



Working Paper

Vitesse des déplacements :
accélération au 20ème siècle, ralentissement au 21^{ème} ?

Aurélien BIGO

Version provisoire – Juin 2020

Contact: Aurélien BIGO – aurelien.bigo@hotmail.fr

La Chaire Energie et Prospérité

La chaire Energie et Prospérité a été créée en 2015 pour éclairer les décisions des acteurs publics et privés dans le pilotage de la transition énergétique. Les travaux de recherche conduits s'attachent aux impacts de la transition énergétique sur les économies (croissance, emploi, dette), sur les secteurs d'activité (transport, construction, production d'énergie, finance), aux modes de financement associés ainsi qu'aux problématiques d'accès à l'énergie. Hébergée par la Fondation du Risque, la chaire bénéficie du soutien de l'ADEME, de l'Agence Française de Développement, de la Caisse des Dépôts, d'Engie et de la SNCF.

Les opinions exprimées dans ce papier sont celles de son (ses) auteur(s) et ne reflètent pas nécessairement celles de la Chaire Energie et Prospérité. Ce document est publié sous l'entière responsabilité de son (ses) auteur(s).

Les Working paper de la Chaire Energie et Prospérité sont téléchargeables ici :

<http://www.chair-energy-prosperity.org/category/publications/>

Chair Energy and Prosperity

The Energy and Prosperity Chair was created in 2015 to inform decisions of public and private actors in managing the energy transition. The Chair research deals with the impacts of energy transition on national economies (growth, employment, debt...), on specific sectors (transportation, construction, energy , finance), on acces to energy and with the associated financing issues. Hosted by the Risk Foundation, the chair has the support of ADEME, the French Development Agency, the Caisse des Dépôts, Engie and SNCF.

The opinions expressed in this paper are those of the author(s) and do not necessarily reflect the position of Chair Energy and Prosperity. It is therefore published under the sole responsibility of its author(s).

Chair energy and Prosperity working paper can be downloaded here:

<http://www.chair-energy-prosperity.org/en/category/publications-2/>

Table des matières

TABLE DES MATIERES	3
PREAMBULE	4
REMERCIEMENTS	4
RESUME	5
1. INTRODUCTION	6
2. METHODOLOGIE	7
2.1. <i>Les modes et infrastructures de transport considérés.....</i>	7
2.2. <i>Calcul d'une vitesse moyenne et décomposition de ses déterminants.....</i>	8
2.3. <i>Données utilisées et principales incertitudes.....</i>	9
2.3.1. Demande de transport	9
2.3.2. Vitesse des modes de transport	10
2.3.3. Temps de transport	12
2.3.4. Principales incertitudes et implications	12
3. CARACTERISER LA VITESSE ET SON ROLE CLE	13
3.1. <i>Différentes définitions de la vitesse des mobilités.....</i>	13
3.1.1. La vitesse, à l'interface de nombreux bouleversements et disciplines	13
3.1.2. La vitesse des transports et ses implications	14
3.1.3. Différentes définitions de la vitesse des mobilités	17
3.2. <i>Evaluation des temps de déplacements</i>	18
3.2.1. Les temps de déplacement, vus par les données d'enquêtes	18
3.2.2. L'estimation des temps de déplacements en 2017	22
3.2.3. Vers une évaluation complète des temps de déplacements	24
3.3. <i>Estimer une vitesse moyenne des déplacements</i>	30
3.3.1. La vitesse moyenne des déplacements	30
3.3.2. La vitesse moyenne des modes : des records à la vitesse porte-à-porte.....	31
3.3.3. Courte distance, longue distance et constantes de mobilité.....	36
4. L'EVOLUTION PASSEE ET FUTURE DE LA VITESSE	41
4.1. <i>Historique : conquête et diffusion de la vitesse</i>	41
4.1.1. Sortir de la vitesse du pas : une vitesse d'abord rêvée puis conquise	41
4.1.2. Une chronologie marquée par l'invention de nouveaux modes.....	44
4.1.3. La diffusion d'une vitesse confortable	47
4.2. <i>Les déterminants de l'évolution de la vitesse</i>	49
4.2.1. La diffusion des modes rapides, ou l'effet du report modal	50
4.2.2. La diffusion des infrastructures rapides.....	54
4.2.3. L'évolution des vitesses pratiquées par (sous)-mode.....	57
4.3. <i>L'évolution des vitesses : une saturation durable ?.....</i>	61
4.3.1. Saturation de la vitesse et de la demande ?	61
4.3.2. Evolutions futures possibles de la vitesse.....	64
4.3.3. La transition énergétique, synonyme de ralentissement ?.....	68
5. CONCLUSION	73
BIBLIOGRAPHIE	78
ANNEXES.....	85
<i>Estimations des temps et kilomètres professionnels</i>	85
<i>Estimations des temps de marche au quotidien</i>	86

Préambule

Ce document fait l'état des recherches réalisées dans le cadre de ma thèse. Il correspond à son **troisième chapitre**, portant sur la vitesse des déplacements.

Des références à d'autres chapitres de la thèse apparaissent régulièrement dans le texte : chapitre 1 pour l'analyse des émissions passées des transports entre 1960 et 2017 ; chapitre 2 pour les scénarios de perspectives sur les émissions des transports d'ici 2050 ; chapitre 4 pour une discussion et une ouverture plus globales, y compris sur les politiques publiques.

Les chapitres 1 et 2 sont déjà en ligne sur la page suivante : <http://www.chair-energy-prosperity.org/publications/travail-de-these-decarboner-transports-dici-2050/>

Ce document étant provisoire, **tous les retours et commentaires sont les bienvenus**. N'hésitez pas également à me contacter pour toute **question** à l'adresse mail indiquée en page de garde.

Il est **possible d'utiliser et de citer les résultats et analyses** de ce document. Un exemple de référence est donné ci-dessous à titre indicatif :

Bigo, A., 2020. Vitesse des déplacements : accélération au 20^{ème} siècle, ralentissement au 21^{ème} ? Working Paper, Juin 2020. Disponible sur : <http://www.chair-energy-prosperity.org/publications/vitesse-mobilites-france/>

Remerciements

L'auteur tient à remercier les personnes qui ont répondu aux sollicitations pour obtenir des données, répondre à diverses questions ou pour faire part de leurs commentaires sur ce chapitre, et tout particulièrement : Jean-Marc André, Michel André, Jean-Marie Beauvais, Benjamin Besnard, Yves Crozet, Frédéric Héran, Nicolas Mercat, et Francis Papon, ainsi que les personnes ayant fait des retours lors de présentations ou d'échanges plus informels.

Les soutiens financiers et académiques des 3 partenaires de la thèse, à savoir la SNCF, la Chaire Energie et Prospérité et le laboratoire du CREST à l'Institut Polytechnique de Paris, sont grandement remerciés.

Les recherches et points de vue exprimés dans ce document n'engagent que l'auteur, et aucunement les personnes ou instituts cités ci-dessus.

Résumé

Les temps de déplacements apparaissent proches d'une heure par jour et par personne en moyenne, aussi bien entre différentes sociétés qu'au cours du temps. Si les distances par personne ont été multipliées par plus de 10 depuis deux siècles en France, c'est donc en raison d'une hausse similaire de la vitesse moyenne, depuis la vitesse du pas à une vitesse estimée à 48 km/h en 2017. Le chapitre a pour objectifs de caractériser les attributs de cette vitesse moyenne et par mode pour 2017, ainsi que son évolution passée et à venir, avec une analyse quantitative sur la période 1960-2017. Les temps de déplacements ont légèrement augmenté sur les dernières décennies, toujours proches d'une heure par jour. Les durées de déplacements sont également proches entre les modes, de l'ordre de 15 minutes pour les modes de déplacements du quotidien, et entre 2h30 et 4h en moyenne pour la longue distance. Au contraire, les vitesses sont très contrastées selon les modes, expliquant ainsi des portées de déplacements variées entre les modes. Aussi plus la distance à parcourir est importante, et plus les modes et infrastructure rapides sont utilisés, ainsi la vitesse moyenne augmente avec la distance des déplacements. Historiquement, 4 phases d'évolution de la vitesse sont distinguées : à une première conquête de la vitesse en voitures attelées, suit l'invention de modes rapides sur 1817-1945, une phase de diffusion de la vitesse sur 1950-2000, puis une saturation au tournant du millénaire. La phase de diffusion s'est faite essentiellement vers la voiture jusqu'au début des années 90 et vers le transport aérien depuis, et plus faiblement par l'augmentation de la vitesse de la voiture via la hausse du trafic sur autoroute. La mise en place des radars, à partir de 2003, fait chuter les vitesses pratiquées sur routes. Cela entraîne une baisse de la vitesse moyenne durant la décennie 2000, au même moment que la baisse des kilomètres parcourus, fournissant une hypothèse complémentaire à l'explication de ce pic de la demande. Cette saturation est particulièrement visible pour les seuls trajets intérieurs (hors aérien international), et pourrait perdurer : de nombreuses évolutions favorables à la transition énergétique vont dans le sens d'un ralentissement de la vitesse moyenne des déplacements.

1. Introduction

Points et messages clés :

- ✓ Le chapitre étudie la **vitesse des mobilités** en France (y compris aérien international).
- ✓ Le premier objectif est de **caractériser la vitesse** des mobilités pour l'année 2017.
- ✓ Le second objectif est d'étudier l'**évolution de la vitesse**, sur une période longue s'étendant de 1800 à 2050, avec une analyse quantitative sur 1960-2017.

L'analyse des émissions passées des transports de voyageurs a mis en évidence le **rôle prépondérant de la demande de transport**. Elle a été le principal facteur explicatif de l'évolution des émissions, et notamment du pic ou du plateau des émissions (selon l'inclusion de l'aérien international) observé au début des années 2000. Aussi les scénarios de prospectives ont fait ressortir des visions contrastées sur ce facteur, reflétant des incertitudes importantes sur ses évolutions possibles. Cela met en évidence l'importance de mieux comprendre ses déterminants.

Alors que les temps de déplacements quotidiens sont connus pour être relativement stables et proches d'une heure par personne, l'**évolution de la vitesse** joue ainsi un rôle majeur dans l'évolution des distances parcourues.

Le **double objectif de ce chapitre** est donc : de mieux caractériser le rôle que joue la vitesse dans l'explication des comportements de mobilité ; ainsi que les déterminants de son évolution par le passé, et de son évolution possible à l'avenir.

Le **périmètre** utilisé est celui des transports de voyageurs, tel que présenté dans l'analyse des émissions. Le transport aérien international est généralement inclus dans l'analyse, modifiant sensiblement certaines conclusions, ainsi les résultats pour le seul transport intérieur seront également régulièrement précisés. Les analyses porteront globalement sur une période qui s'étend de 1800 à 2050.

Les **analyses quantitatives** se focaliseront dans un premier temps sur des estimations des temps et des vitesses de déplacements pour l'année 2017. Ces analyses seront différenciées selon les modes de transport, les distances, le périmètre des temps liés aux déplacements (temps en circulation, temps de retard, d'attente, d'accès aux modes, ou encore de préparation) et des autres temps de transport qui ne sont pas inclus dans l'analyse (transports durant les activités professionnelles, les loisirs, etc.). Une analyse sera réalisée sur l'évolution de la vitesse moyenne sur la période 1960-2017, à partir des données de trafics utilisées en chapitre 1, en détaillant les trafics par type de réseau et en évaluant l'évolution des vitesses par réseau. Cette analyse a pour but d'évaluer la contribution relative de 3 déterminants que sont la diffusion des mode rapides, des infrastructures rapides, et des vitesses par réseau, et d'évaluer leur rôle éventuel dans le pic de la demande individuelle au début des années 2000.

Ce chapitre est structuré différemment des deux premiers. La bibliographie, les résultats, ainsi que leur discussion se font directement dans les deux principales parties de l'analyse.

Suite à cette introduction, la partie 2 présente les grandes lignes de la méthodologie utilisée pour les analyses quantitatives, la partie 3 discute du rôle de la vitesse et son évaluation pour l'année 2017, la partie 4 discutera de son évolution passée et à venir, et la partie 5 conclura.

2. Méthodologie

Points et messages clés :

- ✓ Les principales **analyses quantitatives** du chapitre portent sur : l'estimation de vitesses moyennes par mode et pour l'ensemble des déplacements en 2017 ; et sur leur évolution sur la période 1960-2017.
- ✓ Les temps de parcours par mode et par réseau (urbain / rural / autoroutes par ex. pour le routier) sont estimés à partir des données de km et de vitesse par réseau ; la **vitesse moyenne** s'obtient en divisant les km totaux par la somme des temps de parcours.
- ✓ L'**évaluation pour 2017** estime les vitesses moyennes commerciales, puis en tenant compte des retards, du temps d'attente, des temps d'accès et de préparation.
- ✓ L'**évolution sur 1960-2017** décompose l'évolution de la vitesse en 3 effets : le report modal, le report entre infrastructures d'un même mode, et la vitesse sur chaque réseau

2.1. Les modes et infrastructures de transport considérés

La méthodologie d'analyse de la vitesse moyenne des déplacements est résumée en Figure 1. Les modes de transport considérés sont sensiblement les mêmes que pour les précédents chapitres, avec une décomposition plus approfondie afin de préciser les vitesses variées au sein d'un même mode selon les types de trajets considérés :

- ✓ Les **modes actifs** sont séparés entre marche à pied et vélo ;
- ✓ Le **transport ferroviaire** est décomposé en 6 sous-modes, qui ont pour certains d'entre eux des infrastructures spécifiques : les trains à grande vitesse (TGV), y compris ceux qui roulent sur ligne classique ; les Intercités (IC) ; les trains express régionaux (TER) ; les Transilien (TN), qui correspondent aux trains de banlieue en Île-de-France, y compris les RER ; les métros ; et enfin les tramways d'Île-de-France et des réseaux de province ;
- ✓ Les trafics en **bus et cars** sont séparés selon les routes urbaines, rurales et les autoroutes, comme pour les autres transports routiers détaillés ci-dessous ;
- ✓ Le **transport routier individuel** sépare pour les calculs les deux-roues motorisés (2RM), les voitures particulières (VP) et 60 % du trafic des véhicules utilitaires légers (VUL). Leurs proportions de trafics sur les différents types de routes considérés varient selon les modes, de même que leurs vitesses par type de réseau (les cyclomoteurs ont par exemple une vitesse limitée à 45 km/h), d'où leur séparation pour les calculs. En revanche, les voitures dominant très largement cette catégorie et leurs vitesses étant proches en 2017, ces modes sont regroupés en une seule catégorie "Voiture" sur certaines figures, ce que préciseront les légendes correspondantes ;
- ✓ Enfin, le **transport aérien** est séparé dans les calculs entre les trajets de Métropole, les trajets avec l'Outre-mer (OM) et les trajets internationaux, car la vitesse commerciale augmente avec la distance des trajets. Selon les analyses, le trafic intérieur (Métropole + OM) sera considéré pour mieux correspondre aux précédentes analyses, ou alors le trafic total sera pris en compte pour être davantage représentatif des utilisations de ce mode. Ces différences seront précisées en légende selon les figures.

En plus de ces catégories, des calculs seront réalisés pour l'année 2017, afin de séparer les modes routiers et ferroviaires en trajets de **courte** (CD) et **longue distance** (LD).

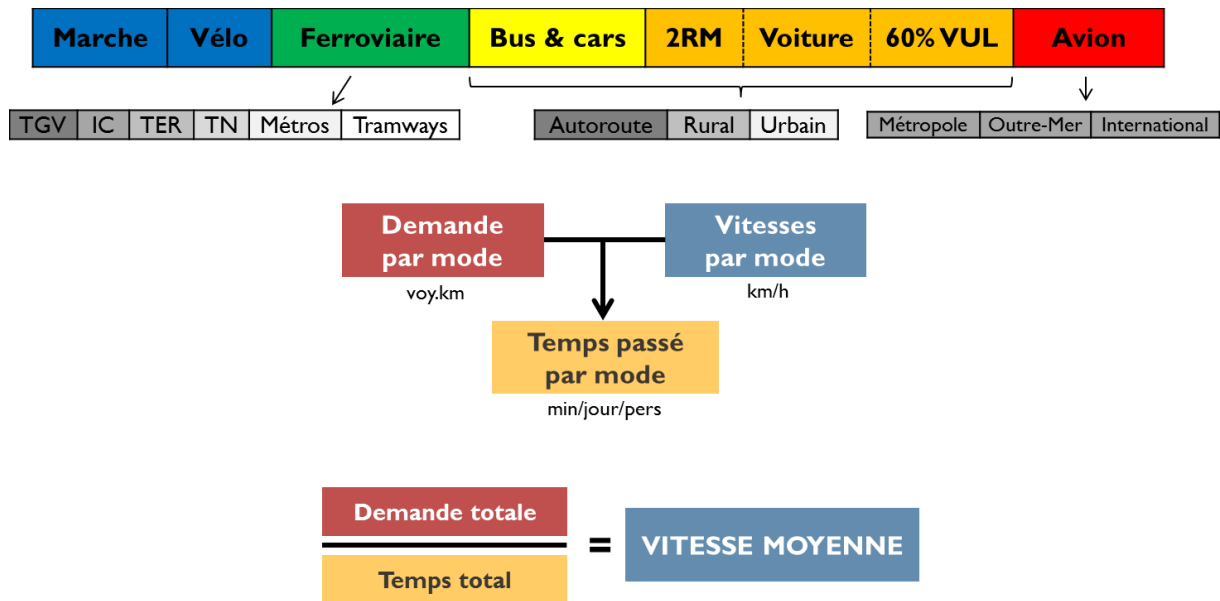


Figure 1 : Méthodologie générale de calcul de la vitesse moyenne des déplacements

La demande et la vitesse pour chaque mode et sous-mode ou type d'infrastructure sont réunis, afin d'estimer leurs temps de transport respectifs. La vitesse moyenne est estimée à partir du nombre de kilomètres parcourus divisés par la somme des temps de parcours.

2.2. Calcul d'une vitesse moyenne et décomposition de ses déterminants

Le principe général de l'évaluation de la **vitesse moyenne des déplacements** est de rassembler les données de demande de transport pour chaque mode et sous-mode considéré (en voy.km), ainsi que leur vitesse moyenne (en km/h). Cela permet d'estimer les temps de parcours pour chaque sous-mode considéré puis pour l'ensemble des modes.

Enfin, la vitesse moyenne est calculée comme la demande divisée par les temps de parcours (Figure 1). Les kilomètres parcourus et les heures de transport seront évoqués au total ou par personne, par an ou par jour, selon les chiffres et résultats présentés.

Dans les parties 3.2 et 3.2, une **estimation** des temps et de la vitesse moyenne des déplacements par mode sera présentée pour **2017**, selon les périmètres successifs suivants :

- ✓ Vitesse dite commerciale ou en circulation, entre la gare de départ et d'arrivée pour le train par exemple, ou la vitesse moyenne de la voiture quand elle est en circulation ;
- ✓ Vitesse en tenant compte des retards pour les transports en commun (trains, bus et cars, avions) ;
- ✓ Vitesse tenant compte également des temps d'attente, en gare ou en aéroport ;
- ✓ Vitesse porte-à-porte, tenant compte des temps de pré- et post-acheminement, appelés temps d'accès ici ;
- ✓ Enfin, une estimation intègre également les temps de préparation du trajet.

L'analyse de l'**évolution** de la vitesse moyenne des déplacements **sur la période 1960-2017** est réalisée à partir des vitesses commerciales (donc hors retards, temps d'attente, et de préparation), qui inclut les distances et temps de parcours des modes utilisés en intermodalité. Les distances et temps de marche pour rejoindre le métro ou le bus sont par exemple inclus.

Avec une méthodologie similaire à ce qui est appliqué aux émissions des transports dans les deux précédents chapitres, une décomposition de l'évolution de la vitesse moyenne est réalisée, à partir du log-mean dividia index (**LMDI** ; Ang, 2004), en considérant l'équation :

$$V = \sum_i \sum_j \frac{t_i}{T} \cdot \frac{t_{ij}}{t_i} \cdot V_{ij}$$

Avec i le mode de transport, j le type de réseau ou d'infrastructure du mode i ; T le temps de transport total, t_i le temps de transport du mode i , t_{ij} le temps du mode i sur le réseau j ; enfin, V_{ij} correspond à la vitesse commerciale du mode i sur le réseau j .

Ainsi, l'évolution de la vitesse au cours du temps est décomposée en **3 effets**, que sont les effets des temps de parcours par mode et par réseau et un effet lié à la vitesse par réseau :

$$\Delta V = \Delta V_{\text{mode}} + \Delta V_{\text{réseau}} + \Delta V_{\text{vitesse/réseau}}$$

Le premier terme ΔV_{mode} tient compte de l'effet structurel du report modal, mesuré comme l'évolution de la part de chaque mode dans les temps de parcours ; cet effet peut rendre compte par exemple de l'effet sur la vitesse moyenne d'un report de 5 % des temps de transport de la marche vers la voiture. Le second terme $\Delta V_{\text{réseau}}$ permet d'évaluer pour les modes routiers et ferroviaires l'effet d'une variation du temps de parcours par type de réseau ; cela permet de capturer par exemple l'impact sur la vitesse moyenne d'un transfert de 10 % du temps de parcours en voiture sur autoroute, ou d'un transfert des Intercités vers le TGV pour le ferroviaire. Enfin, l'effet $\Delta V_{\text{vitesse/réseau}}$ rend compte des variations des vitesses d'un mode sur un réseau en particulier, comme la variation de la vitesse moyenne des voitures sur autoroutes.

Les résultats de cette décomposition sur la période 1960-2017 et la discussion des 3 effets se retrouvent en partie 4.

2.3. Données utilisées et principales incertitudes

Les **données nécessaires** pour les analyses quantitatives incluent : la demande de transport par mode et par réseau ; une estimation des vitesses commerciales et de leurs évolutions, ces données étant rarement disponibles telles que souhaitées pour cette analyse, ce qui nécessite des estimations spécifiques expliquées ici ; enfin, des ordres de grandeur des temps de retard, d'attente, d'accès et de préparation par mode sont estimés pour l'année 2017.

2.3.1. Demande de transport

Les **données de demande** sur la période 1960-2017 sont très similaires à celles utilisées dans l'analyse de décomposition des émissions. Cependant, des détails par réseaux sont apportés.

Ainsi, les données du Citepa sont utilisées pour décomposer les trafics urbains, ruraux et sur autoroutes des modes routiers, en l'occurrence les voitures, 2RM, VUL, et les bus et cars (trafics exprimés en veh.km). Pour obtenir des demandes de transport en voyageurs.km, l'évolution des taux de remplissages est différenciée selon les réseaux. Par exemple, pour les voitures, le taux de remplissage est plus élevé pour les déplacements longue distance, ainsi le taux de remplissage passe d'environ 2,7 à 2,0 personnes/véhicule pour les autoroutes (il est ici considéré plus faible pour les VUL, de 1,8 à 1,5), de 2,45 à 1,45 pour le rural, et de 1,9 à 1,25

pour l'urbain entre 1960 et 2017. Le taux de remplissage total est similaire à l'analyse de décomposition et passe de 2,3 à 1,6 sur la période.

Pour décomposer la demande ferroviaire, les données des comptes des transports, des mémentos des transports, de l'Arafer (désormais ART, autorité de régulation des transports) et de l'observatoire de la mobilité en Île-de-France sont utilisées (CGDD, 2019a, 2019b ; Arafer, 2018a ; Omnil, 2019).

Enfin, les distances de marche à pied effectuées en intermodalité avec les autres modes de transport sont intégrées (Papon, 1999).

2.3.2. Vitesse des modes de transport

Concernant la **vitesse des modes**, les chiffres sont récupérés de manières bien plus variées car peu d'estimations existent concernant les vitesses moyennes et leurs évolutions.

Pour les **transports routiers**, des estimations sont utilisées dans des études sur le parc, l'usage et les émissions des véhicules routiers (Hugrel et Joumard, 2004 ; Kolli, 2012 ; André et al, 2013).

Les vitesses utilisées pour la **voiture** reprennent souvent les chiffres de 23 km/h en ville, 56 km/h en urbain et 108 km/h sur autoroute (André, 1999). Ces chiffres ont désormais été réévalués en croisant pour chaque mode les kilométrages et les vitesses moyennes sur 12 types de routes, les limitations de vitesse et les conditions de circulation de trafic fluide à "stop&go" (André, 2020). Le tableau de données a été utilisé pour caler sur l'année 2010 les vitesses moyennes par type de réseau, qui sont de 83 km/h sur autoroute, 56 km/h en rural et 30 km/h en urbain. Chaque catégorie regroupe des routes aux limitations de vitesse très variées (de 30 à 90 km/h pour l'urbain, de 30 à 110 pour le rural et de 60 à 130 pour les autoroutes), ce qui explique notamment la vitesse moyenne sur autoroutes relativement loin de la vitesse maximale autorisée (VMA) de 130 km/h. Aussi, les données intègrent les situations de ralentissement (quasi-saturé, chargé) et de congestion (*stop&go*), réduisant encore les moyennes, afin d'être représentatives des conditions de circulation réelles. Seules des données sur l'évolution de la congestion sur le réseau principal hors agglomérations sont disponibles, et la série a été reconstituée pour les années 1982-2017 (données CNIR-DGITM dans URF, 2018). La série montre des encombrements essentiellement en Île-de-France, avec une hausse générale, interrompue par une faible baisse sur les années 2000 avant une forte hausse depuis le début des années 2010. La hausse des encombrements est plus régulière dans les autres régions. Cette évolution est intégrée dans les calculs en faisant varier la proportion de trafic en *stop&go*. Cette proportion est estimée par André (2020) à environ 36 % des temps de parcours et 16 % des distances parcourues en urbain, respectivement 7 % et 2 % sur les routes rurales, et 16 % du temps et 3 % des distances sur autoroutes, des ordres de grandeur qui paraissent plausibles. L'évolution des vitesses en cas de circulation fluide est intégrée à partir des données de l'observatoire national interministériel de la sécurité routière (ONISR, 2019, 2020a), qui donne depuis 1987 l'évolution des vitesses pratiquées sur les réseaux routiers. Comme il sera vu plus loin, ces données montrent de forts ralentissements sur la période 2002-2005, en relation avec l'introduction des radars en 2003.

Les **véhicules utilitaires légers** (VUL) sont assimilés aux voitures en termes de vitesse par réseau, bien que leur vitesse moyenne ne soit pas équivalente en raison des différences dans la part des kilomètres par réseau. L'estimation de l'évolution de la vitesse de l'ensemble des

voitures et VUL est très importante dans l'analyse, en raison de leur large proportion des temps de transport depuis plusieurs décennies.

Pour les **autres modes routiers**, ils représentent des parts bien plus faibles des temps de transport, ainsi l'évolution de leur vitesse est moins structurante pour l'évaluation de la vitesse moyenne.

Pour les **bus et cars**, les valeurs de 80 km/h sur autoroute, 45 km/h en rural et 18 km/h en urbain sont retenues comme constantes sur la période. Ces valeurs sont suggérées par certaines études sur les parcs routiers citées ci-dessus, et la valeur de 18 km/h pour les bus se retrouve dans d'autres sources, avec des valeurs parfois plus élevées pour les réseaux des petites villes (CGDD, 2013 ; Cerema, 2019).

Pour les **deux-roues motorisés (2RM)**, la vitesse moyenne par réseau est évaluée en séparant les motocyclettes des cyclomoteurs. Il est considéré que les motocyclettes ont des vitesses identiques aux voitures en rural et sur autoroutes, et 10 % supérieures aux voitures en urbain. Pour les cyclomoteurs, leur vitesse a été limitée à la construction à 50 km/h en 1962-63 puis à 45 km/h en 1969 (Orselli, 2009). Il est donc considéré une baisse de leur vitesse moyenne en début de période, avant des valeurs stables à 30 km/h de moyenne en rural et 23 km/h en urbain, comme suggéré par les études de parcs précédemment citées. La vitesse moyenne des 2RM est fortement influencée par les variations de parts respectives des cyclomoteurs et motocyclettes, comme évoqué en chapitre 1.

Concernant les **vitesses du transport ferroviaire**, l'Arafer donnait pour l'année 2016 des vitesses commerciales de 155 km/h pour le TGV (une partie du trafic étant sur ligne classique, souvent à 160 km/h maximum), 103 km/h pour les Intercités et 83 km/h pour les TER (Arafer, 2018b). L'évolution de ces vitesses pour chaque activité ferroviaire est estimée à partir des meilleurs temps de parcours de nombreuses lignes, en tenant compte des transferts de lignes aux TGV (SNCF OpenData, 2019). Il est donc supposé qu'aucun changement majeur dans les politiques d'arrêts n'a été effectué à l'échelle de la France sur la période, le nombre d'arrêts sur une ligne conditionnant fortement la vitesse commerciale pour une distance donnée.

Les vitesses des **transports ferroviaires de courte distance** ont bien moins évolué au cours du temps. La vitesse du tramway est donnée constante à 18 km/h, les métros à 25 km/h à Paris et 32 km/h hors Île-de-France, et enfin les RER à 50 km/h et les Transilien à 55 km/h en supposant une hausse en début de période (données RATP ; CGDD, 2013 ; Cerema, 2019).

En raison de la part importante de la **marche à pied** dans les temps de déplacements, la vitesse utilisée pour convertir les données de distances en temps de transport a un impact significatif sur les temps de transport totaux. La vitesse de 3,6 km/h, calculée dans l'enquête nationale transports déplacements (ENTD) de 1994 et réutilisée pour celle de 2008, est retenue (CGDD, 2010).

Pour le **vélo**, une vitesse de 12 km/h est prise, soit une vitesse intermédiaire entre les 9,7 km/h calculés dans l'ENTD de 1994 (qui correspondent probablement à un temps porte-à-porte et non de circulation) et les 15 km/h récemment estimés dans les grandes villes européennes (6t, 2015). Les temps de transport à vélo étant moins significatifs que pour la marche, le choix est bien moins structurant pour les résultats globaux.

