat vise à limiter le réchauffement climatique à un niveau inférieur à 2°C par rapport au niveau préindustriel. Pour cela, la France s'est fixé une feuille de route, la Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC) qui vise la neutralité carbone à l'horizon 2050. Cela passe notamment par la décarbonation du secteur des transports qui, comme on l'a vu, est le premier secteur émetteur de gaz à effet de serre en France. Le respect des objectifs que la France s'est fixés implique de diviser par 33 les émissions du secteur entre 2019 et 2050, comme l'illustre la Figure 2. C'est un défi considérable, notamment parce que cela implique une sortie du pétrole qui représente plus de 90 % des consommations d'énergie du secteur¹³.

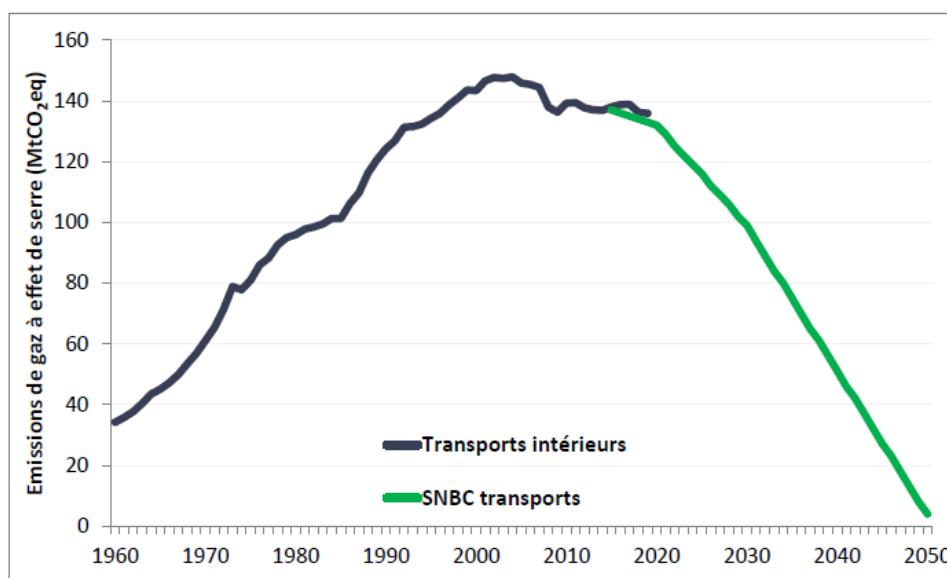


Figure 2 - Emissions des transports depuis 1960, et objectif de décarbonation des transports d'ici 2050
Source : Bigo (2022)

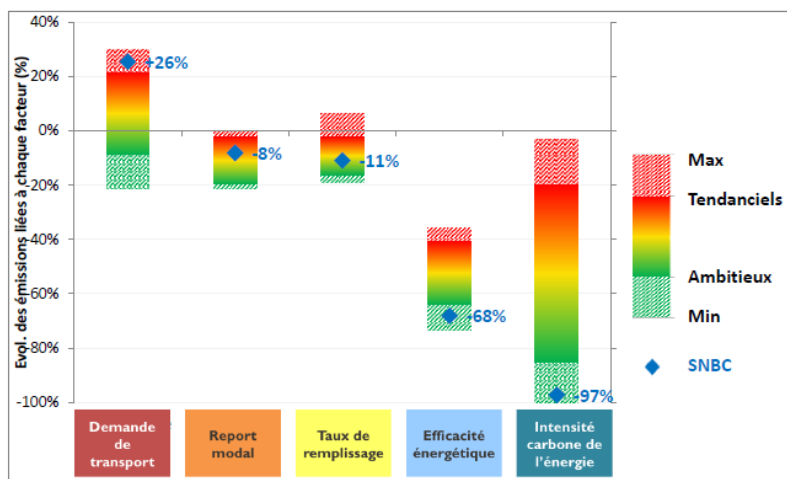
A. Le levier technologique privilégié au détriment de l'évitement des déplacements

Les principaux leviers de réduction des émissions liées aux transports sont résumés dans la typologie « *avoid, shift, improve* » (éviter, reporter, améliorer) utilisée notamment par l'ONU. Ce cadre de pensée considère que le levier de l'évitement (se déplacer moins) est prioritaire sur celui du report modal, qui est lui-même prioritaire sur celui de l'amélioration des performances énergétiques des véhicules. Pourtant, en France comme à l'échelle internationale, cette hiérarchie des leviers d'action est inversée au profit de l'amélioration technologique¹⁴, comme l'illustre le cas de la SNBC qui met avant tout l'accent sur les solutions techniques (cf. Figure 3), notamment l'amélioration de l'efficacité énergétique et de l'intensité carbone de l'énergie, en considérant que la demande de transport continuera d'augmenter.

¹³ Aurélien Bigo, « Stratégie nationale bas-carbone : peut-on faire l'économie d'un ralentissement des mobilités ? », Forum Vies Mobiles, 2020. <https://forumviesmobiles.org/jeunes-chercheurs/13345/strategie-nationale-bas-carbone-peut-faire-leconomie-dun-ralentissement-des-mobilites>

¹⁴ Jean-Baptiste Frétigny, Caroline Boulloc, Pierre Bocquillon, Laure Cazeaux, Damien Masson, « Réduire l'empreinte carbone de la mobilité : quelles politiques en France ? », Forum Vies Mobiles, 2020. <https://forumviesmobiles.org/recherches/12424/reduire-lempreinte-carbone-de-la-mobilite-queelles-politiques-en-france>

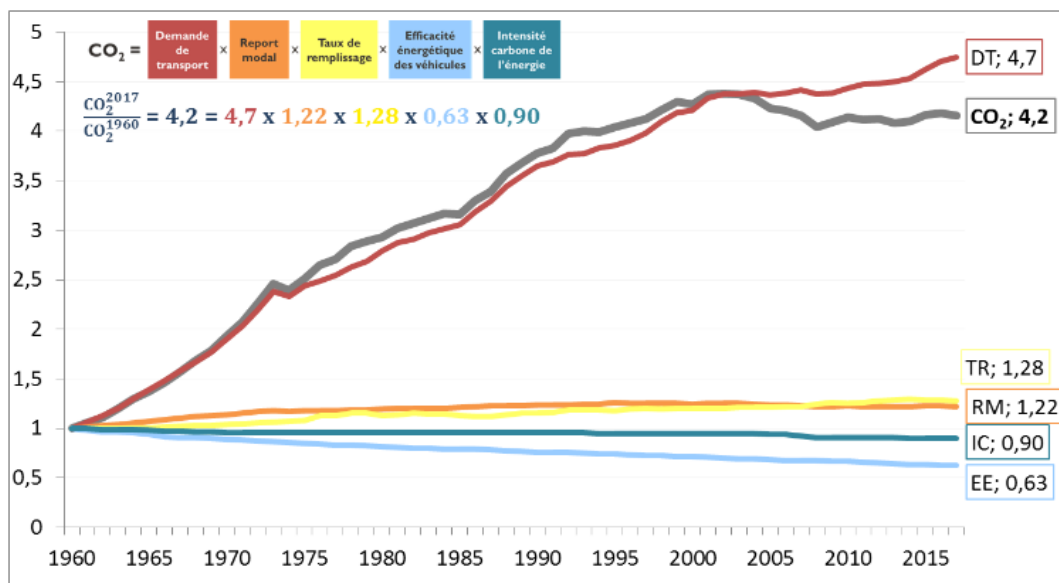
Scénarios Voyageurs : Tendanciels vs. Ambitieux



Décomposition des émissions de CO₂ des scénarios de transport de voyageurs jusqu'à 2050 (forme multiplicative ; 4 scénarios tendanciels en rouge, 4 les plus ambitieux par facteur en vert, SNBC en bleu)

Figure 3 - Les différents leviers de décarbonation
Source : Bigo (2020)

Le levier de l'évitement des déplacements, donc la limitation de la demande de mobilité, est un angle mort des politiques publiques, alors même que la multiplication par plus de 4 des émissions de CO₂ du secteur des transports depuis les années 1960 est directement corrélée à la hausse de la demande de transport, comme le montre la Figure 4 : la courbe de la demande de transport suit de près celle de l'évolution des émissions de CO₂, tandis que les autres leviers étudiés semblent avoir un impact très faible sur les émissions.



Décomposition de l'évolution des émissions de CO₂ du transport de voyageurs de 1960 à 2017

Figure 4 – Décomposition de l'évolution des émissions de CO₂ du transport de voyageurs de 1960 à 2017.
Source : Aurélien Bigo, 2020.

Cela résulte de politiques publiques qui ont eu pour effet d'accroître le nombre de kilomètres parcourus, en augmentant l'offre de transports en commun, en améliorant l'efficacité énergétique des moteurs, en finançant des infrastructures de transport bénéficiant aux modes les plus polluants, voiture et avion, en favorisant un allongement des distances à parcourir au quotidien (étalement

urbain, centres commerciaux en périphérie des villes, etc.)¹⁵, et en augmentant la vitesse des déplacements qui a conduit à l'augmentation des distances parcourues.

B. Le véhicule électrique au cœur des politiques publiques de mobilité

Le véhicule électrique est au cœur de la politique de décarbonation des transports portée par les pouvoirs publics¹⁶. Alors que les voitures électriques ont représenté 10 % des ventes de véhicules neufs en 2021, l'objectif est d'atteindre 100 % des ventes en 2035 (France Stratégie, 2022).

L'analyse critique des potentiels écologiques de la voiture électrique se fait dans un contexte complexe : d'un côté, la voiture électrique bénéficie du soutien symbolique et économique du gouvernement. De l'autre, différents acteurs économiques, notamment l'industrie pétrolière ou les constructeurs n'ayant pas pris suffisamment tôt le virage de l'électrique, critiquent ouvertement le véhicule électrique sur des bases infondées, dans une tentative de décrédibiliser une alternative à la voiture thermique. Sans viser l'exhaustivité, il convient de rappeler quelques points concernant la durabilité de la voiture électrique en se basant sur des faits documentés.

Depuis plusieurs années, de nombreuses études fondées sur des analyses de cycle de vie du véhicule électrique ont mis en évidence des impacts écologiques importants, parfois supérieurs à ceux des véhicules thermiques en ce qui concerne la pollution atmosphérique, la pollution des eaux ou encore la toxicité humaine (cf. les graphiques produits par l'Agence européenne de l'environnement en annexe 1). Même en se limitant à la question climatique, le bilan carbone du véhicule électrique peut être plus élevé que celui du véhicule thermique dans un pays où la production d'électricité est fortement carbonée. Les bonnes performances du véhicule électrique sont conditionnées à l'utilisation d'une électricité bas carbone. Sur la pollution atmosphérique en phase d'utilisation, les performances du véhicule électrique sont meilleures que celles des véhicules thermiques mais l'impact de ce véhicule reste conséquent, puisqu'à l'heure actuelle, une grande partie (près de la moitié) de la pollution par les particules est causée par l'abrasion de la chaussée, des freins et des pneus¹⁷. L'abrasion des pneus est par ailleurs responsable d'environ 28 % des microplastiques déversés dans l'océan chaque année. Sur ce point, l'Ademe (2022b) rappelle que toute chose égale par ailleurs, une voiture électrique est plus lourde que son équivalent thermique à cause de la présence de la batterie, ce qui aggrave l'abrasion des pneus. En revanche, le freinage régénératif peut limiter l'usure des plaquettes de freins.

De plus, sur la question de la disponibilité en métaux, une étude de l'Agence Internationale de l'Energie (AIE) montre que le véhicule électrique est bien plus gourmand que le véhicule thermique (cf. annexe 1). En outre, l'extraction des métaux nécessaires à la fabrication des batteries nécessite de multiplier les mines, avec des conséquences délétères sur les écosystèmes et les communautés locales. C'est dans les pays du Sud que les impacts seront les plus forts (pollutions des sols, de l'eau, destruction de

¹⁵ Aurélien Bigo, « Stratégie nationale bas-carbone : peut-on faire l'économie d'un ralentissement des mobilités ? », Forum Vies Mobiles, 2020. <https://forumviesmobiles.org/jeunes-chercheurs/13345/strategie-nationale-bas-carbone-peut-faire-leconomie-dun-ralentissement-des-mobilites>

¹⁶ Le candidat Emmanuel Macron défendait la voiture électrique en leasing social à 100 €/mois afin de généraliser l'usage de cette dernière.

¹⁷ En ce qui concerne la pollution atmosphérique, qui provoque environ 40 000 décès chaque année en France, une étude de l'Ademe (2022) montre que les véhicules électriques tels que conçus aujourd'hui émettent une quantité importante de particules fines. L'Ademe estime qu'il n'existerait pas d'écart « significatif » entre les véhicules électriques les plus autonomes (disposant donc d'une batterie plus lourde) et les véhicules thermiques récents disposant d'un filtre à particule. A l'heure actuelle, l'abrasion des pneus et des freins est devenue la principale source de pollution atmosphérique d'un véhicule, devant les gaz d'échappement. A l'échelle européenne, plus de la moitié des particules générées par les véhicules proviendraient de l'abrasion des pneus et des freins. Face à ce constat, l'Ademe (2022) affirme qu'« il est indispensable d'associer à l'électrification du parc d'autres actions pouvant faciliter l'atteinte de la neutralité carbone ayant des bénéfices sur les PHE¹⁷ : allègement des véhicules, développement de l'éco-conduite et des modes actifs ».

la biodiversité, expropriation de communautés locales, recours au travail d'enfants ou au travail forcé, etc.), mais des projets controversés sont également annoncés dans les pays du Nord.

En outre, une électrification de l'intégralité du parc automobile mondial n'est tout simplement pas possible si l'on considère la disponibilité des ressources. Une lettre publiée par des scientifiques du Muséum d'histoire naturelle britannique rappelle que « *pour atteindre les objectifs du Royaume-Uni en matière de développement du véhicule électrique à horizon 2050, il est nécessaire de produire juste un peu moins du double de la production annuelle mondiale de cobalt, la production annuelle mondiale de neodymium, les trois quarts de la production annuelle mondiale de lithium et 12 % de la production annuelle mondiale de cuivre* »¹⁸.

Enfin, un épisode inédit soulève la question de la vulnérabilité des véhicules électriques au changement climatique. En effet, cet été, pour faire face aux fortes chaleurs qui menaçaient le réseau électrique, le gouvernement de Californie a interdit la recharge des véhicules électriques sur certains créneaux horaires (notamment entre 16 h et 21 h)¹⁹.

Surtout, la voiture électrique ne change rien à certains maux de la voiture : la consommation d'espace, le temps passé au volant et la fatigue que cela génère ou encore la sédentarité, avec des impacts sur la sécurité routière. De plus, elle est coûteuse financièrement.

Il faut donc électrifier des véhicules beaucoup plus légers et les utiliser de manière plus sobre (*cf. infra*). L'Ademe a rendu en octobre 2022 son avis sur la question des voitures électriques. L'agence montre que les voitures électriques ne sont performantes en termes d'émissions de CO₂ que si la taille de la batterie – et donc celle du véhicule – est faible. Un SUV électrique ne sera moins polluant qu'un véhicule thermique qu'au bout de 100 000 km, ce qui n'incite pas à la sobriété des déplacements. Ainsi, selon elle, les voitures électriques devront être bien plus légères que les véhicules actuels, et notamment que les véhicules les plus vendus, les SUV. L'Ademe conclut ainsi : « *répliquer le modèle d'utilisation du véhicule thermique sur le véhicule électrique ne suffira donc pas. La voiture électrique ne remplacera pas le véhicule thermique sur tous les usages [...] Plus généralement, pour tous nos déplacements (quotidien et longue distance), le véhicule électrique n'est pas neutre en carbone, il convient donc avant tout de réinterroger la place de l'automobile dans nos déplacements (sobriété et report modal) et de faire du véhicule électrique une brique parmi une offre de services de mobilité plus large et diversifiée* »²⁰. Autrement dit, l'électrification des véhicules est une condition nécessaire mais non suffisante. Il est indispensable de réduire très fortement le poids des véhicules électriques (*cf. infra*).

Ainsi, l'Ademe a lancé en 2022 l'« eXtreme Défi », dont l'objectif est « la conception, l'expérimentation et l'industrialisation de véhicules dix fois plus légers, dix fois moins puissants, dix fois moins chers et dix fois moins impactants sur l'environnement » (Ademe, 2022b).