Enfin, pour le **transport aérien**, la vitesse commerciale moyenne est différente pour les liaisons métropolitaines (fixée à 500 km/h en moyenne en 2017), les liaisons internationales (750 km/h) et les liaisons avec l'Outre-Mer (850 km/h). Comme cela a pu être fait pour

d'autres modes pour vérifier la cohérence des chiffres, ces vitesses ont été estimées à partir d'horaires de vols commerciaux et des distances entre aéroports fournies par la DGAC (2020). L'évolution des vitesses sur le début de la période est obtenue à partir des données de Peeters et al (2005) et du mémento des transports (CGDD, 2019b).

2.3.3. Temps de transport

Les **temps de transport** des différents modes sont estimés à partir des distances et vitesses commerciales. Des temps de transport liés aux retards, aux temps d'attente, de pré- et post-acheminement et de préparation sont également évalués (cf partie 3.2).

Des données de **retards** moyens sont disponibles pour les transports ferroviaires opérés par la SNCF (Arafer, 2018a) et les transports aériens (AQST, 2020), tandis que des données de régularité sont disponibles pour les autocars en services librement organisés (SLO ; Arafer, 2018c), ainsi que les tramways, métros, RER et bus en Île-de-France (Omnil, 2020).

Les indicateurs de qualité de service d'Omnil cités ci-dessus permettent également d'estimer certains **temps d'attente** moyens pour les transports en commun d'IDF. Pour la longue distance, une étude de Systra donne une décomposition des temps de transport porte-à-porte de différents modes pour des trajets types en France, en évaluant les temps moyens d'attente et de **pré- et post-acheminement** (Systra, 2016). Des chiffres spécifiques aux autocars SLO sont également donnés par l'Arafer (2018d), et par le Cerema pour une étude spécifique aux TER (Hasiak et al, 2018). Enfin, les **temps de préparation** au voyage ont été estimés sans source, afin de fournir des ordres de grandeur sur la significativité ou non sur la vitesse moyenne des déplacements.

2.3.4. Principales incertitudes et implications

Comme pour l'étude des émissions passées, certains manques de données et incertitudes demandent de prendre des précautions sur l'interprétation de certains résultats, en particulier pour les **périodes les plus anciennes**. C'est le cas en premier lieu de la **marche à pied**, qui représente des temps de transport très significatifs mais ne présente que des estimations dans les ENTD à des intervalles de temps souvent de 5 à 10 ans (et même plus entre 1994 et 2008), avec des niveaux de précision incertains. Ainsi, bien que cette hypothèse sera discutée, il n'est pas possible à partir de la présente analyse de conclure avec certitude à l'éventuelle stabilité des temps de transport sur la période, ou à son augmentation comme suggéré par l'évaluation.

L'autre mode majeur en termes de temps de transport est la **voiture**. Le principal manque de données constaté concerne l'évaluation de la congestion routière et de son évolution. Si des données d'évolution sont disponibles sur le réseau principal, elles sont difficiles à convertir en temps de transport, tandis qu'aucune donnée n'a été trouvée pour suivre la congestion urbaine à l'échelle de la France. L'analyse fait donc l'hypothèse qu'il n'y a pas eu de changement majeur sur la période qui pourrait fortement modifier les résultats de vitesse de la voiture.

Enfin, les données nécessaires pour l'analyse sur l'**année 2017** étaient généralement disponibles, avec des ordres de grandeur qui semblent réalistes. Les principaux manques de données officielles concernent les trajets en autocars occasionnels, en autocars interurbains conventionnés, et la vitesse des transiliens. Enfin, les enquêtes capturent généralement assez mal les **trajets intermodaux** (impliquant plusieurs modes de transport). Ces manques ne nuisent cependant pas aux principaux chiffres présentés dans l'analyse.

3. Caractériser la vitesse et son rôle clé

3.1. Différentes définitions de la vitesse des mobilités

Points et messages clés :

- ✓ Les notions de temps, de vitesse et d'accélération se retrouvent au cœur de nombreuses **disciplines** et **bouleversement sociétaux**, à l'interface entre sciences de l'ingénieur, philosophie, sport, sociologie, ou encore économie et sciences de la terre.
- ✓ La vitesse des mobilités a été beaucoup étudiée sous l'angle des **budgets-temps de transport (BTT ; proches d'1h/jour)**, et ses implications sur les comportements de mobilité, l'aménagement du territoire ou l'évaluation socio-économique.
- ✓ Au-delà de la **vitesse physique** étudiée dans ce chapitre (vitesse = distance/temps), les notions de vitesses économique, généralisée, socio-économique ou optimale, ont été développées pour étudier les coûts et avantages de la vitesse des mobilités.

3.1.1. La vitesse, à l'interface de nombreux bouleversements et disciplines

La vitesse des transports, leur accélération, ainsi que le rapport au temps dans les mobilités sont au cœur des évolutions passées des transports et des comportements de mobilité. Ces trois notions de **vitesse**, d'**accélération** et de rapport au **temps**, sont aussi au cœur d'autres activités et de bouleversements récents qui ont été étudiés dans de nombreux domaines et disciplines.

Si le rapport au temps tient une place importante dans la **philosophie**, la mythologie ou la religion, la vitesse est bien moins présente. Ainsi les travaux sur la vitesse en philosophie ne débutent réellement qu'à la fin du XXème siècle, avec les bouleversements et coûts sociétaux liés à l'accélération des techniques, de l'économie et des rythmes de vie. Les inventions et **progrès techniques** récents ont en effet pour but d'accélérer l'action ou l'obtention d'un résultat, faisant de la vitesse un axe majeur des travaux des **ingénieurs** (Portier, 2019). Ainsi la vitesse est souvent associée dans les transports comme dans d'autres domaines à un idéal de progrès.

Les progrès techniques et la croissance économique très forte des dernières décennies s'est accompagnée d'une accélération de nombreuses variables **socio-économiques** : croissance de la population, du PIB, des transports, des télécommunications, des flux financiers ou encore des consommations d'énergie. Ces tendances, documentées dans un article sur la grande accélération (Steffen et al, 2015), sont également visibles pour les tendances du **système terre**, en termes de consommations de ressources et de pressions environnementales. L'article en question montre les coûts environnementaux de cette accélération et propose de dater l'entrée dans l'ère de l'Anthropocène à 1950, soit au début de cette accélération.

Par ailleurs, les gains de pouvoir d'achat permis par la croissance économique couplés aux facilités de transport multiplient les possibilités d'activités. Le temps devient alors le bien le plus précieux de notre époque selon l'économiste Gary Becker (1965). L'augmentation du pouvoir d'achat permet d'accéder à des biens et des services de plus en plus variés, tandis que le temps disponible pour en profiter reste contraint à 24 heures par jour, ce qui encourage des programmes d'activités de plus en plus contraints. Cette **accélération sociale** a été étudiée en **sociologie** et notamment par l'allemand Hartmut Rosa, qui distingue trois types d'accélération évoquées ci-dessus : l'accélération technique, l'accélération des changements sociaux (valeurs, attitudes, relations, etc.), et celle des rythmes de vie qui se traduit par

l'impression de toujours manquer de temps (Rosa, 2010). Des enquêtes sociologiques viennent confirmer la critique de la vitesse que formule l'auteur, 65 % des Français ayant le sentiment que le monde autour d'eux change trop vite, 58 % aspirant au ralentissement dans leur vie quotidienne (ObSoCo, 2019).

Cette accélération a également des implications pour les **politiques** publiques, qui sont destinées à agir avec un horizon de long terme, et dont les temps du droit, du politique et le temps social ne peuvent s'accélérer indéfiniment. Face la vitesse des transformations économiques, des innovations, des flux financiers, ou encore de l'information et des médias, l'inadéquation du temps politique fait pointer le risque de le voir réagir tardivement aux évolutions. Cela peut expliquer pour partie une certaine impuissance du politique à traiter les problèmes existants, à réguler efficacement et à réduire les inégalités (Vignes, 2019).

Enfin, le **sport** est un domaine où la recherche de la performance par la vitesse est évidente, puisque de nombreuses épreuves sportives récompensent les plus rapides (athlétisme, cyclisme, natation, ski, voile, ou plus largement encore les courses automobiles ou hippiques). Les expertises associées sont de nouveau nombreuses (fabrication de matériels performants, bio-mécanique, médecine du sport, etc.) et montrent que les progrès des performances et notamment des vitesses se confrontent à des limites et plafonds (Toussaint, 2010).

La **notion de vitesse** se rattache donc à de nombreux domaines, de nombreuses transformations de nos sociétés, et a donc été étudiée par différentes disciplines scientifiques. Si la vitesse est régulièrement associée à la notion de progrès, les recherches pointent également les limites physiques, sociales ou environnementales face aux accélérations constatées dans nos sociétés.

3.1.2. La vitesse des transports et ses implications

Si d'importantes évolutions économiques et sociétales des dernières décennies sont liées aux évolutions des transports, leur accélération est sans doute un élément clé de ces transformations. L'**accélération des transports de marchandises** a permis d'intensifier les échanges commerciaux, de faciliter la spécialisation des économies et de créer des chaînes logistiques à flux tendu, qui ont eu des impacts majeurs sur l'économie et la mondialisation actuelles.

La question de la **vitesse des mobilités**, dont il est question dans ce chapitre, a également eu un rôle majeur dans l'évolution des déplacements et dans les accélérations sociales décrites ci-dessus. La vitesse des déplacements a ainsi été étudiée sous divers angles et disciplines, dont certains éléments de la littérature existante sont rappelés ici (voir aussi Crozet, 2019).

L'**histoire** des transports évoque notamment cette question de la vitesse, comme objet principal d'étude (Studeny, 1995) ou comme un élément important de l'évolution des mobilités et des transitions énergétiques passées (Lay, 1992 ; Fau, 2015 ; Castaignède, 2018). La partie 4 reviendra sur ces éléments historiques d'évolution de la vitesse.

Une partie importante des travaux sur la vitesse des mobilités fait suite aux travaux publiés par l'économiste Yacov Zahavi de la Banque Mondiale dans les années 70 et 80 (voir notamment Zahavi, 1974). A partir de données issues des mobilités quotidiennes dans de nombreuses villes de pays développés et en développement, une stabilité relative des **budgets-temps de transport (BTT)** autour d'une heure par personne et par jour a été

trouvée. De même, l'analyse pointait une part du budget monétaire des ménages attribuée aux mobilités également constante. Ces analyses ont été poursuivies par de nombreuses autres publications au niveau mondial, notamment sur ces budgets-temps et les constantes des mobilités (Marchetti, 1994 ; Schafer, 2000), ou leur intégration dans les modèles économiques des transports et les travaux prospectifs (Goodwin, 1981 ; Schafer et Victor, 2002). Pour la France, ces thèmes de la vitesse des mobilités et des BTT ont été étudiés en particulier par Yves Crozet et Iragaël Joly, abordant les aspects relatifs aux comportements des voyageurs, à l'aménagement du territoire et l'urbanisme, et aux choix de politiques publiques (voir notamment Crozet et Joly, 2003 ; Joly, 2004 ; Crozet, 2005 ; Crozet, 2016).

Les **critères de coûts et de temps de transport** sont devenus des variables majeures dans l'étude des transports, les modèles de choix modal ou encore dans les études socio-économiques accompagnant les projets d'infrastructures de transport ou les politiques publiques. Si l'importance de ces critères et leur portée pratique sont indéniables, la focalisation sur ces critères a pu parfois faire oublier d'autres variables pourtant déterminantes dans le choix modal, telles que le poids des habitudes ou le chaînage des trajets (De Witte, 2013 ; Bouscasse, 2017).

Aussi les gains de temps mis en évidence par les **études socio-économiques** représentent une part majeure des bénéfices ayant justifié les constructions de nouvelles infrastructures rapides, telles que les autoroutes ou les lignes à grande vitesse. Ces "gains de temps" ont été très tôt remis en question, dans une note intitulée "A la recherche du temps gagné", pointant notamment le temps nécessaire pour payer des trajets plus rapides (Dupuy, 1975). Plus récemment, un papier suivi par des réponses de nombreux chercheurs, dénonçait le mythe des gains de temps de trajet, ce temps étant réinvesti dans des trajets plus long, tandis que les BTT totaux restent constants (Metz, 2008). Dans un registre similaire, l'autorité environnementale en France pointe régulièrement le faible poids des externalités environnementales dans ces évaluations par rapport aux gains de temps, entraînant entre autres de possibles non compatibilités des scénarios présentés avec les objectifs climatiques nationaux (Ae, 2017).

La vitesse des mobilités a également un impact majeur sur l'**aménagement du territoire et des villes**. Certaines des études citées ci-dessus mettant en évidence également une relative stabilité du nombre de trajets quotidiens, les gains de vitesse permettent un allongement des distances moyennes parcourues par trajet. Ainsi, Marchetti montre que le rayon d'une ville était d'environ 2,5 km du temps où la marche était le seul mode, soit l'équivalent d'une heure aller-retour entre la périphérie et le centre-ville. Au fur et à mesure de l'introduction de modes de transport plus rapides (traction hippomobile, vélo, métro et chemins de fer, voiture), le rayon des villes a grandi rendant possible le phénomène d'**étalement urbain** (Wells, 1901, dans Castaignède, 2018 ; Marchetti, 1994 ; Héran, 2015 ; Marc Wiel, dans Brun, 2013). La comparaison entre différentes villes montre que de manière contre-intuitive, l'augmentation des vitesses ne réduit pas les BTT mais aurait même tendance à les augmenter pour les seuls transports motorisés (Crozet et Joly, 2003). Les modes utilisés influencent également la forme de la ville et de son étalement. Si les possibilités de trajets en porte-à-porte du vélo et de la voiture favorisent un étalement diffus, les lignes de chemin de fer favorisent une forme de ville en doigts de gants, avec un développement surtout autour des axes de transports en commun et des gares, tel que prôné par le *transit-oriented development* (TOD).

Au-delà de la dilatation des villes, l'augmentation des vitesses sur des axes particuliers à longue distance entraîne un processus de **contraction différentielle de l'espace** entre certaines métropoles, associée à un **court-circuitage** des villes petites et moyennes qui ne sont pas desservies par ces transports rapides (Bretagnolle, 2005). Cette contraction différentielle s'illustre par exemple par le fait que Paris-Cherbourg et Paris-Marseille aient des temps de trajets aussi longs alors que la distance est deux fois plus importante pour Marseille. Aussi le court-circuitage s'exprime notamment dans le nombre de villes desservies par un trajet de plusieurs centaines de kilomètres. Si le nombre de relais de poste nécessitant des étapes était très important au XVIII^{ème} siècle (cf historique en 4.1.1), il a d'abord été réduit par les gains de vitesse du transport à cheval, avant que le train classique puis le TGV ne réduisent encore le nombre de villes desservies, tandis que le transport aérien ne compte plus aucun arrêt possible. Les gains de vitesse importants sur la longue distance ont ainsi favorisé la **métropolisation** de ces dernières décennies. L'aire urbaine se construit donc par un double mouvement, à la fois centripète pour la métropolisation et centrifuge concernant la péri-urbanisation (Brun, 2013).

L'augmentation des vitesses s'accompagne également de **coûts économiques, sociaux et environnementaux** des transports, qu'il s'agit de mieux prendre en compte. Ces limites à la recherche de vitesse et à l'hyper-mobilité sont à la fois individuelles et collectives, et mises en évidence notamment par les notions de vitesses généralisées évoquées ci-dessous en 3.1.3 (Crozet, 2016). L'accélération des transports a également eu un rôle majeur sur l'accélération sociale présentée plus haut et sur les modes de vie, comme documenté par de nombreuses recherches du Forum Vies Mobiles. Le chercheur Christophe Mincke développe même l'hypothèse d'une société où la mobilité serait devenue une fin en soi, avec une injonction à la mobilité qui s'articule autour de quatre impératifs : celui de l'activité, qui devrait être permanente, condamnant au contraire les inactifs et sans autoriser le repos ; celui de l'activation, c'est-à-dire d'être actif par soi-même ; l'impératif de participation, selon une logique de projets qui s'enchaînent sans interruption ; enfin, celui d'adaptation, c'est-à-dire l'appel à la flexibilité, l'innovation, l'agilité (Mincke, 2019). L'accélération s'applique ici au champ de la mobilité, sans que cette notion soit restreinte à la notion de déplacements, mais plutôt à une modification plus large dans les modes de vie, telle qu'évoquée par Rosa.

Parmi les coûts de l'hyper-mobilité, la demande a été un facteur majeur de l'évolution des **émissions de CO₂**, et les objectifs climatiques ambitieux nécessiteraient une modération de cette hyper-mobilité (cf chapitre 1 et 2). Certains travaux prospectifs sur les émissions de la mobilité intègrent directement des éléments sur la vitesse et les BTT dans les scénarios étudiés (tels que les études de Crozet et al, 2008 et Mittal et al, 2017, évoquées en chapitre 2). Les budgets temps alloués à différentes activités sont également utilisés pour construire des scénarios prospectifs sur les émissions en Chine (Yu et al, 2019). Les données montrent pour les pays développés que les déplacements correspondent à l'activité la plus intensive en termes d'émissions de CO₂ par heure d'activité. D'autres études font directement le lien entre la vitesse des transports et les émissions, en particulier pour évaluer l'impact des limitations de vitesse des transports routier et maritime (dont la bibliographie sera évoquée en 4.3.3).

Enfin, une raison majeure des limitations de vitesses depuis des décennies est celle de la **sécurité routière**. Le sujet a été l'objet d'une large littérature lié à la vitesse des transports, dont l'histoire et les processus de régulations pour la France sont retracés par Orsellì (2009).

3.1.3. Différentes définitions de la vitesse des mobilités

La **vitesse physique** d'un déplacement correspond à la distance entre l'origine et la destination, divisée par le temps du déplacement, exprimée en km/h. C'est de cette simple notion dont il est question dans ce chapitre, en estimant la vitesse moyenne de l'ensemble des déplacements en France selon différents périmètres, ainsi que son évolution depuis 1960. Au-delà de la vitesse physique, les économistes en particulier ont pu développer d'autres notions relatives à la vitesse.

Ainsi la **vitesse économique** correspond à la distance du déplacement divisée par le temps de travail nécessaire au paiement du déplacement. Elle correspond à la distance qu'il est possible d'acheter en travaillant une heure. Le temps généralisé d'un déplacement correspond à l'addition du temps de transport et du temps de travail pour le payer.

La notion de **vitesse généralisée**, qui y est liée, est donc le rapport entre la distance du déplacement et le temps généralisé. Elle permet de réunir en un seul critère les deux principaux critères de temps et de coût du transport évoqués ci-dessus. En plus du temps généralisé et de la vitesse généralisée, leur équivalent monétaire est le coût généralisé, qui correspond au coût monétaire du transport auquel s'ajoute le coût du temps de déplacement, généralement assimilé au temps de transport multiplié par le salaire horaire. La notion de vitesse généralisée avait été développée par Jean-Pierre Dupuy et Ivan Illich (1975) comme une critique de la voiture, les calculs montrant qu'elle possédait une vitesse généralisée plus faible que le vélo. Le concept a notamment été repris par Frédéric Héran (2009) qui a pu montrer que la vitesse généralisée de la voiture dépassait désormais celle du vélo. Le papier rappelait les principales limites du concept et proposait d'ouvrir la voie vers l'étude d'une **vitesse optimale** intégrant les coûts et bénéfices d'une augmentation de vitesse. Le concept a également été étudié par Yves Crozet (2016) pour mettre en avant les limites qui peuvent exister aux gains de vitesse physiques, quand ceux-ci se font à un coût trop élevé pour l'individu ou la société.

Ces deux auteurs ont également développé le concept de **vitesse généralisée sociale** ou **socio-économique**, qui se rapproche de l'idée de vitesse optimale, en cela qu'il a pour but de prendre en compte les externalités générées par le transport et les coûts publics dans le calcul. Ainsi le coût kilométrique individuel du déplacement est remplacé par le coût pour la collectivité.

Comme précisé précédemment, **cette étude se focalise sur la vitesse physique**. Des travaux quantitatifs sur l'évolution de cette vitesse physique et ses déterminants n'ont pas été trouvés dans la littérature. Les analyses statiques existent de par les enquêtes de mobilité qui estiment les distances et temps de déplacement et permettent de déduire des vitesses moyennes, généralement pour des trajets de porte-à-porte. La méthodologie est ici légèrement différente car les temps de transport sont ré-estimés à partir des distances et vitesses de chaque mode, de manière à déduire des temps de transport agrégés puis une vitesse moyenne des déplacements. Il peut être noté qu'une vitesse généralisée importante pour un mode de transport est une condition pour qu'il modifie substantiellement la vitesse moyenne physique. En effet, si les progrès techniques nous donnent par exemple la possibilité de réaliser des vols supersoniques, c'est sa relativement faible vitesse économique qui empêche sa diffusion au plus grand nombre, et donc un impact significatif sur la vitesse moyenne de l'ensemble de la population.

3.2. Evaluation des temps de déplacements

Points et messages clés :

- ✓ Les budgets-temps de transport (BTT) sont proches d'**une heure par jour et par personne** en France, avec une possible hausse sur les dernières décennies.
- ✓ L'estimation pour 2017 donne des temps de déplacements de **64 min/jour/pers** en moyenne : 53 minutes pour la mobilité locale et 11 minutes pour la longue distance.
- ✓ A cette évaluation basée sur les trafics voyageurs **peuvent s'ajouter** : env. **2 min/jour** pour les retards et temps d'attente des modes collectifs ; **7 min** pour d'autres usages professionnels motorisés ; env. **38 min** de marche et vélo hors déplacements.

3.2.1. Les temps de déplacement, vus par les données d'enquêtes

De nombreuses enquêtes permettent d'évaluer les temps de déplacements des Français, quelques-unes d'entre elles sont résumées en Tableau 1. Etant donné leurs différents périmètres en termes de type de déplacements pris en compte, d'âge des enquêtés, ou d'année de référence, il est parfois difficile de comparer directement les chiffres entre eux. Hormis la première enquête citée qui ne compte que les modes motorisés, les temps de transport sont généralement **proches d'une heure, jusque quasiment 1h30** au maximum.

Tableau 1 : Enquêtes évaluant les temps de transport en France

Temps de transport	Année	Source	Périmètre	Déplacements
Moyenne 42,34 min, écart-type 5,09	1995	Base UITP, Crozet et Joly, 2003	Villes France	Motorisés, quotidiens
63 min hommes 54 min femmes	1998-1999	Eurostat, 2004, enq. emploi du temps	Pop. 20-74 ans, année entière	Tous, hors temps de travail
56,3 min au total 66 min pers. mobiles	2008	CGDD 2010, ENTD	Pop. 6 ans et +, jour ouvrable	Locaux (- 80 km), au quotidien
62 min déplacements, 69 hommes, 57 femmes	2010	Insee (Brousse, 2015), enq. emploi du temps	Pop. 18 ans et +, France urbaine	Tous, hors temps de travail
86 min 7h12 lundi au vendredi	2017	Ipsos, BCG, 2017	Pop. 15 ans et +	Semaine du lundi au vendredi
70 min domicile-travail	2019	Ipsos, Régions de France, Transdev, 2019	Pop. 18 ans et +	Quotidien, domicile-travail
89 min par jour 10h22 par semaine	2019	Forum Vies Mobiles, 2020	Pop. 18-75 ans, sur 2 semaines	Réguliers, dont ceux liés au travail

L'enquête nationale transport déplacements (ENTD) est la plus complète en France. En revanche, sa périodicité est faible et la dernière enquête disponible au moment de l'écriture de ces lignes date de 2008 (les premiers résultats de l'enquête suivante sont prévus au cours de l'année 2020), et les temps de transport sont uniquement disponibles pour la mobilité locale (inférieure à 80 km du domicile) en jour ouvrable. Pour ces déplacements, les temps de transport étaient de 56,3 minutes par jour (et 66 minutes pour les seules personnes mobiles, 85 % de la population) et la vitesse moyenne de 26,5 km/h. Le temps de transport avait légèrement augmenté par rapport aux deux enquêtes précédentes (54,8 min en 1982 et 54,7 min en 1994) tandis que la vitesse avait augmenté (19 km/h en 1982, 25 km/h en 1994) étant ainsi le principal facteur à l'origine des hausses des distances parcourues en local. L'enquête montre des distances locales et des temps de transport qui augmentent avec le revenu, mais la vitesse moyenne est relativement stable selon les catégories de revenus. En revanche, des disparités géographiques importantes existent entre les territoires de résidence, avec des temps

de transport plus élevés et des vitesses plus faibles dans les grandes villes : les durées quotidiennes sont par exemple de 75 et 72 minutes à Paris et en banlieue parisienne, contre moins de 50 minutes dans les communes rurales ; les vitesses des espaces peu denses sont de l'ordre de 35 km/h, contre 12 km/h à Paris et 19 km/h en banlieue parisienne (CGDD, 2010). La particularité des temps de transport importants en région parisienne ressort également dans les **enquêtes globales transport** (EGT) réalisées en Île-de-France. Il est estimé que les temps de transport en semaine y ont augmenté de 76 minutes par jour en 1976 à 93 minutes en 2010, en raison de l'augmentation des temps de transport pour motif privé (Omnil, 2012 ; IAU-IDF, 2016). Les vitesses atteignent un maximum lors de l'enquête de 1997, puis baissent dans les enquêtes suivantes de 2001 et 2010, un point développé en partie 4.3.1.

Par ailleurs, les **enquêtes ménages-déplacements** (EMD), désormais appelées enquêtes mobilité certifiée Cerema (EMC² ; Cerema, 2020a) documentent les temps de parcours dans les grandes agglomérations françaises. La Figure 2 recense les résultats de 190 enquêtes dans 67 villes entre 1976 et 2018. Cela représente en moyenne quasiment trois enquêtes par ville, une enquête donnée pouvant rassembler plusieurs mesures pour une même agglomération, car comprenant des périmètres différents. Ainsi l'évolution temporelle ne peut pas être suivie de manière fine pour de nombreuses villes, les tendances n'étant pas univoques et en raison notamment des périmètres changeants. Si la droite de régression suggère en moyenne une hausse du temps de déplacement quotidien d'une minute par décennie, cette tendance ne peut être prise que comme une hypothèse. Les enquêtes évaluent la mobilité interne à l'aire d'étude, un jour de semaine, pour la population de 5 ans et plus. La moyenne des temps de déplacement des 190 enquêtes est de 53,8 minutes, et de 62,4 minutes pour les seules personnes mobiles. La part des personnes mobiles est de 14,8 % avec une tendance à la baisse, d'environ 16 à 13 % entre 1976 et 2018, une tendance qui était également identifiée par l'ENTD pour les jours de semaine. Enfin, le nombre de trajets quotidiens est de 4,2 pour les personnes mobiles et de 3,6 en moyenne, avec une durée de trajets proche des 15 minutes. Ces variables montrent aussi une forte stabilité au cours du temps, même si une très légère tendance à la hausse semble apparaître sur ces deux dernières variables.

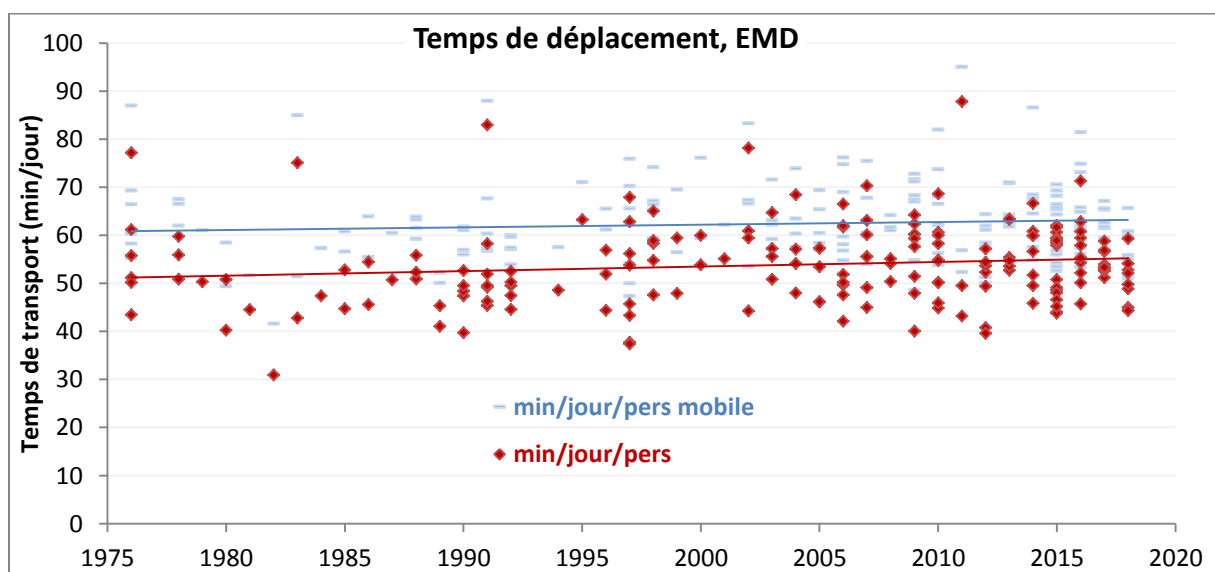


Figure 2 : Temps de déplacement par jour et par personne dans les enquêtes ménages-déplacements des agglomérations françaises de 1976 à 2018 (jour de semaine, population 5 ans et plus, 190 enquêtes dans 67 agglomérations différentes)

Les enquêtes précédemment citées et les temps de transport identifiés sont représentatifs des **déplacements les jours de semaine**, et non de l'ensemble de l'année. La non prise en compte des weekends surestime les résultats, car les déplacements sont moins fréquents le weekend (cf ENTD ; CGDD, 2010), tout comme les EMD se focalisent sur les agglomérations dans lesquelles les temps de transport sont plus élevés. En revanche, la non prise en compte des trajets longue distance ou en dehors de l'aire d'étude pour les EMD peut sous-estimer les temps de transport totaux, de même que l'absence des trajets liés au travail.