À côté de ces expérimentations, de nombreux véhicules légers et ultralégers existent déjà, à l'état de prototypes ou de produits disponibles à la vente. La partie 2 présente ces différents véhicules et revient sur les co-bénéfices qu'ils engendrent et sur les conditions d'émergence de ces alternatives à la voiture individuelle.

¹⁸ Traduction des auteur.rices.

Source : <https://www.nhm.ac.uk/press-office/press-releases/leading-scientists-set-out-resource-challenge-of-meeting-net-zero.html>

¹⁹ https://reporterre.net/Face-a-la-canicule-la-Californie-interdit-en-partie-la-recharge-des-voitures-electriques?fbclid=IwAR3VpvVa6lj0z76h9WA-OHDr272MAIOBwqusJOeTj0fAUNwmEr1H6E6-Qjc&utm_source=pocket_mylist

²⁰ (Ademe 2022b)

II. Pour une mobilité sobre et inclusive

I. Des véhicules légers et ultralégers pour répondre aux besoins

La partie précédente a mis en évidence la nécessité de reconsidérer la place accordée à la voiture et plus généralement aux déplacements. Comme on l'a vu, le poids croissant des véhicules est un des problèmes majeurs, puisqu'il ne cesse d'augmenter depuis les années 1960, ce qui engendre une hausse des émissions liées à la fois à leur production et à leur usage.

Il importe donc de concevoir des véhicules beaucoup plus sobres que les voitures individuelles classiques afin de réduire l'empreinte écologique des déplacements. Une multitude de véhicules légers et ultralégers, intermédiaires entre le vélo et la voiture pourrait répondre à la plupart des usages. Ces véhicules peuvent être uniquement musculaires ou fonctionner avec une assistance électrique, et peuvent être munis de deux, trois ou quatre roues. Les modes passifs, qui reposent sur l'utilisation d'une assistance électrique, restent moins polluants que la voiture thermique car ils sont tout simplement moins lourds et consomment donc beaucoup moins d'énergie. En effet, une voiture transporte principalement son propre poids (90% de la masse transportée par une voiture est celle des matériaux qui la constituent). Les modes intermédiaires sont, eux, beaucoup plus légers : un vélomobile pèse environ 32kg, et est 110 fois plus efficace énergétiquement qu'une voiture classique. Ces véhicules intermédiaires entre vélo et voiture pèsent moins de 500 kg (cf. Annexe 2), alors que le poids moyen d'une voiture neuve est d'environ 1 200 kg²¹.

En réalité, seule l'imagination et les contraintes physiques limitent la forme de ces véhicules. Il peut exister des centaines, voire des milliers de véhicules différents, en fonction des usages envisagés. Cela dit, ils doivent répondre à certains critères, notamment de stabilité, de fiabilité ou de performance. L'annexe 0 dresse une typologie de ces véhicules et en illustre quelques-uns. Il est important de noter que si certains modèles sont disponibles à la vente, d'autres ne sont disponibles que sous la forme de prototypes. Il est donc nécessaire d'organiser l'émergence de cette filière de nouveaux véhicules. L'annexe 2 illustre différentes catégories de véhicules intermédiaires.

On constate qu'il s'agit à la fois de diversifier l'objet « vélo », afin de le rendre plus polyvalent, et de « simplifier » l'objet « voiture », afin de le rendre plus sobre. Cela ne signifie pas revoir à la baisse les exigences de sécurité, mais supprimer certains accessoires liés au confort et aux loisirs, et surtout brider la puissance et le poids des véhicules.

La plupart des véhicules présentés en Annexe 2 sont particulièrement adaptés pour répondre à de nombreux besoins qui nécessitent aujourd'hui de recourir à la voiture, tout en permettant un rapport poids du véhicule/poids transporté bien supérieur à la voiture et par conséquent, une meilleure efficacité énergétique, avec une amélioration pouvant aller d'un facteur 2 pour la voiturette électrique par rapport à une voiture électrique standard, à un facteur 50 pour le vélomobile (Héran et Sivert, 2022).

²¹ <https://carlabelling.ademe.fr/chiffrescles/r/evolutionMasseMoyenne>

- **Les déplacements de courte portée**

L'ENMMV, citée plus haut, montre que 30 % de la population pratique l'ensemble de ses activités à moins de 9 kilomètres de son domicile et pourrait donc potentiellement vivre sans voiture au quotidien. Une enquête de l'Ademe (2022c) datant de 2022 montre même que pour 78% des français, il est « facile » d'accéder aux principaux services de base depuis l'endroit où ils habitent (médecins, bureaux de poste, transports, commerces indispensables, etc.). D'après l'ENMMV, près de 60 % des personnes en emploi ont des trajets domicile-travail de moins de 9 km. Or 36 % d'entre eux utilisent exclusivement la voiture pour ces trajets. Si le vélo classique pourrait permettre de parcourir une distance de 9 km entre 30 et 45min, celles et ceux qui ne peuvent pas utiliser un vélo classique, qui doivent aller plus vite, faire moins d'effort physique ou encore disposer d'une protection contre les intempéries peuvent avoir recours à plusieurs types de véhicules légers. Par exemple, le vélo électrique leur permettrait de parcourir la même distance en un peu moins de 20 minutes tout en gardant une mobilité active ; les tricycles (électriques ou non) offrent une plus grande stabilité ; les vélos voitures, dont il n'existe encore que quelques modèles en cours de prototypage, permettent d'être protégé des intempéries et offrent un petit espace de stockage et la possibilité de véhiculer une personne supplémentaire.



Karbikes © Karbikes

Prix : 10 000€ ; poids à vide : 80 kg, charge utile max : 300 kg ; état : prototype, fabrication prévue à la fin de l'année

- **Les déplacements de longue portée**

À côté de ces déplacements de courte portée, une grande partie de la population doit parcourir un nombre élevé de kilomètres au quotidien. D'après l'ENMMV, 23 % de la population pratique ses activités habituelles (travail, courses, santé, accompagnement, activités sociales, sports et loisirs) à plus de 30 kilomètres de son domicile et 27 % des Français pratiquent au moins une activité habituelle à plus de 80 km de chez eux. En particulier, les activités liées au maintien des relations sociales et notamment familiales impliquent des distances plus importantes (46 km en moyenne pour les visites à la famille). Il est donc difficile de se passer de la voiture au quotidien, tout particulièrement dans les espaces périurbains et ruraux où les distances sont plus importantes, où la desserte en transports

collectifs est lacunaire et où les dénivelés peuvent être importants. Les mini-voitures, tricycles ou quadricycles, qui disposent d'un moteur et nécessitent le permis B1, permettent d'atteindre des vitesses élevées (jusqu'à 90 km/h). Leur carrosserie offre une protection contre les intempéries et elles permettent de transporter une personne supplémentaire, ce qui permet par exemple d'accompagner une personne âgée pour des démarches de santé.



Vélo-voiture commercialisé par Midipile © Midipile

Prix : disponible à la location, tarif en fonction des options ; Poids à vide : 100 kg ; Etat : en cours de commercialisation (production en série à partir de 2023).

- **Les déplacements dans le cadre du travail**

L'enquête met également en lumière l'importance des déplacements effectués dans le cadre du travail : 40 % des Français en emploi sont mobiles dans le cadre de leur travail. Il peut s'agir des travailleurs mobiles (chauffeurs de bus, livreurs, etc.) qui représentent plus du quart de la population en emploi et parcourent en moyenne 92 km par jour pour leur travail, mais aussi des personnes ayant des déplacements professionnels quotidiens ou occasionnels (dépanneurs, aides à domicile, commerciaux, etc.). Ces derniers représentent 23 % de la population en emploi et parcourent en moyenne 45 km par jour pour leur travail. Beaucoup ont besoin de transporter du matériel, ce qui rend là aussi la voiture ou les véhicules utilitaires souvent indispensables. Les voiturettes, mini-voitures ou les vélo-cargos peuvent répondre à certains besoins des professionnels devant transporter du matériel. L'association Les Boîtes à Vélo - France propose un annuaire des professionnels utilisant le

vélo, les vélos cargos et/ou des remorques comme moyen de déplacement pour leur travail. Les professionnels recensés, au nombre de 403 en novembre 2022 sont très variés : collecte et valorisation de biodéchets (Compost Héros à Montpellier), logistique événementielle (Cyclologic à Rennes), plomberie (Plombicycle à Rezé), paysagiste (Les paysagistes à vélo, Strasbourg), libraire à vélo (La libricyclette, Marigny), menuiserie (Atelier Clairebois, Talence), serrurerie (Serrurerie Clé de Fa, Nantes) ou encore coiffure à domicile (Marie-Christine Laborde, Tarnos). Elle propose également un catalogue de vélos cargos et de remorques disponibles à la vente, pour des prix allant de 850 € pour une petite remorque à 13 280 € pour le tricycle le plus cher, et pouvant transporter jusqu'à 350 kg de matériel (charge utile maximum).



Vélo cargo commercialisé par Florian's bikes adapté au métier d'artisan ou de commerçant ©

Florian's bikes,

Prix : à partir de 11 900 € ; Poids à vide : 150 kg ; Charge utile max : 100 kg ; Etat : disponible dans le commerce



Vélo-cargo commercialisé par Tout en vélo © Les Boîtes à Vélo - France

Prix : à partir de 3 500 € ; Poids à vide : 60 kg ; Charge utile max : 300 kg ; Etat : disponible dans le commerce



Triporteur de la marque Kiffy, qui présente une attache remorque © Les Boîtes à Vélo - France

Prix : à partir de 4 165 € ; Poids à vide : 30 kg ; Charge utile max : 90 kg ; Etat : disponible dans le commerce

- **Les déplacements à plusieurs**

Il faut également prendre en compte les besoins des familles ; il est nécessaire de permettre aux 34 % de familles²² (couples avec enfant(s) ou familles monoparentales) de se déplacer au moyen de véhicules légers. On peut également penser aux personnes qui aujourd'hui privilégient la voiture pour pouvoir inclure à leurs déplacements des courses ou encore l'accompagnement d'un enfant ou d'une personne âgée. C'est notamment le cas des femmes, encore aujourd'hui en charge de la majorité des tâches ménagères et familiales²³ et dont les déplacements sont souvent caractérisés par le chaînage des activités (travail, courses, accompagnement des enfants, etc.). Ces déplacements demandent toute une organisation et un équipement important. Pour ces raisons, les mères ont tendance à privilégier la voiture quand elles y ont accès, et elles sont plus réticentes que les hommes à y renoncer au profit de modes de transport plus durables²⁴. Là encore, en fonction de la distance à parcourir et du type de territoire, plusieurs options sont disponibles : bi ou triporteurs, vélo-voiture, voiturette, etc.

Il existe déjà des véhicules légers permettant d'accueillir un adulte ou plusieurs enfants. Mais pour les familles ou les groupes qui ont besoin d'un véhicule pouvant accueillir plus de trois personnes, il existe des voitures très légères permettant de disposer de 5 places. C'est ce que propose la start-up Gazelle Tech, fondée par Gaël Lavaud, qui, partant du constat que 75 % de la consommation d'un véhicule est lié à son poids, a conçu un véhicule disposant d'une carrosserie autoporteuse en matériaux composite, permettant de réduire drastiquement le poids du véhicule tout en conservant un certain niveau de confort et de sécurité. Le véhicule pèse 850 kg et permet de transporter 5 personnes. Électrique, il dispose d'une autonomie de 180 km. Il est néanmoins nécessaire d'exiger que les impacts environnementaux de ces véhicules soient les plus réduits possibles sur l'ensemble du cycle de vie.

Les déplacements pour se rendre à l'école constituent un gisement important pour l'utilisation des véhicules intermédiaires. En effet, une grande partie des enfants sont accompagnés à l'école en voiture (37% pour le cycle primaire, 31% pour l'ensemble des primaires et des secondaires)²⁵, et pour 31% des maternelles et 36% des primaires, le trajet est réalisé uniquement dans ce but, les parents retournant à leur domicile ensuite. Respectivement 55% (maternelles) et 49% (primaires) des trajets font moins de deux kilomètres et respectivement 26% et 25% font entre 2 et 5km. Seulement 3% de ces trajets sont effectués à vélo (contre 76% aux Pays-Bas pour les élèves du secondaire), et 28% à pied, alors que dans les années 1980, presque 60% des enfants se rendaient à l'école à pied ou à vélo²⁶. Certaines alternatives consistent à mettre en place des pédibus ou des trajets à vélo encadrés par des adultes. Ces expérimentations démontrent non seulement la faisabilité de ces démarches, mais témoignent également de nombreux co-bénéfices : pratique d'une activité physique et bénéfiques pour la santé mais également pour la concentration en classe, apprentissage des règles de circulation, meilleur sens de l'orientation, observation de la nature. La Fédération Française de cardiologie rappelle que les capacités cardiaques des enfants ont chuté de 25% en 40 ans. Des études montrent que les déplacements scolaires permettent de développer les apprentissages spatiaux des élèves : les représentations de l'espace sont plus fidèles et plus riches chez les enfants venant à l'école à vélo ou à pied que chez les enfants venant en voiture²⁷.

²² INSEE, données 2016.

²³ En 2014, selon le Haut Conseil à l'Égalité entre les Femmes et les Hommes, les femmes réalisent 75 % des accompagnements des enfants et personnes âgées en France, et prennent en charge 66 % du temps consacré au travail domestique.

²⁴ Pech T., Witkowski D., « Les femmes et le changement climatique », Terra Nova, juin 2021.

²⁵ https://www.lemonde.fr/m-perso/article/2022/09/09/des-ecoliers-sur-le-bon-chemin-pour-bouger-plus-et-polluer-moins_6140839_4497916.html

²⁶ Ibid

²⁷ <https://reporterre.net/Pedibus-leur-rentree-scolaire-ils-la-font-a-pied>

Certains véhicules peuvent être modulables, permettant de transporter des enfants ou des charges.



Gocab – vélo taxi pour 8 enfants © Henk van Raaij

Prix : à partir de 10 995 € ; Poids à vide : 152 kg ; Charge utile max : 280 kg ; Etat : disponible dans le commerce



Woodybus – véhicule de mobilité douce pour le transport collectif d'enfants © Woddybus

Prix : 19 500 € HT ; Poids à vide : 200 kg ; Charge utile max : 450 kg ; Etat : disponible dans le commerce

Si les véhicules légers n'offrent pour la plupart pas autant d'espace de stockage qu'une voiture classique, il existe également des remorques qui permettent, le cas échéant, de transporter des charges (cf. encadré ci-dessous). Comme évoqué précédemment, une voiture transporte principalement son propre poids et est occupée la plupart du temps par une seule personne. Une remorque offre beaucoup plus de souplesse puisqu'elle permet de transporter des enfants ou des charges seulement lorsque c'est nécessaire, contrairement aux voitures. Là encore, on peut imaginer une grande diversité de remorques.

Le projet Charrette

Veloma est une association qui accompagne « *des alternatives concrètes dans les domaines de la vélo-logistique, des basses technologies, de l'alimentation et de l'agroforesterie, en expérimentant des outils, en diffusant des savoir-faire et objets dans l'optique de l'autonomie et de la transition énergétique et imaginaire* »²⁸.

Elle promeut une approche manuelle de la mobilité, où chacun.e serait en mesure de concevoir ou de réparer son véhicule. À côté de la construction d'une diversité de vélos, bi ou tri porteurs, l'association élabore une remorque à trois roues pour vélo nommée Charrette, ainsi qu'un tutoriel permettant à tout un chacun de concevoir sa propre remorque et le système d'assistance électrique piloté par un micro-contrôle en accès libre. L'assistance électrique permet de transporter des charges importantes, et permet également de s'affranchir de la limite de puissance imposée aux vélos électriques (moteur bridé à 250W pour une vitesse maximale de 25 km/h). Les remorques ne sont pas bridées, tant qu'elles ne sont pas motrices. Un moteur de 1 500 W permet de transporter une charge de 300 kg. La remorque est modulaire, ce qui permet de l'adapter à différents usages.



Figure 5 - Illustration d'un usage de la "Charette"

Source : <https://charette.bike/>

Cet exemple illustre le fait qu'au-delà de la diversité des véhicules intermédiaires, il importe de considérer la diversité des remorques, ce qui démultiplie encore les possibilités offertes par la combinaison d'un véhicule et d'une remorque.

L'ajout ou le retrait d'une remorque permet d'avoir un véhicule adapté aux besoins, plutôt que de posséder une voiture perpétuellement surdimensionnée puisqu'elle transporte essentiellement son propre poids. En outre, les remorques peuvent être partagées entre plusieurs utilisateurs à l'échelle d'un voisinage, d'un quartier, d'une entreprise, d'une collectivité, etc.

²⁸ <https://veloma.org/>

Une gamme de véhicules plus inclusifs

D'après un sondage réalisé par APF France Handicap et l'IFOP²⁹, 9 personnes sur 10 éprouvent des difficultés d'accessibilité lors de leurs déplacements. Les personnes en situation de handicap ne sont pas les seules concernées : les personnes âgées, les personnes avec enfants, les femmes enceintes, ou encore les personnes transportant des charges, déclarent également rencontrer des difficultés. La dichotomie personne valide/personne à mobilité réduite ne correspond pas à la diversité des situations vécues.

Les véhicules intermédiaires, et notamment toute la gamme de vélos spéciaux, ont le potentiel d'être plus inclusifs que le vélo ou les transports en commun, à condition que cet enjeu fasse partie du cahier des charges dès la conception. Praxie Design, une coopérative réunissant ergothérapeutes, urbanistes et designers autour des mobilités inclusives a initié le projet « Sensibilisation et Accompagnement à la mobilité à vélo adapté (SAMVA) ». Cette coopérative a publié un guide³⁰ recensant différentes catégories de vélos inclusifs adaptés aux personnes à mobilité réduite. On constate ainsi qu'il existe un certain nombre de véhicules pouvant répondre aux besoins de ces personnes. Par exemple, les bicyclettes à enjambement bas disposent d'un cadre très bas qui permet d'être enjambé facilement. Ils sont particulièrement adaptés aux personnes ayant des problèmes d'articulation du genou ou de la hanche, ou perdant l'équilibre en soulevant la jambe (personnes âgées, à mobilité réduite). Pour faire face aux problèmes d'équilibre, les personnes peuvent opter pour un tricycle qui offre plus de stabilité qu'un bicycle (personnes âgées, à mobilité réduite, femmes enceintes). De plus, certains tricycles peuvent avoir des poignées plutôt qu'un guidon, accessibles à des personnes souffrant de douleurs aux épaules, de l'amputation d'un bras, ou d'hémiplégie. Enfin, pour les personnes qui n'ont plus ou peu l'usage de leurs jambes, il existe des handbikes, vélos pourvus d'un « maindallier », ou pédalier à main. Certains triporteurs handbikes disposent d'une rampe et d'une plateforme permettant d'y installer un fauteuil roulant (cf. vélo Benur, annexe 2).

En plus de ces vélos spéciaux, il existe de nombreux accessoires permettant d'adapter les usages des vélos aux besoins des personnes : des cale-pieds aimantés, des pédales pendulaires (pour des personnes dont la rotation du genou ou de la hanche est limitée), des guidons de différentes formes, des doubles poignées de freins (pour les personnes n'ayant l'usage que d'une seule main), des amortisseurs de direction, pour les personnes ayant des mouvements brusques pouvant dévier soudainement la trajectoire du vélo, des porte-cannes à installer sur le vélo, etc.

Plus largement, il est nécessaire de mener une réflexion sur des adaptations parfois marginales mais néanmoins indispensables de certains véhicules intermédiaires afin qu'ils puissent être utilisés par tout un chacun. Par exemple, pour pouvoir utiliser un vélo-cargo, encore faut-il être en capacité de soulever quelques kilos ou dizaines de kilos pour pouvoir placer les charges ou les enfants dans l'espace dédié. Il suffirait de munir les vélos-cargos d'une petite portière permettant aux enfants de monter seuls sans être soulevés. Un second exemple concerne la béquille : certaines d'entre elles sont trop difficiles à actionner et rendent donc l'utilisation du véhicule plus compliquée. De nombreuses solutions techniques existent. Il suffit donc parfois d'ajustement mineur pour rendre ces véhicules réellement inclusifs, mais il est nécessaire de considérer ce critère dès la conception. Camille Pechoux, qui a fondé la coopérative Praxie Design, rappelle que pour certaines personnes à mobilité réduite, le vélo n'est pas seulement une alternative à la voiture mais bien le seul moyen de se déplacer, lorsque leur handicap les empêche de conduire. Pour ces personnes, se déplacer à vélo est non seulement une nécessité, mais un droit. En effet, la loi LOM affirme que « *l'organisation des mobilités sur l'ensemble du*

²⁹ <https://www.apf-francehandicap.org/france-accessible-2020-25843>

³⁰ <https://achacunsonvelo.fr/>

territoire doit satisfaire les besoins des usagers et rendre effectif le droit qu'a toute personne, y compris celle dont la mobilité est réduite ou souffrant d'un handicap, de se déplacer et la liberté d'en choisir les moyens, y compris ceux faisant appel à la mobilité active [...] »³¹.

L'association In'vd

L'association In'vd (pour « innovation véhicule doux ») est pionnière dans l'expérimentation de véhicules intermédiaires. Située dans l'Aveyron, elle a été créée par des habitant.es d'un village d'une centaine de personnes situé à une vingtaine de km de Millau, dans un territoire avec 800m de dénivelé. Selon ses membres, les véhicules doivent répondre aux critères suivants : avoir une assistance électrique, rendue nécessaire par le dénivelé, pouvoir transporter deux adultes, ou un adulte et deux enfants, avoir un petit coffre, être carrossé pour pouvoir protéger les usagers des intempéries, avoir une autonomie suffisante pour effectuer des déplacements suffisamment longs dans un territoire rural, et avoir suffisamment de puissance pour circuler sur des routes partagées avec les voitures et non aménagées pour les vélos. En effet, en zone rurale, les membres de l'association considèrent qu'il est trop coûteux de demander des routes dédiées pour les modes doux, il est donc nécessaire de pouvoir circuler sur les routes partagées, et notamment les départementales. De plus, c'est un enjeu de sécurité dans un territoire comme celui de l'Aveyron, où les routes peuvent être en montée et sinueuses, avec le risque pour un véhicule lent d'être percuté par une voiture au détour d'un virage (44 % des accidents sur les routes hors agglomération sont dus à des chocs de ce type). Cette exigence correspond à une vitesse maximale de 45 km/h, ce qui correspond à une puissance comprise entre 2000 et 4000W. Enfin, il est important pour les bénévoles de cette association que les personnes puissent participer au déplacement en pédalant, même si l'apport musculaire est limité par rapport à la puissance de l'assistance électrique, car cela procure du plaisir.



Figure 6 - Exemple de véhicules expérimentés © In'vd

Accompagnés par le PNR Grands Causses, les membres de l'association ont ensuite structuré un projet d'expérimentation sur le territoire sud Aveyron, le projet « Vitamines 12 ». Cela requiert de sélectionner les véhicules, accompagner les constructeurs pour que les véhicules soient couverts par une assurance et aient un niveau d'homologation suffisant pour les confier à des particuliers, identifier et accompagner des testeurs pendant 1 à 3 mois. Il s'agit également d'accompagner l'expérimentation par de la communication à destination des autres usagers, notamment les automobilistes, pour les sensibiliser à la présence sur les routes de ces véhicules. L'expérimentation a déjà commencé avec les personnes sélectionnées, dans le cadre de l'initiative « Roultoudou – Une semaine sans ma voiture ». 13 000 km ont déjà été parcourus. Les solutions proposées sont différentes en fonction du contexte et de la personne.

³¹ [Article L1111-1 / modifié par la LOI n°2019-1428 du 24 décembre 2019 d'orientation des mobilités](#)

On constate donc qu'il existe de nombreuses solutions aux besoins actuels des personnes grâce à des véhicules légers. *A fortiori*, dans un monde dans lequel la place de la vitesse et de la voiture aura été remise en question pour répondre aux enjeux environnementaux et aux aspirations des citoyens (cf. partie 1) et où les distances à parcourir au quotidien seront nécessairement restreintes (cf. partie 2.2.), les véhicules légers devraient pouvoir répondre à l'essentiel des besoins de mobilité pour lesquels la marche, le vélo ou un réseau de transports collectifs efficace ne seront pas suffisants.

La diversité des véhicules légers existants ou à concevoir permet de répondre à une diversité de cahiers des charges. Les critères de sécurité doivent être en revanche partagés à l'échelle nationale.

- **Des véhicules plus écologiques**

Outre la réduction du poids des véhicules (cf. *supra*), il faut considérer l'empreinte écologique des véhicules intermédiaires sur l'ensemble de leur cycle de vie. Pour améliorer cette empreinte, il faudrait recourir le plus possible à des matériaux issus du réemploi ou recyclés. Par exemple, l'atelier Botch Cargo Bikes, situé à Toulouse, fabrique des vélos-cargos à partir d'anciens cadres de vélos en acier. Il est même possible de suivre un atelier de deux jours afin d'apprendre la soudure et de construire soi-même son vélo-cargo. Les quelques exemples d'expérimentation du réemploi dans la construction de véhicules légers sont cependant trop anecdotiques, il est indispensable de massifier ces pratiques pour que cela ait un effet significatif sur l'utilisation des matériaux. L'outil industriel pourrait être en partie réorienté pour participer à la massification du réemploi et du « remanufacturing ».

Il est indispensable d'intégrer le réemploi de matériaux, à l'heure où 1 500 000 vélos sont jetés chaque année en France, et 10 millions de vélos « dorment dans les caves et les garages » (Gouffier-Cha, 2022). De nombreuses pièces peuvent être réemployées (cadre des vélos, guidon, manivelle, pédale, pédalier, cassette, selle, etc.) pour concevoir d'autres vélos ou véhicules intermédiaires.

Il est également nécessaire de réfléchir dès à présent au réemploi des véhicules hors d'usage au sein de la filière des véhicules légers et ultralégers. D'après le ministère de l'écologie, environ 1,4 million de voitures par an deviennent hors d'usage³². Elles subissent d'abord une dépollution dans des centres agréés, puis sont démontées afin de réutiliser les pièces en bon état. Enfin, la carcasse du véhicule est broyée, puis certains matériaux sont séparés afin d'être réutilisés comme matières premières secondaires, le reste étant valorisé énergétiquement ou mis en décharge.

Plus globalement, les véhicules légers devront être conçus pour être durables, faciles à réparer, à faire évoluer (ajout d'accessoires en fonction de l'usage et de l'utilisateur) et à recycler. Cela passe par « *une conception modulaire, une standardisation des pièces, un outil de production flexible, une main d'œuvre polyvalente et la recherche d'économie d'échelle* » (Héran, 2022) et par une démarche low-tech.

- **Des véhicules favorisant la santé physique et psychique**

S'ils sont pensés pour être inclusifs, les véhicules intermédiaires, pour la plupart d'entre eux, permettent également à une grande partie de la population d'avoir une mobilité active, et de contribuer à la lutte contre la sédentarité. La voiture est à l'heure actuelle utilisée y compris pour de très courtes distances auparavant réalisées à pied ou encore à vélo. Pourtant, un quart des déplacements réalisés en voiture fait moins de 3 km³³. Par ailleurs, l'hégémonie de la voiture rend inconfortable voire dangereuse la pratique des modes actifs, marche et vélo. Cette sédentarité est responsable d'un grand nombre de maladies chroniques (maladies cardiovasculaires, diabète,

³² <https://www.ecologie.gouv.fr/vehicules-hors-dusage-vhu>

³³ « Enquête nationale transports et déplacements 2007/2008 », insee.fr, 2021, in Dubois T., Gay C., Kaufmann V., Landriève S., Pour en finir avec la vitesse, Éditions de l'Aube, 2021, p.77.

Alzheimer, etc.). En février 2022, l'Agence nationale de sécurité sanitaire et de l'alimentation (ANSES) rappelait que 95 % de la population française pourrait voir sa santé se dégrader en raison du temps trop important passé en position assise ou immobile³⁴. Selon cette même agence, pour être en bonne santé, il est nécessaire de pratiquer au moins une activité cardiorespiratoire (par exemple en faisant du vélo ou de la marche rapide) pendant trente minutes, cinq fois par semaine. Une demi-heure de pratique quotidienne du vélo permet de réduire de 40 à 50 % les risques d'incidence et de mortalité cardio-vasculaire et de cancer (Ademe, 2021)³⁵.

Les véhicules légers, principalement les modes actifs, pourraient permettre à une partie importante de la population de participer à leur mobilité, avec le soutien d'une assistance électrique si besoin. D'après Camille Pechoux, le fait de participer à son déplacement en pédalant est un facteur de santé physique mais également psychique. En outre, se déplacer permet également de conserver une activité cognitive (lecture de la signalisation, repérage dans l'espace, etc.). A l'heure du vieillissement de la population, il est important de prévenir les maladies liées à la sédentarité en offrant la possibilité à tout le monde de pouvoir se déplacer en pédalant. De plus, les véhicules intermédiaires adaptés aux personnes à mobilité réduite pourraient être de véritables outils d'autonomie, d'émancipation et de santé publique, à l'opposé de la logique prédominante qui considère les personnes à mobilité réduite comme devant « être transportées » de manière passive, avec un système dédié. Au contraire, les personnes s'impliquant dans leur propre mobilité expriment avoir retrouvé du plaisir et de la dignité. Les personnes touchées par les expérimentations menées par In'vd expriment également le plaisir généré par l'utilisation des véhicules mis à disposition par l'association. Au-delà du plaisir de se déplacer de manière active, les personnes expliquent que ce nouveau mode de déplacement leur permet de profiter du paysage et de décompresser.

- **Des véhicules plus accessibles économiquement**

Comme illustré dans la partie 1, la voiture individuelle, qu'elle soit thermique ou électrique, est couteuse pour les individus et pour la collectivité.

Les véhicules légers et ultralégers seront potentiellement bien moins chers à l'achat qu'un véhicule électrique, et ont un coût de fonctionnement faible voire très faible. D'après l'Ademe (2021), remplacer une voiture par un vélo classique permet d'économiser entre 300 € et 500 € par mois, et ces chiffres deviendront sans doute de plus en plus élevés avec l'augmentation du prix des carburants ou le passage à la voiture électrique.

Néanmoins, certains véhicules, qu'il s'agisse de vélomobiles, de mini-voiture ou de vélos spéciaux, conservent un coût à l'achat relativement élevé par rapport au budget des ménages, pouvant atteindre plusieurs milliers d'euros. Le basculement vers ces véhicules nécessite sans doute de repenser la question de leur possession (cf. partie 3). En effet, contrairement à la voiture qui permet de répondre à de nombreux besoins de déplacement, les véhicules intermédiaires s'adressent à des personnes, des besoins ou des territoires plus ciblés. Dans certains cas, plutôt que de posséder plusieurs véhicules intermédiaires pour répondre à chaque situation de mobilité, il peut être plus judicieux écologiquement et économiquement de partager une diversité de véhicules à l'échelle d'un voisinage, d'un quartier, d'une commune ou d'une entreprise. Certaines collectivités, comme les métropoles de Strasbourg ou de Lyon, ont déjà introduit dans leur offre de mobilité des véhicules intermédiaires, notamment des vélos spéciaux destinés aux personnes à mobilité réduite ou au transport de charges. A l'inverse, certains véhicules nécessitant des réglages personnalisés pour s'adapter aux besoins des personnes, notamment à mobilité réduite, il peut être plus pertinent de posséder son propre véhicule

³⁴ <https://www.anses.fr/fr/content/manque-d%E2%80%99activit%C3%A9-physique-et-exc%C3%A8s-de-s%C3%A9dentarit%C3%A9-une-priorit%C3%A9-de-sant%C3%A9-publique>

³⁵ Voir également INSERM, 2019, Activité physique. Prévention et traitement des maladies chroniques. Synthèse et recommandations, Éditions INSERM, Paris, XX et 124 p.

sur-mesure. Dans ce cas, des aides à l'achat peuvent réduire le coût d'acquisition. Il existe déjà des aides à l'acquisition de vélos ou de remorques. Si ces aides sont intéressantes, elles ne concernent que les vélos neufs. Afin de promouvoir le réemploi, il serait donc nécessaire de proposer une aide pour les véhicules d'occasion. D'autres aides peuvent compléter les aides de l'Etat. Par exemple, la région Ile-de-France propose une aide plafonnée à 1200 € pour l'achat d'un véhicule adapté aux personnes à mobilité réduite (bicyclette spéciale, tricycle, handbike, tandem, vélo-porteur en fauteuil roulant, adaptation de guidon, de pédale, etc.). D'autres organismes (Assurance maladie, mutuelles, etc.) pourraient également participer au financement de ces véhicules intermédiaires.