Si le Royaume-Uni possède des données d'enquêtes régulières montrant une stabilité des budgets-temps de transport depuis les années 70 malgré une tendance plutôt à la hausse et quelques fluctuations (Metz, 2013), de telles enquêtes manquent en France. Les **enquêtes emploi du temps** permettent cependant une évaluation sur l'année entière, mais à des intervalles moins réguliers, tous les 12 ans (de 1974 à 2010 pour les 4 dernières enquêtes). Les données étudiées par Brousse (2015) pour les trois quarts de la population qui vivent en zone urbaine semblent indiquer une légère hausse des temps de déplacement, surtout chez les femmes : la moyenne pour l'ensemble de la population est de 54 minutes en 1974, 53 minutes en 1986, 52 minutes en 1998 (année avec risque de sous-échantillonnage) et 62 minutes en 2010. Il est probable que ce chiffre de 62 minutes serait légèrement réduit s'il était étendu également aux zones rurales et aux moins de 18 ans pour lesquels les temps de transport sont moindre. A nouveau les chiffres sont à prendre avec précaution, car les périmètres ne sont pas tout à fait constants entre les années et les temps des activités sont arrondis à 10 minutes pour certaines enquêtes, 5 minutes pour d'autres.

La publication d'Eurostat (2004) reprend les résultats de l'enquête emploi du temps de 1998, cette fois pour l'ensemble de la population de 20 à 74 ans et en **comparaison avec 9 autres pays européens**. Les temps de déplacements sur l'année sont de 63 minutes pour les hommes et 54 minutes pour les femmes, hors déplacements liés à l'activité professionnelle. Si la moyenne est légèrement en dessous de l'heure de transport, ce chiffre est le deuxième plus faible parmi les 10 pays étudiés, derrière la Hongrie et loin des temps de transport de 1h27 en moyenne en Belgique et 1h22 par jour en Allemagne. Les temps de déplacements en France sont également les moins élevés parmi les 10 pays européens de l'enquête Ipsos-BCG (2017) qui estimait les temps de déplacements du lundi au vendredi à 9h35 en moyenne en Europe, contre 7h12 en France, soit respectivement 1h55 et 1h26 par jour. En Europe, les transports motorisés représentaient un peu plus de 45 minutes, tout comme les modes actifs, et les transports en commun 20 minutes. Les chiffres ne sont pas donnés pour la France, mais les durées d'enquêtes pour les modes actifs sont généralement bien plus faibles que 45 minutes. Les fortes différences pourraient également être expliquées en partie par la plus faible densité de population française, les durées de déplacements en zones denses étant généralement plus élevées. En revanche, le chiffre d'1h26 est élevé comparé aux autres enquêtes. Il pourrait s'expliquer en partie au moins par la prise en compte des déplacements longs réalisés les jours de semaine, et également par l'inclusion des temps de transport dans le cadre de l'activité professionnelle, qui ne sont généralement pas inclus.

C'était justement un des objectifs de l'**enquête mobilité du Forum Vies Mobiles** (2020) d'inclure également cette mobilité professionnelle (des chauffeurs routiers ou de taxis, plombiers, etc.) dans les déplacements quotidiens et réguliers des 18-75 ans. Il apparaît des

temps de déplacement de 10h22 par semaine, soit 1h29 par jour, bien supérieurs aux temps généralement évalués. L'enquête inclut les weekends et les trajets à longue distance de loisirs uniquement s'ils sont réguliers. Si la tranche d'âge enquêtée est la plus mobile, il est probable que l'inclusion des trajets du quotidien à longue distance et les déplacements effectués dans le cadre de l'activité professionnelle aient un fort impact sur les temps importants qui sont identifiés. L'enquête met en valeur également les disparités importantes qui existent dans la population : les 10 % les moins mobiles (qui rejoignent en partie la part de personnes non mobiles des EMD et ENTD) passent en moyenne un peu moins de 10 minutes par jour à se déplacer, contre près de 5 heures par jour pour les 10 % les plus mobiles. Les disparités observées pour les seules personnes mobiles, et sans inclure les déplacements professionnels (tels que réalisés entre autres par Zahavi), ont tendance à identifier des valeurs davantage concentrées autour de la moyenne.

Un grand nombre d'analyses donne donc des **temps de déplacements proches d'une heure par jour, jusqu'à 1h30** pour certaines. D'un point de vue temporel, une grande stabilité des budgets-temps apparaît. Malgré les incertitudes associées à chaque analyse, plusieurs enquêtes semblent converger vers **l'hypothèse d'une légère tendance à la hausse de ces budgets-temps** ces dernières décennies. Si cette tendance apparaît dans des enquêtes portant sur la seule mobilité locale (ENTD et EMD notamment), cette conclusion pourrait être renforcée par le fait que le nombre de déplacements à longue distance a augmenté sur les dernières décennies (cf ENTD dans CGDD, 2010 ; point discuté en 4.3.1).

Ce premier état des lieux montre également la **diversité des chiffres** selon les périmètres étudiés. Il est important dans l'interprétation des chiffres d'une enquête de comprendre quels déplacements sont pris en compte et quelle est la population étudiée : inclusion ou non des jours de weekend, des trajets à longue distance, des trajets professionnels, des types de territoires, ou encore l'âge des enquêtés, entre autres critères importants.

Cela permet de mieux situer le **périmètre de l'analyse proposée** ici. Etant donné que l'analyse repose pour beaucoup sur les données de trafics en France, elle concerne l'ensemble de la population, tous jours de l'année confondus, aussi bien pour la courte que longue distance. Les trafics pris en compte étant l'ensemble de ceux en voiture et les 60 % de trafics des véhicules utilitaires légers (VUL) utilisés pour du transport de voyageurs, ces trafics incluent des déplacements professionnels ou réalisés dans le cadre du travail (tels que la tournée d'un médecin pour la voiture, plombier pour les VUL). En revanche, ne sont pas inclus les déplacements pour du transport routier de marchandises, ni les temps de conduite ou les temps de déplacements du personnel des avions, trains ou autocars durant leur fonction. Une évaluation de l'impact de leur prise en compte sur les résultats sera proposée en 3.2.3, de même qu'une première estimation des temps de marche à pied hors transport. Enfin, tous les temps de déplacements des modes voyageurs étant inclus, les temps de pré- et de post-acheminement vers les transports sont inclus dans l'analyse. Ne sont pas inclus en revanche les temps de retard ou d'attente en gare ou en aéroport, qui sont généralement inclus dans les enquêtes mobilité qui considèrent des temps de transport porte-à-porte.

Les chiffres et figures présentés ensuite permettront de préciser ce périmètre et l'impact des hypothèses sur les temps de déplacements évalués.

3.2.2. L'estimation des temps de déplacements en 2017

Le Tableau 2 ci-dessous rend compte des principales hypothèses et des résultats du calcul des temps de déplacement pour les modes actifs, les modes routiers individuels et collectifs, le ferroviaire et l'aérien. Au total, les calculs font apparaître des **temps de déplacements de l'ordre de 64 minutes par jour et par personne en moyenne**, dont environ 15 minutes pour les modes actifs (essentiellement la marche), 40 minutes pour les transports routiers individuels (surtout la voiture), 4 minutes pour les transports routiers collectifs et de même pour le train, et moins d'une minute par jour pour l'avion.

Tableau 2 : Estimation des temps de transport des modes de transport et vitesse moyenne des déplacements en 2017

(les temps de transport sont estimés à partir des trafics et vitesses par mode, sous-mode et/ou réseau de transport, et l'agrégation des temps de transport permet de déduire la vitesse moyenne par mode et pour l'ensemble des déplacements ; CD = courte distance, LD = longue distance, SLO = service librement organisé = autocars Macron ; Pop 64,9 M habitants)

	Md voy.km	km/jour	% km	km/trajet	Vitesse	Md h	min/jour	% temps
Marche	20,1	0,8	1,7%	-	3,6	5,6	14,2	22%
Dont trajets à pied	11,1	0,5	0,9%	0,8	3,6	3,1	7,8	12%
Dont intermodalité	9,0	0,4	0,7%	-	3,6	2,5	6,3	10%
Vélo	6,3	0,3	0,5%	3,4	12	0,5	1,3	2,1%
Routier individuel	825	35	68%	16,0	53	15,6	40	62%
2-roues motorisés	17,4	0,7	1,4%		46	0,4	1,0	2%
Voiture	709	30	58%		54	13,2	33,5	52%
VUL	99	4,2	8%		49	2,0	5,1	8%
Autoroute	323	13,7	27%		80	4,0	10,2	16%
Rural	334	14,1	27%		55	6,0	15,3	24%
Urbain	168	7,1	14%		30	5,6	14,1	22%
LD	248	10,5	20%	300	80	3,1	7,8	12%
CD	578	24,4	48%	11,4	46	12,5	31,8	50%
Bus & cars	58,3	2,5	5%	11,4	36	1,6	4,1	6,4%
Cars	47,4	2,0	4%	22	46,5	1,0	2,6	4,0%
Bus	10,9	0,5	1%	3,7	18,0	0,6	1,5	2,4%
Autocars SLO	2,2	0,1	0,2%	310	80	0,03	0,1	0,1%
LD	29,6	1,3	2,4%	172	51	0,6	1,5	2,3%
CD	28,7	1,2	2,4%	5,8	27	1,0	2,6	4,1%
Ferroviaire	114,0	4,8	9%	22,7	73	1,6	4,0	6,2%
TGV	59,6	2,5	4,9%	432	158	0,4	1,0	1,5%
Intercités	7,2	0,3	0,6%	258	103	0,1	0,2	0,3%
TER	13,7	0,6	1,1%	50	83	0,2	0,4	0,7%
Transilien	19,5	0,8	1,6%	13,6	54	0,4	0,9	1,4%
Métros	10,4	0,4	0,9%	5,1	26	0,4	1,0	1,6%
Tramways	3,6	0,2	0,3%	3,2	18	0,2	0,5	0,8%
LD	73,7	3,1	6,1%	244	139	0,5	1,3	2,1%
CD	40,3	1,7	3,3%	8,5	39	1,0	2,6	4,1%
Aérien total	191,6	8,1	16%	2065	728	0,3	0,7	1,0%
Métropole	15,4	0,7	1,3%	595	500	0,03	0,08	0,1%
Outre-mer	15,9	0,7	1,3%	7704	850	0,02	0,05	0,1%
International	160	6,8	13%	2473	750	0,2	0,5	0,8%
TOTAL	1216	51,4	100%	15,7	48,2	25,2	63,9	100%
Hors international	1056	44,6		13,6	42,2	25,0	63,3	
Longue distance	543	22,9	45%	390	121	4,5	11,3	18%
Courte distance	673	28,4	55%	10,8	32,5	20,7	52,6	82%

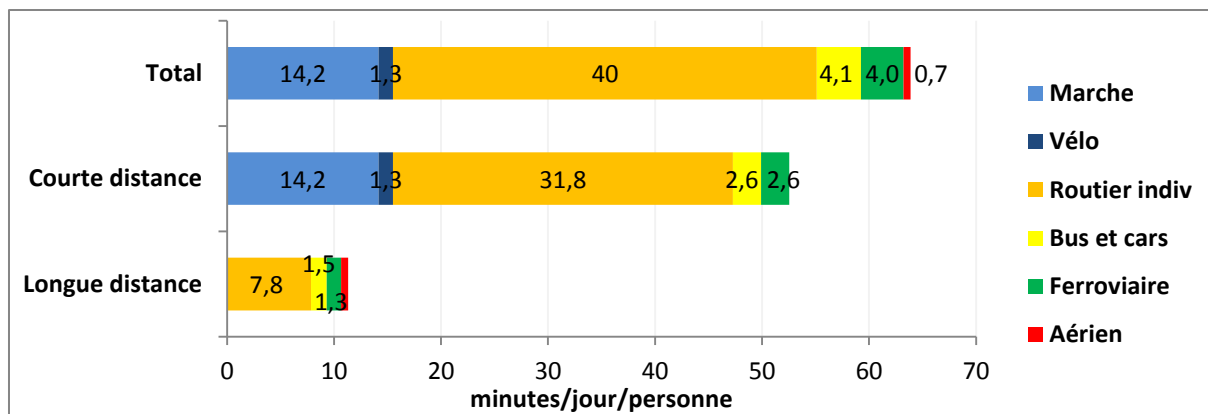


Figure 3 : Temps de transport par jour des principaux modes de transport

L'indicateur des temps de transport permet de donner une appréciation sensible de ce que représente la mobilité dans la vie quotidienne. Si les temps de déplacements sont bien connus au niveau individuel pour différents trajets, leur agrégation au niveau Français en combinant courte et longue distance n'est pas disponible. Les deux indicateurs les plus répandus sont ceux du nombre de trajets et des distances. Ils sont parfois moins pertinents pour répondre à des questions sur l'utilisation des modes de transport, telles que "les Français utilisent-ils davantage le métro ou le TGV ?". Le nombre de trajets donne beaucoup de poids aux modes lents et de faible portée, tels que la marche ou le métro ; ainsi le nombre de trajets en métro est quasiment 6 fois supérieur à ceux en TGV. Les distances donnent du poids aux modes rapides utilisés pour la longue distance, tels que l'avion ou le TGV ; les distances parcourues en TGV sont ainsi 15 fois supérieures au métro. Les temps de transport donnent une mesure intermédiaire reflétant davantage leur utilisation réelle ; les temps de transport des Français en métro et TGV sont équivalents, d'environ 1 minute/jour ou 6 h/an en moyenne.

Une première estimation de la répartition des temps de transport entre courte et longue distance (CD et LD) donne environ **53 minutes par jour en moyenne pour la courte distance et 11 minutes pour la longue distance**, soit une répartition de **82 % / 18 %**. Ici, toute la marche à pied et le vélo sont comptés pour la courte distance ; pour le ferroviaire, les TER sont comptés à moitié pour courte et longue distance, les Intercités et TGV en LD et les transiliens, métros, et tramways en CD ; la répartition est plus difficile pour les bus et cars en raison du manque de données, il est considéré que les bus urbains, le transport scolaire et de personnel sont en CD, de même que les trois-quarts des transports interurbains conventionnés, et le reste est indiqué pour la LD avec les transports occasionnels. Cette première estimation ne tient pas compte des temps d'accès des modes longue distance, comme rejoindre une gare TGV à pied ou en tramway, trajets qui sont comptés dans les déplacements de courte distance. La **prédominance de la mobilité locale** est logique, car elle représente l'essentiel des trajets du quotidien, tandis que les trajets à longue distance sont plus exceptionnels. La mobilité locale représente ainsi **98,2 % des trajets** (de manière proche de l'ENTD 2008, qui l'estimait à 98,6 %), tandis qu'elle représente **55 % des distances** parcourues (60 % dans l'ENTD, et 70 % des émissions de CO₂). Les écarts entre les critères de distances, temps de transport et nombre de trajets s'expliquent par des distances de trajets très différentes, de respectivement **11 et 390 km** pour la courte et longue distance, des vitesses moyenne de respectivement **32 et 121 km/h**, et des temps de trajets d'environ **15 minutes et plus de 3h** pour la LD, des éléments détaillés dans les prochaines parties.

3.2.3. Vers une évaluation complète des temps de déplacements

La méthodologie met en avant trois types de temps de transport qui ne sont pas ou seulement partiellement inclus dans l'évaluation des temps de transport, et qu'il s'agit d'estimer dans cette partie :

- ✓ Les **temps de retard** et les **temps d'attente** des modes collectifs ; ce qui sera appelé les **temps d'accès** (ou de pré- et post-acheminement), afin d'avoir des temps de trajet porte-à-porte, ces temps étant inclus dans l'analyse sans être affectés aux différents modes (par exemple, le temps de marche pour rejoindre le tramway est inclus dans la marche, non dans le temps de tramway) ; enfin, il peut être ajouté un **temps de préparation**, qui compte la préparation de l'itinéraire, l'achat de billets et/ou la préparation des bagages et affaires pour le trajet ;
- ✓ Les **temps en transports motorisés liés à l'activité professionnelle** qui ne sont pas déjà inclus dans l'analyse, tels que les temps de conduite pour les métiers de conducteurs/chauffeurs, les temps de service en lien avec les transports tels que les contrôleurs ou hôtesse/stewards, ou encore les temps et distances parcourues en tracteurs ou engins de chantier ;
- ✓ Les **déplacements à pied** (ou dans d'autres modes, plus minoritaires) qui ne sont pas comptés dans les enquêtes de mobilité, tels que les déplacements liés aux activités de loisirs (sport, randonnée, etc.), aux activités domestiques, ou aux déplacements non motorisés durant les activités professionnelles.

Concernant le premier élément, les estimations des temps de trajet des différents modes de courte distance sont données en Figure 4, et en Figure 5 pour les trajets à longue distance.

Aussi bien pour les trajets de courte que de longue distance, et alors que les distances moyennes et les vitesses des modes sont très variées, **les temps de déplacements moyens sont très proches selon les modes**, autour de 15 minutes pour la courte distance, et entre 2h30 et 4h pour les trajets à longue distance.

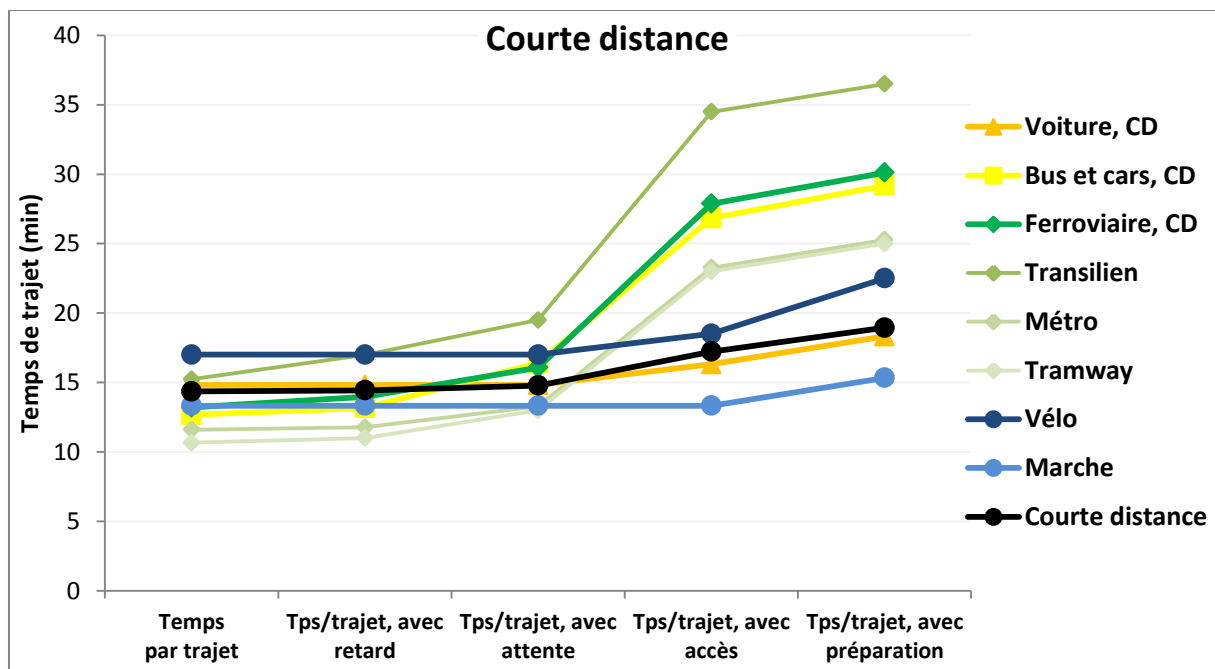


Figure 4 : Temps de déplacements moyens par mode pour les trajets à courte distance

Pour les **déplacements de courte distance**, les estimations des temps de transport par trajet varient entre 11 minutes pour le tramway et 17 minutes pour le vélo. Ces temps sont l'équivalent des temps de transport en véhicule, soit le temps de transport commercial pour les transports en commun. Les temps de retard sont en moyenne peu élevés pour les modes de courte distance et s'élèvent au maximum à 1 minute 46 en moyenne pour les transiliens (Arafer, 2018a), rallongeant les temps de déplacement moyens de l'ordre de 12 %. Les temps d'attente sont faibles pour les modes avec une forte fréquence, et rallongent les trajets d'environ 15 % pour les modes ferroviaires de courte distance, et probablement de l'ordre de 20-25 % pour les bus. La marche, le vélo et la voiture ont l'avantage de ne pas subir de temps de retard (les embouteillages ne sont pas comptés comme tels pour la voiture, mais directement dans la vitesse commerciale du mode) et d'attente. De même, les temps d'accès sont faibles, alors qu'ils sont bien plus significatifs pour les transports en commun, augmentant les temps de parcours de l'ordre de 70 % (avec des hypothèses de temps de pré- et post-acheminement de 2 x 5 minutes pour tramways, métros et bus). Ainsi les temps de transport moyens sont supérieurs pour les trajets porte-à-porte en transports en commun, ce qui peut partiellement expliquer les temps de transport très importants en Île-de-France où leur part modale est importante. Les temps de préparation (qui peuvent inclure des temps de rangement à destination) sont supposés similaires entre les modes, à 2 minutes en moyenne, sauf pour le vélo qui demande parfois de se changer par exemple pour les longs trajets ou les jours de pluie. Sous ces hypothèses, la prise en compte de ces temps de préparation ne change pas fortement les temps de transport moyens.

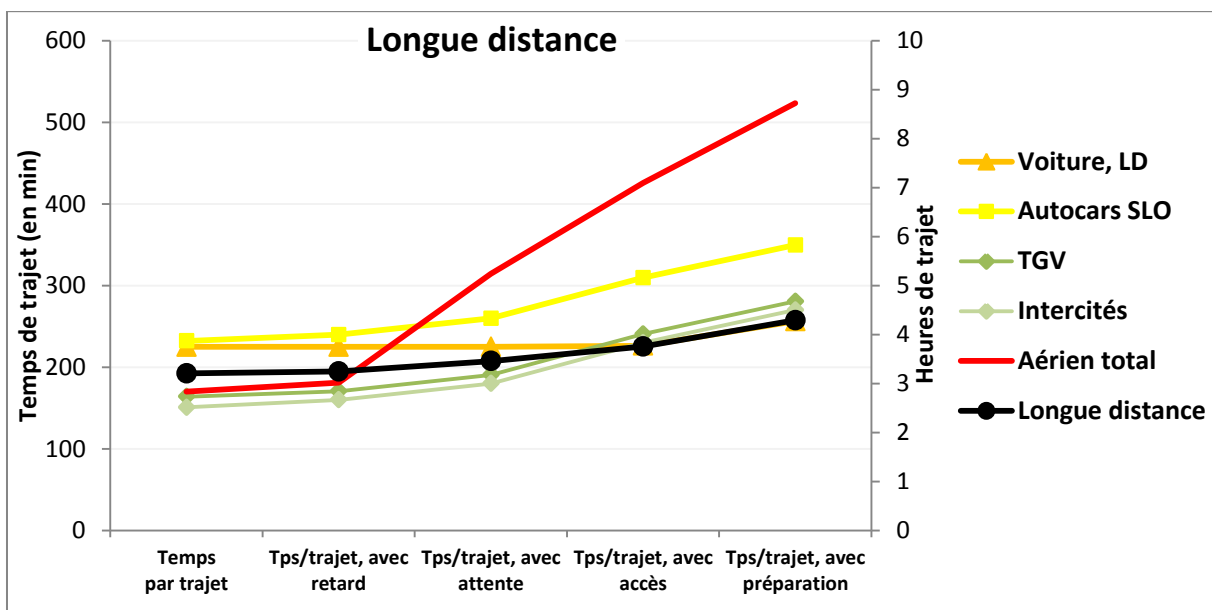


Figure 5 : Temps de déplacements moyens par mode pour les trajets à longue distance

Pour les **déplacements à longue distance**, la moyenne des déplacements est quasiment à 200 minutes de trajets ou un peu plus de 3 heures, avec à nouveau des valeurs proches selon les modes considérés en Figure 5, entre 2h30 et 4h. De nouveau, les temps de retard ont un impact relativement limité, augmentant de 5 % environ les temps de transport ferroviaires (+5 minutes en moyenne) et de 6 % les temps aériens (+11 min). Les temps d'attente ont un impact très significatif pour l'aérien, augmentant en moyenne les temps de parcours de plus

de 70 % par rapport aux temps commerciaux et d'attente (hypothèse d'une heure en amont du départ pour les trajets métropolitains et deux heures pour les trajets internationaux et avec l'Outre-mer, auxquels s'ajoutent 30 minutes à la sortie de l'avion). Pour les TGV, Intercités et autocars SLO (services librement organisés), les 20 minutes supposées d'attente augmentent les temps de transport de 12 % pour les trains et de 8 % pour les autocars. Les temps porte-à-porte, qui incluent les temps de pré- et post-acheminement sont élevés d'un tiers en plus pour le transport aérien (en supposant 2 x 45 minutes de trajets, à l'aéroport de départ et à destination), de l'ordre de +20 % pour les autocars et un peu plus de 25 % pour les trains longue distance (hypothèse 2 x 25 minutes ; voir méthodologie en 2.3.3 pour les sources des hypothèses). Enfin, les temps de préparation sont supposés de 40 minutes pour les trajets métropolitains et 2h pour les autres trajets en avion, qui sont davantage des voyages longs, pour lesquels la recherche des billets peut également être plus importante.

Ainsi, l'avion est le mode qui montre les temps de transport les plus élevés, en tenant compte en particulier des temps d'attente et d'accès. Etant donné que ces voyages sont aussi réalisés pour les séjours plus longs, ces temps de transport porte-à-porte largement au-dessus des autres modes se justifient. Les temps de transport légèrement plus élevés en autocars SLO pourraient être expliqués par les faibles coûts de transport du mode, qui font faire un arbitrage entre coût et temps de déplacement, séduisant davantage des personnes avec un faible coût du temps. Les temps par trajet apparaissent également un peu plus élevés pour la voiture, comparés aux temps commerciaux des autres modes. En revanche, les temps porte-à-porte sont comparables au ferroviaire et plus faibles que les autocars et avions.

Au total et pour l'ensemble des déplacements à courte et longue distance considérés :

- ✓ Les temps de **retard** correspondent à 2h25 par an ou 24 secondes par jour et par personne soit +0,6 % de temps de transport ; en moyenne sur l'année, les 2h25 se répartissent entre environ 1h20 pour le ferroviaire, 50 minutes pour les bus et cars, et 15 minutes pour l'aérien ;
- ✓ Les temps d'**attente** représentent un peu plus de 11h par personne chaque année et 1 minute 50 chaque jour d'après les estimations, soit quasiment +3 % de temps de transport ; le temps se répartit entre 4h20 pour les bus et cars, 3h40 pour le ferroviaire et 3h10 pour l'aérien ;
- ✓ Les temps d'**accès** sont estimés représenter un peu plus de 55 heures par an, soit quasiment 10 minutes par jour soit 14 % des temps de déplacements, des temps déjà inclus dans les temps de trajet initiaux ; même avec une estimation basse d'1 minute 30 pour les trajets en voiture, elle représente plus d'un tiers des temps d'accès estimés, devant les trains (32 %) et les bus et cars (25 %) ;
- ✓ Les temps de **préparation** sont moins tangibles et ne correspondent pas directement à des temps de déplacement à proprement parler ; l'estimation réalisée ici amène à 45 heures par an et un peu plus de 7 minutes par jour, ce qui correspond à un peu plus de 2 minutes par trajet en moyenne.

Etant donné ces **temps de transport similaires selon les modes** pour les déplacements de courte et de longue distance, **la vitesse des modes conditionnera fortement la portée moyenne des trajets**. Cette vitesse moyenne des modes sera l'objet de la partie 3.3.

Au-delà de ces différents temps de déplacements qui n'étaient pas inclus dans les chiffres du Tableau 2, **un deuxième élément important concerne les distances et les temps de parcours professionnels**. Une partie des déplacements professionnels est incluse, si elle concerne des déplacements en transports collectifs, en voiture (chauffeur de taxi, médecin de campagne, trajets pour un rendez-vous, etc.) ou les 60 % de déplacements en VUL qui sont assimilés à du transport de voyageurs (plombier, visite de chantier, ambulance, etc.).

Les déplacements non pris en compte concernent tout d'abord les **métiers mobiles** tels que les chauffeurs et conducteurs (hors taxis, déjà inclus dans les trafics voitures), que ce soit pour les 40 % du trafic en VUL affectés à du transport de marchandises ou des livraisons, les chauffeurs de poids-lourds, de bus, conducteurs de train ou pilotes d'avion. Calculer ces distances et temps de transport est relativement aisé, car ils correspondent aux trafics en veh.km et temps de parcours de ces modes. Pour les trains et davantage encore pour les avions, il s'agit d'inclure également le personnel à bord, tel que les contrôleurs, ou les personnes assurant les services aux voyageurs au wagon-bar ou dans les avions. Enfin, en plus de ces déplacements liés à des activités de transport, il y a également dans les activités professionnelles l'utilisation d'engins mobiles que sont les tracteurs et autres engins agricoles, les machines mobiles utilisées dans la sylviculture ou encore l'industrie. Il est estimé que ces temps de déplacements motorisés professionnels non pris en compte dans l'analyse représentent quasiment 7 minutes par jour, dominés par les temps de conduite de VUL, poids-lourds et engins agricoles (Figure 6 et Figure 7 ; voir annexe pour les détails des hypothèses et calculs).

Ces temps de transport représentent quasiment l'équivalent de **10 % de temps supplémentaires** par rapport à l'analyse détaillée en Tableau 2. Etant donné que la majorité de ces temps de déplacements concerne des moyens de transport routiers, leur vitesse moyenne relativement importante implique également des distances significatives. Elles sont estimées à environ 100 Md voy.km environ ou 4,3 km/jour/personne, soit l'équivalent de **8 % des kilomètres** estimés précédemment (de 1216 Md voy.km et 51,4 km/jour ; cf Tableau 2).