Enfin, le prix des véhicules intermédiaires déjà disponibles à la vente est élevé parce qu'ils sont produits en série limitée, de l'ordre de quelques dizaines ou centaines d'exemplaires par fabricant. La massification des véhicules intermédiaires entraînera sans doute une baisse de leur prix de vente. En 1895, un vélo coûtait l'équivalent de 7 000 €. En quarante ans, le prix a été divisé par 10, grâce à la massification (Héran, 2015).

II. Le développement d'un système modal, d'un urbanisme, d'un système de production et d'un imaginaire alternatifs pour accueillir les véhicules légers et réduire la portée des déplacements

A. Le développement d'un système modal alternatif pour favoriser les véhicules légers

Le développement des véhicules légers ne sera pas suffisant pour changer les pratiques de mobilité. En effet, pour fonctionner, un mode de transport doit s'insérer dans un système modal. D'après Frédéric Héran (2021), un système modal désigne les éléments nécessaires pour qu'un déplacement puisse se faire, et se compose « d'une infrastructure adéquate, de services divers, d'usagers informés et formés à son utilisation et d'un environnement réglementaire adapté ». L'annexe 0 recense les différents constituants d'un système modal. La notion est connue pour l'automobile, le système automobile étant composé d'infrastructures routières, d'industries automobiles, du code de la route, d'un système assurantiel, d'une information routière (radio, cartes, applications), de stations-services, de motels, de parkings, de garages, de subventions publiques, etc. Depuis les années 2000, cette analyse a été reprise pour le vélo, qui lui aussi requiert l'existence d'un système-vélo (règles de conduite, production de véhicules, lieux de réparation, formation à la conduite, lieux de stationnement, etc.). Il est en est de même pour les véhicules intermédiaires.

Les expérimentations menées par In'vd montrent que si en termes de bien-être, l'utilisation de véhicules intermédiaires actifs fait l'unanimité, la principale limite à l'utilisation de ces véhicules est le manque de sécurité lié aux infrastructures routières inadaptées, à la vitesse et au comportement des autres usagers de la route. Il est donc indispensable d'adapter les infrastructures et les règles de circulation pour renforcer la sécurité des véhicules légers.

Le réseau routier français est particulièrement dense. Il serait possible de s'appuyer sur la densité de ce réseau et d'adapter ce dernier pour qu'il puisse accueillir en toute sécurité les véhicules intermédiaires. Sur les routes départementales, il serait possible d'aménager relativement simplement une large piste cyclable, qui permettrait d'accueillir les vélos mais également certains véhicules légers selon certains critères de taille, de poids ou de vitesse (cf. *infra* la politique de la Suisse). La France accuse un retard important par rapport à ses voisins belges, allemands ou néerlandais. La Figure 7 montre en effet la densité du maillage en France, en Allemagne, en Belgique et aux Pays-Bas.

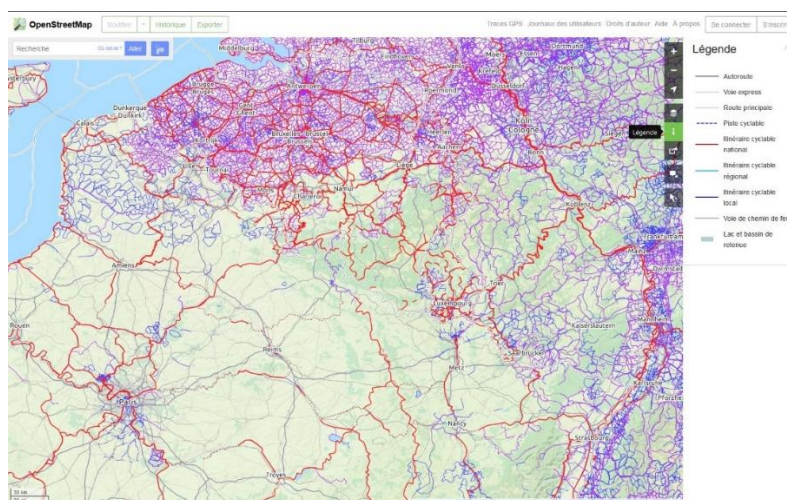


Figure 7 - Densité du maillage cyclable en France, Allemagne, Pays-Bas et Belgique (Openstreetmap)
Source : Forum Vies Mobiles (2022)

En agglomération, il est également possible d'allouer différemment la voirie. En Suisse, les autorités considèrent que dans les agglomérations, les voies de circulation devront être davantage réservées aux mobilités douces. En pratique, le Conseil fédéral de la Confédération suisse (2021) a rédigé un ensemble de règles concernant la répartition des modes de transport entre les aires de circulation piétonne (piétons, vélos d'enfants et fauteuils roulants), les aires cyclables (pouvant accueillir quatre catégories de véhicules : les cycles, les cyclomoteurs légers, les cyclomoteurs lourds et les cyclomoteurs rapides, et les aires de circulation restantes. Ces règles sont fondées sur des critères de taille, de vitesse ou de poids. L'approche est intéressante en cela qu'elle inverse la hiérarchie des modes, la priorité étant donnée à la marche puis aux autres modes doux. L'apparition de nouveaux modes de transport dans les villes (trottinettes électriques, gyropodes, etc.) et le développement rapide de la pratique du vélo ont eu pour conséquence l'augmentation de la conflictualité entre usagers de la voirie (entre automobiles et cyclistes, entre cyclistes et piétons, et même entre bus et cyclistes, qui sont contraints d'occuper la même voie). Il est donc nécessaire d'adapter les infrastructures routières et les règles de circulation pour que l'arrivée des véhicules légers ne vienne pas aggraver cette situation de conflictualité.

Au-delà des infrastructures physiques, d'autres éléments sont également à repenser, comme la signalétique ou la réduction des vitesses. Réduire la vitesse de circulation en ville, sur les routes et sur les autoroutes est indispensable, car elle permet une réduction importante de la consommation de carburant. À court terme, la limitation de la vitesse sur autoroute est une des mesures les plus efficaces pour réduire le budget des ménages lié au transport et pour réduire les émissions de GES. Elle est par ailleurs rapidement opérationnelle³⁶. Mais la réduction des vitesses est également une condition indispensable à la cohabitation entre différents modes de transport, notamment lorsqu'il y a qu'une seule voie de circulation. Pour les membres de l'association In'vd, il est impératif de réduire la vitesse sur les routes en zone rurale. Pour les personnes ayant expérimenté les véhicules doux et ayant abandonné leur utilisation, la principale raison évoquée est l'insécurité générée par la cohabitation des voitures et des véhicules intermédiaires, une voiture lancée à 90 km/h pouvant percuter par l'arrière un véhicule roulant à 45 km/h, vitesse recommandée par l'association. Il est donc nécessaire de limiter la vitesse de circulation des autres usagers de la route. Enfin, une vitesse de circulation élevée permet de parcourir une longue distance en peu de temps et génère de l'étalement urbain. Pour ces raisons, il est donc nécessaire de réduire les vitesses de circulation. Par ailleurs, cela permettra de rendre les modes de transport plus lents compétitifs par rapport à la voiture.

Enfin, comme pour le vélo, le développement de l'intermodalité est une condition indispensable à l'adoption des véhicules légers comme mode de transport du quotidien. Pour les personnes souhaitant se rendre à un arrêt de bus, de covoiturage ou à une gare pour poursuivre son déplacement, il est nécessaire de permettre un stationnement sécurisé des véhicules légers. De plus en plus de collectivités et de gares s'équipent de lieux de stationnement de vélos, mais la plupart de ces lieux ne sont pas adaptés pour des véhicules plus encombrants que des vélos, comme des tricycles ou des vélomobiles.

³⁶ En Espagne, en 2011, le passage de 120 à 110 km/h sur autoroute avait permis de réduire de 7.9 % la consommation de carburant³⁶. D'après le cabinet Carbone 4, la réduction des vitesses sur autoroute de 130 à 110 km/h permettrait d'obtenir une diminution de 25 % de carburant. Sources : <https://theconversation.com/oui-rouler-a-110-km-h-plutot-que-130-pourrait-vraiment-limiter-notre-impact-sur-le-climat-144605>
<https://www.carbone4.com/decryptage-110-kmh-autoroute>

B. L'aménagement du territoire pour réduire les déplacements contraints

Si la limitation des vitesses de circulation est indispensable, elle risque de se confronter à une opposition forte des personnes dépendantes de la voiture. En effet, réduire les vitesses sans réduire les distances parcourues reviendrait à augmenter le temps passé à se déplacer, sachant qu'une partie importante des déplacements est contrainte par le travail, les activités d'accompagnement, d'achats alimentaires, etc. Il serait injuste de faire subir cette hausse du temps passé au volant – et donc une réduction du temps disponible pour soi – à une catégorie de population³⁷ qui subit ses déplacements, notamment parce que les politiques d'aménagement du territoire et du logement ont incité et parfois contraint les personnes à habiter toujours plus loin des centres-bourgs, des centres-villes et de leur lieu de travail.

Par ailleurs, la première partie a montré que les distances parcourues ont augmenté très fortement au cours de la seconde moitié du 20^{ème} siècle, cette augmentation étant la première cause de la hausse des émissions de GES pour le secteur des transports. Une politique climatique ambitieuse pour le secteur des transports implique nécessairement de sortir de cette tendance à l'augmentation des distances parcourues. Cela permettrait également de répondre aux besoins de ralentissement des rythmes de vie et de plus grande proximité exprimés dans plusieurs travaux.

Le développement des véhicules intermédiaires est une réponse technique à un problème qui nécessite une réponse multidimensionnelle. En cela, il ne diffère pas du développement d'une mobilité *high-tech* (véhicule électrique, véhicule autonome). En revanche, contrairement à cette dernière, le développement de véhicules intermédiaires ne permet pas d'éviter la nécessaire réflexion autour de la réduction des distances parcourues et de la vitesse des déplacements. Les interactions entre ces différentes politiques sont au contraire très fortes. Réduire les vitesses en ville rendra l'utilisation des véhicules intermédiaires bien moins dangereuse et donc plus répandue. Quiconque utilise son vélo dans les grandes villes remarque qu'il n'y a pas d'enfant ou d'adolescent à vélo y compris sur les pistes cyclables, alors que le vélo pourrait être un excellent mode de déplacement pour se rendre à l'école. Réduire les distances parcourues permettra à plus de personnes d'utiliser des véhicules intermédiaires et les rendra plus attractifs et répandus. Cela ne signifie pas que la baisse des distances doit précéder le développement des véhicules légers, qui sont dès aujourd'hui une réponse pertinente, mais qu'elle doit être concomitante à cet essor des véhicules légers.

Dans l'autre sens, les véhicules intermédiaires n'engendreront probablement pas d'effet rebond, à condition qu'ils se développent *à la place* et non pas *en plus* des véhicules classiques (cf. *infra* le contre-exemple des Citroën AMI). Dans le domaine des transports, de nombreux effets rebond ont été observés. L'efficacité énergétique des moteurs s'est traduite par une augmentation du poids des véhicules. Le développement des véhicules électriques risque de provoquer une augmentation des déplacements parce qu'hormis le coût d'acquisition, l'usage de ces véhicules coûtera moins cher. De nombreuses études estiment que le développement des véhicules autonomes entraînera une hausse des déplacements car les utilisateurs de ces véhicules pourront occuper le temps de déplacement autrement, en travaillant ou en se divertissant, et accepteront de subir des trajets plus longs (La Fabrique Ecologique et Forum Vies Mobiles, 2021).

Les horizons de temps de déploiement de ces politiques ne sont pas les mêmes. Le développement de véhicules intermédiaires peut se faire relativement rapidement, étant donné qu'il existe de nombreux modèles sous forme de prototypes ou déjà commercialisés. Avec la crise énergétique en cours et l'explosion des prix des carburants, il est donc nécessaire de développer le plus rapidement possible ces véhicules, afin que le budget des ménages ne soit pas entièrement grevé par l'achat de carburants.

³⁷ La partie 1 a néanmoins rappelé que ce sont les personnes les plus riches qui parcourent les plus grandes distances et à la vitesse la plus élevée. La réduction des vitesses peut donc être conçue comme une politique progressive.

Il faut se souvenir qu'à la suite de la hausse des carburants provoquée par la guerre en Ukraine, divers articles de presse ont documenté les grandes difficultés de nombreux ménages à se déplacer. Notamment pour les personnes se déplaçant beaucoup pour leur travail, il est devenu trop coûteux de continuer d'exercer leur activité normalement. Certains professionnels se sont retrouvés contraints de réduire ou d'arrêter leur travail (infirmières libérales en déplacement)³⁸. Le développement rapide de véhicules intermédiaires permettrait de répondre à ce besoin vital de mobilité.

La réduction des distances parcourues est beaucoup plus complexe et s'inscrit dans le moyen et le long terme. Elle s'appuie sur une redistribution spatiale des activités. Pour cela, il est nécessaire de redévelopper les services publics de proximité, les commerces de proximité, mais aussi les circuits courts, car il est également indispensable de réduire les distances parcourues par les marchandises (Forum Vies Mobiles et Master 2 et magistère d'urbanisme et aménagement Université Paris 1 (2022), Forum Vies Mobiles (2022)).

Le potentiel d'utilisation des modes légers est énorme, mais largement sous-utilisé. La cause du délaissement du vélo pour des trajets de courte portée est donc à chercher du côté du véhicule lui-même (le vélo n'est pas assez inclusif, d'où la nécessité de développer les véhicules intermédiaires), des infrastructures qui ne permettent pas de rouler en sécurité, ou du côté des imaginaires de la mobilité (cf. *infra*).

C. Un système de production et de réparation alternatif

En France, comme dans plusieurs pays d'Europe, l'industrie automobile est puissante. Elle représente de nombreux emplois : environ 400 000 emplois dans la filière automobile française, incluant la sous-traitance mécanique, plasturgie, caoutchouc et pneumatique, intérimaire et emplois liés à l'ingénierie (CFDT, 2021). 195 000 emplois sont directement liés aux activités des constructeurs et équipementiers. De plus, il y a autant de salariés dans la filière industrielle que dans les services de l'automobile.

Depuis des décennies, l'industrie automobile connaît de nombreuses mutations venant affecter les conditions de travail (automatisation, numérisation, etc.) ou supprimer des emplois (délocalisations) (Carbonell, 2022). Dans les années à venir, l'industrie automobile connaîtra des bouleversements encore plus importants. En octobre 2022, l'Union européenne a entériné l'interdiction de vente des véhicules thermiques à horizon 2035. L'électrification du parc ne pourra pas protéger tous les emplois, car la production d'un moteur électrique, l'industrie requiert 40 % à 60 % de main d'œuvre en moins qu'un moteur thermique (CFDT, 2021). A l'inverse du vélo génère plus d'emplois que la production de voitures par million de chiffre d'affaires³⁹. La production, l'entretien et la réparation de véhicules intermédiaires pourrait donc être une voie de reconversion pour les travailleur.euses de l'industrie automobile.

Néanmoins, quelle forme prendra ce nouveau système de production ? Faut-il encore parler d'industrie ? D'un côté, pour des raisons de faisabilité, de disponibilité de l'appareil productif, de rendements d'échelle, et de sécurité, certains plaident pour conserver des formes d'industries relocalisées à l'échelle européenne. Pour d'autres, les véhicules intermédiaires, en plus d'être peu énergivores, doivent également être facilement conçus et réparables, dans une démarche low-tech d'accessibilité des techniques. Dans cette vision, la production des véhicules intermédiaires ne devrait pas se concentrer dans des industries mais être développée dans des micro-usines plus proches de l'artisanat que de l'industrie. L'arbitrage entre ces deux visions dépend sans doute des éléments et composants de ces véhicules intermédiaires. Les pièces (freins, moteurs, etc.) devront sans doute continuer d'être produits en série plutôt que de manière artisanale. En revanche, la conception de

³⁸ <https://www.francebleu.fr/infos/economie-social/il-faut-faire-des-choix-des-infirmiers-liberaux-renoncent-a-certaines-visites-a-cause-du-prix-de-l-1645644449>

³⁹ 1 million de chiffres d'affaires génère trois fois plus d'emplois dans l'industrie du vélo que dans l'industrie de la voiture (CFDT, 2021).

véhicules intermédiaires adaptés à certains usages ou à un contexte local, l'assemblage de pièces produites en série ou encore l'entretien et la réparation pourront sans doute être réalisés au sein de structures plus petites disséminées sur le territoire.