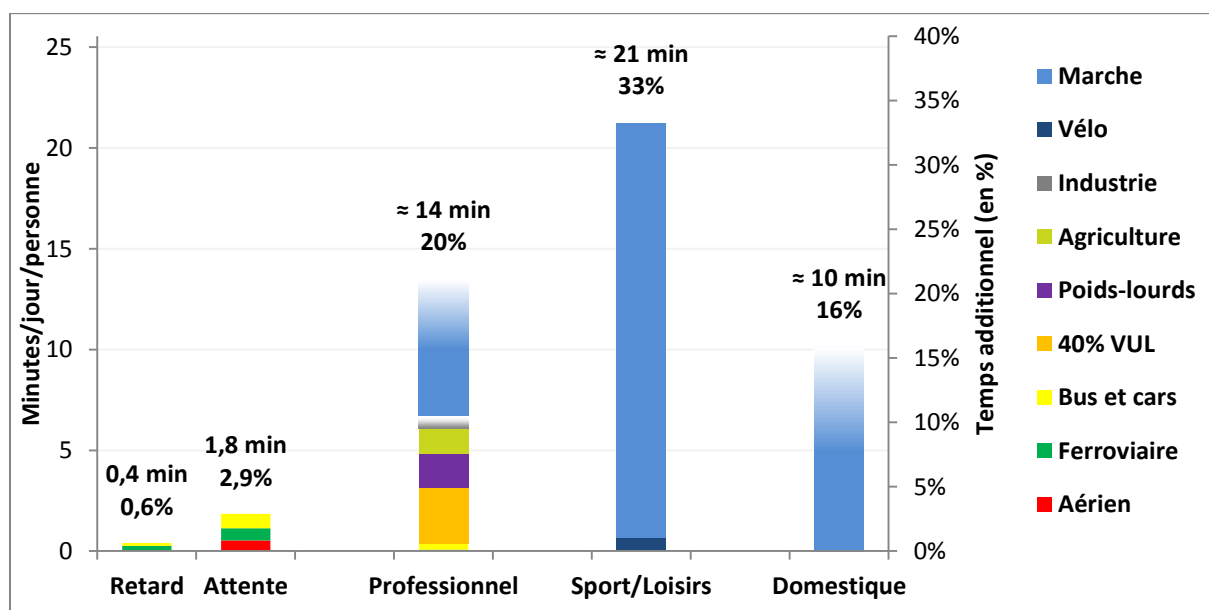


Figure 6 : Estimation des temps de déplacements non pris en compte dans l'analyse : temps de retard, d'attente, la partie des déplacements professionnels non prise en compte, ainsi que les déplacements de loisirs et domestiques (dégradés pour les incertitudes liées à la marche et l'industrie ; détails des calculs en annexe)

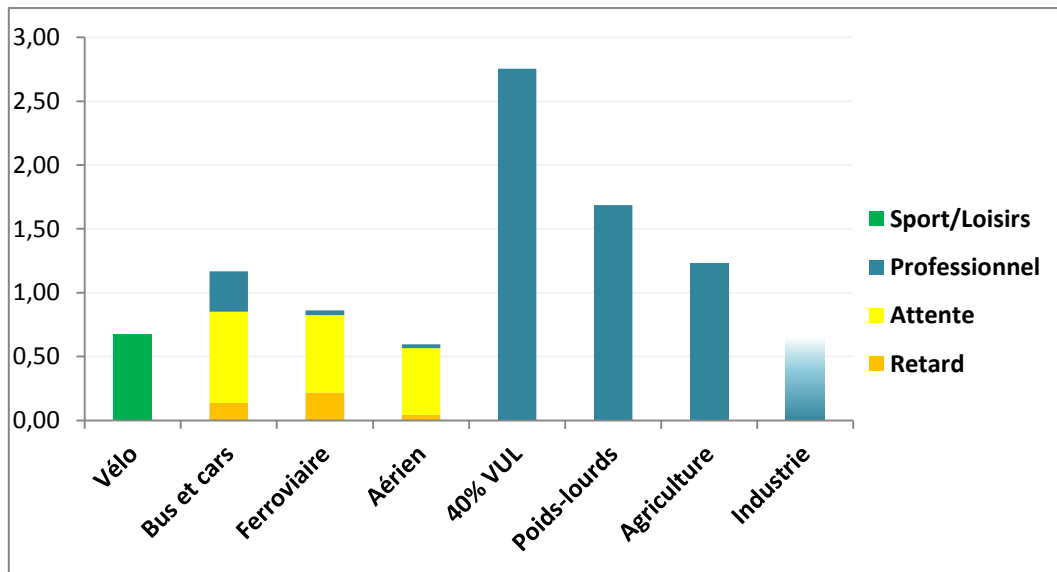


Figure 7 : Estimation des temps de déplacements additionnels par mode, hors marche à pied

Enfin, la dernière estimation, la plus difficile et la plus imprécise, concerne les **temps de déplacements à pied** essentiellement, et dans une moindre mesure à **vélo**, qui ne sont pas inclus dans l'analyse. Les ordres de grandeur de temps de déplacements sont très significatifs, en revanche les distances parcourues ont bien moins d'impacts sur les distances totales.

Ainsi l'analyse inclut les déplacements entièrement à pied et à vélo entre une origine et une destination, ainsi que les déplacements de ces modes en intermodalité, importants surtout pour la marche à pied et négligeables pour le vélo (données reprises de l'ENTD, CGDD, 2010 et Papon, 1999, 2012a). Les motifs de promenade ne semblent renseignés dans les enquêtes que très faiblement au vu des temps qu'ils représentent (en comparant par exemple l'ENTD avec les enquêtes emploi du temps). Les temps de déplacements dans l'analyse indiquent donc environ 14 minutes par jour et par personne en marche à pied, soit 0,8 km, dont quasiment la moitié réalisée en intermodalité. Pour le vélo, la moyenne est faible, avec un peu moins de 0,3 km et 1,3 minute par jour.

Les **temps de marche** au quotidien non inclus dans l'analyse, ont été estimés à partir des enquêtes emploi du temps, afin de fournir des ordres de grandeur probables de ce que représentent ces autres déplacements. Ils portent sur trois types d'usages : ceux de sport et loisirs, les enquêtes emploi du temps indiquant notamment quasiment 20 minutes par jour en moyenne pour les seuls usages de promenade ; la marche durant les activités professionnelles, pour laquelle aucune source de données à ce sujet n'a été trouvée, justifiant les incertitudes importantes ; enfin, les activités domestiques, qui incluent les courses et services, des temps de déplacements liés aux activités de jardinage et de déplacement internes au foyer.

Les résultats suggèrent des temps de marche à pied de l'ordre de **50 minutes par jour** et par personne en tout. La partie liée aux déplacements serait donc très probablement minoritaire (tel que suggéré par Papon, 1999), derrière les temps et distances parcourues dans le cadre des promenades et activités sportives (20 minutes), et probablement devant les activités domestiques et professionnelles (respectivement 7 et 10 minutes), bien que les incertitudes soient importantes pour ces motifs, en raison du manque de données suffisantes (Figure 6 ; voir détails des calculs en annexe). Les distances parcourues par jour et par personne seraient alors de l'ordre de **3 km** en marche à pied.

Concernant le **vélo**, les distances réelles parcourues pour les usages utilitaires, loisirs et sportifs seraient bien plus importantes que les chiffres de l'ENTD de 2008 (ADEME, 2020). Les chiffres globaux seraient de l'ordre de 11 Md voy.km, au lieu du chiffre de 6,3 Md voy.km utilisé pour l'estimation en 2017 (+0,2 km/jour).

Tous ces chiffres posent la **question de ce qu'il faut inclure ou non comme relevant des déplacements, et du bon périmètre de l'analyse**. L'objectif ici n'est pas de répondre à cette question, car le périmètre le plus pertinent dépend de la question que l'on se pose. Il est important cependant de comprendre les ordres de grandeur en jeu afin de mieux analyser l'impact du choix du périmètre sur les résultats et les phénomènes étudiés.

Le **périmètre utilisé dans l'analyse** du Tableau 2 puis étudié ensuite en évolution temporelle depuis 1960, semble relativement nouveau parmi les évaluations françaises. Il a pour objectif d'inclure l'ensemble des déplacements de voyageurs entre une origine et une destination de deux lieux séparés, pour l'ensemble de la population, pour tous les jours de l'année, déplacements à la fois de courte et longue distance confondus.

Ne sont pas inclus les temps de retard et d'attente des modes collectifs, au contraire des analyses en porte-à-porte. Ces deux éléments représenteraient un ajout de +3,5 % de temps de déplacements s'ils étaient inclus (+24s et 1m50 respectivement), soit un faible impact sur les résultats et l'analyse de leur évolution en partie 4.

Ne sont pas inclus non plus les déplacements motorisés qui ne sont pas considérés ici comme du transport de voyageurs, c'est-à-dire les temps de conduite des chauffeurs/conducteurs et temps de service du personnel des transports collectifs et transports de marchandises, de même que la conduite d'engins agricoles ou industriels. Ces temps en transports motorisés ajouteraient environ 10 % de temps (+7 min) et 8 % de distances (+4,3 km/jour) en plus.

Enfin, ne sont pas inclus les déplacements à pied (ou à vélo) au sein d'un même lieu (maison, magasin, usine, entreprise, etc.) ni ceux réalisés dans le cadre des loisirs, qui multiplieraient les temps et distances de déplacement par quasiment 4 pour la marche à pied et par 2 pour le vélo. Les distances totales seraient augmentées de quasiment 5 % et les temps de transport de 60 % (+38 min dont 0,7 de vélo ; +2,4 km dont 0,2 de vélo).

Ces évaluations complémentaires permettent d'apprécier ce que pourraient être des **distances et temps de déplacements globaux**, avec un périmètre le plus large possible.

Des distances de 1375 Md km auraient été parcourues par les Français en 2017, soit 46 % de plus que les chiffres des comptes des transports pour les voyageurs (de 941 Md km ; CGDD, 2019b). Cela correspond à 21 200 km par personne et par an, ou **58 km par jour**. Ces kilomètres sont réalisés dans des transports motorisés à 96 % (54,6 km) et plus faiblement en modes actifs (3,5 km).

Au total, les Français seraient en déplacement ou en mouvement (non immobiles) de l'ordre d'**1h49** par jour, dans des proportions équivalentes entre modes motorisés (55 minutes) et modes actifs (54 minutes). En ajoutant les temps de retard ou d'attente des modes collectifs qui sont potentiellement des temps immobiles, la durée se porte à 1h51 par jour.

La vitesse des mouvements motorisés atteint quasiment **60 km/h**, et quasiment deux fois moins à **32 km/h** pour l'ensemble des déplacements ou moments en mouvement confondus.

3.3. Estimer une vitesse moyenne des déplacements

Points et messages clés :

- ✓ La vitesse moyenne des déplacements est estimée à **48,2 km/h**, international inclus ; en porte-à-porte, elle est de **32 km/h** et **104 km/h** pour la courte et longue distance.
- ✓ Les principales **limites à la vitesse** sont contrastées selon les modes : physiologiques pour les modes actifs ; insécurité et usage de l'espace pour la voiture ; possibilités techniques et dessertes pour le ferroviaire ; coût notamment énergétique pour l'aérien.
- ✓ Les **vitesse sont croissantes avec la distance parcourue** : plus elle est importante, plus il est possible d'accéder à des modes et des infrastructures rapides, la distance du trajet permettant aussi d'amortir les temps d'attente et d'accès aux modes collectifs.

3.3.1. La vitesse moyenne des déplacements

L'analyse précédente a permis de détailler la méthodologie d'estimation des temps de transport selon les différents périmètres, entre les temps de parcours moyens des modes en circulation, la prise en compte des temps de retard, d'attente, d'accès et de préparation.

De manière symétrique aux temps de parcours qui augmentent lorsque des temps additionnels sont ajoutés, les vitesses moyennes considérées diminuent.

Le Tableau 2 donne une vitesse moyenne des modes en circulation de **48,2 km/h**, et de **42,2 km/h** pour les seuls trajets intérieurs (hors aérien international ; voir les chiffres cités en gras dans le Tableau 3). Ces vitesses incluent les distances et les temps d'accès aux différents modes comme des déplacements de courte distance, tels que la marche réalisée en intermodalité pour accéder à la voiture ou au tramway. En se limitant au seul mode principal de chaque déplacement (temps d'accès exclus), les vitesses apparaissent plus élevées, de **53,5 km/h** pour les trajets international compris.

Sur la courte distance, la vitesse moyenne des modes principaux employés est de **35,9 km/h** (hors temps d'accès, qui sont répartis dans les déplacements à courte et longue distance pour calculer les vitesses porte-à-porte). En incluant les retards, l'attente et les temps d'accès pour ces trajets courte distance, la vitesse porte-à-porte moyenne obtenue est de **32,3 km/h**.

Pour les trajets à longue distance, la vitesse moyenne des modes principaux est de **90 km/h** pour les trajets intérieurs et de **121 km/h** pour l'ensemble des trajets. Les vitesses porte-à-porte sont réduites respectivement à **81** et **104 km/h** en tenant compte des temps de retard, d'attente et d'accès (pré- et post-acheminement).

Enfin, la vitesse porte-à-porte pour l'ensemble des déplacements est de **41,1 km/h** pour les trajets intérieurs et 46,6 km/h pour les trajets totaux, international compris.

Tableau 3 : Vitesse moyenne des déplacements totaux, à courte et longue distance

	International	Temps d'accès	Vitesse en circulation	Vitesse avec retard	Vitesse avec attente	Vitesse porte-à-porte	Vitesse avec préparation
Total	exclus	compris	42,2	42,0	41,1	41,1	37,0
		exclus	47,2	46,9	45,7		
	compris	compris	48,2	47,9	46,6	46,6	41,9
		exclus	53,5	53,1	51,4		
Courte distance		compris	32,5	32,3	31,7	32,3	29,2
		exclus	35,9	35,6	34,8		
Longue distance	exclus		90	89	86	81	72
	compris		121	120	113	104	91

3.3.2. La vitesse moyenne des modes : des records à la vitesse porte-à-porte

Il a été vu précédemment que les temps moyens des trajets dans les différents modes de transport étaient relativement similaires, lorsque les trajets à courte et longue distance sont séparés. Ces durées d'environ 15 minutes à courte distance et 200 minutes à longue distance reflètent les temps de déplacements que sont prêts à accepter en moyenne les voyageurs pour des trajets du quotidien, ou pour des trajets plus exceptionnels réalisés dans l'objectif de séjours plus longs.

En revanche, **les vitesses moyennes des différents modes apparaissent très contrastées entre les modes, et même au sein d'un même mode.** Ainsi les vitesses commerciales ou en circulation sont en moyenne de plus de 700 km/h pour les trajets en avion, de 73 km/h pour le ferroviaire, 53 km/h pour la voiture (ici considérée au sens large comme le routier individuel, y compris VUL et 2RM), 36 km/h pour les bus et cars, 12 km/h pour le vélo et 3,6 km/h pour la marche. Le rapport est de 1 à 200 entre la marche et l'avion, il est de 1 à 13 pour la courte distance (entre 3,6 km/h pour la marche et 46 pour la voiture) et de manière proche de 1 à 14 pour les modes les plus utilisés à longue distance (51 km/h pour les cars et 728 pour l'avion ; Tableau 2). Ces contrastes sur les vitesses expliquent les différences importantes entre les modes sur les distances moyennes par trajet, étant donné que les temps de trajets sont proches. Les vitesses moyennes sont également contrastées au sein d'un même mode, notamment pour les modes routiers selon les types de réseaux urbains, ruraux ou autoroutes (respectivement 30, 55 et 80 km/h en moyenne pour les voitures ; ces réseaux regroupant des vitesses autorisées variées, cf méthodologie). Cela est encore plus vrai pour le mode ferroviaire, dont les vitesses commerciales varient entre 18 km/h pour les tramways et 158 km/h pour le TGV, soit environ 9 fois plus.

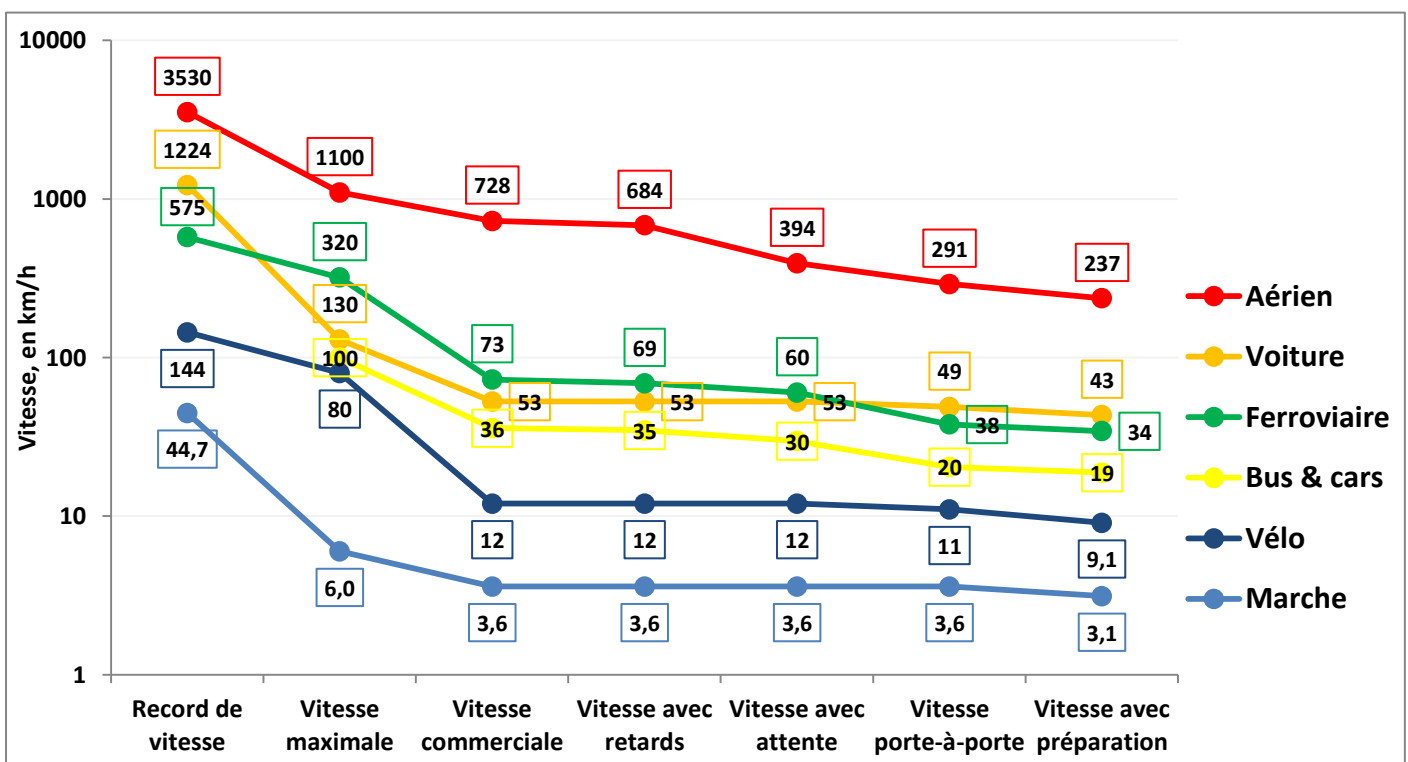


Figure 8 : Records de vitesse, vitesse maximale en circulation, vitesse commerciale (ou en circulation), avec retards, attente, vitesse porte-à-porte et avec temps de préparation, pour les modes considérés (échelle logarithmique)

De plus, les vitesses commerciales moyennes sont pour beaucoup de modes éloignées des vitesses maximales autorisées pour ces modes, et davantage encore des records de vitesse. Ces éléments de vitesses maximales et de vitesses moyennes selon les périmètres considérés sont mis en évidence pour les 6 principaux modes de transport en Figure 8 ci-dessus.

Selon les périmètres, la hiérarchie des modes en termes de vitesse est conservée quelques soient les critères, hormis entre ferroviaire et voiture. Ainsi le record de vitesse pour un mode terrestre (type voiture, bien que le véhicule en soit très différent) est bien supérieur au ferroviaire, mais la vitesse maximale autorisée en France est bien supérieure pour le TGV que pour la voiture. La vitesse commerciale moyenne des trains est un peu plus importante que la vitesse moyenne de circulation des voitures, mais la vitesse porte-à-porte est supérieure pour la voiture en raison essentiellement des temps d'accès et d'attente en gare.

Les écarts entre les records, les vitesses maximales et les vitesses moyennes porte-à-porte permettent aussi de poser la **question des limites à la vitesse** selon les modes : pourquoi les vitesses porte-à-porte s'éloignent autant des capacités techniques atteintes lors des records de vitesse (rapport de 1 à 12 pour l'aérien, la marche et le vélo ; 1 à 15 pour le ferroviaire ; 1 à 25 pour la voiture) ? Qu'est-ce qui limite la diffusion de telles vitesses pour les déplacements quotidiens ? Pourquoi des différences si fortes entre courte et longue distance, y compris pour un même mode ?

Les records de vitesse des différents modes proviennent de **progrès techniques importants** en particulier sur les moteurs, progrès qui se sont diffusés de manière relativement similaire pour les différents modes, couplés à des progrès sur les véhicules ou les infrastructures. En revanche, **les limites à vitesse diffèrent de manière assez significative selon les modes.**

Concernant les **modes actifs** que sont la marche et le vélo, les limites sont avant tout physiologiques, ce qui explique le fait que la vitesse de la marche à pied n'a pas évolué récemment, et que les vitesses à vélo sont proches des débuts de la bicyclette (comme évoqué dans l'historique en 4.1.2).

Les vitesses de la **marche** varient légèrement selon la forme physique des personnes, dans des proportions qui restent limitées tant que la course à pied n'est pas envisagée. Même si Usain Bolt atteignait 44,7 km/h lors de la partie la plus rapide de son record sur 100m en 2009, et que le record du monde du 50 km marche par Yohann Diniz s'est fait à 14,11 km/h de moyenne, il est difficile d'atteindre plus de 6 km/h pour des déplacements du quotidien. La course reste marginale pour des usages de déplacements, en raison de la dépense énergétique qu'elle implique et des possibilités limitées de transport de bagages. Elle se limite surtout pour le moment à des circonstances particulières liées à un retard pour un bus ou un train, permettant d'éviter de perdre beaucoup de temps pour un effort limité. Cependant, la pratique choisie de déplacements utilitaires en courant, tel que du jogging pendulaire, se développe dans le monde, phénomène qui semble peu répandu et étudié en France (Cook, 2019).

Concernant le **vélo**, les progrès successifs apportés en particulier sur la fin du XIX^{ème} siècle sur la draisienne et la bicyclette (pédales, chaîne, dérailleur avec différentes vitesses, progrès sur les boyaux et les pneus, sur la réduction du poids, etc.) ont permis de rendre plus facile les parcours à vélo, sans toutefois en augmenter très fortement la vitesse. Aussi la vitesse à vélo dépend de nombreux paramètres, qui tiennent au véhicule lui-même (taille des pneus, poids,

qualité des transmissions, etc.), au type de route et de conditions de circulation (revêtement, pente, vent et nombre d'arrêts en particulier), et enfin au poids et à la puissance développée par le cycliste. Une puissance utile de l'ordre de 100 Watts est généralement considérée pour un cycliste moyen (elle correspond à quasiment 6 METS¹, soit la limite entre activité modérée et intense). Cette puissance permet d'atteindre de l'ordre de 16 km/h. En comparaison, la marche à 5 km/h nécessite une dépense énergétique deux fois inférieure (un peu plus de 3 METS) et la course à pied à 12 km/h une dépense deux fois plus importante (environ 12 METS ou 200 W ; Jetté et al, 1990 ; Ainsworth et al, 2000). Ainsi le vélo apparaît comme le mode de transport le plus efficace d'un point de vue énergétique, devant la marche qui est elle-même bien plus efficace que les transports en commun, puis la voiture (Papon, 2012b). Cependant la puissance disponible de l'être humain est limitée par rapport aux possibilités des transports motorisés : la voiture moyenne vendue en France en 2017 possède une puissance de 86 kW, soit quasiment 1000 fois plus que l'effort modéré d'un être humain (ICCT, 2019). Les deux possibilités les plus fortes pour augmenter la vitesse du vélo à l'avenir concernent le vélomobile et le vélo à assistance électrique (VAE). Le vélo mobile est un tricycle ou un vélo couché caréné, cette carrosserie aérodynamique permettant de gagner fortement en vitesse, c'est d'ailleurs ce type de véhicule qui détient le record mondial de vitesse pour un véhicule à propulsion humaine de 144 km/h sur du plat. Sans grand entraînement, il est possible d'atteindre une vitesse de 40 km/h relativement facilement. Concernant les vélos à assistance électrique, ils apportent un supplément de 250 W au pédalage du cycliste, permettant de faciliter les parcours vallonnés et d'atteindre plus facilement des vitesses jusqu'à 25 km/h. Si l'assistance au pédalage s'arrête au-delà de cette vitesse, c'est en particulier pour des questions de sécurité, une limite majeure aux augmentations de vitesses pour les véhicules routiers motorisés.

En effet, les deux principales externalités limitant les vitesses des **véhicules routiers** depuis de nombreuses décennies sont l'insécurité et la congestion.

Si dès le début du XX^{ème} siècle les progrès techniques permettaient de construire des véhicules roulant à plus de 140 km/h, le principal argument des revendications opposées aux vitesses excessives a toujours été celui du danger que cela représentait pour les occupants et les autres usagers. Cette considération est valable aussi bien pour les déplacements urbains et interurbains, pour les différents types de réseaux pour lesquels des limitations de vitesse ont progressivement été mises en place. Ce mouvement étalé sur plusieurs décennies visant à réduire les vitesses pratiquées par type de réseau (par la réglementation, les contrôles, les campagnes de communication, etc.) est toujours en cours, avec la récente baisse à 80 km/h sur les routes secondaires sans séparateur central, et la multiplication des zones et villes à 30 km/h. Des progrès très importants ont été réalisés sur la sécurité routière en général et sur la modération de la vitesse notamment, permettant de faire baisser le nombre de personnes tuées sur les routes d'environ 16 500 en 1972 à environ 3500 ces dernières années (Orselli, 2009 ;

¹ Les METS sont des *Metabolic Equivalent of Task*, ou équivalents métaboliques, qui mesurent l'intensité d'un effort physique et de sa dépense énergétique. 1 METS correspond à la dépense au repos, assis ; 2 METS en étant debout ; l'activité est considérée faible sous 3 METS, modérée jusqu'à 6 METS et intense au-delà. L'OMS (organisation mondiale de la santé) préconise 30 minutes par jour ou 150 minutes par semaine d'activité modérée à intense.

ONISR, 2020). Cependant, la vitesse excessive ou inadaptée reste la première cause d'accidents mortels sur les routes, en étant citée dans 29 % des cas (ONISR, 2019).

La deuxième limite majeure à la vitesse routière concerne la congestion, et plus largement les notions de capacité des infrastructures, de gestion des circulations, d'espace public disponible ou encore de demande d'espace-temps à la mobilité en voiture, qui est minimale autour de 30 km/h (Héran, 2013). Ces phénomènes sont particulièrement sensibles en milieu urbain, et également sur des axes de trafics chargés. Les embouteillages limitent de fait la vitesse, mais plus globalement la rareté de l'espace public disponible en milieu dense et surtout les niveaux importants de trafics obligent à réaliser des aménagements qui ralentissent les circulations même lorsque le trafic est très faible. C'est le cas par exemple des feux de circulation ou ronds-points, qui visent à fluidifier et donc à augmenter les vitesses lorsque le trafic est dense, mais le ralentissent quand le trafic est très faible. Enfin, la rareté de l'espace public et du stationnement dans les zones denses peut impliquer des temps de recherche de stationnements voiture et de s'éloigner de la destination finale pour trouver une place, rallongeant et ralentissant ainsi les trajets porte-à-porte.

Enfin, la modération des vitesses peut également être promue en milieu urbain pour limiter le bruit, les effets de coupure des infrastructures rapides, améliorer la qualité de vie et l'attractivité des villes, ou baisser la pollution (Héran, 2016 ; Desjardins, 2015). Ce dernier effet lié aux consommations de carburants est surtout sensible sur les routes les plus rapides, les effets étant ambivalents pour les vitesses plus réduites. Il est possible que cet effet soit déjà sensible en particulier lors des hausses de prix du pétrole, comme suggéré par deux sondages où la baisse de vitesse était citée comme la deuxième stratégie adoptée par environ 40 % des automobilistes pour réduire la consommation de carburants (IFOP, 2008, 2011). Ce critère pourrait prendre de plus en plus de poids dans les régulations de vitesse futures, comme il sera discuté en partie 4.3.3.

Les limites à la vitesse du transport **ferroviaire** sont encore différentes du routier, pour les plus significatives d'entre elles.

Pour la grande vitesse, les vitesses maximales ont d'abord été de 270 km/h pour la première mise en service en 1981, relevées ensuite à 300 km/h, puis 320 km/h sur les portions de LGV les plus rapides. Le train est le mode motorisé pour lequel la vitesse commerciale est la plus proche des possibilités techniques réalisées à ce jour. Le record du monde sur rail, réalisé en France, est de 574,8 km/h, soit un rapport de 1 à 1,8 entre la vitesse commerciale maximale et le record du monde, contre 3,2 pour l'aérien et 9,4 pour la voiture. Le rame ayant réalisé le record correspond d'ailleurs à du matériel modifié, ayant servi avant le record et étant encore utilisé actuellement pour du service commercial. La grande vitesse nécessite bien évidemment des véhicules plus rapides, mais également voire surtout des contraintes plus fortes sur les infrastructures, tels que des courbes très larges, de faibles pentes ou une adaptation de la signalisation ferroviaire. Ainsi ces vitesses nouvelles demandent des infrastructures spécifiques, bien qu'un grand nombre de TGV roulent également sur des lignes classiques, où la vitesse maximale est généralement de 160 km/h sur les grandes lignes. S'il ne semble pas à l'ordre du jour d'augmenter davantage les vitesses au-delà de 320 km/h, c'est parce que la vitesse a un coût (en énergie, en usure des voies ou du matériel ferroviaire) pour des gains de temps marginaux de plus en plus faibles. Ainsi augmenter les vitesses de 320 à 360 km/h ne

représenterait qu'un gain de l'ordre de 2 minutes pour 100 km parcourus à la vitesse maximale (de 18 min 45 à 16 min 40 pour 100 km, soit -11 %). Ces gains sur les temps de parcours commerciaux seraient relativement faibles en comparaison des temps de parcours porte-à-porte, pour lesquels les retards, et surtout les temps d'attente et d'accès représentent une part importante du temps total, de l'ordre d'1h15 pour le trajet moyen en TGV, soit l'équivalent d'un tiers des temps commerciaux moyens (cf Figure 5). Ces estimations ne prennent pas en compte les éventuels changements de train du voyage, qui réduiraient encore les vitesses porte-à-porte présentées.