Cet équilibre entre industrie et artisanat entraînera des conséquences pour les travailleurs. Les compétences actuelles de ces derniers pourront sans doute être en grande partie réemployées. On peut supposer, comme en témoigne Gaël Lavaud, président de l'entreprise Gazelle Tech, qui développe un modèle de voiture légère assemblée dans des micro-usines présentes sur tout le territoire, que les conditions de travail en atelier seront bien meilleures que dans les chaînes de production. En effet, dans ces dernières, les ouvrier.es exécutent la même tâche en continu, entraînant de nombreux troubles musculosquelettiques. Dans des ateliers de plus petite taille, on pourrait imaginer que les « ouvriers-artistes » reviennent à un travail par poste, où chaque personne monte le véhicule dans son entièreté, comme le revendique Gaël Lavaud.

Un autre enjeu concerne l'homologation des véhicules. Pour des raisons de sécurité, les véhicules intermédiaires équipés d'une batterie ou pouvant rouler à une vitesse élevée doivent obtenir une homologation. L'obtention de cette dernière reflète les rapports de force entre la puissance publique, les constructeurs automobiles et les acteurs concevant et expérimentant des véhicules intermédiaires. D'après l'association In'vd, les constructeurs de véhicules intermédiaires seraient plutôt issus de la filière cycle, et ne sont donc pas habitués à homologuer des véhicules de type « vélauto » qui se rattachent à la catégorie L6e⁴⁰. En outre, le ministère des transports a délégué l'expertise technique à l'UTAC⁴¹ dont les principaux clients sont les constructeurs automobiles. Les exigences et les priorités ne sont pas bien cadrées et les coûts pour homologuer ces véhicules, qui s'élèvent à plusieurs dizaines de milliers d'euros) sont disproportionnés pour un marché émergent (Héran, 2022). Pour Gaël Lavaud, la principale difficulté réside dans l'obtention de subvention à l'échelle nationale ou européenne pour entrer dans la phase de production. Seulement, les jurys de ces appels à projet sont majoritairement composés de personnes issues de l'industrie automobile, qui n'ont pas intérêt à voir émerger une offre de véhicules intermédiaires.

Il convient également d'interroger le motif d'utilisation des véhicules légers, afin d'éviter que ces véhicules soient utilisés à des fins de *greenwashing*. Le lancement de la livraison à vélo-cargos des produits Amazon à Londres⁴² incarne cette capacité de récupération de la logique d'une mobilité *low-tech* pour verdir l'image d'Amazon, alors que l'activité de l'entreprise est extrêmement polluante. On peut également penser à la livraison de repas à vélo : le moyen de déplacements est écologique, mais le modèle défendu par les plateformes (Uber Eats, Deliveroo, etc.) précarise les travailleurs (rémunération horaire inférieure au SMIC, statut d'autoentrepreneur peu protecteur) et les incite à prendre des risques (Forum Vies Mobiles, 2020).

Ces dernières années, le secteur de la mobilité a connu de nombreuses innovations technologiques. De nouveaux objets de mobilité ont vu le jour (les trottinettes électriques, les gyropodes, etc.) tandis que les voitures sont de plus en plus connectées et automatisées. Depuis dix ans, le classement des dix entreprises françaises déposant le plus de brevets à l'INPI comprend systématiquement les acteurs de l'industrie automobile (Valeo, Stellantis, Renault, Michelin et Faurecia) (INPI, 2022). Cette capacité d'innovation a surtout été mise au service de l'électrification, de l'automatisation et de la connectivité. Elle pourrait être orientée en partie au profit de véhicules légers dans une perspective de transition écologique.

⁴⁰ D'après le code de la route, un véhicule L6e est un « véhicule à moteur à quatre roues dont le poids à vide n'excède pas 425 kilogrammes, la vitesse maximale par construction est égale ou supérieure à 6 km/h et ne dépasse pas 45 km/h et la cylindrée n'excède pas 50 cm³ pour les moteurs à combustion interne à allumage commandé, 500 cm³ pour les moteurs à combustion interne à allumage par compression et conçu pour transporter au plus deux personnes y compris le conducteur ».

Source : https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000038682654/2019-06-24

⁴¹ <https://www.utac.com/fr/accueil/>

⁴² <https://www.theguardian.com/technology/2022/jul/04/amazon-e-cargo-bikes-deliveries-london>

Enfin, une véritable transformation écologique de l'industrie automobile vers des véhicules légers et facilement réparables ne peut qu'être internationale. En effet, les chaînes de production sont dispersées sur l'ensemble de la planète, et l'électrification fait d'ores et déjà apparaître de nouveaux acteurs que sont les États disposant de ressources minières sur leur territoire (Argentine et Chili pour le lithium, République Démocratique du Congo pour le cobalt). A l'heure actuelle, la course aux ressources minières renforce les dégradations environnementales et le travail indigne dans les pays du Sud au seul bénéfice des pays du Nord, prenant ainsi la forme d'un néocolonialisme. Cette exploitation des ressources, des milieux et des populations des pays du Sud est rarement considérée dans les débats sur le devenir de la mobilité. Les véhicules légers, parce qu'ils reposent sur une plus faible quantité de ressources, permettraient de soulager en partie la pression sur les ressources. Mais cela ne suffira pas à concevoir un système de production équitable. Étant donné qu'il existe aujourd'hui environ 1 milliard de véhicules en circulation⁴³, les ressources ne seront sans doute pas suffisantes pour électrifier l'ensemble du parc, aussi légers que soient les véhicules.

Par ailleurs, il est indispensable d'encadrer le devenir des véhicules actuellement en circulation dans les pays du Nord et qui deviendront obsolètes et risquent d'être envoyés dans les pays du Sud, pratique qui a déjà largement cours actuellement. Un rapport du Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE) (2020), a montré qu'entre 2015 et 2018, les pays du Nord ont exporté environ 14 millions de véhicules (principalement l'Union européenne (54 %), le Japon (27 %) et les Etats-Unis (18 %)) à 70 % à destination des pays du Sud. La plupart de ces véhicules sont vieux, énergivores, polluants, voire dangereux. Le rapport du PNUE plaide pour un renforcement des réglementations au Nord comme au Sud.

D. Sortir de l'imaginaire de la vitesse et de la puissance

Produire des véhicules intermédiaires, revoir les infrastructures pour les accueillir et mettre en place un système de production et de réparation de ces véhicules ne suffira pas à les diffuser massivement tant que la mobilité sera soumise à un imaginaire de vitesse et de performance dans lequel la voiture semble indétrônable.

En effet, la position hégémonique de la voiture est le fruit de décennies de discours⁴⁴ et de production culturelle (photos, films, littérature, etc.) promouvant la voiture comme outil de liberté et de distinction sociale. La publicité est au cœur de ce dispositif. Aujourd'hui, les constructeurs dépensent en moyenne 1 500 € de publicité par voiture vendue. En 2021, le secteur automobile était le 5^{ème} annonceur tout support confondu (internet, TV, radio, etc.) avec 7% des investissements nets. Renault est la quatrième entreprise ayant le plus investi dans la publicité en 2021 (BUMP, 2021). En fonction de l'époque, ces publicités vont mettre en avant les performances de la voiture (vitesse, confort, plus récemment présence de technologies numériques à bord), ou ses atouts pour séduire, rendre ses enfants fiers ou ses voisins envieux. Les conséquences néfastes des voitures (cf. partie 1) ne sont jamais dévoilées, voire sont parfois censurées⁴⁵. En revanche, la musique, les films, les romans et la publicité

⁴³ <https://fr.statista.com/statistiques/571292/nombre-de-voitures-particulieres-en-circulation-dans-le-monde/>

⁴⁴ En s'intéressant à la sémantique, on remarque que le vocabulaire de la voiture empiète sur celui du divin. Ainsi les termes « essence » du latin *essentia* (« la nature d'une chose ») et « moteur » du verbe *movere* (« mouvoir ») renvoient à une conception philosophico-divine héritée de la Grèce antique. Le « premier moteur » est un concept de la philosophie métaphysique aristotélicienne faisant référence à Dieu ou une entité supérieure à l'origine du mouvement dans le cosmos et l'essence étant ce qui fait qu'une chose est ce qu'elle est. Il y a une dimension immanente dans ces deux termes, qui renvoie la voiture à un objet quasi magique, qu'accentue le terme « automobile » (« qui se meut elle-même »). Roland Barthes, dans ses *Mythologies* (1957), avait déjà identifié le caractère mythique des voitures, lui qui les comparait aux « grandes cathédrales gothiques », et la Citroën DS à une « Déesse ».

⁴⁵ En France, l'Autorité de Régulation Professionnelle de la Publicité (ARPP) a décidé de censurer une publicité faisant la promotion d'une marque de vélo parce que certains éléments « jettent un discrédit sur tout le secteur automobile ». Source : https://www.francetvinfo.fr/culture/mode/createurs/une-publicite-pour-une-marque-de-velo-a-t-elle-ete-censuree-parce-qu-elle-portait-atteinte-a-l-image-de-l-industrie-automobile_4027829.html

du 20^{ème} siècle ont créé le symbolisme de la voiture : « *liberté, individualisme, mobilité, vitesse, puissance et intimité* » (Paterson, 2010).

En parallèle, les modes de transport plus lents sont souvent raillés. La séquence médiatique autour de l'entraîneur du PSG en septembre 2022 est particulièrement significative : alors qu'un journaliste suggérait lors d'une conférence de presse que l'équipe de foot pourrait se rendre à certains matchs en train plutôt qu'en jet privé, l'entraîneur a répondu de manière ironique que l'équipe réfléchissait à utiliser le char à voile, avant d'éclater de rire aux côtés de son joueur fétiche.

Pourtant, la critique de la portée croissante des déplacements et la prise de conscience de la nécessité de ralentir et de vivre plus sobrement sont de plus en plus présents dans la société. En 2015, 83 % des Français considéraient que faire face au changement climatique nécessitait un changement drastique de modes de vie et seuls 16 % pensaient que la technologie pourrait résoudre le problème⁴⁶. Sur les mobilités, les opinions changent : alors qu'en 2020, à la suite des propositions faites par la Convention citoyenne pour le climat, un sondage avait révélé que 74 % des personnes interrogées étaient contre la limitation des vitesses sur autoroute à 110 km/h⁴⁷, un nouveau sondage publié en novembre 2022 montre que 68 % des personnes interrogées sont désormais d'accord avec cette limitation⁴⁸. Ce changement d'opinion peut s'expliquer à la fois par les événements climatiques extrêmes de l'été 2022 et par l'augmentation du prix des carburants. Il faut toutefois traiter ces comparaisons avec prudence car les méthodologies de sondage ne sont pas les mêmes (la population n'est pas la même).

Néanmoins, si des changements de perception sont possibles dans un délai relativement court, il n'est pas certain que les véhicules légers suscitent une adhésion massive et immédiate. La voiture telle qu'on la connaît possède beaucoup d'atouts : elle est polyvalente, confortable, elle offre un sentiment de sécurité, elle permet d'être protégé des intempéries, d'aller vite, et elle est un puissant marqueur social. Il est probable qu'il y ait une résistance culturelle importante à l'utilisation de véhicules légers, car ils peuvent renvoyer une image de véhicule dangereux, fragile, voire ridicule. Il convient donc de mettre en évidence les co-bénéfices à l'utilisation de ces véhicules (économiques, écologiques et sanitaires) et de travailler l'imaginaire autour de véhicules légers, modulables et réparables.

⁴⁶ Pew Research Center, 2015. « Global Concern about Climate Change, Broad Support for Limiting Emissions », cité par Aurélien Bigo, « Stratégie nationale bas-carbone : peut-on faire l'économie d'un ralentissement des mobilités ? », Forum Vies Mobiles, 2020. <https://forumviesmobiles.org/jeunes-chercheurs/13345/strategie-nationale-bas-carbone-peut-faire-leconomie-dun-ralentissement-des-mobilites>

⁴⁷ https://www.francetvinfo.fr/monde/environnement/convention-citoyenne-sur-le-climat/autoroutes-les-francais-massivement-contre-la-limitation-de-la-vitesse-a-110-km-h_4023113.html

⁴⁸ <https://www.leparisien.fr/environnement/cop27-par-peur-du-dereglement-climatique-le-monde-entier-se-dit-pret-a-changer-06-11-2022-COPKGRF7JZBMZM53FD734KO7IQ.php>

III. Recommandations

De nombreux travaux portant sur le développement de la pratique du vélo existent et proposent des recommandations de politiques publiques. Plusieurs de ces recommandations sont communes au développement de la pratique du vélo et à celui de l'utilisation des véhicules intermédiaires : le juste partage de la voirie, la formation des utilisateurs, la lutte contre le vol, la création de pistes cyclables et d'espaces de parking sécurisés, le développement de dispositifs permettant l'intermodalité (abris à vélo dans les gares, places de vélos à bord des trains ou des bus, etc.).

Une des principales différences réside dans le degré de maturité de ces deux modes de déplacement. Le vélo existe depuis longtemps, est connu de tout le monde, sa pratique a même déjà connu un âge d'or, tandis que les véhicules intermédiaires n'existent pour la plupart que sous la forme de prototypes ou à l'échelle de la dizaine ou centaine d'exemplaires par produit (hormis quelques modèles comme les vélos-cargos ou autres vélos spéciaux). Surtout, ces véhicules n'existent ni dans l'imaginaire collectif, ni dans les politiques publiques. Les mesures retenues ici visent donc principalement « mettre en politique » ces véhicules d'une part et à donner des impulsions pour le développement d'une filière d'autre part. Par ailleurs, il est important de considérer la diversité des véhicules intermédiaires. Les politiques publiques ne devront pas toutes s'appliquer de manière uniforme à tous les véhicules (infrastructures, aides à l'achat, etc.).

I. Instaurer un véritable bonus-malus sur le poids des véhicules, condition nécessaire à l'essor des véhicules intermédiaires.

Il est nécessaire d'adosser au développement des véhicules légers un certain nombre de « réflexes écologiques ». Le premier d'entre eux est d'éviter que les nouveaux véhicules légers viennent en complément et non en substitution des véhicules polluants actuels. Il faut pour cela concevoir des politiques qui luttent contre la production et l'achat de véhicules lourds. Sans cela, deux marchés coexisteront, celui des véhicules légers et ultralégers d'un côté et celui des voitures classiques toujours plus lourdes de l'autre, de la même manière que l'agriculture biologique, les amaps et les marchés de producteurs coexistent avec l'industrie agroalimentaire (L'atelier paysan, 2021). Ce phénomène d'addition est également bien connu dans le domaine de l'énergie, où à chaque époque, les nouvelles sources d'énergie ne se sont pas substituées aux anciennes, mais s'y sont ajoutées (pétrole et charbon, charbon et bois) (Fressoz, 2021).

Dans le domaine de la mobilité, on constate déjà que des politiques qui ne prennent pas en compte ces enjeux génèrent de la complémentarité plutôt que de la substitution. Une étude réalisée en Suède et en Norvège, pays où les marchés des voitures électriques sont relativement matures, montre que les voitures électriques sont majoritairement achetées en complément de voitures thermiques, et non en substitution. De plus, les propriétaires de ces véhicules les utilisent plus régulièrement qu'avant leur acquisition (Klößner, Nayum, et Mehmetoglu, 2013). Un phénomène similaire a été illustré précédemment avec l'exemple de la Citroën Ami, petite voiture sans permis : celle-ci est l'apanage des lycéens (14-18 ans) de classe aisée qui acquièrent une indépendance vis-à-vis de leurs parents. Deauville est la ville qui compte le plus de Citroën AMI par habitant⁴⁹. On trouve ces dernières garées par dizaines devant les établissements de banlieues huppées parisiennes, ou de villes de province.

⁴⁹ <https://www.ouest-france.fr/normandie/deauville-14800/a-deauville-et-trouville-les-voiturettes-ami-cartonnent-a-la-sortie-des-ecoles-a000d3d6-7de4-11ec-92fb-6689e2d2ee1b>

Dans ce cas, ces véhicules plus petits ne viennent pas se substituer à des véhicules plus énergivores mais viennent s'ajouter à la panoplie de voitures possédées par les familles riches, au détriment d'un apprentissage des transports en commun ou des mobilités actives⁵⁰.

Il est donc nécessaire de veiller à ce que les véhicules légers ne deviennent pas un objet de distinction sociale réservé aux élites. Le développement de ces petites voitures sans permis, accompagnée de pratiques dangereuses (débridage, transport de trois personnes au lieu de deux autorisées, conduite sur autoroute, etc.) risque de porter préjudice au développement des véhicules légers. Il conviendrait de relever l'âge à partir duquel elles sont accessibles à 18 ans au lieu de 14 ans.

Plus largement, Olivier Lefebvre pointe le risque d'un marché des véhicules légers à deux vitesses, où « *les véhicules luxueux, fabriqués principalement manuellement à partir de matériaux de qualité, et accessibles seulement à une frange aisée de la population, cohabitent avec des véhicules low-tech low-cost, moins robustes et sans confort, destinés aux consommateurs les moins fortunés* »⁵¹.

Il est donc nécessaire de définir une mesure de planification qui organisera la substitution des véhicules classiques par des véhicules légers. De plus, une cohabitation de véhicules légers et de voitures classiques toujours plus lourdes risque de générer de l'insécurité routière. En outre, cela engendrera sans doute un sentiment d'injustice fort. Les enquêtes annuelles sur la perception du changement climatique réalisées par l'Ademe⁵² montrent qu'à la question « si des changements importants s'avèrent nécessaires dans nos modes de vie, à quelles conditions les accepteriez-vous ? », la réponse la plus choisie est celle qui indique que ces changements « soient partagés de façon juste entre tous les membres de la société » (64 %), loin devant le fait que ces changements « soient compensés par d'autres avantages (plus de temps libre, plus de solidarité, etc.) (33 %). Le désir de justice est fort et largement partagé.

Un bonus-malus fort sur le poids des véhicules permettrait donc de décourager l'achat de véhicules lourds et donc polluants – y compris s'ils sont électriques – et de financer l'acquisition de véhicules légers et ultralégers. L'avantage du bonus-malus est qu'il permet de générer des recettes fiscales permettant de financer le développement des mobilités sobres. La Convention citoyenne pour le climat avait proposé une taxe de 10 €/kg pour les véhicules neufs de plus de 1 400 kg. Cette catégorie de poids représentait près du quart des véhicules neufs vendus. Dans la version finale de la loi Climat et résilience, le seuil a été remonté à 1 800 kg, ce qui représente moins de 2 % des véhicules neufs vendus. Par ailleurs, une étude de Transport & Environnement (2022) montre qu'en France, le système de malus automobile fondé sur les émissions de CO₂ des véhicules est très peu contraignant : en 2021, 2/3 des véhicules neufs vendus se situaient sous le seuil de déclenchement du malus. De plus, pour les véhicules concernés par le malus, le montant de ce dernier n'est pas suffisant : en moyenne, il s'élevait à seulement 242 €, un chiffre bien bas par rapport au prix d'une voiture neuve.

De plus, le système actuel d'aides à l'achat de véhicules électriques n'est pas ciblé sur les véhicules les plus légers. Dans une étude publiée par France Stratégie en 2022, il apparaît que les aides publiques à l'achat des véhicules électriques subventionnent l'achat de SUV électrique. Les auteurs affirment que « *certaines modèles de SUV peuvent donc être autant financés qu'une citadine électrique* ». Par ailleurs, ils estiment que l'achat d'un véhicule électrique reste peu accessible pour de nombreux ménages, malgré les aides. Ils estiment en effet que pour un véhicule électrique de segment B, le surcoût à l'achat reste de 8 000€ par rapport à une voiture thermique de même catégorie. Enfin, à l'exception de la prime à la conversion, les dispositifs de soutien dépendent peu des conditions de ressources des ménages. Depuis 2023 en revanche, le bonus écologique pour les voitures électrique est conditionné

⁵⁰ Ecouter le podcast « Les sans P ou la vie débridée de la jeunesse dorée », Les Pieds sur Terre, France Culture, 2/11/2022 <https://www.radiofrance.fr/franceculture/podcasts/les-pieds-sur-terre/les-sans-p-ou-la-vie-debridee-de-la-jeunesse-doree-2055898>

⁵¹ <https://reporterre.net/Ne-laissons-pas-le-marche-s-emparer-des-low-tech>

⁵² Ademe, Représentations sociales du changement climatique : 22^{ème} vague du baromètre.

plus fortement aux ressources des ménages, et il est attribuer uniquement pour les modèles de moins de 47 000€ et de moins de 2.4 tonnes.

Pour les ménages modestes, la solution prônée par France Stratégie repose sur les véhicules électriques dits « d'entrée de gamme », c'est-à-dire des véhicules du segment A (le moins volumineux) et/ou disposant d'un niveau d'équipement de confort ou d'aides à la conduite plus faible. La raison évoquée est le faible coût d'acquisition contrairement aux véhicules de segment B ou SUV C (respectivement 10 000 € contre 25 000 € et 36 000 €). En revanche, les auteurs rappellent que l'industrie automobile européenne a laissé de côté ces modèles de véhicules pour se concentrer sur des véhicules à plus haute valeur ajoutée, et qu'aujourd'hui le seul modèle identifiable dans cette catégorie est produit en Chine.

Enfin, le rapport met en évidence le coût pour les finances publiques d'un maintien des aides publiques pour l'achat de véhicules électriques. D'après les différents scénarios d'évolution des ventes de véhicules électriques considérés dans l'étude, on constate une montée en puissance très forte des dépenses publiques si les dispositifs n'évoluent pas. Les dépenses liées au bonus écologique pourraient atteindre 4 milliards d'euros par an en 2030 et jusqu'à 8 milliards en 2035 dans le scénario le plus ambitieux correspondant à l'atteinte de l'objectif de 100% de ventes de véhicules électriques en 2035. Afin de maîtriser ces dépenses, les auteurs recommandent de réviser les dispositifs d'aide : *« une piste à investiguer serait de définir un barème d'éligibilité au bonus écologique en fonction de la taille ou du poids du véhicule plutôt qu'en fonction de son prix, ou encore en croisant ces trois critères. Cela pourrait envoyer un signal incitatif en faveur de l'achat de véhicules légers – qui permettent de minimiser l'impact carbone par rapport à un véhicule thermique »*. Les auteurs rappellent également que cela engendrerait de co-bénéfices en termes de pollution atmosphérique et de consommation de ressources. Enfin, les auteurs recommandent de renforcer le malus sur les véhicules polluants. En effet, les auteurs rappellent que l'augmentation toujours plus importante du poids des véhicules est incompatible avec l'atteinte des objectifs climatiques et le partage des ressources, et qu'elle remet par ailleurs en cause la capacité des ménages les plus modestes à acquérir ces véhicules. Ils recommandent donc d'élargir le malus aux véhicules électriques les plus lourds.

Une réforme du système de bonus/malus automobile est donc indispensable. Introduire un critère beaucoup plus ambitieux sur le poids des véhicules permettrait de freiner les ventes de SUV, même électriques, comme le recommande l'Ademe (2022b) qui rappelle qu'un SUV électrique n'a de meilleures performances sur la quantité de CO₂ émis qu'après 100 000 km d'utilisation, ce qui va à rebours de la nécessaire sobriété des déplacements.

Le bonus/malus doit commencer à un seuil beaucoup plus ambitieux que celui existant, et monter en puissance au fil des années. Le seuil et l'échelle de tarification doivent être élaborés de manière à affecter la majeure partie des véhicules vendus. De plus, à terme, il serait également pertinent d'interdire la vente de véhicules dont le poids excéderait un certain seuil.

II. Mettre en place des « rencontres nationales et translocales des véhicules légers »

Un évènement national décliné dans différentes collectivités permettrait d'engager la mise en politique des véhicules légers. Sans viser l'exhaustivité, les objectifs pourraient être les suivants :

- Rendre visibles les véhicules légers afin qu'ils soient réellement considérés comme une alternative crédible à la voiture :
 - Créer une arène de discussion et de débat autour de ces véhicules.
 - Mobiliser l'opinion, attirer l'attention des journalistes et des pouvoirs publics sur l'existence d'un secteur en développement qui mérite d'être accompagné.
 - Organiser une campagne d'information massive et régulière sur les véhicules intermédiaires, en s'appuyant sur différents supports (papiers, numériques, vidéo, etc.) et pensée pour atteindre différents groupes sociaux (jeunes, chômeurs, travailleurs, personnes à mobilité réduite, femmes, enfants, personnes retraitées, etc.). Promouvoir ces véhicules lors de manifestations variées (semaine du développement durable, Tour de France, campagnes dans les entreprises, les établissements scolaires, les hôpitaux, etc.).
- Fédérer les acteurs (constructeurs de véhicules intermédiaires, acteurs publics et associations impliquées sur les questions écologiques, de mobilité, de santé, d'inclusion sociale, citoyens, etc.). Il semble utile que les acteurs de la marche et du vélo soient présents, ne serait-ce que pour penser la question de la cohabitation des différents usages et de la hiérarchie des modes, même si, pour des enjeux de visibilité, il serait sans doute préférable que les assises soient centrées sur les véhicules légers excluant le vélo.
- Échanger autour des besoins afin de mettre en place une filière :
 - Identifier les besoins de mobilité.
 - Identifier les offres existantes et les manques.
 - Mettre en place un cahier des charges permettant de garantir le caractère écologique de ces véhicules, ainsi que leur sécurité.
 - Réfléchir dès le lancement de la filière aux exigences de réparabilité des véhicules, de mise en commun, d'utilisation de matières issues du réemploi (réutilisation de pièces de voitures et de vélos usagers) dans une démarche *low-tech*.
 - Repenser les institutions en charge de l'homologation des véhicules, les critères et le coût de cette homologation⁵³.
 - Réviser les dispositifs existants de soutien à l'innovation, qui sont plus favorables aux innovations *high-tech* qu'aux initiatives *low-tech*.

⁵³ Aujourd'hui, l'homologation des véhicules intermédiaires nécessite le recours à une société spécialisée, dont le montant de la prestation est compris entre 20 000 € et 60 000 €, ce qui est coûteux pour une petite entreprise (Héran, 2022).

III. Mettre en place une « maison de la mobilité » à l'échelle de chaque commune ou intercommunalité selon la taille

Étant donné que l'offre de véhicules légers est encore balbutiante et la demande quasi-inexistante, il semble pertinent de mettre en place un lieu qui permettrait à la fois de faire connaître et de mettre à disposition des véhicules légers, stimulant ainsi la demande, et d'offrir des débouchés aux constructeurs de véhicules légers, stimulant l'offre.

Ces maisons de la mobilité seraient des lieux de partage, ouverts à toutes et tous, autour de la mobilité sobre. Elles disposeraient de plusieurs exemplaires de différents modèles de véhicules intermédiaires disponibles à la location, courte ou longue durée, avec des tarifs sociaux. Le nombre et la quantité de véhicules disponibles s'ajusteraient en fonction des besoins des habitants, qui pourraient également formuler des retours d'expériences aux constructeurs afin qu'ils adaptent leurs produits.

Ces lieux proposeraient également un accompagnement plus large à la mobilité : lecture de l'offre de transports en commun, acquisition des compétences pour utiliser les véhicules légers, location d'accessoires (remorques, etc.). Les maisons de la mobilité seraient également des lieux pour apprendre ou réapprendre à celles et ceux qui le souhaitent à réparer ces véhicules et à les ajuster en fonction de leurs besoins (réglages, accessoires, etc.). Elles pourraient également organiser des promenades afin de faire découvrir ces véhicules et faire venir de nouvelles personnes (promenades naturalistes, découverte du patrimoine de la région, etc.).

Les maisons de la mobilité permettraient également de contribuer à amorcer une dynamique de mise en commun des véhicules légers. Parce que leur périmètre d'utilisation est souvent plus étroit que celui d'une voiture classique, il semble pertinent de permettre le partage des véhicules intermédiaires. En effet, une personne pourra posséder son propre véhicule léger adapté à la grande majorité de ses besoins, mais devra pouvoir louer ou emprunter un autre type de véhicule léger pour des besoins plus ponctuels (trajets à plusieurs, transport de charges, trajets plus longs, etc.) De plus, la mise en commun des véhicules légers permet aux futurs utilisateurs de tester un véhicule en particulier avant d'en faire l'acquisition. Cela lève un frein important à l'adoption de ces véhicules. Plusieurs collectivités ont d'ores et déjà adopté ce système de location de courte durée, comme la région Ile-de-France qui permet la location sur six mois d'un véhicule électrique afin de permettre aux Franciliens de tester ces véhicules avant d'en faire la potentielle acquisition.

Les maisons de la mobilité pourraient également proposer à la location des voitures classiques, pour des besoins précis qui ne pourraient être satisfaits par des véhicules légers (déménagement, départ en vacances). Ainsi, les ménages ne seraient plus contraints d'acquérir une grosse voiture pour les rares occasions où cela est réellement nécessaire.

Ces maisons de la mobilité pourraient prendre exemple sur des dispositifs déjà existants. Par exemple, dans la Drôme, l'association Dromolib mène des actions d'animation, de formation (remise en selle, écoconduite, etc.) et propose des mises à disposition de VAE et de vélos cargo, des véhicules en autopartage et organise des ateliers de réparation itinérants. Plusieurs collectivités disposent déjà de maisons de la mobilité (Toulon (83), Bordeaux (33), Grand Villeneuvois (47), Annemasse (74), Vienne (38), Saint Avold (57), Chateaubriand (44), etc.). Ces structures apportent conseils et formation autour des mobilités (choix des itinéraires, location de vélos, ateliers de remise en selle, achat des titres de transports, etc.). Elles pourraient faire l'acquisition d'une gamme de véhicules intermédiaires et mettre en place une campagne de communication autour de ces véhicules à destination des habitants.

Conclusion

La voiture individuelle joue un rôle considérable dans la dégradation des écosystèmes : émissions de gaz à effet de serre, pollution de l'air, de l'eau, des sols, pollution sonore. Sa fabrication est également énergivore et requiert de nombreux matériaux polluants. Les infrastructures routières fragmentent les espaces naturels et urbains et enlaidissent les paysages. En plus de ces conséquences écologiques, l'industrie automobile a servi de laboratoire aux grandes révolutions industrielles et managériales du 20^{ème} siècle et du début du 21^{ème} siècle : fordisme, taylorisme, toyotisme, délocalisations, automatisation et numérisation.

Si la voiture individuelle paraît aujourd'hui indispensable, c'est parce que l'aménagement du territoire, l'étalement urbain et le recul progressif des services publics et des commerces de proximité ont entraîné un éloignement toujours plus important des lieux de vie et des espaces où l'on travaille, se nourrit, se soigne ou se divertit. C'est également parce que la publicité et plus largement l'industrie culturelle en font un outil de distinction sociale et un symbole de liberté.

La voiture individuelle a un atout immense : sa polyvalence. Elle permet de parcourir des distances courtes ou longues, de voyager seul ou à plusieurs, de transporter des charges, d'être protégé des intempéries. Elle offre de plus en plus d'accessoires permettant de rendre le trajet agréable : chauffage, climatisation, radio, chaîne Hi-Fi, GPS, Wifi, caméra de recul, écran vidéo, etc. Le véhicule autonome est l'aboutissement de cette tendance au suréquipement, puisque les centaines de capteurs et logiciels de pilote automatique promettent d'offrir un trajet où le conducteur pourrait se reposer, travailler ou se divertir (La Fabrique Ecologique et Forum Vies Mobiles, 2021).

Au vu des dégâts environnementaux et sociaux générés par l'automobile, (cf. partie 1), il est nécessaire de sortir de la société du tout-voiture.

Remplacer un véhicule aussi polyvalent que la voiture individuelle ne se fera d'abord qu'à la condition de renoncer à ces équipements superflus pour aller vers des véhicules sobres. Mais le plus important consiste à diminuer drastiquement le poids des véhicules, ainsi que leurs performances en termes de vitesse.

De nombreuses alternatives beaucoup plus sobres et légères émergent. La voiture individuelle devra être remplacée par une pluralité de véhicules, chacun étant approprié au mode de vie des personnes l'utilisant : vélo-cargo pour les personnes devant déplacer des enfants ou des charges, mini-voiture à quatre places lorsque la situation familiale, géographique ou professionnelle l'exige, handicycle pour les personnes en situation de handicap, etc.