Plus les trains réalisent une desserte fine du territoire avec de nombreux arrêts, moins la vitesse maximale entre les gares n'aura d'importance. Sur les TER et davantage encore pour les trains de banlieue, le métro ou le tramway, les facteurs tels que le nombre d'arrêts, le temps de descente et de montée des voyageurs du train, ainsi que l'accélération et la distance de freinage du train ont des impacts très significatifs sur la vitesse commerciale. Aussi, au-delà de la vitesse, la fréquence des trains prend davantage d'importance pour les voyageurs, afin de limiter leurs temps de parcours totaux en réduisant l'attente en gare. Comme pour la longue distance, les temps d'accès influent également de manière forte sur les vitesses porte-à-porte (cf Figure 9).

Enfin, l'**aviation** est le mode de transport le plus rapide, quel que soit le périmètre considéré en Figure 8. Les vitesses commerciales maximales des principaux avions vendus dans le monde approchent les 1100 km/h, soit une vitesse proche de la celle du son (vitesse de Mach 0,89 pour le Boeing 777 ; Mach 1 correspond à la vitesse du son). Le franchissement du mur du son, au-delà du bruit que cela génère, ne constitue pas une limite infranchissable y compris pour l'aviation commerciale. En effet, le Concorde a été en service commercial sur une longue période, entre 1976 à 2003. Sa vitesse, environ deux fois plus élevée que les avions subsoniques actuels, était techniquement possible mais très coûteuse pour du transport de voyageurs, la limitant à une poignée de privilégiés. C'est ainsi qu'un aller-retour Paris - New York coûtait 15 fois plus cher en Concorde qu'en avion subsonique en 2003, lui conférant une vitesse généralisée bien plus faible pour la majorité des passagers réalisant cette relation (Crozet, 2016). Le coût des carburants était notamment un facteur limitant qui a expliqué en partie la fin du Concorde, les consommations par passager étant de l'ordre de 5 fois plus importantes que pour les avions actuels (de l'ordre de 900 L contre 170 L par passager pour un Paris - New York ; DGAC, 2020).

Comme évoqué en partie 3.2.3 sur les temps de transport, la vitesse porte-à-porte de l'aviation est également fortement impactée par les temps d'accès et les temps d'attente, qui sont plus importants que les temps moyens de vol. Ainsi la vitesse commerciale de l'ensemble des avions en France est 2,5 fois plus importante que la vitesse porte-à-porte (728 et 291 km/h), la plus forte différence parmi les modes de transport. Cet écart est plus fort encore pour les courtes distances (3,6 pour les trajets métropolitains) et moins fort pour les trajets à longue distance (1,5 pour les trajets avec l'Outre-mer).

Au final, les limites de la vitesse apparaissent très variées selon les modes. Les **limites à la vitesse moyenne globale** dépendent à la fois des limites de chaque mode, et des possibilités de diffusion des modes les plus rapides dans les déplacements (cf partie 4.2.1 à venir).

3.3.3. Courte distance, longue distance et constantes de mobilité

De nombreuses limites à la vitesse sont particulièrement sensibles pour des déplacements de courte distance. C'est le cas des temps d'accès aux modes ou aux réseaux rapides, qui représentent des fractions d'autant plus importantes du temps de parcours porte-à-porte que la distance du trajet est courte. C'est également le cas des contraintes de sécurité et de congestion routières qui sont fortes en milieu dense, là où se situent la majorité des points d'origine et de destination des déplacements.

C'est ainsi que la vitesse porte-à-porte des déplacements est croissante avec la distance parcourue. Dit autrement, **plus les déplacements sont longs, plus ils sont rapides**. Cela est valable :

- ✓ **Pour l'ensemble des déplacements** : les déplacements à longue distance sont plus rapides que ceux à courte distance comme il a été vu précédemment ; au sein de chaque catégorie, la vitesse augmente également avec la distance parcourue ;
- ✓ **Selon les modes** : plus les déplacements sont longs, et plus ils sont réalisés avec des modes de transport rapides au détriment des plus lents, ainsi la marche n'est plus utilisée comme moyen unique à partir de quelques kilomètres, et l'avion devient possible pour des déplacements d'au moins quelques centaines de km ;
- ✓ **Au sein d'un même mode** : les plus longs trajets permettent d'utiliser des réseaux plus rapides, tels que les autoroutes pour la voiture ; ou d'utiliser des trains plus rapides, passant progressivement du domaine de pertinence du tramway à celui du TER puis du TGV, quand le trajet effectué permet l'utilisation de ces modes ;
- ✓ **Pour un même réseau ou sous-mode de transport** : la vitesse moyenne porte-à-porte du TGV est d'autant plus élevée que le trajet est long, en raison du caractère quasiment incompressible des temps d'accès ou d'attente en gare.

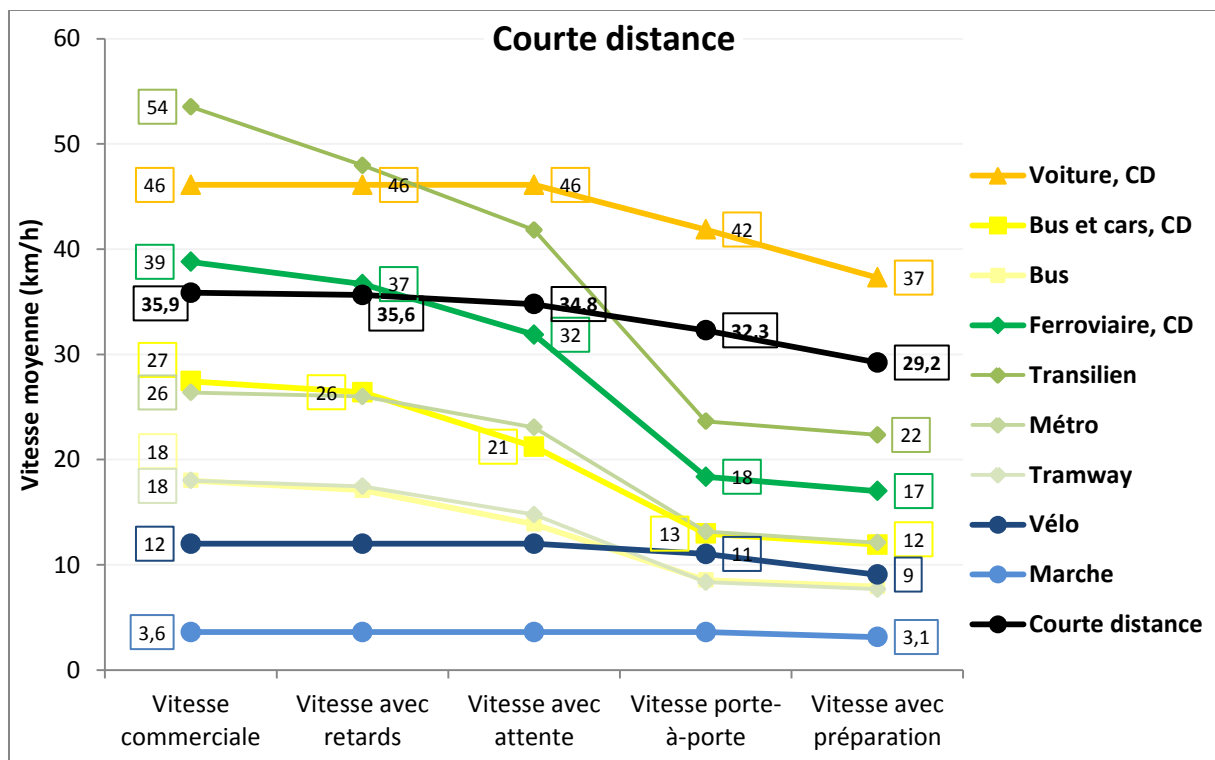


Figure 9 : Vitesse moyenne des modes de transport sur courte distance, selon le périmètre considéré (calculs en tenant compte des seuls temps de circulation, puis avec les retards, temps d'attente, d'accès et de préparation)

La Figure 9 ci-dessus représente la **vitesse moyenne des modes de déplacements à courte distance**. Si les temps de parcours de ces différents modes apparaissent très proches (cf partie 3.2.3, Figure 4), les vitesses sont au contraire très contrastées, aussi bien pour les vitesses en circulation (ou commerciales) que les vitesses porte-à-porte. En raison de la relative constance des temps de trajet par mode, cette vitesse est le principal déterminant des distances moyennes des trajets. Ces distances sont elles aussi très contrastées (Tableau 2), variant de 0,8 km pour la marche à pied à 11 km pour la voiture, un écart supérieur à un facteur 12 que l'on retrouve également sur les vitesses porte-à-porte.

La figure indique également que les transports en commun sont fortement impactés par les temps d'accès aux gares et points arrêts, de même que par les temps d'attente. Par exemple, la vitesse moyenne commerciale des trajets en train à courte distance (tramways + métros + Transilien + 50% des TER) est de 39 km/h. Elle descend à 37 km/h en tenant compte des retards, à 32 km/h avec les temps d'attente et 18 km/h avec les temps d'accès.

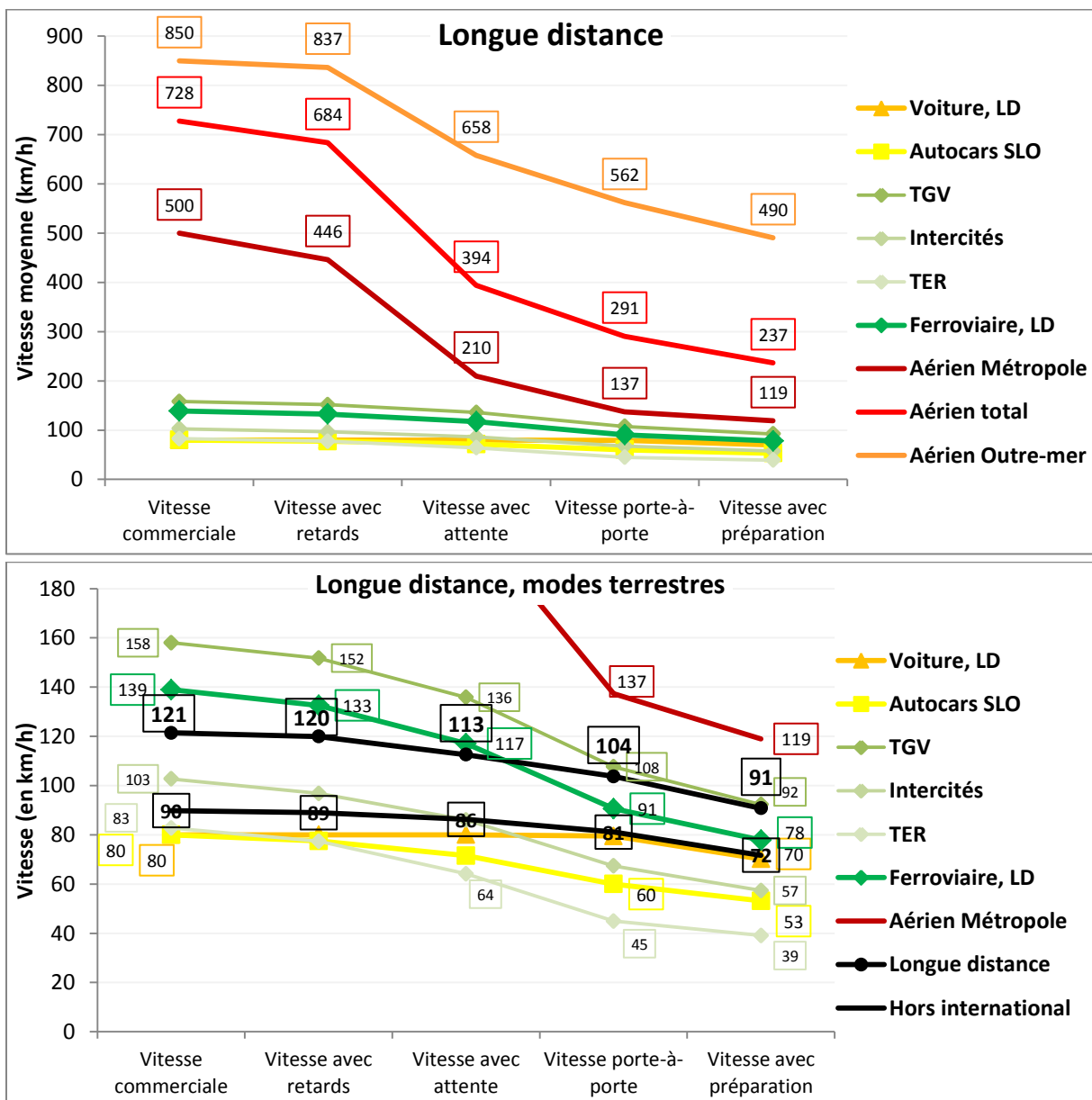


Figure 10 : Vitesse moyenne des modes de transport sur longue distance, selon le périmètre considéré (tous modes en haut, et détails pour l'aérien ; zoom sur les modes de plus faibles vitesses en bas)

La Figure 10 ci-dessus présente les mêmes résultats de **vitesse moyennes**, mais pour les **modes de transport utilisés pour la longue distance**. La figure du haut montre que le transport aérien est le seul mode à atteindre des vitesses porte-à-porte supérieures à plusieurs centaines de km/h. C'est pourquoi il est le seul mode à réaliser des trajets de plusieurs milliers de kilomètres de manière massifiée. Les autres modes tels que le routier et le ferroviaire sont généralement trop lents pour de telles distances. De plus, ils ne permettent pas de traverser les océans, et le succès de l'aérien n'a pas encouragé à développer d'autres infrastructures adaptées, tel que du TGV de nuit international, qui aurait été théoriquement possible. Aussi les vitesses de l'aérien sont d'autant plus importantes que la distance parcourue est élevée, en raison du poids des temps d'accès et d'attente dans les temps de trajet totaux. Ainsi la vitesse porte-à-porte est estimée à 562 km/h pour les trajets avec l'Outre-mer dont la distance moyenne est de 7700 km, tandis que la vitesse est de l'ordre de 137 km/h pour les seuls trajets métropolitains dont la distance moyenne est d'environ 600 km (Tableau 2).

La figure du bas montre que cette vitesse sur les trajets métropolitains n'est pas beaucoup plus élevée que celle du TGV, qui est de 108 km/h en porte-à-porte. Cette dernière vitesse incluant également les TGV qui roulent sur ligne classique, ces moyennes cachent bien sûr de nombreux trajets pour lesquels le TGV est plus rapide, en particulier entre les centres villes de Paris et Marseille, ou encore Paris et Bordeaux. En revanche, le réseau ferroviaire et en particulier le réseau des LGV étant surtout développé depuis Paris, l'aérien reste plus rapide sur de très nombreux trajets transversaux qui nécessitent facilement des correspondances (non considérées dans les vitesses moyennes présentées), d'où la progression du trafic aérien sur ces relations.

En dehors du transport aérien, les moyennes des vitesses des autres modes sont moins contrastées, autour de 80 km/h en vitesse commerciale pour les autocars SLO et pour la voiture aussi bien en vitesse de circulation qu'en porte-à-porte. Les temps d'accès et d'attente pénalisent en revanche le ferroviaire, comme pour la courte distance, qui reste en moyenne légèrement plus rapide que la voiture sur longue distance (TGV, Intercités et 50 % des TER).

Une accélération significative des déplacements est visible pour les déplacements à longue distance par rapport à ceux à courte distance. Ainsi les vitesses porte-à-porte y sont plus de 3 fois plus élevées, avec 32 km/h à courte distance contre 104 km/h à longue distance, aérien international compris (et 81 km/h hors international).

L'accélération s'explique en partie par l'accès à des modes différents, les trajets aériens étant réservés à la longue distance et ceux uniquement à pied ou à vélo à la courte distance. Mais cette accélération est également valable pour les modes utilisés à la fois sur des trajets de courte et de longue distance : les vitesses porte-à-porte y sont quasiment 2 fois plus élevées pour la voiture (passage de 42 à 79 km/h), plus de 3 fois plus élevées pour les transports collectifs routiers (13 et 46 km/h, et 60 km/h pour les seuls autocars SLO), et 5 fois plus élevées pour le ferroviaire (18 et 91 km/h). Les différences sont très significatives pour ce mode, et d'autant plus en considérant les 6 catégories étudiées : ainsi la vitesse moyenne porte-à-porte est de 8 km/h pour le tramway, 13 km/h pour le métro, 24 km/h pour les RER et Transilien, 45 km/h pour les TER, et 67 km/h pour les Intercités, et 108 km/h pour les TGV. A ces vitesses correspondent des distances parcourues variées. Ainsi la vitesse moyenne des trains augmente régulièrement avec la distance des parcours (Figure 11).

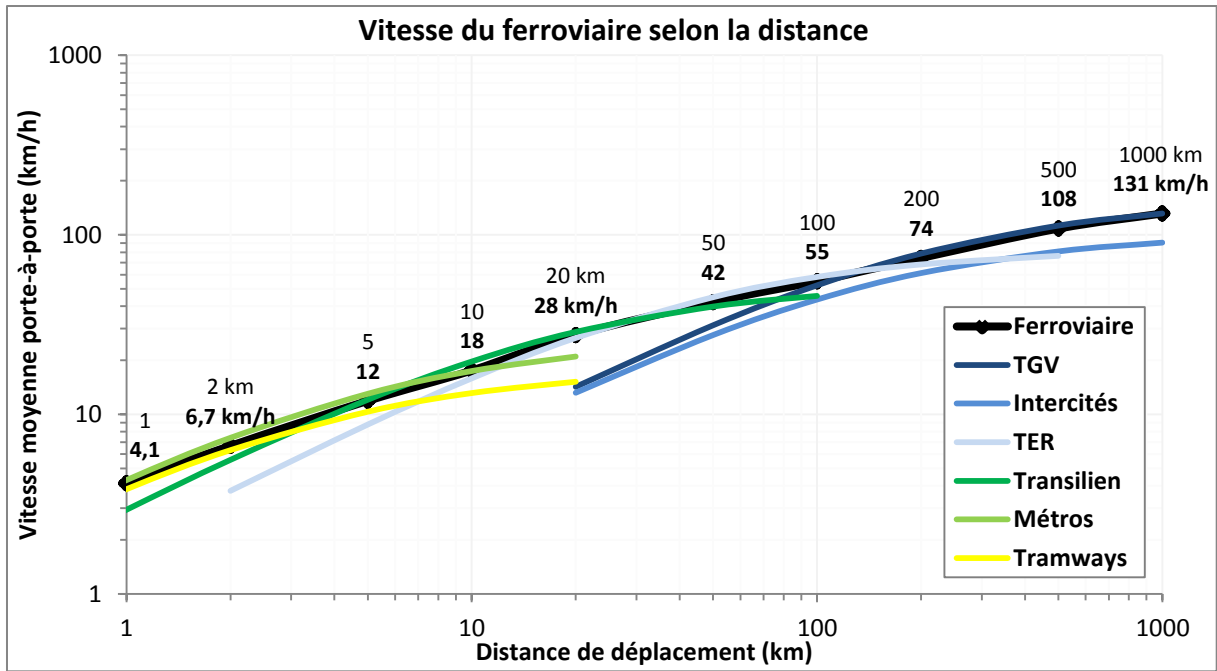


Figure 11 : Vitesse moyenne porte-à-porte des déplacements en train selon la distance parcourue

A un niveau plus global, cette **accélération avec les distances** apparaît de manière quasiment régulière, sous l'effet de l'accès aux modes plus rapides, mais également de l'accélération propre à chaque mode (Figure 12). Un déplacement de 100 m est donc réalisé en moyenne à 3,6 km/h (car réalisé essentiellement à pied), 5,5 km/h pour 1 km, 32 km/h pour 10 km, 65 km/h pour 100 km, 123 km/h pour 1 000 km, et 609 km/h pour 10 000 km (réalisé en avion).

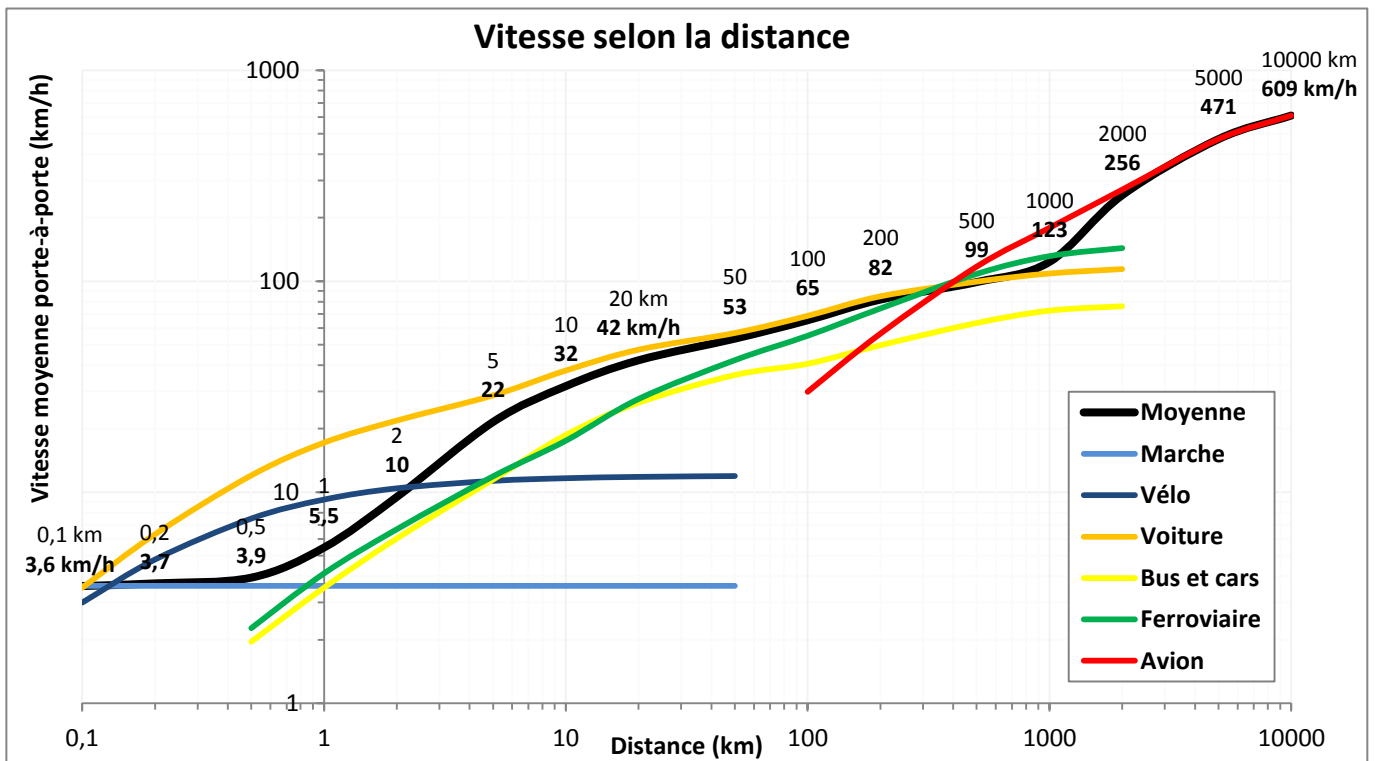


Figure 12 : Vitesse moyenne porte-à-porte des déplacements selon la distance parcourue

(graphique avec échelle logarithmique pour les distances en abscisse et pour les vitesses en ordonnée ; les étiquettes de données donnent les vitesses en gras pour différentes distances ; par exemple, la vitesse moyenne estimée pour les trajets de 20 km est de 42 km/h ; répartition entre les modes et sous-modes pour une distance donnée tirée notamment des distances moyennes et trafics de chaque mode et sous-mode, et de Insee, 2017 pour la courte distance, CGDD, 2018a pour la LD)

La voiture apparaît en moyenne comme le mode le plus rapide jusqu'à des distances de 400 km, où elle est dépassée simultanément par le train et l'avion. Cette moyenne cache bien sûr des disparités importantes selon les lieux, l'état du trafic, ou encore l'accès aux modes et infrastructures rapides (proximité d'une autoroute, d'une gare TGV ou d'un aéroport, notamment). La vitesse moyenne de la voiture utilisée pour les calculs des premiers km en Figure 12 est de 30 km/h, avec des temps de pré- et post-acheminement d'1 min 30. Ces hypothèses peuvent sembler particulièrement optimistes en milieu urbain où le vélo et les transports en commun sont quasiment aussi rapides (6t, 2015), voire plus rapides si le trafic est fortement congestionné. Au contraire, une vitesse porte-à-porte de 22 km/h pour 5 km peut paraître très faible comparée à un trajet rural entre 2 communes où une vitesse porte-à-porte de 60 km/h (5 minutes) est tout à fait possible. Ces écarts à la moyenne sont valables également pour les autres modes, dans des proportions variées.

Malgré les disparités qui existent autour des constantes de mobilité déjà identifiées dans la littérature et étudiées ici, ces **constantes de temps ont un pouvoir explicatif important**. Si elles ont permis ici de mieux expliquer les distances moyennes des trajets, elles peuvent aussi être utilisées pour étudier l'impact climatique d'un changement de mode de transport (en gCO₂/h de trajet, cf partie 4.3.3) ou le coût économique des modes pour les usagers (Figure 13). Ainsi les coûts par heure de trajet donnent une autre lecture à celle généralement utilisée de coûts en kilomètre parcouru (à gauche ; coût marginal ou coût complet en incluant également en particulier l'amortissement du véhicule). Si la mesure par km parcouru montre des ordres de grandeur relativement contenus entre les modes, les disparités sont beaucoup plus fortes par heure de trajet. Cette seconde mesure explique probablement mieux pourquoi le transport aérien ou le TGV sont davantage utilisés par les personnes aux revenus aisés par rapport aux transports en commun urbains ou au TER dont le coût par km leur est proche.

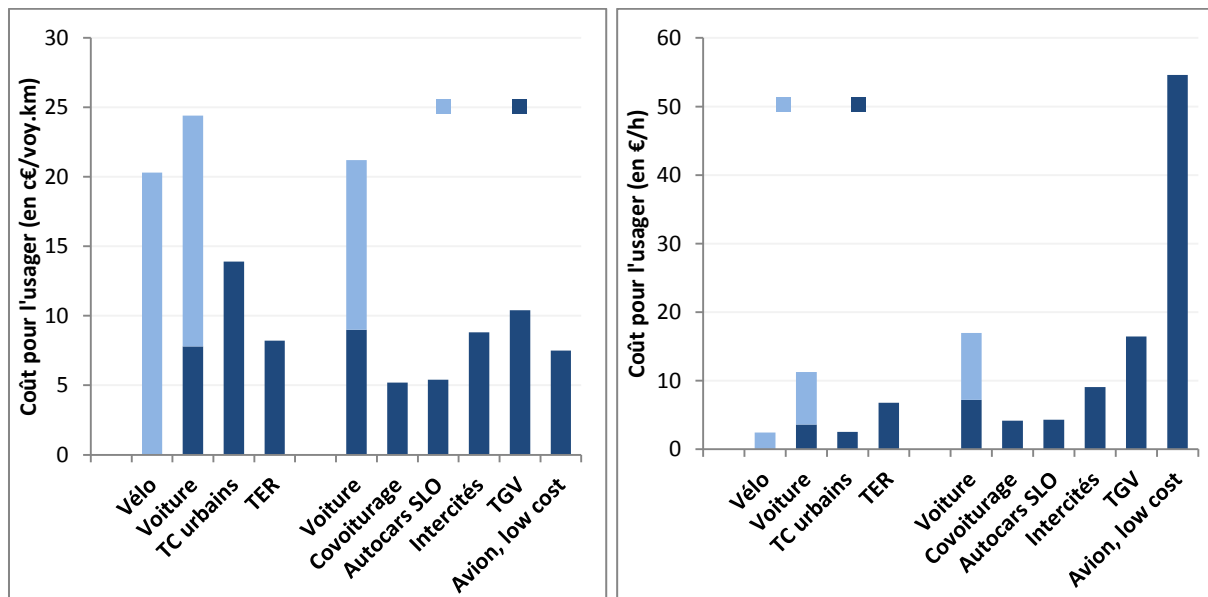


Figure 13 : Coût des modes de déplacement de courte et longue distance en c€/voy.km à gauche, et en €/h à droite (calculs à partir des chiffres de Jean-Marie Beauvais pour l'année 2018, dans AQM, 2020)

Si ces constantes sur les temps de mobilité quotidiens et par trajet ont été étudiées en statique, elles sont également pertinentes en dynamique, pour étudier **l'évolution de la vitesse et ses impacts passés et à venir sur les comportements de mobilité**.

4. L'évolution passée et future de la vitesse

4.1. Historique : conquête et diffusion de la vitesse

Points et messages clés :

- ✓ La **première accélération** des mobilités a lieu dès le XVIII^{ème} siècle avec les **voitures publiques attelées**, qui donnent un goût nouveau pour la vitesse et les voyages ; cela prépare l'arrivée des chemins de fer, avant que le goût pour le transport individuel ne se développe à la fin du XIX^{ème} siècle.
- ✓ Les progrès techniques permettent l'**introduction de nouveaux modes rapides**, avec les chemins de fer, la bicyclette, l'automobile et l'avion.
- ✓ Si la plupart des progrès techniques sont antérieurs à 1945, c'est la période 1950-2000 qui voit une forte **diffusion de la vitesse** portée essentiellement par la voiture, les conditions de **confort** des modes s'étant également largement améliorées.

4.1.1. Sortir de la vitesse du pas : une vitesse d'abord rêvée puis conquise

Jusqu'au milieu du XVIII^{ème} siècle, les trajets à longue distance et la vitesse apparaissent limités à quelques utilisations précises ou circonstances exceptionnelles. Ils sont réservés majoritairement aux guerres et conquêtes, aux explorations, aux commerçants ou messagers. La vitesse du galop est réservée à la chasse, aux courses, à l'entraînement, ou aux professionnels qui livrent le courrier. Jusqu'alors, **la vitesse du pas domine les déplacements**, qu'ils soient à pied ou à cheval. A longue distance, cette vitesse permet de faire de l'ordre de 40 à 50 km par jour, soit une France qu'il est possible de traverser en longueur ou en largeur en 3 semaines, soit une vingtaine de jours. Des performances de plus de 100 km par jour sont possibles à titre exceptionnel à cheval, ou de plus de 200 km à la faveur d'un vent favorable en mer.