Cela impliquera sans doute une plus grande mutualisation de ces véhicules à l'échelle du quartier, de l'entreprise ou de la commune. Par ailleurs, l'usage de la voiture individuelle ne disparaîtra pas, mais se limitera à des zones géographiques précises (zones de montagne où les routes sont escarpées et les conditions météorologiques difficiles) ou à des besoins précis (certaines activités professionnelles, besoins ponctuels tels que les vacances⁵⁴, etc.). Les véhicules légers doivent devenir la norme et la voiture individuelle actuelle l'exception, à l'inverse de ce qui se fait aujourd'hui.

Loin d'être une mesure austère, l'abandon de la voiture individuelle au profit des véhicules légers et ultralégers s'accompagne de nombreux cobénéfices, économiques (réduction du budget transport pour les ménages et réduction des nuisances pour la société) et sanitaires (réduction de la sédentarité, réduction des pollutions). Les individus ou associations ayant expérimenté l'utilisation de véhicules

⁵⁴ Même s'il existe de plus en plus d'initiatives pour des vacances sans voiture et que cette dynamique doit être encouragée.

intermédiaires pour lesquels il est nécessaire de pédaler témoignent également du plaisir éprouvé à l'utilisation (pratique physique, observation du paysage, des saisons, etc.). En outre, ces véhicules sobres seront plus facilement réglables et réparables par tout le monde, redonnant de l'autonomie et des savoir-faire aux personnes.

L'émergence de ces véhicules légers ne se limite pas à l'enjeu technique de fabrication de ces engins. Tout comme l'avènement du tout-voiture s'est appuyée sur la mise en place d'infrastructures routières, de normes, d'assurances ou d'un récit autour de l'automobile comme vecteur de liberté, c'est-à-dire d'un système modal (Héran, 2021), le développement des véhicules légers s'insèrera dans un système alternatif à la voiture, permis notamment par l'adaptation des infrastructures routières et par un aménagement du territoire favorisant des modes de vie plus en proximité en réduisant les distances à parcourir au quotidien, répondant ainsi aux aspirations des personnes. Il est important de rappeler que les transports en commun, le vélo et la marche, peu abordés dans cette note, sont pleinement constitutifs de ce système alternatif à la voiture. Il est nécessaire de penser le développement des véhicules légers en synergie avec ces autres modes de transport, ce qui implique là encore de permettre l'intermodalité ou la possibilité de se déplacer facilement à pied.

Enfin, si cette note ne s'attarde que sur le transport de personnes, les réflexions développées ici mériteraient de s'appliquer au transport de marchandises, soumis à une globalisation toujours plus rapide des échanges et au développement exponentiel du e-commerce.

Bibliographie

Achakulwisut, Pattanun, Michael Brauer, Perry Hystad, et Susan C. Anenberg. 2019. « Global, National, and Urban Burdens of Paediatric Asthma Incidence Attributable to Ambient NO₂ Pollution: Estimates from Global Datasets ». *The Lancet Planetary Health* 3 (4): e166-78. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(19\)30046-4](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(19)30046-4).

Ademe. 2021. « Développer la culture vélo dans les territoires ». <https://librairie.ademe.fr/mobilite-et-transport/4664-developper-la-culture-velo-dans-les-territoires-9791029717871.html>.

Ademe. 2022a. « Emissions des véhicules routiers - Les particules hors échappement ». <https://presse.ademe.fr/2022/04/plus-de-la-moitie-des-particules-fines-emises-par-les-vehicules-routiers-recents-ne-proviennent-plus-de-lechappement.html>.

Ademe. 2022b. « Les avis de l'Ademe - Voitures électriques et bornes de recharge ». <https://eduscol.education.fr/sti/sites/eduscol.education.fr.sti/files/actualites/14983/14983-avis-ademe-voitures-electriques-et-bornes-recharges-octobre-2022.pdf>.

Ademe. 2022c. « Représentations sociales du changement climatique : 22^{ème} vague du baromètre ». <https://librairie.ademe.fr/changement-climatique-et-energie/4998-representations-sociales-du-changement-climatique-22-eme-vague-du-barometre.html>.

Agence européenne de l'énergie. 2018. « Electric vehicles from life cycle and circular economy perspectives TERM 2018: Transport and Environment Reporting Mechanism (TERM) report ». No 13/2018.

Beauvais, Jean-Marie. 2020. « Le coût des déplacements pour les voyageurs ». *Fnaut Infos - Bulletin de la Fédération Nationale des Associations d'Usagers des transports*, no 281.

Bergerot, Antoine, Gabriel Comolet, et Thomas Salez. 2021. « Les usagers de la route paient-ils le juste prix de leurs circulations ? », 8.

Bigo, Aurélien. 2020. « Les transports face au défi de la transition énergétique. Explorations entre passé et avenir, technologie et sobriété, accélération et ralentissement ». <http://www.chair-energy-prosperity.org/publications/travail-de-these-decarboner-transport-dici-2050/>.

BUMP. 2021. « Le marché de la publicité, des médias et de la communication. Bilan annuel 2021 et prévisions pour l'année 2022 ».

Carbonell. 2022. *Le futur du travail*.

Cerema, l'environnement. 2022. « Mobilités du quotidien : comprendre les années 2010-2020 pour mieux appréhender demain ». Références. Cerema. Bron. <https://doc.cerema.fr/Default/doc/SYRACUSE/584812/mobilites-du-quotidien-comprendre-les-annees-2010-2020-pour-mieux-apprehender-demain>.

CFDT. 2021. « Automobile : comment relever le défi d'une transition juste ? » https://www.cfdt.fr/portail/outils/nos-publications/automobile-comment-relever-le-defi-d-une-transition-juste-srv1_1184886.

Conseil fédéral de la Confédération Suisse. 2021. « Aires de circulation pour la mobilité douce ». <https://www.newsd.admin.ch/newsd/message/attachments/69507.pdf>.

- Forum Vies Mobiles. 2022. « Mobilité : réorganiser le territoire national pour réussir la transition ». <https://forumviesmobiles.org/points-de-vue/15537/mobilite-reorganiser-le-territoire-national-pour-reussir-la-transition>.
- Forum Vies Mobiles, et Master 2 et magistère d'urbanisme et aménagement Université Paris 1. 2022. « Comment aménager les territoires pour favoriser des modes de vie en proximité ? » <https://forumviesmobiles.org/recherches/15429/comment-amenager-les-territoires-pour-favoriser-des-modes-de-vie-en-proximite>.
- Forum Vies Mobiles, et Juliette Maulat. 2021. « Être livreur à vélo : passion ou exploitation ? » <https://forumviesmobiles.org/recherches/13524/etre-livreur-velo-passion-ou-exploitation>.
- France Stratégie. 2022. « Voiture électrique : à quel coût ? » La note d'analyse n°115. https://www.strategie.gouv.fr/sites/strategie.gouv.fr/files/atoms/files/fs-2022-na-115-voiture_electrique_a_quel_cout-novembre_1.pdf.
- Fressoz, Jean-Baptiste. 2021. « Pour une histoire des symbioses énergétiques et matérielles ». Annales des Mines - Responsabilité et environnement 101 (1): 7-11. <https://doi.org/10.3917/re1.101.0007>.
- Gorz, André. 1978. Ecologie et politique. Paris: Seuil.
- Gouffier-Cha, Guillaume. 2022. « Mission sur la filière économique du vélo en France ».
- Héran, Frédéric. 2015. Le retour de la bicyclette. Une histoire des déplacements urbains en Europe, de 1817 à 2050. La Découverte. https://www.editions-ladecouverte.fr/le_retour_de_la_bicyclette-9782707186812.
- Héran, Frédéric. 2021. « Une analyse structurale des systèmes modaux ». Revue d'Économie Régionale & Urbaine Avril (2): 225-45. <https://doi.org/10.3917/reru.212.0225>.
- Héran, Frédéric. 2022. « Quel avenir pour les véhicules intermédiaires ? » Transports urbains 141 (1): 25-28. <https://doi.org/10.3917/turb.141.0025>.
- Héran, Frédéric, et Arnaud Sivert. 2022. « L'amélioration de l'efficacité énergétique des véhicules individuels ». Transports urbains 141 (1): 9-14. <https://doi.org/10.3917/turb.141.0009>.
- IEA. 2021. « The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions – Analysis ».
- INPI. 2022. « Palmarès des principaux déposants de brevets à l'INPI en 2021 ». https://www.inpi.fr/sites/default/files/inpi%20statistiques%20palmares%20inpi%202021_0.pdf.
- INSEE. 2020. « Tableau de l'économie française - Equipements des ménages ».
- INSEE. 2021. « En 2017, les ménages consacrent 11 % de leur revenu disponible à la voiture - Insee Première - 1855 ». 1855. INSEE Première. <https://www.insee.fr/fr/statistiques/5358250#consulter>.
- Januel, E, et B Stankoff. 2019. « Impact de l'exposition à la pollution atmosphérique sur le risque... » La lettre du neurologue XXIII (mai). <https://www.edimark.fr/lettre-neurologue/impact-exposition-a-pollution-atmospherique-sur-risque-survenue-aggravation-maladies-neurologiques>.
- Klebaner, Samuel. 2020. Normes environnementales européennes et stratégies des constructeurs automobiles: Un jeu coopératif aux résultats ambigus. Préface de Thierry Weil. Postface de Patrick Blain. Paris: ECOLE DES MINES.

Klößner, Christian, Alim Nayum, et Mehmet Mehmetoglu. 2013. « Positive and negative spillover effects from electric car purchase to car use ». *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 21 (juin): 32-38. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2013.02.007>.

La Fabrique Ecologique, et Forum Vies Mobiles. 2021. « Le véhicule autonome : quel rôle dans la transition écologique des mobilités ? » <https://www.lafabriqueecologique.fr/etude-le-vehicule-autonome-quel-role-dans-la-transition-mobilitaire/>.

L'atelier paysan. 2021. *Reprendre la terre aux machines. Manifeste pour une autonomie paysanne et alimentaire*. <https://www.decitre.fr/livres/reprendre-la-terre-aux-machines-9782021478174.html>.

Observatoire Régional de Santé, Airparif. 2022. « Mortalité attribuable à la pollution atmosphérique en Ile-de-France. Quelles évolutions et quels bénéfices d'une amélioration de la qualité de l'air dans les territoires ». <https://www.airparif.asso.fr/actualite/2022/avec-les-recommandations-de-loms-7-900-deces-pourraient-etre-evites-en-idf>.

Paterson, Matthew. 2010. « Ennui de voiture ». *Écologie & politique* 39 (1): 103-28. <https://doi.org/10.3917/ecopo.039.0103>.

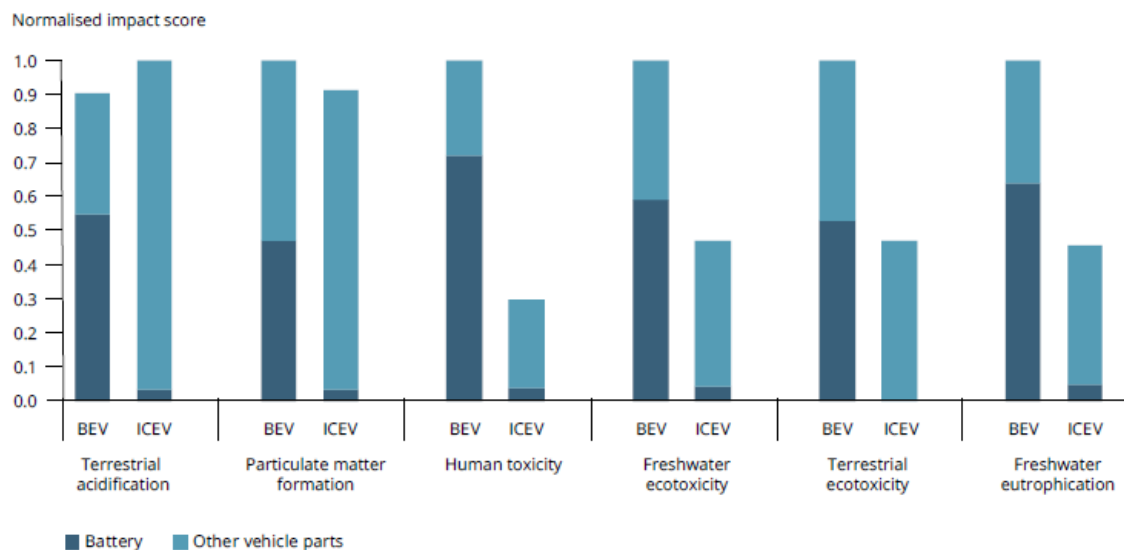
PNUE. 2020. « Used vehicles and their environment - A global overview of used light duty vehicles: flow, scale and regulation », 2020.

Transport & Environnement. 2022. « Fiscalité Automobile : Les Voitures Polluantes Sont Encore Largement Exonérées Du Principe Du Pollueur-Payeur ». <https://www.transportenvironnement.org/discover/fiscalite-automobile-les-voitures-polluantes-sont-encore-largement-exonerees-du-principe-du-pollueur-payeur/>.

Annexes

I. Différentes analyses d'impacts du véhicule électrique

Figure 3.4 Comparison of the impacts of production of ICEVs and BEVs across six different impact categories



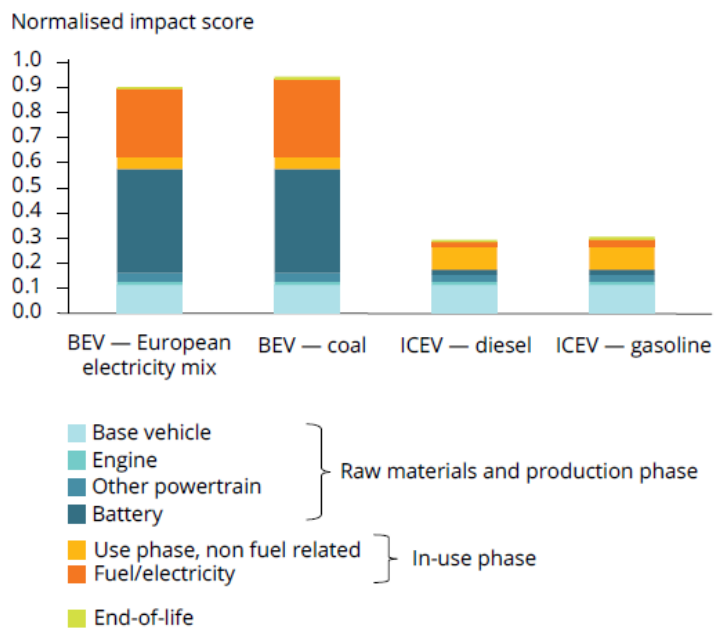
Notes: The production emissions presented here include those arising from raw material extraction and processing (Box 3.1). Normalised impacts for each impact category are expressed as a proportion of the largest total impact. For BEVs, data for a LiNMC battery have been used. Impact scores are identical for petrol and diesel ICEVs, so they are presented as a single category. For more information, see footnote 8.

Source: Based on data in Hawkins et al., 2013.

Figure 8 - Différents impacts du véhicule électrique et du véhicule thermique
Légende : BEV : Battery Electric Vehicle (véhicule électrique) ICEV : Internal Combustion Engine (véhicule thermique)

Source : Agence européenne de l'environnement (2018)

Figure 6.2 Human toxicity impacts: example comparison of BEVs with ICEVs

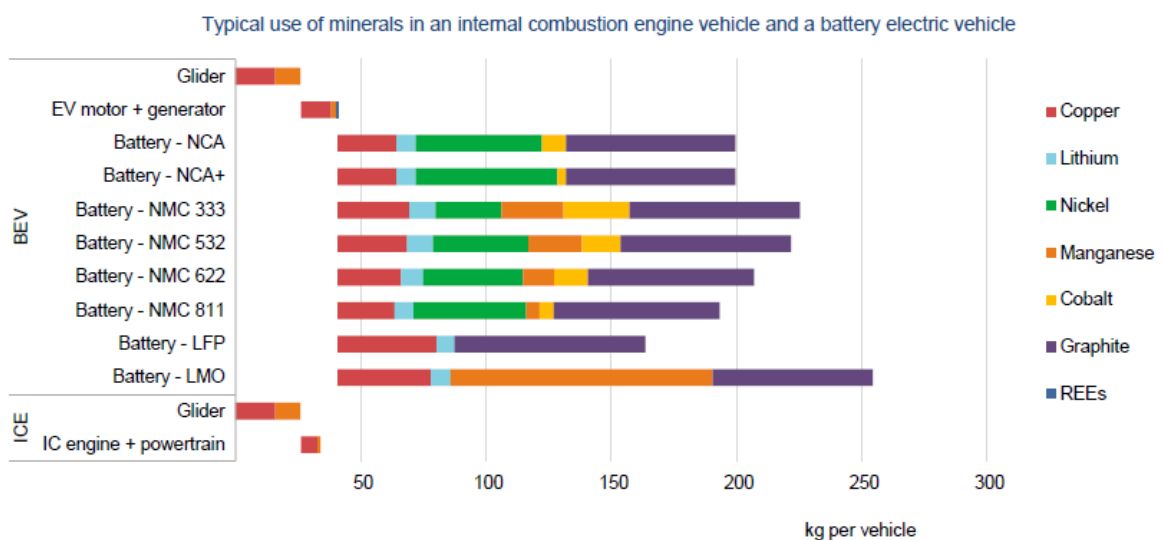


Notes: See footnote 8 for a description of the study system.

Source: Based on Hawkins et al., 2013.

Figure 9 - Différence d'impacts sur la santé humaine entre le véhicule électrique et le véhicule thermique

Source : Agence européenne de l'environnement (2018)



IEA. All rights reserved.

Notes: For this figure, the EV motor is a permanent-magnet synchronous motor (neodymium iron boron [NdFeB]); the battery is 75 kilowatt hours (kWh) with graphite anodes.

Sources: Argonne National Laboratory (2020b, 2020a); Ballinger et al. (2019); Fishman et al. (2018b); Nordelöf et al. (2019); Watari et al. (2019).

Figure 10 - Comparaison des besoins en métaux entre un véhicule thermique et un véhicule électrique

Source : IEA (2021)

II. Une typologie de véhicules intermédiaires

Vélo à assistance électrique (VAE)  Gitane	Speedelec  Medeo T10	Tandem  Gitane	Tricycle  Damius	Vélo allongé (long tail)  Respire
Vélo pliant  Brompton	Vélo pliant électrique  Tern	Biporteur  Douze Cycles	Triporteur  Nihola	Triporteur pour enfants  Chike kids
Triporteur familial  Wello family-up	Vélo poussette  Wike Salamander	Rickshaw  Amsteraamer	Vélo taxi 8 enfants  GoCap	Rosalie  France quadricycle
Vélo modulaire  Add bike	Vélo modulaire  Cigogne cycle	Caddy  Donkey	Remorque autotractée  Toutenvélo	Porte palette pour vélo  BicyLift trailer
Vélo couché  Lacka	Trike  Ice Adventure	Handicycle  Hase	Vélo pousseur  Rollfiets	Vélo pour fauteuil roulant  Benur
Tricycle pendulaire  Lungauke	Vélobobile  Velocar type H (Mochet)	Vélobobile  Frikar	Vélobobile  Quest	Vélobobile  Milan SL MK7
Vélo-voiture  Veemo	Vélo-voiture  Podride	Vélo-voiture  Midipile	Vélo-voiture  Tricycar	Micro-voiture  EV4
Quadricycle protégé  EU-Live (Peugeot)	Tricycle protégé  Velocipedo (Torrot)	Voiturette  Ami (Citroen)	Voiturette  City Pack (Aixam)	Voiturette  C+Pod (Toyota)
Tricycle avec cabine  EEC	Mini-voiture avec pédalier  Twike 5	Mini-voiture  Twizy 80 (Renault)	Mini-voiture  Minimó (Seat)	Mini-voiture  Micro electric

Figure 11 - Les modes intermédiaires
Source : Héran (2022)

Il existe d'ores et déjà plusieurs catégories de véhicules au sein des véhicules intermédiaires. Frédéric Héran en a proposé une typologie⁵⁵ :

- Les **vélos à assistance électrique (VAE)**, de plus en plus connus et utilisés, ont une puissance limitée à 250W et une vitesse limitée à 25 km/h.
- Les **speed pedelec** ont également une assistance électrique au pédalage, avec une puissance limitée à 4000W et une vitesse limitée à 45 km/h, ce qui les fait rentrer dans la catégorie L1E-A (cyclomoteur) et implique de disposer d'une assurance, d'une immatriculation, d'un permis AM, de certains équipements obligatoires (rétroviseurs, gants, casque).
- Les **vélos spéciaux** rassemblent les vélos pliants, les vélo-cargos les vélos couchés, les vélos-mobiles, les tandems, etc. Chacun de ces véhicules présente des caractéristiques particulières lui permettant de répondre à un besoin de mobilité précis. Les vélos pliants sont pensés pour permettre l'intermodalité (transport du vélo dans le train). Les vélos cargos permettent de transporter des charges inférieures à 300 kg (personnes ou objets), avec une assistance électrique le plus souvent limitée à une vitesse de 25 km/h. Les vélos cargos remontent au début du 20^e siècle où ils étaient déjà utilisés par les commerçants pour les livraisons de produits, mais ont été délaissés au profit de la voiture et du camion. S'il est resté un mode de transport marginal ou limité à quelques zones géographiques (Copenhague), le vélo cargo a connu un développement fulgurant ces deux dernières années. En 2020, les ventes auraient augmenté de plus de 350 % pour atteindre 11 000 unités⁵⁶. Les vélos cargo peuvent être bi-porteurs, tri-porteurs, voire quadriporteurs, porter les charges à l'avant ou l'arrière. L'entreprise Velab, fournisseur de vélo-cargos, identifiait 26 modèles de vélo-cargo, mais le nombre pourrait augmenter rapidement les prochaines années.

⁵⁵ <https://theconversation.com/malus-poids-emissions-de-co-interessons-nous-enfin-aux-vehicules-intermediaires-148650>

⁵⁶ <https://www.lesechos.fr/industrie-services/tourisme-transport/le-velo-cargo-prend-son-envol-en-france-1305755>

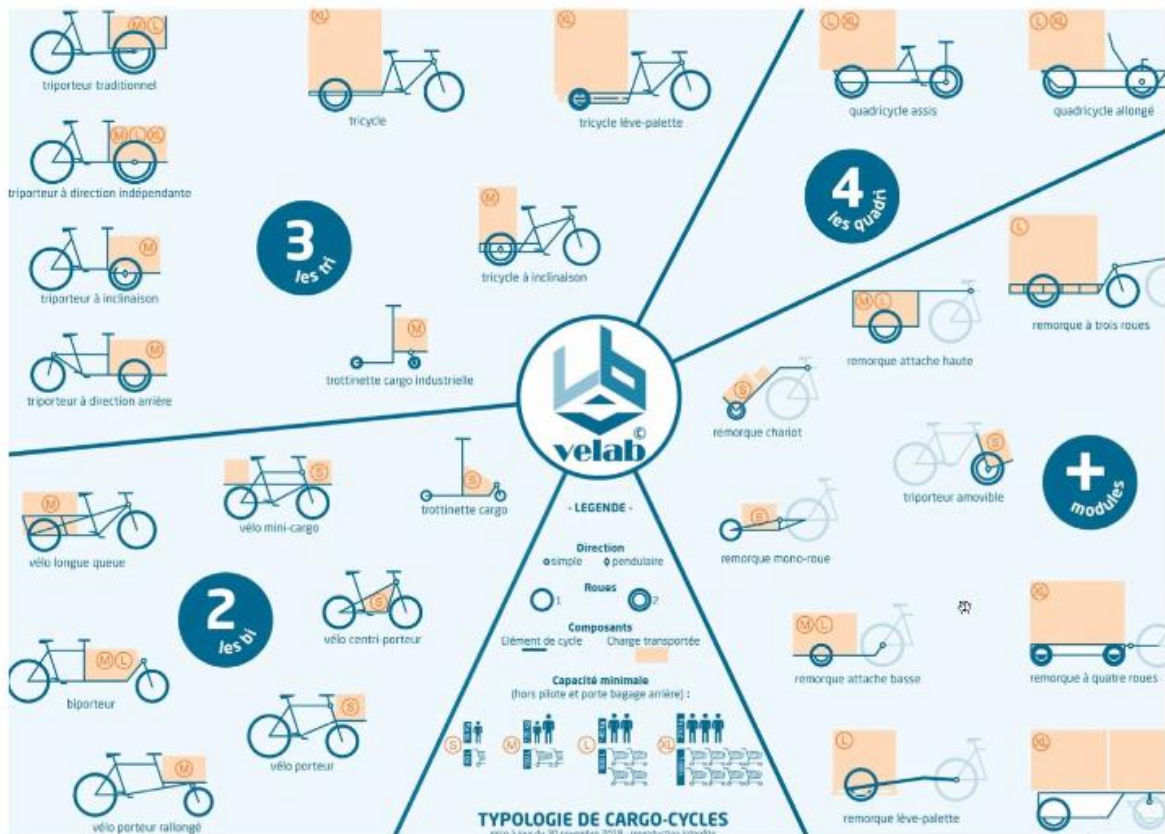


Figure 12 - Typologie de vélos-cargos

Source : Velab⁵⁷

Le vélo-couché permet, comme son nom l'indique, de pédaler en position couchée, ce qui permet de fournir moins d'effort et d'avoir une moindre prise au vent. Les vélomobiles sont des vélos couchés carénés, c'est-à-dire avec une carrosserie. Ils pèsent une trentaine de kilos et peuvent être à trois ou quatre roues, avec une ou deux places, peuvent protéger les utilisateur.rices des intempéries. Leur aérodynamisme leur permet d'atteindre des vitesses élevées, le record mondial étant de 140 km/h sans assistance électrique. Il s'agit du mode de déplacement qui a la meilleure efficacité énergétique à ce jour. Les vélos-voitures sont des vélos semi-couchés, carénés, qui pèsent en général moins de 100 kg. Ils peuvent être à 3 ou 4 roues, fermés ou ouverts, avec une assistance électrique limitée à 25 km/h.

- Les **microvoitures** sont des véhicules d'une ou deux places, sans pédale, pesant moins de 100 kg.
- Les **voiturettes**, ou voiture sans permis, sont des voitures de moins de 425 kg, permettant de transporter une charge de 250 kg et d'atteindre une vitesse maximale de 45 km/h avec une puissance maximale de 6kW, nécessitant le permis AM. S'il existe à ce jour des voiturettes thermiques, ces véhicules seront à termes probablement tous électriques.
- Les **deux-roues, tricycles ou quadricycles motorisés et protégés** sont pourvus d'un toit ou d'un habitacle et requièrent le permis moto.

⁵⁷ <https://velab.pro/nouvelle-typologie-des-cargo-cycles/>

- Les **mini-voitures** sont des tricycles ou quadricycles relativement lourds, avec un moteur, d'une puissance maximale de 15kW, rentrant dans la catégorie L7e, nécessitant le permis B1.

Cette typologie fait ressortir la diversité des modèles. La Figure 11 en illustre certains. Au-delà de cet exercice de classement, des centaines de modèles existent déjà, et sans doute des milliers sont sous la forme de prototype.

Parmi ces véhicules, les modes passifs, qui reposent uniquement sur l'utilisation d'une motorisation électrique, restent moins polluants que la voiture thermique car ils sont tout simplement moins lourds. En effet, une voiture transporte principalement son propre poids (90 % de la masse transportée par une voiture est celle des matériaux qui la constituent). Les modes intermédiaires sont eux beaucoup plus légers : un vélomobile pèse environ 32 kg, et est 110 fois plus efficace énergétiquement qu'une voiture classique. Les véhicules intermédiaires, selon la typologie de Frédéric Héran, pèsent moins de 500 kg, alors que le poids moyen d'une voiture neuve est d'environ 1 200 kg⁵⁸.

D'autres typologies existent, par exemple celle élaborée par Praxie Design, une coopérative réunissant ergothérapeutes, urbanistes et designers autour des mobilités inclusives dans le cadre de son projet « Sensibilisation et Accompagnement à la mobilité à vélo adapté (SAMVA) ». Cette coopérative a publié un guide⁵⁹ recensant différentes catégories de vélos adaptés aux personnes à mobilité réduite, par exemple :

- Les bicycles à enjambement bas, dont le cadre est très bas et pouvant être enjambé facilement, adaptés aux personnes ayant des problèmes d'articulation du genou ou de la hanche, ou perdant l'équilibre en soulevant la jambe
- Les bicycles à assise surbaissée, les pieds touchant plus facilement le sol au démarrage et à l'arrêt
- Les bicycles avec gabarit adapté aux personnes de petite taille ou de grande taille, aux personnes en surpoids, etc.
- Les tricycles classiques, semi-couchés ou couchés, offrant plus de stabilité qu'un bicycle. Il n'y a notamment plus besoin de mettre pied à terre à l'arrêt. Certains tricycles peuvent avoir des poignées plutôt qu'un guidon, accessibles à des personnes souffrant de douleurs aux épaules, de l'amputation d'un bras, ou d'hémiplégie.
- Les handbikes, qui sont des vélos pourvus d'un « maindallier » ou pédalier à main, accessibles à des personnes n'ayant plus ou peu l'usage de leurs jambes. Il existe également une troisième roue « handbike » pouvant s'accrocher au fauteuil roulant. Il existe également des triporteurs handbike, offrant un accès au vélo *via* une rampe, disposant d'une plateforme sur laquelle installée un fauteuil roulant, ou pouvant accueillir plusieurs personnes et des bagages
- Les tandems, accessibles aux personnes ne pouvant se déplacer seules (difficultés de vision, difficultés cognitives, fatigue, etc.). Les tandems peuvent être classiques, couchés (pour la personne devant), tricycles, côte à côte, etc.
- Des « vélos-taxis », accessibles aux personnes ne pouvant pas du tout pédaler ou se déplacer seules, comme des triporteurs avec fauteuil intégré ou tri-porteurs pour fauteuil roulant

⁵⁸ <https://carlabelling.ademe.fr/chiffrescles/r/evolutionMasseMoyenne>

⁵⁹ <https://achacunsonvelo.fr/>

III. Les quatre constituants d'un système modal

	DIMENSION HUMAINE	DIMENSION TECHNIQUE
DIMENSION INDIVIDUELLE	<p>① Utilisateur</p> <p>Types : selon le mode, le revenu, le genre, l'âge, la CSP, le lieu de résidence...</p> <p>Caractéristiques des déplacements effectués : motif, destination, fréquence, vitesse...</p> <p>Aptitudes des usagers (motilité) : compétences et aspiration à utiliser le mode</p> <p>Services associés : informations, formations diverses (auto-école, vélo-école...)</p> <p>Acteurs : associations d'usagers, moniteurs, statisticiens, sondeurs...</p> <p>Conséquences sur la santé</p>	<p>② Mode de déplacement</p> <p>Types : automobiles, deux-roues motorisés, transports publics, bicyclettes, véhicules légers électriques unipersonnels, marche</p> <p>Caractéristiques : vitesse, confort, sécurité, capacité, prix, horaires, fréquence...</p> <p>Services associés : achat, financement, entretien, stations services, bornes d'alimentation, revente, assurance...</p> <p>Acteurs : constructeurs, pétroliers, sociétés de transport, garagistes, financeurs, assureurs...</p> <p>Conséquences sur l'environnement</p>
	<p>④ Règles</p> <p>Types : selon modes routier, ferré, actifs</p> <p>Caractéristiques : code de la route, code de la rue, réglementations diverses...</p> <p>Apprentissage de la cohabitation sur la voirie par ajustement mutuel des conduites, règles tacites, habitudes, pratiques, culture</p> <p>Services associés : informations, communications, dispositifs de contrôle, forces de l'ordre (police, gendarmerie), justice</p> <p>Acteurs : organismes de réglementation et de normalisation, société civile...</p> <p>Conséquences sur la vie en société</p>	<p>③ Infrastructure</p> <p>Types : voies ferrées, voies rapides, pistes cyclables, chaussées, trottoirs...</p> <p>Caractéristiques : géométrie, ouvrages, revêtement, éclairage, insertion des voies de circulation et espaces de stationnement, réseau hiérarchisé ou maillé, à niveau de sécurité suffisant et homogène</p> <p>Services associés : gestion de la circulation et du stationnement, entretien, réfection...</p> <p>Acteurs : bureaux d'études, sociétés de travaux publics, concessionnaires...</p> <p>Conséquences sur la forme urbaine</p>
DIMENSION COLLECTIVE		

Tableau 1 Les quatre constituants d'un système modal

Source : Héran (2021)