A courte distance et pour la majorité des Français qui vit alors de l'agriculture, la vitesse du pas conditionne le rythme des échanges, du travail et les modes de vie et. La portée des déplacements se limite à l'échelle du quartier ou du village. Seuls les jours de marché ou la participation à une grande foire annuelle nécessitent d'aller dans un village ou une ville voisine. Ainsi les activités quotidiennes se font à proximité, et les traditions, dialectes et mœurs changent d'une paroisse à une autre. En ville ou dans les villages, la rue est à la fois un lieu de vie, d'échange et de circulation, sans qu'elle ne soit vraiment dissociée de l'habitation. Dans cet environnement familial, l'intrusion d'une personne étrangère au village apparaît comme gênante, et la tentation du lointain n'existe pas vraiment encore (Studeny, 1995).

C'est dans ce contexte de proximité et de lenteur que se déroule une **première accélération des déplacements, avec la traction animale** dans un premier temps. Comme l'explique Studeny : "Dès le deuxième tiers du XVIII^{ème} siècle gronde l'appel pressant du lointain : il convie au rejet de l'étreinte du voisinage, invite à dédaigner l'étroite proximité". L'auteur montre de manière convaincante que l'accélération des déplacements précède les chemins de fer, qui n'ont fait qu'accélérer un mouvement déjà en cours. Ainsi "**la vitesse fut d'abord rêvée, revendiquée, puis conquise**" (Studeny, 1995).

Les gains de vitesse sont alors sensibles pour les trajets des **voitures publiques tractées par les chevaux**, sur la longue distance : ainsi la vitesse commerciale des voitures de voyageurs, y compris les temps d'arrêt, progresse de 2,2 km/h à la fin du XVII^{ème} siècle, à 3,4 km/h le siècle suivant, puis 4,3 km/h en 1814, 6,5 km/h en 1830, jusqu'à 9,5 km/h en 1847 (Studeny,

1995). L'auteur nous incite à sortir de nos standards de vitesse actuels pour prendre la mesure de ce que pouvait représenter un tel bouleversement à l'époque : "En termes mathématiques, une moyenne générale de 9 km/h ne peut que nous paraître lente, elle ignore les frayeurs du galop et l'importance du franchissement du seuil du pas". Cette forte accélération se perçoit davantage en regardant les temps de parcours, tel que pour le trajet Paris-Bordeaux (Figure 14). De faibles gains de vitesse en absolu font gagner plusieurs jours, ainsi le trajet est passé en moins d'un siècle de 14 jours en 1765 à un jour et demi en 1843 avec la malle-poste, le service le plus rapide (+14 km/h, 12,5 jours en moins). En comparaison, l'accélération de la vitesse moyenne d'environ +100 km/h permise par le prolongement de la LGV jusque Bordeaux en 2017 a permis de réduire le temps de trajet d'à peine plus d'une heure.

Les **services de transport de voyageurs** se sont progressivement développés, essentiellement à partir du XVII^{ème} siècle avec la création des fiacres, utilisés surtout à Paris dans un premier temps. Sur la longue distance, les coches et carrosses vers 1760 font de l'ordre de 40 à 50 km par jour. Les diligences, réputées plus rapides, utilisent les relais des entreprises de messageries (les relais de poste) pour gagner du temps. Une accélération importante sur les grands axes a lieu suite à la centralisation de la régie des messageries en 1775 par Turgot, permettant de diviser par deux à trois les temps de parcours sur certains axes en quelques années. Ainsi les turgotines permettent de faire de l'ordre de 100 km par jour sur certains axes, et les temps de parcours passent par exemple de 11 à 5,5 jours sur Paris-Bordeaux entre 1775 et 1780. En 1793, l'administration postale crée la malle-poste, plus rapide et plus chère que les services de poste déjà existants. Elle réalise l'acheminement du courrier et des dépêches, mais fait également du transport de voyageurs. Si la vitesse moyenne des voitures publiques autour de 1840 est d'environ 9 km/h, les performances montent à 12 km/h pour les voitures de poste, jusqu'à 14 km/h pour la malle-poste, et 16 km/h pour les trajets les plus rapides (Chevalier, 1838 ; Studeny, 1995 ; Fau, 2015).

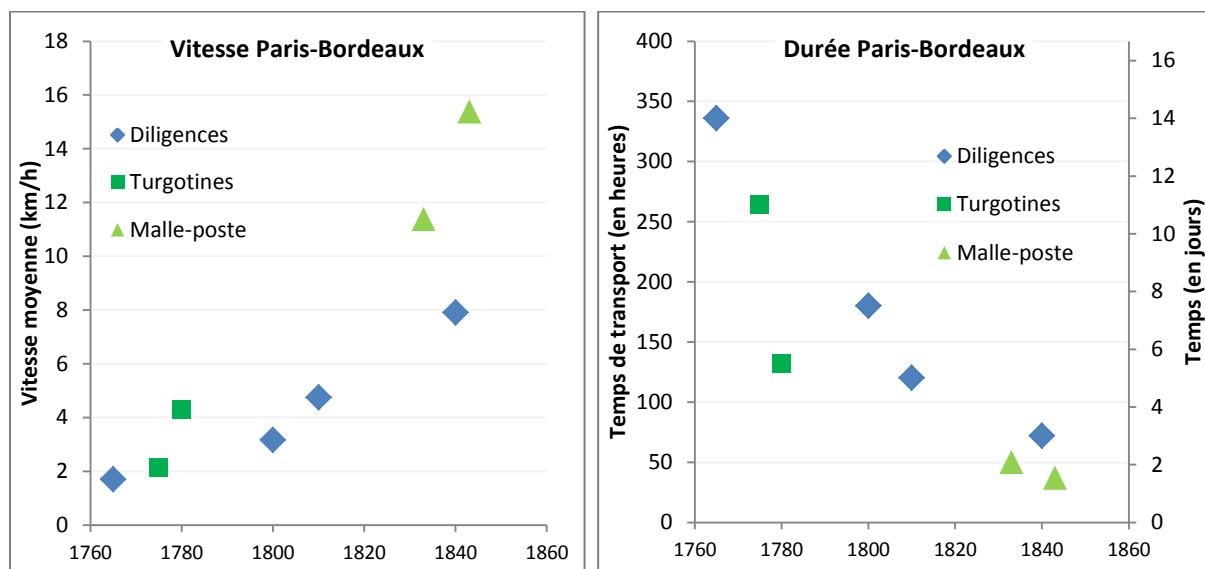


Figure 14 : Vitesses de transport (à gauche) et temps de transport (à droite) en voitures publiques attelées pour le trajet Paris-Bordeaux, 1760-1860 (données Studeny, 1995)

De telles accélérations peuvent surprendre car elles sont réalisées à partir d'un même mode, le cheval, déjà utilisé depuis bien longtemps pour les déplacements. Les progrès réalisés pour passer de la vitesse du pas à celle du trot voire du galop, tiennent au moins à trois facteurs,

dont les deux premiers seront de nouveau étudiés pour la période plus récente : les progrès sur les infrastructures, sur les véhicules, et enfin sur l'organisation des transports.

Concernant les **infrastructures**, des efforts sont réalisés pour évacuer la boue et sortir de l'embourbement régulier, assécher les chemins, normaliser les routes, aligner les tracés, niveler les reliefs... Ces efforts sont manifestes au début du XVIII^{ème} siècle, période durant laquelle un mauvais chemin ralentit d'un tiers la vitesse pratiquée ; puis durant les années 1820 et 1830 sous l'impulsion des préfets et avec les communes, qui sont désormais chargées d'entretenir leurs chemins. Ces mêmes efforts sont également réalisés en ville afin de fluidifier la circulation, les rues étant progressivement libérées des éléments qui pourraient la ralentir, reléguant les piétons sur les trottoirs, créés à partir de 1780 jusqu'à ce que la moitié des rues en soient dotées à Paris en 1850 (Studeny, 1995).

Les **véhicules** ont également été grandement améliorés, afin d'être plus légers et maniables, moins hauts, avec des suspensions permettant d'amortir les chocs et favoriser la vitesse. La diversité de véhicules s'étoffe également selon les trafics, le confort, le nombre de personnes transportées ou les vitesses souhaitées, d'où le nombre important de dénominations différentes traduisant l'époque des véhicules hippomobiles. Aussi les chevaux de trait les plus adaptés aux circulations rapides et/ou à la traction de charges lourdes sont sélectionnés.

Enfin, **l'organisation des transports** permet d'accélérer les déplacements sur longue distance. Les relais de poste, mis en place dès le XV^{ème} siècle par l'administration royale, permettent de changer de chevaux tous les 10 à 15 km, soit environ une heure de trajet (Bretagnolle, 2005). Si la vitesse du trot est la plus courante, la malle-poste a le privilège de pouvoir utiliser le galop, un rythme qui épuise particulièrement rapidement les chevaux. Elle a également la priorité aux relais de poste, permettant des changements de monture en seulement 5 minutes. Ces temps de pauses de plus en plus courts ne permettent quasiment plus aux voyageurs de sortir des véhicules durant les trajets, de même qu'un seul point de départ et d'arrivée est prévu dans chaque ville. Les trajets se font progressivement aussi la nuit, qui était initialement réservée à des étapes dans des villes ou relais intermédiaires.

Si cette accélération est initiée sur les longues distances, permettant de s'extraire de la vitesse du pas, le **transport urbain** bénéficie également de ces gains de vitesse. La vitesse commune pour le transport de voyageurs en ville est le trot. Pour le transport de marchandises, elle passe du pas au trot au cours du XIX^{ème} siècle. Un service d'**omnibus**, version hippomobile de ce qui deviendra ensuite l'autobus, est mis en place dans Paris à partir de 1828, deux ans après leur réapparition à Nantes (suite à une première expérience échouée). Plus de trente lignes sillonnent la capitale à une vitesse commerciale aux alentours de 8 km/h. Le développement du **tramway** hippomobile en France à partir de 1853 permet ensuite d'augmenter d'un tiers les vitesses grâce à l'utilisation des rails (Du Camp, 1867 ; Bretagnolle, 2005).

Cette première accélération élargit l'horizon, aiguise **l'intérêt pour la recherche de vitesse**, et crée les conditions au développement du chemin de fer et des transports motorisés, qui démultiplient encore les possibilités. Ce n'est que plus tard encore, vers la fin du XIX^{ème} siècle, que naîtra le **désir d'un transport individuel** avec la progression des voitures attelées particulières, le développement de la bicyclette et de l'automobile, alors que l'avancée des progrès techniques aurait théoriquement permis de développer ces modes plus tôt.

4.1.2. Une chronologie marquée par l'invention de nouveaux modes

Après une première accélération due à un mode de transport utilisé depuis bien longtemps, c'est l'**introduction de nouveaux modes de transport rapides** qui a permis une accélération quasi-continue des mobilités en France depuis deux siècles. Les progrès techniques sur les modes de transport sont illustrés par les records de vitesse successifs compilés en Figure 15.

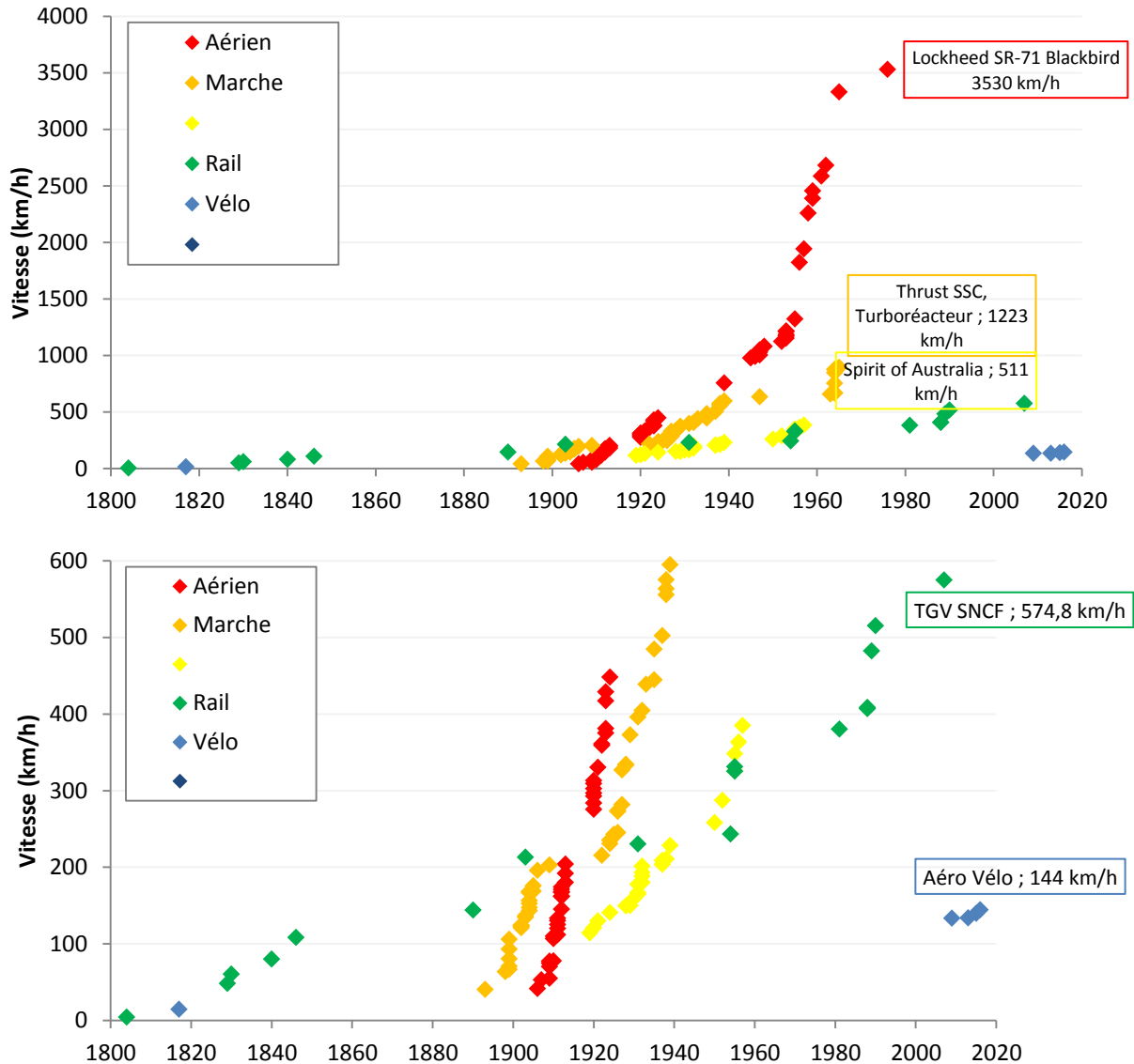


Figure 15 : Records de vitesse entre 1800 et 2020 pour différents modes de transport

(échelle plus basse en bas ; compilation pages Wikipédia, Studeny, Lay ; le graphique ne prétend pas à l'exhaustivité)

Ce sont d'abord les **chemins de fer** qui à partir des années 1830 permettent d'accélérer le transport de voyageurs. Inaugurés d'abord en Angleterre avec la première locomotive à vapeur en 1804 et la première ligne voyageurs en 1825, les débuts en France se font avec la ligne de Saint-Etienne à Andrézieux ouverte en 1827. Les chemins de fer sont d'abord utilisés pour le transport de marchandises et en particulier du charbon, ils fonctionnent initialement grâce à la traction animale ou par gravité, avec des premiers tronçons relativement isolés. La première ligne dédiée aux voyageurs est celle de Paris à Saint-Germain-en-Laye ouverte en 1837, et l'établissement d'un programme de 9 grandes lignes partant essentiellement de Paris est voté en 1842. A partir des années 1850, ce sont de l'ordre de 1000 km de lignes qui sont ajoutées au réseau chaque année, jusqu'à une taille de réseau de 63 000 km dans les années

1920, dont plus de 40 000 km de lignes d'intérêt général, et plus de 20 000 km d'intérêt local. Les vitesses pratiquées en 1855 sont en moyenne de 40 km/h, avec de fortes disparités selon les lignes, les vitesses variant entre 20 et 72 km/h. Dès le départ, le transport de voyageurs se fait principalement sur les grandes lignes, aussi sur des lignes en banlieue parisienne, avant de mailler progressivement le territoire et desservir des communes rurales. Sur les grandes lignes dont le réseau est achevé vers 1870, l'accélération est très importante et concurrence rapidement les 14 à 16 km/h de la malle-poste. L'apogée de son rayonnement est située à 1840, et il est prescrit dès 1870 de fermer les relais inactifs, entraînant la disparition des lignes de la poste aux chevaux et des diligences dans les années suivantes (Studený, 1995).

La traction hippomobile résiste davantage pour le transport urbain où la concurrence est moins forte et plus tardive. C'est la **bicyclette** qui vient en particulier concurrencer l'omnibus et le tramway à la fin du XIX^{ème} siècle. Elle est à ce moment-là le mode le plus rapide en ville, étant donné sa vitesse moyenne plus importante, mais également par la possibilité de faire des trajets porte-à-porte et sans attente du passage du transport public. Si les débuts de la bicyclette datent de la fabrication de la draisienne en 1817 en Allemagne, permettant au baron Drais de réaliser 14,4 km en à peine plus d'une heure, les principales innovations sur le vélo et sa diffusion se font surtout à partir des années 1860 (Héran, 2015). Ces innovations ont permis de faciliter et démocratiser l'usage, mais l'on peut remarquer que la vitesse n'a pas que peu évolué depuis l'invention de la draisienne.

Il en est de même pour le **métro**, qui dès l'inauguration de la ligne 1 en 1900 traversa Paris de la Porte Maillot à la Porte de Vincennes en 27 minutes seulement. Si toutes les stations n'étaient pas encore ouvertes ce jour-là, la vitesse moyenne des débuts du métro était de 20 km/h, soit une valeur proche de la vitesse commerciale moyenne de 25 km/h actuellement (Studený, 1995). Le métro permet donc une nouvelle accélération des transports urbains, par une vitesse plus élevée, une régularité qui permet de diminuer les temps d'attente, tout en permettant des capacités d'emport plus élevées que les omnibus et tramways.

Le début du XX^{ème} siècle voit également l'essor de la **voiture**. Si la France avait pris du retard sur ses voisins pour les transports ferroviaires, elle est parmi les pays en pointe sur la voiture, et sera le premier constructeur automobile mondial jusqu'en 1905 (Lay, 1992). Le parc de véhicules et les records de vitesse sont en très forte augmentation. Les premiers records de vitesse sont le fait de voitures électriques à la fin des années 1890, dont la Jamais Contente du belge Camille Jenatton qui dépasse la barre des 100 km/h en 1899. La vitesse maximale actuelle de 130 km/h est atteinte dès 1903 et la barre des 200 km/h en 1909, proche du record ferroviaire de l'époque qui sera dépassé après la première guerre mondiale. Seules les deux guerres mondiales stoppent un temps la progression des records et du parc de véhicules. Alors que la 1^{ère} vente mondiale a lieu en France en 1887, le parc passe de 350 véhicules en 1895 à dix fois plus soit 3 500 en 1900, 140 000 à la veille de la 1^{ère} guerre mondiale et quasiment deux millions en 1939 (Orselli, 2009 ; Castaignède, 2018). En 1908, la Ford T, première voiture dite accessible au plus grand nombre, permettait d'atteindre les 70 km/h, et dans les années 20 des voitures ont une vitesse dépassant les 140 km/h. Les vitesses moyennes réelles sont plus difficiles à estimer, mais seraient d'abord autour de 25-40 km/h pour les routes interurbaines durant les décennies 1900 et 1910, avec des pointes autour de 80 km/h (Lay, 1992 ; Studený, 1995). Il sera vu plus loin que les vitesses moyennes des débuts de l'automobile ont augmenté, surtout pour l'interurbain et les réseaux rapides, sans toutefois

s'éloigner fortement des possibilités de certains véhicules lors des premières décennies. Comme pour la traction hippomobile un siècle plus tôt, les vitesses nouvelles atteintes par les voitures amènent à de nouvelles adaptations des infrastructures, telles que l'élargissement et l'alignement des routes, ainsi que le progrès du goudronnage qui apporte davantage de confort pour les bicyclettes et automobiles, et permet de se débarrasser du fléau de la poussière. Les décennies suivantes voient la réglementation progressive des vitesses, après que le code de 1921 se contente de fixer comme règle que le conducteur doit rester maître de son véhicule. La limitation de vitesse est fixée à 60 km/h en agglomération en 1954 (puis 50 km/h en 1990), 90 km/h sur les routes les plus chargées aux week-ends en 1961, avant les limites de 90, 110 et 130 km/h sur les routes rapides en 1973-1974 (Studeny, 1995 ; Orselli, 2009).

En ville, à l'apparition de l'automobile suit celle de l'**autobus** dès 1900 en France et à partir de 1906 dans Paris, ce qui précipite la fin de la traction hippomobile pour les tramways et omnibus, arrêtée en 1913.

Enfin, le début du XX^{ème} siècle voit également naître l'**aviation**. Si la progression des records est plus rapide que pour la voiture qu'elle dépasse au moment de la première guerre mondiale, il faut néanmoins quatre décennies de progrès techniques réguliers pour dépasser les vitesses commerciales actuelles de l'ordre de 1000 km/h. Un saut sur les vitesses des avions sera permis par le passage des moteurs à hélices aux premiers avions à réaction utilisés durant la deuxième guerre mondiale, ce qui permet un passage de moins de 600 à plus de 900 km/h. Les vitesses ont relativement peu évolué depuis, hormis l'expérience de l'utilisation commerciale des avions supersoniques. Le Concorde, utilisé entre 1976 et 2003, dépassait Mach 2 (deux fois la vitesse du son), soit plus de 2100 km/h en vitesse maximale de croisière. Par ailleurs, l'utilisation commerciale de l'avion en France a démarré en 1919 avec une liaison entre Paris et Londres, emmenant 11 passagers à la vitesse moyenne de 125 km/h. L'aérien est utilisé dans un premier temps pour les destinations internationales, et le trafic intérieur ne se développe qu'après la seconde guerre mondiale (Studeny, 1995).

Le **train** continuera ses progrès de manière progressive, étalés sur plusieurs décennies. Le TGV inauguré en 1981 en France constitue la dernière accélération majeure, le dernier record en date de la SNCF à 574,8 km/h en 2007 constituant le record mondial sur rail, tandis que le Maglev japonais, train à sustentation magnétique, a atteint les 605 km/h en 2016.

A titre plus anecdotique, des records de vitesse ont été battus récemment pour les modes non motorisés. L'Aéro Vélo, un **vélo** couché caréné (vélomobile) a battu successivement des records de vitesse lors d'une course dans le désert du Nevada, jusqu'à dépasser 144 km/h en 2016. Si ce véhicule n'est utilisé que par un faible nombre de personnes en France, il pourrait se développer à l'avenir, profitant des vitesses importantes que permet son aérodynamisme. Aussi les records de vitesse de **course à pied** et en particulier du 100 mètres en Figure 15 ont été battus de nombreuses fois au cours du XX^{ème} siècle, jusqu'à la performance d'Usain Bolt en 9 secondes 58 en 2009, soit une vitesse moyenne de 37,6 km/h et une vitesse de pointe de 44,7 km/h entre les 60 et 80 m de la course.

L'analyse des records de vitesse met en évidence des **contrastes sur l'évolution technique des vitesses des différents modes**, en ce qui concerne : la rapidité des progrès réalisés, lents pour le ferroviaire et rapides pour la voiture ou l'avion ; des records datant de plusieurs décennies pour certains modes ; enfin, des vitesses réelles parfois très loin des capacités techniques, ce qui permet de questionner les limites à la vitesse qui seront évoquées en 3.2.

4.1.3. La diffusion d'une vitesse confortable

La vitesse a été d'abord rêvée puis conquise par des accélérations successives pour plusieurs modes. Leur vitesse n'a que peu évolué depuis désormais plusieurs décennies pour la majorité des modes de transport : marche, vélo, métro, tramway, bus ou voiture étaient déjà capables des vitesses actuelles il y a un siècle, il y a 70 ans pour l'avion, et depuis bientôt 40 ans pour le TGV. Pourtant, la vitesse moyenne des déplacements a fortement évolué ces dernières décennies, par la diffusion de ces modes rapides, et leur accès progressif au plus grand nombre. Cette évolution peut être appréhendée au travers de l'indicateur du nombre de kilomètres parcourus par les Français chaque jour (estimations depuis 1800 en Figure 16). Cela peut être assimilé dans une certaine mesure à une vitesse, étant donné que l'indicateur correspond à une distance divisée par un temps, ici la journée, comprenant aussi les moments non mobiles. En supposant un budget temps de transport (BTT) constant d'environ une heure par jour et par personne en moyenne, ce qui est fait dans la construction de la figure ci-dessous pour l'estimation de la marche à pied, les kilomètres parcourus par jour devraient également correspondre à peu près à la vitesse moyenne des déplacements. Ainsi les kilomètres journaliers et la vitesse sont passés de l'ordre de 4 à 5 kilomètres par jour en 1800 (Marchetti, 1994 ; Metz, 2013) à plus de 50 kilomètres aujourd'hui.

Si les progrès sur la vitesse des modes datent généralement d'avant la seconde guerre mondiale, l'accélération des mobilités lui est postérieure, et advient essentiellement dans la seconde moitié du XX^{ème} siècle avec la diffusion de l'automobile. Cette croissance des kilomètres parcourus a seulement été stoppée par les guerres. Puis le tournant du millénaire coïncide avec un pic bien marqué pour les seuls trajets intérieurs, tendance sur laquelle nous reviendrons largement, avant une nouvelle hausse sur le début de la décennie 2010.

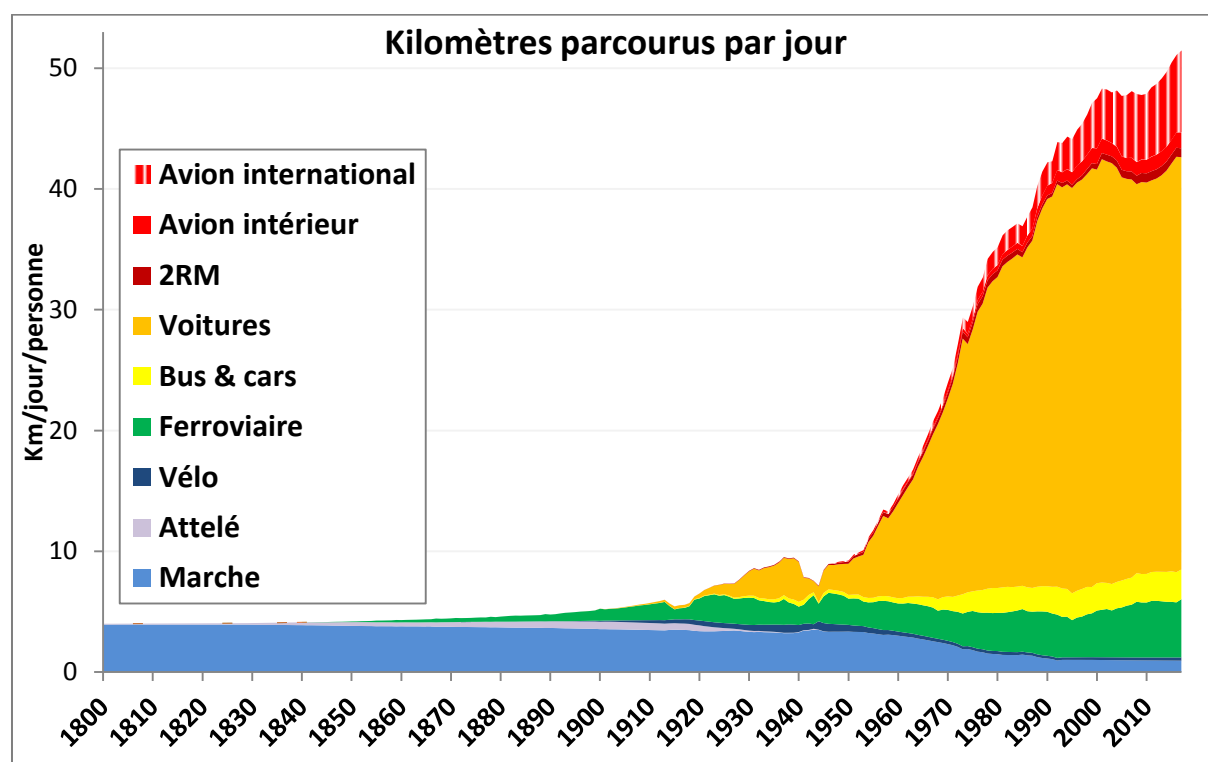


Figure 16 : Estimation du nombre de kilomètres par jour et par personne en France, 1800-2017

Schéma à partir de nombreuses données compilées, en particulier CGDD, SNCF, DGAC, Orselli, Grübler, Papon ; incertitudes importantes plus les périodes sont éloignées ; 2RM = deux-roues motorisés ; Voitures comprend aussi les VUL

Si les premières accélérations des transports de la poste aux chevaux et les débuts des chemins de fer n'ont pas permis une accélération substantielle de la vitesse moyenne de l'ensemble des mobilités, c'est qu'ils ont surtout concerné des **trajets à longue distance** peu fréquents, privilège essentiellement réservé à une **élite** peu nombreuse. Ainsi les nouveaux modes ont toujours été adoptés historiquement par les catégories les plus aisées, que ce soit pour les voitures publiques à cheval, les chemins de fer, la bicyclette, la voiture ou l'avion, avant que le mode se diffuse plus largement dans la population. Cette **diffusion** a fonctionné avant tout pour le transport urbain et de courte distance, pour lequel les accélérations sont moins fortes que pour la longue distance en raison de l'encombrement des villes. Les classes populaires sortent de la vitesse du pas essentiellement par le développement des transports collectifs à la fin du XIX^{ème} siècle, avant que la bicyclette ne devienne accessible surtout au début du XX^{ème} siècle (Studeny, 1995). Mais c'est la voiture qui réussira le mieux à accélérer substantiellement les vitesses moyennes pour les trajets de courte et de longue distance, tout en se diffusant très largement dans la population.

En plus de la diffusion massive de la rapidité au sein de la population, un autre fait marquant de la période concerne les **gains de confort** extrêmement forts réalisés dans cet accès à la vitesse. Les récits des premières accélérations des voitures publiques attelées insistent sur les difficultés de la vitesse nouvelle et la rigueur des voyages, l'inconfort des secousses, les nuits difficiles et dangereuses, les routes impraticables hors été et la banalité de l'embourbement, les retards, la fatigue, les risques d'accidents, la peur qui gagne les voyageurs. Ainsi les débats ressurgissent régulièrement sur les vitesses qu'il ne sera pas possible de dépasser sans poser des problèmes de santé ou de sécurité importants, limite fixée à 25 km/h pour certains, à 50 km/h pour d'autres (Lay, 1992). De tous temps, l'introduction des nouveaux modes a été contestée pour les nuisances qu'elle engendrait également pour autrui, en termes de sécurité notamment, les frayeurs pour les piétons ou les chevaux, la poussière dans les rues, le bruit, ou encore l'usure des routes. Des voix dissonantes questionnant cette quête effrénée de vitesse se sont fait régulièrement échos notamment chez les écrivains et intellectuels, tels que Rousseau et Victor Hugo qui dénoncent la rapidité de voyages qui ne laisse pas le temps de découvrir le pays, ou l'envie de toujours vouloir être ailleurs (Studeny, 1995).

Si la littérature sur la vitesse met en lumière les coûts associés à l'accélération des mobilités, il est cependant important de noter également les **incroyables réussites de la conquête de la vitesse**. Des progrès techniques inimaginables il y a deux siècles ont été réalisés, la vitesse s'est diffusée au plus grand nombre en France, permettant de démultiplier les activités accessibles, de développer les voyages à longue distance et le tourisme, tout en traitant un certain nombre de nuisances qui lui étaient initialement reproché (inconfort, boue et poussières, bruit et sécurité dans une certaine mesure). Des vitesses de 130 km/h sur route, de 320 km/h sur rail, ou 1000 km/h dans les airs sont aujourd'hui possibles dans un niveau de confort très important, qui peut permettre d'utiliser ce temps de transport aux activités professionnelles, au sommeil, à la lecture ou aux divertissements. Comparés à la vitesse du pas d'il y a seulement deux siècles, ces progrès apparaissent vertigineux.

Cet historique invite à un **questionnement sur le futur de cette quête de vitesse** (traité en partie 0), entre l'atteinte de premières limites et l'urgence du défi environnemental.

4.2. Les déterminants de l'évolution de la vitesse

Points et messages clés :

- ✓ Le principal moteur des gains de vitesse a été la **diffusion des modes rapides**, surtout des modes routiers individuels, passée d'environ 20 % du temps de transport en 1960 à 62 % depuis 1992 ; depuis, c'est le transport aérien qui est le moteur de la diffusion.
- ✓ La diffusion des **autoroutes** a permis d'augmenter la vitesse moyenne des voitures.
- ✓ La **vitesse technique** maximale des modes a très peu évolué sur 1960-2017, hors création du TGV ; à partir de 2003, les radars entraînent la **chute des vitesses pratiquées** sur les réseaux routiers et un pic sur la vitesse moyenne des déplacements

Suite à l'historique sur la vitesse, une **analyse quantitative** est réalisée pour la **période 1960-2017**, et résumée en Figure 17. Comme détaillé dans la méthodologie en 2.2, la décomposition permet d'isoler trois effets qui influencent la vitesse moyenne des déplacements : l'effet de report modal ou de diffusion des modes rapides en termes de pourcentage du temps de déplacement ; l'effet de diffusion des infrastructures ou réseaux rapides sur la vitesse des modes routier et ferroviaire, mesuré en pourcentage des temps de déplacement en voiture ou train sur les différents types de réseaux ; enfin, l'effet de la vitesse des modes sur chaque réseau ou type d'infrastructure.

La figure ci-dessous indique que la croissance de la vitesse a été régulière sur la période 1960-2000, avec une stagnation depuis le début des années 2000. En ne considérant que le trafic intérieur, la vitesse moyenne des déplacements en 2017 est estimée inférieure à celle en 2000, cette saturation ou ce pic des vitesses étant davantage discuté en partie 4.3.1. Il sera d'abord question de revenir sur chacun des trois déterminants et leur rôle sur la période étudiée.

Il apparaît que le déterminant majeur à la hausse des vitesses sur la période concerne la diffusion des modes rapides, suivi de loin par l'effet de diffusion des réseaux rapides. Au contraire, les vitesses pratiquées par réseau ont un effet variable au cours du temps, intervenant particulièrement à la baisse dans les années récentes (Figure 17).

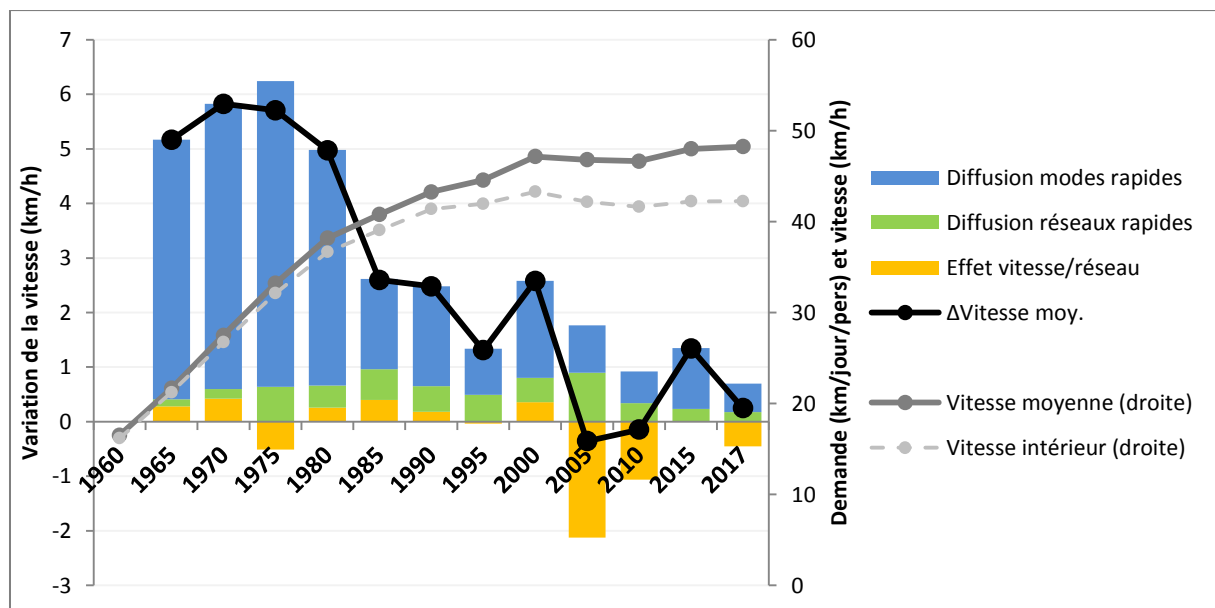


Figure 17 : Décomposition de l'évolution de la vitesse moyenne sur 1960-2017 en trois effets explicatifs

Les courbes en gris donnent les estimations des vitesses moyennes pour les années considérées, avec international et trafic intérieur seul (échelle de droite) ; la courbe noire donne la variation pour chaque pas de temps de la vitesse moyenne (international inclus), et les barres colorées décomposent cette variation en trois facteurs explicatifs (échelle de gauche)

4.2.1. La diffusion des modes rapides, ou l'effet du report modal

L'historique de la vitesse des mobilités montre que les progrès techniques sur la vitesse des mobilités ont généralement précédé la diffusion des modes rapides, mis à part pour le transport ferroviaire pour lequel l'accélération a été plus progressive, en particulier sur la longue distance. La Figure 18 et les détails en Figure 19 permettent de représenter cette diffusion des modes de transport, mesurée en proportion des temps de transport, et non en kilomètres parcourus comme en Figure 16.

Les **transitions en termes de comportements de mobilité** apparaissent progressivement. Le trafic attelé, dont les estimations sont soumises à de fortes incertitudes, s'est diffusé progressivement au cours du XIX^{ème} siècle, avant de disparaître au début du siècle suivant. Il a été progressivement remplacé par des modes plus rapides, en particulier par le transport ferroviaire, proche des 5 % de temps de déplacement depuis la sortie de la première guerre mondiale, mais également par la progression des trafics à vélo et en voiture au début du XX^{ème} siècle. Le trafic à vélo est maximum durant les années 30 et décline fortement après la seconde guerre mondiale, remplacé par la progression du trafic en deux-roues motorisés et en voiture (Papon, 2016 ; Héran, 2015). Il n'a toutefois pas disparu, et est probablement à peu près constant ces dernières années, entre renouveau dans les centres villes et poursuite du déclin en périphérie et zones rurales (ADEME, 2020). Les deux-roues motorisés, qui s'y sont partiellement substitués, représentent entre 1 et 2 % des temps de transport depuis 1960. Loin d'être substitués, les transports collectifs routiers et la voiture semblent s'être développés en parallèle, les données (possiblement sous-estimées en début de période, cf chapitre 1) montrant une forte croissance sur les années 60-70 avant une stagnation autour de 6 % des temps de transport depuis la fin des années 70. Enfin, le trafic aérien s'est développé mais ne représente qu'une faible partie des temps de transport, de l'ordre d'1 % en 2017 en comptant le trafic international.

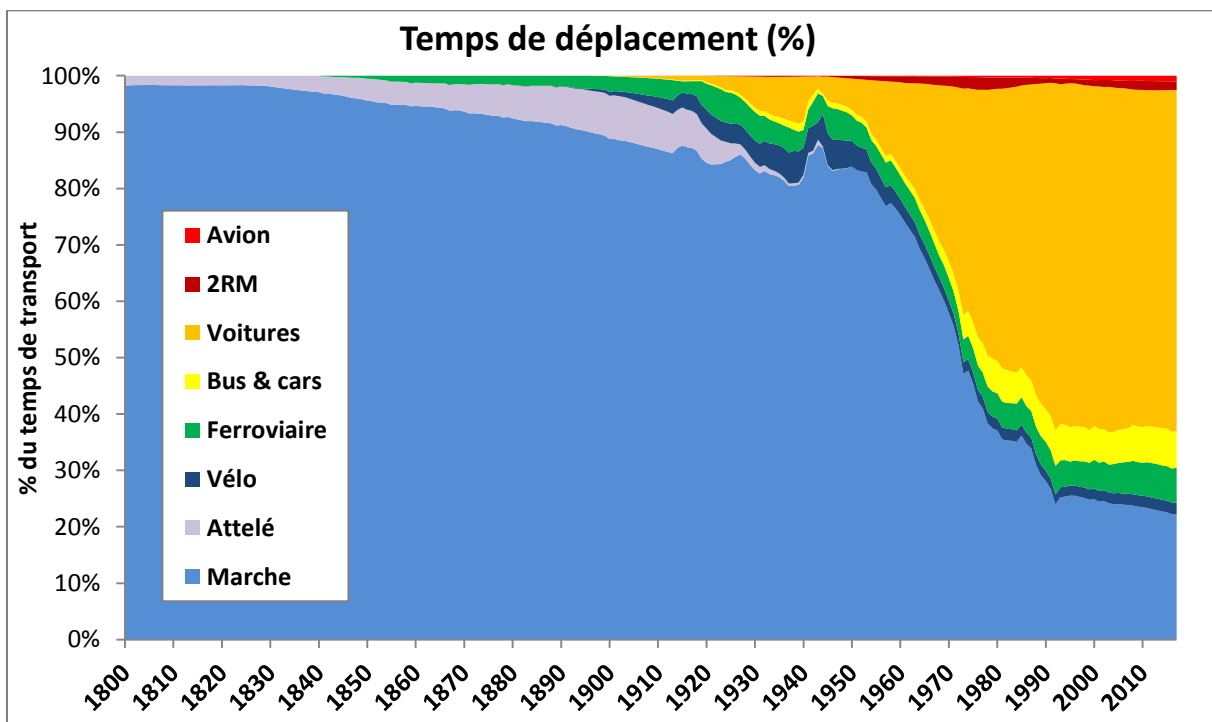


Figure 18 : Part des modes de transport dans les temps de déplacements de 1800 à 2017
Le terme Voitures inclut également les 60 % de VUL ; même périmètre et même données qu'en Figure 16

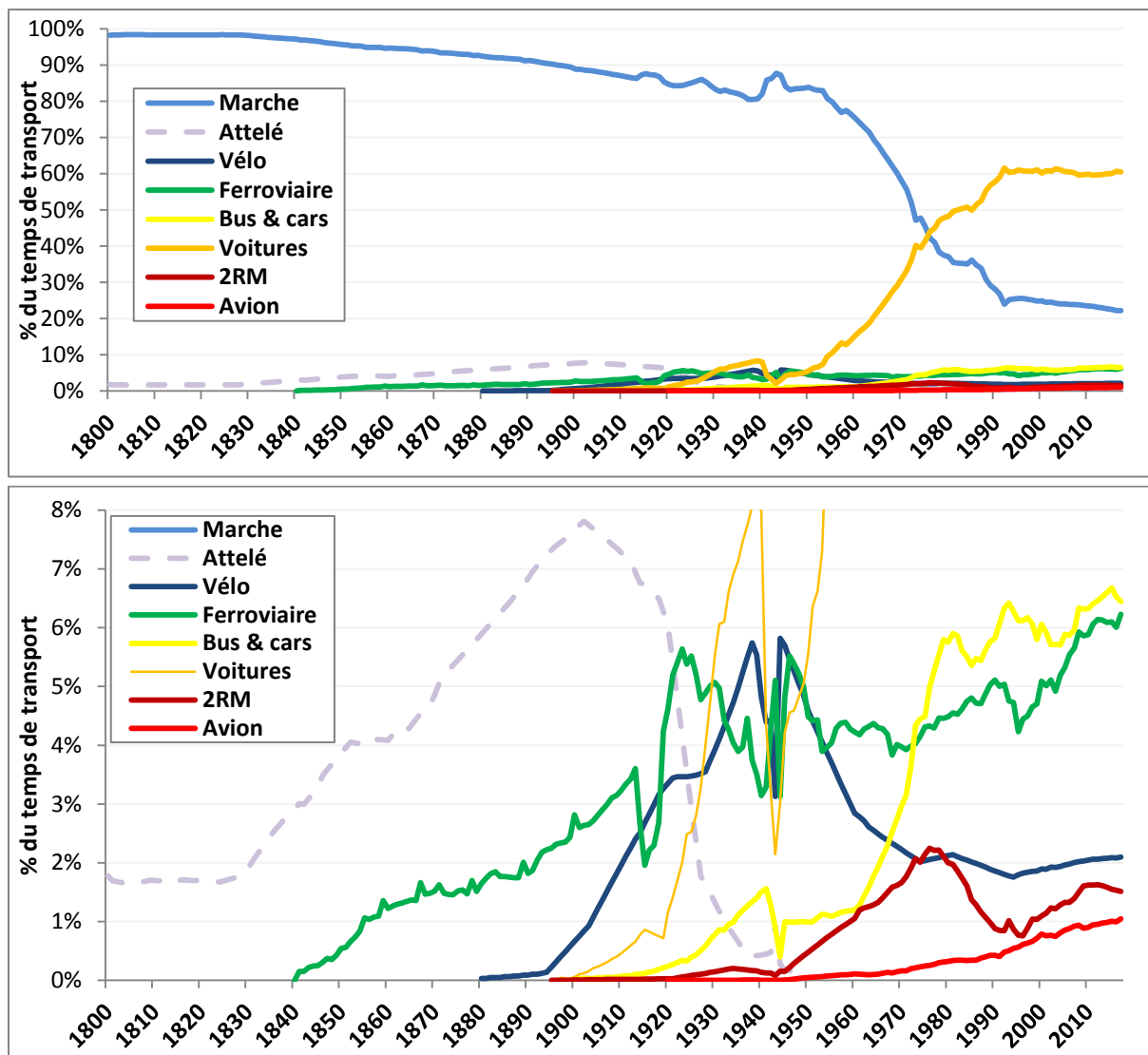


Figure 19 : Evolution des pourcentages de temps de transport par mode sur 1800-2017
Tous modes en haut, détails pour les modes moins importants en bas

Si de nombreux modes sont ainsi en concurrence depuis plusieurs décennies, les **deux faits majeurs** qui ressortent sur la période (en particulier la figure du haut, ci-dessus) sont le **déclin de la marche à pied** et la **forte progression de l'automobile**, seuls modes à dépasser la barre des 10 % des temps de transport par le passé.

La **marche** représentait la quasi-totalité des temps de transport il y a deux siècles, encore quasiment 90 % en 1900, et de l'ordre de 70 à 75 % des temps de déplacements en 1960, au début de la période étudiée dans la décomposition. Cette proportion a baissé aux alentours de 25 % au début des années 90, une proportion qui a probablement peu baissé depuis, à 22 % en 2017 d'après les chiffres compilés (les estimations sur la marche sont disponibles qu'à intervalles réguliers de l'ENTD, la dernière provenant de 2008). Les estimations réalisées précédemment en 3.2.3 montrent que la marche utilisée dans le cadre des déplacements est désormais minoritaire dans l'ensemble de ses usages. Aussi la hausse observée ces dernières décennies de la randonnée et des pratiques sportives, estimées à environ 20 minutes par jour en moyenne sur les années récentes, ne compense pas la baisse du temps de marche à pied

dans les déplacements (Eurostat, 2004). En effet, ces derniers ont baissé d'environ 20 à 30 minutes par jour depuis 1960, et davantage encore depuis le début des transports motorisés². Cela a des implications fortes en termes de santé, au vu de la baisse d'activité physique que cela implique au sein de la population. Qui plus est, cette baisse touche également d'autres domaines et comportements, et en particulier les activités professionnelles, menant à des modes de vie de plus en plus sédentaires (Ng et Popkin, 2012 ; Proper et Hildebrandt, 2006 ; Saidj et al, 2015).

Le deuxième fait majeur de la période concerne la **diffusion de la voiture** au sein des déplacements. Cette part apparaît étonnamment stable à 60 % des temps de déplacement depuis le début des 90, tandis que le temps de transport en voiture apparaît légèrement croissant en absolu sur cette période, en raison de la hausse des temps de transport totaux. Ce report modal vers la voiture, essentiellement depuis des temps de marche, a été le principal moteur de la hausse de la vitesse moyenne des déplacements sur la première partie de la décomposition (Figure 20). L'effet de report modal permet ainsi une hausse de la vitesse moyenne d'environ +1 km/h chaque année sur les décennies 1960 et 70, alors que l'effet des deux autres déterminants de la vitesse est bien plus faible sur ces décennies (Figure 17). La contribution du report modal devient plus faible, de l'ordre de +0,3 km/h chaque année sur la décennie 80, toujours dominé par la croissance de la voiture, avant que sa contribution soit nulle en moyenne depuis le début des années 90.

La diffusion de la voiture a donc semble-t-il atteint un point de saturation sur les temps de déplacement depuis trois décennies. L'usage de l'automobile au sein de la population a seulement augmenté très légèrement d'environ 36 à 39 minutes par jour et par personne entre le début des années 90 et 2017. L'analyse en termes de distances en chapitre 1 montrait des parts modales des transports routiers à peu près constantes à 80 % des kilomètres parcourus depuis le choc pétrolier de 1973 (cf chapitre 1). Ainsi, si la voiture a continué à représenter une part croissante des temps de parcours au détriment de la marche sur la période 1973-1992, les autres modes ont également augmenté leurs trafics de manière similaire, de sorte à ce que la part de la voiture en distance parcourue ne change que très peu. Aussi, si les temps de parcours en voiture sont restés relativement constants sur la décennie 1990, ce sont les gains de vitesse moyenne de la voiture liés aux deux déterminants étudiés ensuite qui ont permis de continuer à augmenter les distances parcourues par personne.

A partir des années 90, l'effet du report modal sur la vitesse moyenne reste positif malgré les fluctuations selon les années (Figure 17 et Figure 20), en revanche il devient dominé par la croissance du **trafic aérien** (essentiellement l'international), et dans une moindre mesure par la hausse du trafic ferroviaire.

² Les chiffres utilisés dans la décomposition proviennent de l'ENTD, qui sous-estime possiblement les temps de marche pour les périodes les plus anciennes. Ainsi d'après les données compilées, les temps de transport augmentent sur la période, un point qui sera discuté plus loin. Les figures ci-dessus pour remonter jusqu'à 1800 considèrent que la marche réalise le complément de mobilité pour atteindre des budgets-temps de transport d'une heure par jour et par personne. Cela change relativement peu les pourcentages de temps de transport de la marche, qui passent de 70 % avec la compilation des données à 75 % avec le BTT d'1h. Cela augmente davantage les temps en absolus, d'environ 35 à 45 minutes pour la marche en 1960 (le temps de transport global estimé pour 1960 dans la compilation des données étant de 50 minutes, point développé en partie 4.3.1).

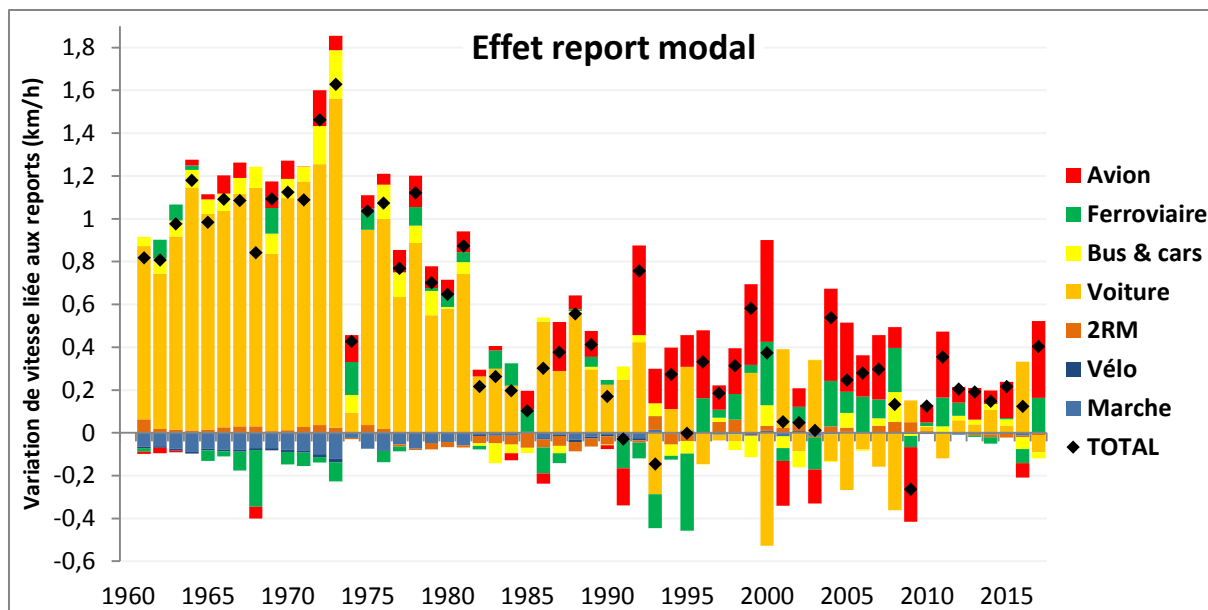


Figure 20 : Effets du report modal sur la vitesse moyenne des déplacements de 1960 à 2017

Le point noir représente l'effet du déterminant du report modal sur la vitesse moyenne des déplacements, les barres colorées représentent la contribution à la hausse des modes en croissance, ou à la baisse des modes qui perdent des parts modales

Les modes rapides ont toujours été accessibles d'abord aux plus riches, avant de s'étendre davantage au reste de la population. Les **inégalités d'accès à la vitesse** sont encore importantes aujourd'hui sur la longue distance, mais sont relativement limitées sur la courte distance et les déplacements quotidiens.

Les voyages à longue distance, qui sont plus rapides, sont croissants avec le revenu : en 2008, leur nombre était environ 3 fois plus élevé chez les personnes du 10^{ème} décile que pour les personnes des deux premiers déciles, une situation qui n'avait pas beaucoup évolué par rapport à 1994 (CGDD, 2010). Le rapport était d'un peu plus de 3 pour la voiture, moins fort pour le train dans son ensemble (rapport de 1 à 2, sûrement davantage pour le TGV), et bien plus fort pour l'avion (rapport de 1 à 8 environ), le plus rapide des modes à longue distance. Si les inégalités d'accès aux modes les plus rapides sont visibles par tranche de revenu, elles le sont aussi selon les types de territoires. Le nombre de voyages en voiture est similaire selon les territoires, en revanche les voyages en train et en avion, les deux modes les plus rapides au-delà de 400 km, sont croissants avec la taille de la commune de résidence, et selon la position dans l'aire urbaine : le nombre de voyages en train et en avion en 2008 est environ 5 fois plus important pour les habitants de l'aire urbaine de Paris que ceux des zones rurales.

Ainsi l'accès à la vitesse à longue distance est plus aisé en zones denses grâce à la connexion aux modes et infrastructures rapides. Au contraire, pour les mobilités quotidiennes, la vitesse est plus faible en zones denses en raison de la congestion routière et de l'utilisation de modes plus lents, effet compensé par une meilleure accessibilité. Aussi les inégalités selon les revenus apparaissent bien plus faibles que pour la longue distance. Sur les trajets domicile-travail, les distances et temps de parcours augmentent avec le revenu, mais la vitesse reste similaire. Cela s'explique par une diffusion très large de la voiture au sein de la population, avec seulement 16 % de ménages non motorisés en 2017, dont une partie importante par choix (URF, 2018 ; CGDD, 2010). La vitesse y reste plus faible pour les bas revenus, en raison d'une plus faible utilisation de la voiture au profit de la marche et des transports en commun, plus lents. La différence est cependant bien plus forte pour la longue distance.

4.2.2. La diffusion des infrastructures rapides

Historiquement, l'amélioration des chemins et infrastructures routières a permis des accélérations notables des moyens de transport, pour le trafic attelé en particulier et dans une moindre mesure l'enrobé a permis d'améliorer le confort et d'accélérer les déplacements aux débuts de la bicyclette et de la voiture.

Dans la décomposition de la Figure 17, l'effet de diffusion des infrastructures ou réseaux rapides a pour objectif de capturer l'effet de la construction des **autoroutes** et des **lignes à grande vitesse (LGV)** sur la vitesse des transports routiers individuels et du ferroviaire. Les figures Figure 21 et Figure 22 donnent l'évolution des kilomètres construits et des trafics sur ces réseaux, ainsi que les temps de transport passés sur les différents types de réseaux routiers et ferroviaires.

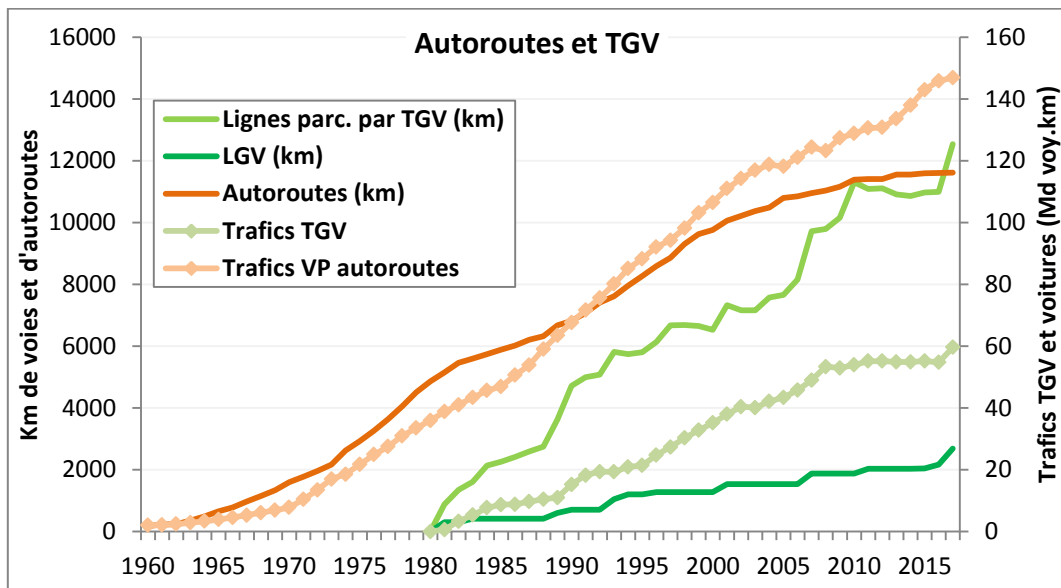


Figure 21 : Longueur des infrastructures et trafics sur les autoroutes et LGV, 1960-2017 (CGDD, 2019b ; CITEPA)
Les kilomètres de LGV et les kilomètres totaux de voies parcourues par des TGV sont indiqués ; les échelles de gauche (pour les km d'infrastructures) et de droite (pour les trafics TGV et voitures sur autoroutes) sont les mêmes pour les deux modes

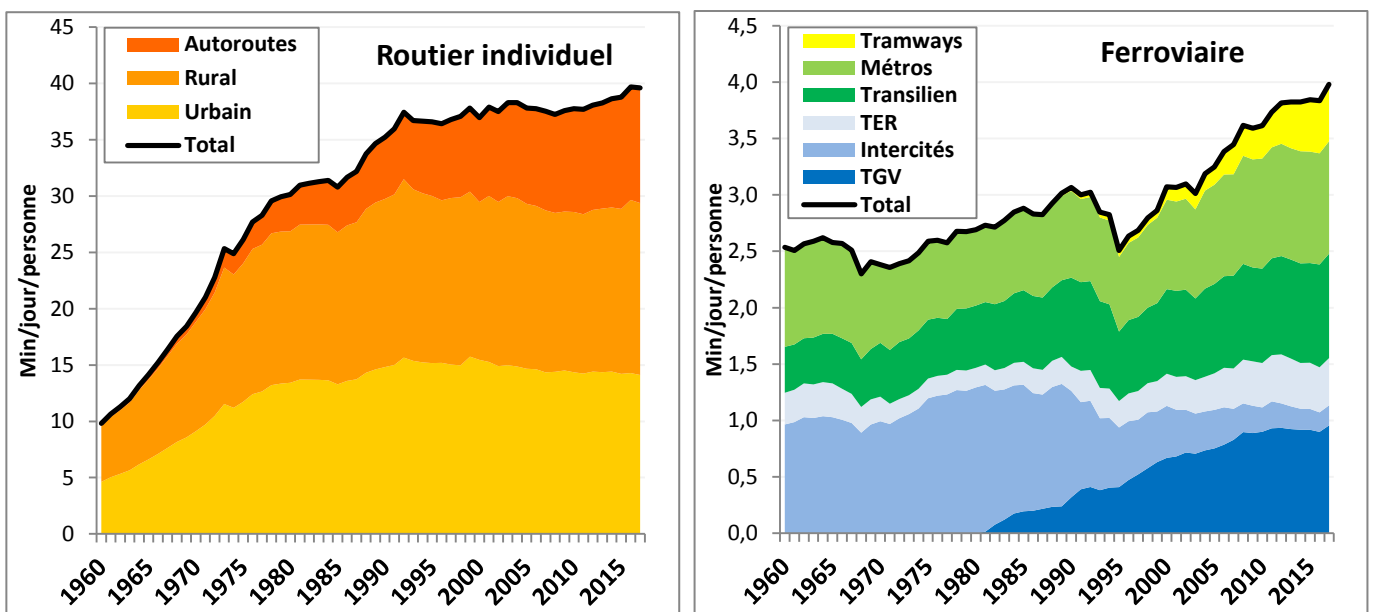


Figure 22 : Répartition des temps de transports routiers individuels et ferroviaires par réseau de 1960 à 2017
Le trafic routier individuel regroupe ici les voitures, 60 % des VUL et les 2-roues motorisés

Concernant les **infrastructures**, la période a vu le développement régulier des autoroutes à partir des années 1960, avec un ralentissement sur les dernières années jusqu'à environ 11 600 km en 2017. Le trafic des voitures personnelles (VP) sur la Figure 21 montre une progression forte sur l'ensemble de la période 1960-2017, sans ralentissement important sur les dernières années. Pour le ferroviaire et le TGV, les lignes à grande vitesse se sont développées de manière progressive sur le territoire à partir de 1981, atteignant cependant un nombre de kilomètres cumulés beaucoup plus faible, de quasiment 2700 km fin 2017 avec les prolongements jusque Rennes et Bordeaux mis en service durant l'été. Cependant, le trafic des TGV s'étend également sur des lignes classiques, limitées à des vitesses plus faibles, si bien que les TGV circulent en tout sur plus de 12 500 km de lignes en 2017. Les vitesses des TGV sont de 320 km/h sur les quasiment 1000 km de portions les plus rapides (sur Paris-Strasbourg ou Tours-Bordeaux notamment), 270 et 300 km/h pour 1400 km (sur des lignes telles que Paris à Marseille, Lille ou Le Mans), complété par des portions à 220 km/h. Ces vitesses de 200 ou 220 km/h sont également présentes pour certaines portions de lignes classiques, qui sont plus fréquemment limitées à 140 ou 160 km/h, tandis que de nombreuses lignes sont soumises à des vitesses plus faibles (Figure 23, SNCF, 2020 ; Douté, 2017).

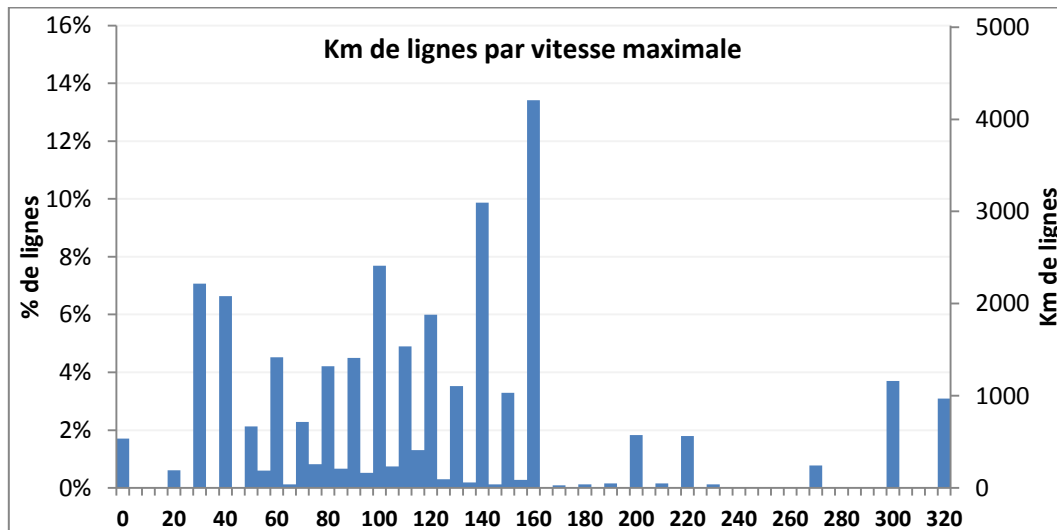


Figure 23 : Kilométrage des lignes du réseau ferré national selon la vitesse maximale nominale (SNCF, 2020)

La Figure 22 montre que les circulations sur autoroutes par les **véhicules routiers individuels** (VP, 60% VUL et 2RM) représentent de l'ordre de 10 minutes par jour et par personne en 2017. Cela correspond à un quart des temps de déplacements dans ces modes, ou 17 % des temps totaux. Ces trafics semblent principalement additifs et non substitués aux temps de déplacements urbains et ruraux, bien que ces derniers diminuent légèrement depuis le début des années 90. Ce sont donc les trafics sur autoroutes qui portent la légère hausse des temps de déplacements en véhicules routiers individuels sur ces dernières années, participant dans le même temps à l'accélération de ces modes. Même avec des hypothèses de vitesses moyennes sur autoroute relativement conservatrices, de l'ordre de 80-90 km/h sur la fin de période (en tenant compte des portions d'autoroutes inférieures à 130 km/h et des situations congestionnées), le passage de vitesses de 30 km/h en urbain ou 56 km/h en rural à 80 km/h est très significatif sur les temps de parcours.

A l'inverse, **le développement du TGV** s'est fait davantage en substitut aux Intercités en termes de temps de transport, bien que les trafics cumulés sur longue distance mesurés en voy.km aient augmenté avec l'introduction du TGV (cf chapitre 1). Les temps de déplacements cumulés des Intercités et TGV restent proches d'une minute par jour et par personne en moyenne sur 1960-2017, et étaient légèrement supérieurs à l'actuel sur la période 1975-1990 (Figure 22). Les hausses de trafic ont donc été rendues possibles par l'augmentation des vitesses, mais non par une hausse de l'usage du ferroviaire pour la longue distance. Les Français passent à peu près autant de temps dans les trains longue distance en 2017 qu'en 1960. C'est là une différence notable entre courte et longue distance pour les trafics ferroviaires. Pour ces deux catégories, les distances parcourues par personne ont plus que doublé entre 1960 et 2017, mais avec des facteurs explicatifs différents. Pour la longue distance, c'est principalement sous l'effet de la hausse de la vitesse commerciale, qui a augmenté de 81 km/h en 1960 à 139 km/h en 2017 d'après les estimations (soit +71% ; la longue distance incluant 50 % des TER), tandis que les temps de transport évoluaient peu (+22 %). Au contraire, la multiplication par deux des trafics sur courte distance s'explique très peu par la hausse de vitesse (estimée de 35 à 39 km/h entre 1960-2017, avec une légère tendance à la baisse sur les dernières années avec le développement des tramways), mais au contraire par des temps de transport croissants (+84 %, de 1,4 à 2,6 min/jour en moyenne). Au global, la vitesse moyenne du ferroviaire augmente de 55 à 73 km/h sur 1960-2017 (+32 % ; Figure 24). Cette augmentation a relativement peu d'impact sur la hausse de la vitesse moyenne des déplacements, car le train ne représente qu'environ 5 % des temps de déplacements, et que sa vitesse est relativement proche de la vitesse moyenne globale.

Ainsi **l'effet de diffusion des infrastructures rapides sur la hausse de la vitesse moyenne** des déplacements est essentiellement **le fait du développement des autoroutes**. Cet effet agit à la hausse sur la vitesse pour l'ensemble de la période 1960-2017, et de manière plus régulière que l'effet de report modal. L'impact est cependant plus faible, et proche d'une hausse de +0,1 km/h par an en moyenne, ou de 5 km/h sur l'ensemble de la période, soit 6 fois moins que l'effet de report modal.

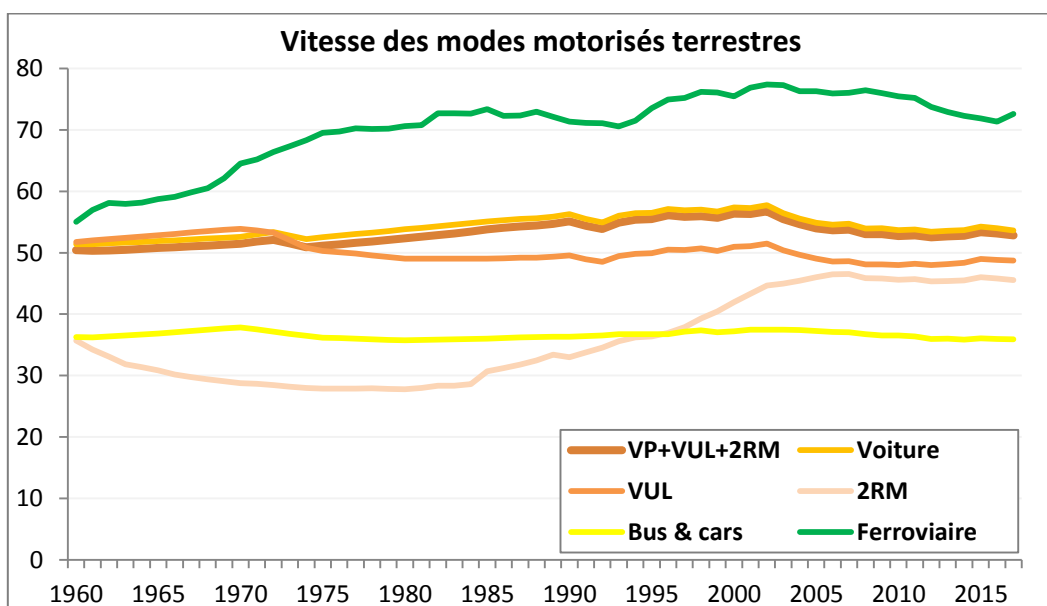


Figure 24 : Estimation de la vitesse moyenne des modes routiers et ferroviaires de 1960 à 2017

4.2.3. L'évolution des vitesses pratiquées par (sous)-mode

L'évolution des vitesses pour chaque mode est influencée par des **facteurs à la hausse** tels que le progrès technique, et des **facteurs limitants**, très variés selon les modes, tels que l'insécurité et la congestion pour les modes routiers (voir respectivement les parties 4.1.2 et 3.3.2 pour les facteurs à la hausse et les limites à la vitesse).

Les deux modes ayant les temps de parcours les plus significatifs sur la période sont les transports routiers individuels, ainsi que la marche à pied, essentiellement en début de période. C'est donc sur ces deux modes que les évolutions peuvent avoir des impacts les plus significatifs sur la vitesse moyenne. Pour la marche, une vitesse constante a été retenue (3,6 km/h), au vu des imprécisions des éventuelles évolutions temporelles des enquêtes.

Pour les **transports routiers individuels**, il est important de regarder l'impact des politiques de **sécurité routière** sur les vitesses pratiquées, et deux évolutions importantes que sont la mise en place des vitesses limites sur les routes rapides en 1973-1974, et des radars en 2003.

Pour la première évolution, qui concerne les limitations à 90, 110 et 130 km/h pour les réseaux rapides, il n'y a pas de données disponibles pour suivre l'évolution des vitesses pratiquées suite à ce changement. En revanche, les données d'accidents mortels sur les routes, qui dépendent fortement des vitesses pratiquées, montrent une rupture suite à l'introduction de cette mesure. Ainsi, le nombre d'automobilistes tués sur les routes, qui était en forte augmentation à cette période du fait de l'augmentation du trafic, chute de quasiment 25 % entre 1972 et 1974. Rapporté au trafic, le nombre de morts était relativement constant sur les 15 années précédant la mesure ; en l'espace de 2 ans, il chute de 32 % (d'environ 42 à 29 tués/Md veh.km ; Orselli, 2009). Les études sur la sécurité routière indiquent par ailleurs qu'une réduction des vitesses de 10 % réduit de 10 % les accidents matériels, de 20 % les accidents corporels et de 40 % le nombre de tués (Sétra, 2006). En tenant compte de ces ordres de grandeur, il est possible que les vitesses aient été réduites de l'ordre de 8 %, ou probablement un peu moins si ce n'était pas le seul facteur, et sachant que le nombre de tués rapporté au trafic a continué à baisser de quasiment 4 %/an sur les années suivantes.

Pour la période plus récente, l'observatoire national interministériel de la sécurité routière (ONISR) donne les vitesses pratiquées pour les routes à 50, 90, 110 et 130 km/h. Il est possible de reconstruire l'évolution sur la période 1987-2017, en corrigeant les ruptures de série dans les chiffres des bilans de sécurité routière et de l'observatoire des vitesses (Figure 25 ; ONISR, 2019, 2020a). Ces vitesses correspondent à des situations sans congestion, en ligne droite et sans obstacle particulier, c'est-à-dire les vitesses en circulation fluides intégrées dans la décomposition. Les données montrent une rupture importante suite à l'introduction des radars sur les routes à partir de 2003 : alors qu'elles avaient augmenté respectivement de 15 et 12 km/h entre 1987 et 2002 (env +12 %), les vitesses sur les routes à 130 et 110 km/h chutent de 7 et 8 km/h entre 2002 et 2005 ; sur cette même période de 3 ans, les vitesses pratiquées ont baissé de 7 km/h sur les routes à 90 km/h, et de 5 km/h sur les routes d'agglomérations à 50 km/h, alors que leurs tendances étaient stable et en légère baisse avant 2002. Ces évolutions se traduisent par une baisse de la vitesse moyenne des modes routiers individuels de -2,8 km/h entre 2002 et 2005 (soit -4,8 % ; Figure 24). La baisse est moins forte que pour les chiffres de l'ONISR, car elle s'applique aux seules situations non congestionnées, et la diffusion vers les autoroutes est toujours en cours sur cette période.

L'impact sur la vitesse moyenne de l'ensemble des déplacements est estimé à $-0,9$ km/h (soit $-1,8\%$), alors que la vitesse augmente avant 2002 ; pour les seuls trajets intérieurs, la baisse est estimée à $-1,6$ km/h (soit $-3,6\%$). Ainsi la baisse des vitesses moyennes via le déterminant de la vitesse par réseau fait plus que compenser les facteurs à la hausse du report vers les modes et infrastructures rapides, aussi bien pour les pas de temps 2000-2005 que 2005-2010 (voir pour la décomposition avec international compris, en Figure 17).

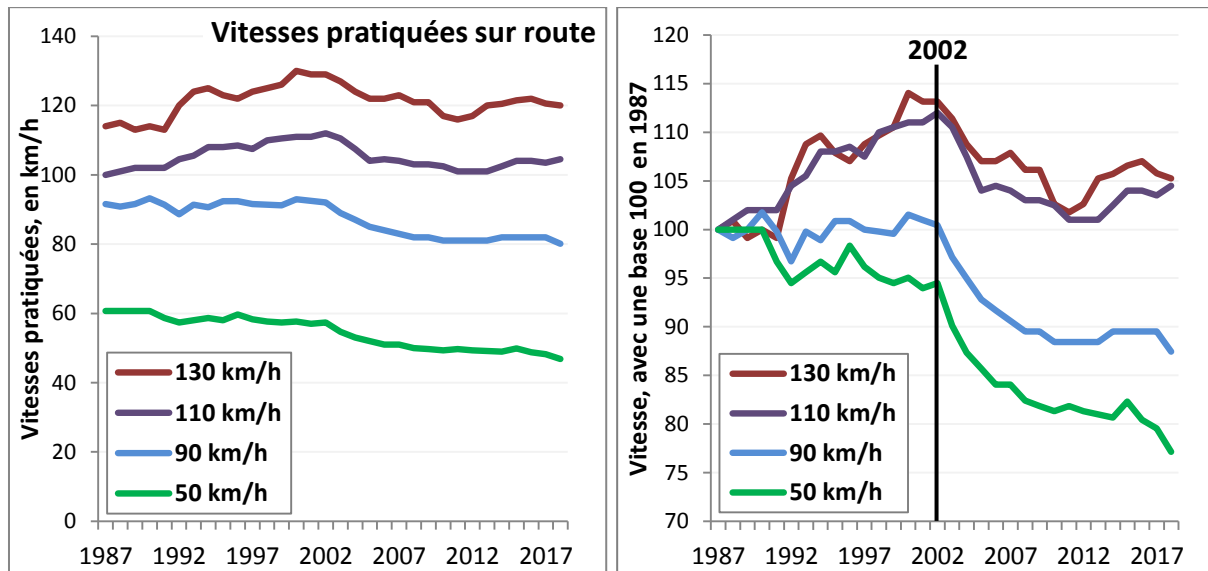


Figure 25 : Vitesses pratiquées sur les routes à 50, 90, 110 et 130 km/h entre 1987 et 2017
Données de l'ONISR, corrigées des ruptures de séries

L'autre évolution d'importance pour les transports routiers concerne la **congestion routière**, et son éventuelle évolution au cours du temps. Il existe peu de données pour répondre à la question posée ici. Les principales données concernent les encombrements sur le réseau principal, dont l'évolution est suivie sur la période 1982-2017 sur le périphérique parisien, le reste du réseau principal de la région et en province (Figure 26 ; CNIR, dans URF, 2018). Plusieurs enseignements sont à retenir. Bien que les mesures les plus récentes sont automatisées et pourraient être plus complètes que pour les années les plus anciennes, une forte augmentation est visible sur la période, avec une multiplication des encombrements par 5,7. Cette augmentation est stoppée sur le début des années 2000. Cela coïncide logiquement avec le ralentissement du trafic routier total sur cette période, et donc indirectement avec les baisses de vitesses vues précédemment qui ont pu inciter à réduire les distances parcourues (point discuté en 4.3.1). Aussi ces encombrements semblent très sensibles à l'évolution de ce trafic routier total, et une hausse de 10 % du trafic se traduit par une augmentation bien plus forte de la congestion. Le graphique et les données complémentaires montrent également que les embouteillages sont concentrés à 65 % en Île-de-France en 2017, une proportion en baisse depuis 1982 due à des encombrements relativement constants sur le boulevard périphérique au cours de la période. Hors Île-de-France, les encombrements se concentrent essentiellement autour des plus grandes villes françaises, comme Lyon, Bordeaux, Marseille ou Lille. Ces embouteillages étant croissants aux mêmes moments que les vitesses pratiquées sur les routes, il est important d'évaluer si ceux-ci pourraient compenser les gains de temps sur les parties non congestionnées. Pour cela, il faut convertir les données d'encombrement évaluées à environ 2,2 millions d'heures.km en temps de parcours. Un tel calcul montre la hausse des

encombres entre 2010 et 2017 pourrait représenter +0,3 min/jour/personne de transport³ (moins de +0,1 %/an), ce qui est relativement faible par rapport aux tendances identifiées sur la vitesse et les temps de transport sur cette période.

En revanche, ces données ne permettent pas de suivre l'évolution de la congestion dans les zones urbaines. Il est probable qu'elle n'ait pas fortement évolué ces dernières années, car les trafics routiers tous véhicules sont à peu près constants depuis le début des années 90 en milieu urbain. La Figure 22 montrait ainsi des temps individuels de déplacements en légère baisse en urbain, ce qui donne des temps relativement constants au global, en tenant compte de l'augmentation de la population. Les chiffres parfois relayés par la presse se concentrent surtout sur quelques grandes villes où les temps passés dans les embouteillages (ce qui est différent du temps perdu) peuvent parfois être importants, de l'ordre de 69 heures/an à Paris ou environ 30 h/an à Lyon, Bordeaux ou Marseille, soit respectivement 11 et 5 min/jour (Cebr, 2014 ; INRIX, 2018). Ramenés sur la moyenne des villes françaises, dont le périmètre n'est pas explicité, ces chiffres baissent à 22 heures annuelles soit 3,6 min/jour ; sur l'ensemble de la population, ils baissent à moins d'une minute par jour.

Ces éléments convergent pour indiquer un faible impact de la congestion sur l'évolution des vitesses de déplacement, bien que celle-ci puisse être importante à certains endroits, comme en Île-de-France où son augmentation a probablement un rôle dans l'augmentation des temps de déplacements observés ces dernières décennies. La décomposition inclut l'évolution récente sur le réseau principal, et des temps de stop&go de l'ordre de 22 % des temps de déplacements en voiture pour obtenir les moyennes globales, soit environ 8,3 min/jour sur la période récente (le stop&go inclut par exemple les temps d'arrêts aux feux, hors congestion, d'où des temps plus élevés que les chiffres d'encombres ; données André, 2020).

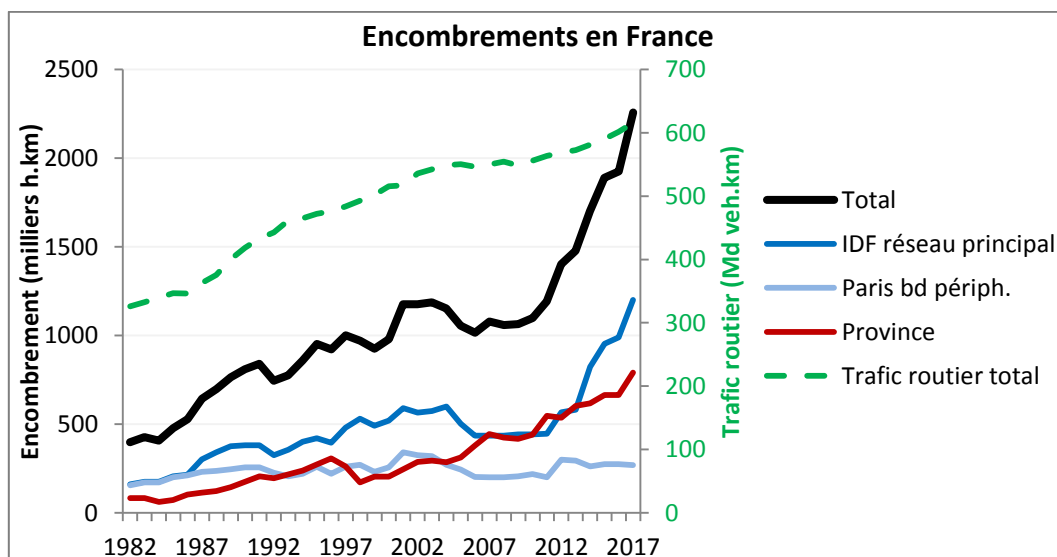


Figure 26 : Encombres routiers et trafic total sur le réseau principal français, de 1982 à 2017
Données du Centre National d'Information Routière (CNIR), corrigées des ruptures de séries (dans URF, 2018)

³ Une voiture fait environ 4 mètres de long (ICCT, 2019), en considérant toutes les voitures à l'arrêt dans les files d'encombrement, avec 1 m d'écart entre elles, et 1,58 personnes par voiture en moyenne (davantage sur les trajets longue distance, moins sur les trajets quotidiens qui concentrent la majorité des encombrements), ces 2,2 M h.km correspondraient à 714 M heures (2,2 x 200 voitures par km x 1,58), soit 11 heures par an et 1,8 minutes par jour. Avec l'hypothèse plus raisonnable d'une vitesse moyenne dans les encombrements de 20 km/h, la distance de sécurité est de 11 mètres, soit une voiture tous les 15 mètres, soit un temps de 0,6 minute/jour dans les embouteillages, et un temps perdu un peu inférieur.

Les estimations de vitesses des modes routiers sont présentes en Figure 24 plus haut. Elles sont essentiellement marquées par des tendances croissantes relatives à la diffusion des autoroutes et à des périodes d'augmentation des vitesses pratiquées, et par des tendances à la baisse en 1973-74 et 2002-2005 par les politiques de sécurité routière.

Les **deux-roues motorisés** ont la particularité d'avoir des vitesses bien plus faibles que les voitures sur les décennies de la fin du XX^{ème} siècle, en raison de la forte proportion de cyclomoteurs dont la vitesse est plus faible, tel qu'expliqué dans la méthodologie en 2.3.2.

Pour le **transport ferroviaire**, les vitesses ont peu évolué sur la courte distance, mais bien plus sur la longue distance, comme cela a été détaillé sur l'impact des LGV (4.2.2). Les meilleurs temps de parcours des trajets ferroviaires interurbains sont disponibles sur de nombreuses relations (SNCF, 2019). Ils permettent de suivre l'évolution des vitesses pour les trains les plus rapides sur chaque relation, depuis 1877 et jusqu'aux évolutions les plus récentes liées à l'introduction du TGV (Figure 27 ; données 1877-1907 pour les seuls trains de 3^{ème} classe ; RGCF, 1909). L'augmentation de la vitesse pour la moyenne des relations considérées apparaît régulière sur les dernières décennies, seulement interrompue de manière marquée par les deux guerres mondiales. L'introduction du TGV constitue une rupture sur les liaisons concernées, créant un réseau longue distance à deux vitesses. Dans le même temps, les vitesses moyennes sur les lignes Intercités stagnent depuis le début des années 70 autour de 120 km/h de vitesse commerciale pour les trains les plus directs. Seul le développement des TGV, qui a progressivement concerné un nombre croissant de lignes et de relations, a permis d'augmenter la vitesse moyenne sur longue distance.

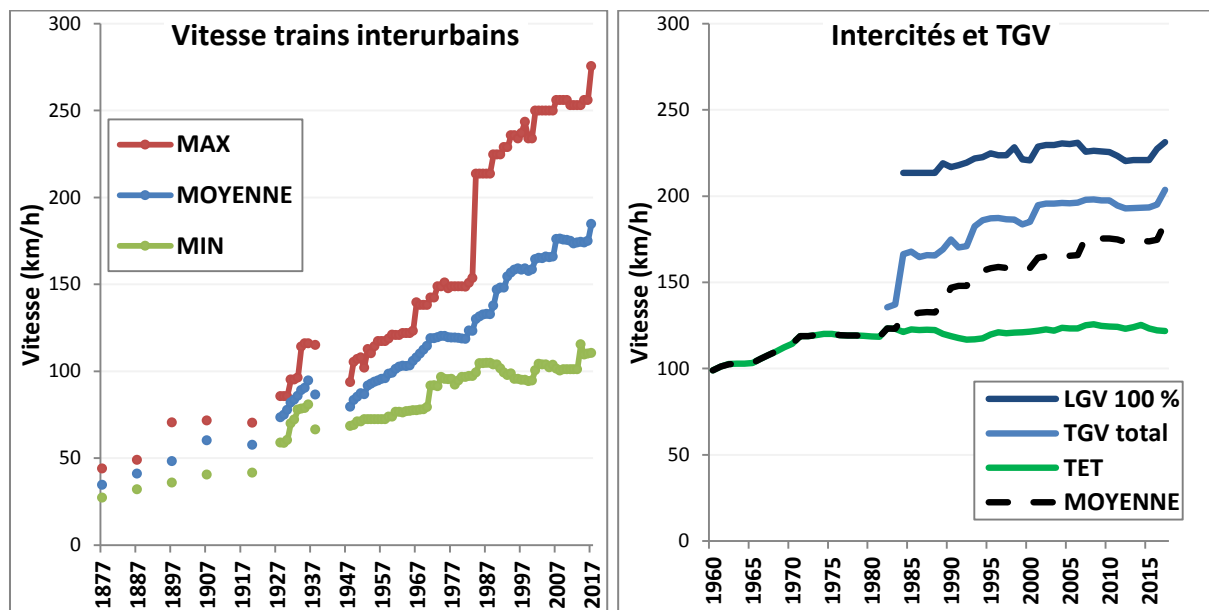


Figure 27 : Vitesses commerciales des trains interurbains pour les meilleurs temps de parcours
Moyenne pour 7 à 18 relations pour les premières années, 36 à partir de 1963, 44 relations sur la fin de période (à gauche) ; vitesses moyennes pour les meilleurs temps de parcours des relations desservies par des lignes Intercités et TGV, y.c. quand une partie du parcours est sur ligne classique pour TGV total, et 100 % sur LGV sinon (à droite ; SNCF, 2019 ; RGCF, 1909)

Enfin, le **transport aérien** voit sa vitesse commerciale augmenter en début de période sous l'effet du renouvellement progressif de la flotte pour passer aux avions à réactions, plus rapides. Ces gains de vitesses sont d'autant plus forts pour les trajets internationaux, dont les temps de décollage et d'atterrissage sont plus amortis (Peeters et al, 2005 ; CGDD, 2019b).

4.3.L'évolution des vitesses : une saturation durable ?

Points et messages clés :

- ✓ Au début des années 2000, le pic de la demande concorde avec un **pic sur les vitesses** moyennes des transports, apportant une nouvelle clé de lecture au *peak travel*.
- ✓ **A l'avenir**, la poursuite de la croissance du trafic aérien et du trafic sur autoroutes pourrait contribuer à la hausse de la vitesse moyenne ; au contraire, le renouveau des modes actifs et les baisses de vitesses sur routes pourraient la faire baisser.
- ✓ Les principales évolutions qui vont dans le sens de la **transition énergétique** vont également dans le sens d'un **ralentissement** de la vitesse moyenne des mobilités.

4.3.1. Saturation de la vitesse et de la demande ?

Les analyses précédentes ont permis de mettre en avant l'évolution des temps de transport en pourcentage depuis 1800 (Figure 18), et de la vitesse avec un pas de temps de 5 ans (Figure 17). La Figure 28 ci-dessous reprend les temps de déplacements en minutes par jour, et les deux courbes comparent les distances moyennes effectuées par jour avec la vitesse moyenne estimée. **Les deux courbes de demande et de vitesse sont logiquement proches sur l'ensemble de la période**, étant donné que les temps de déplacements sont proches d'une heure de transport par jour, conformément à ce que postule la conjecture de Zahavi.

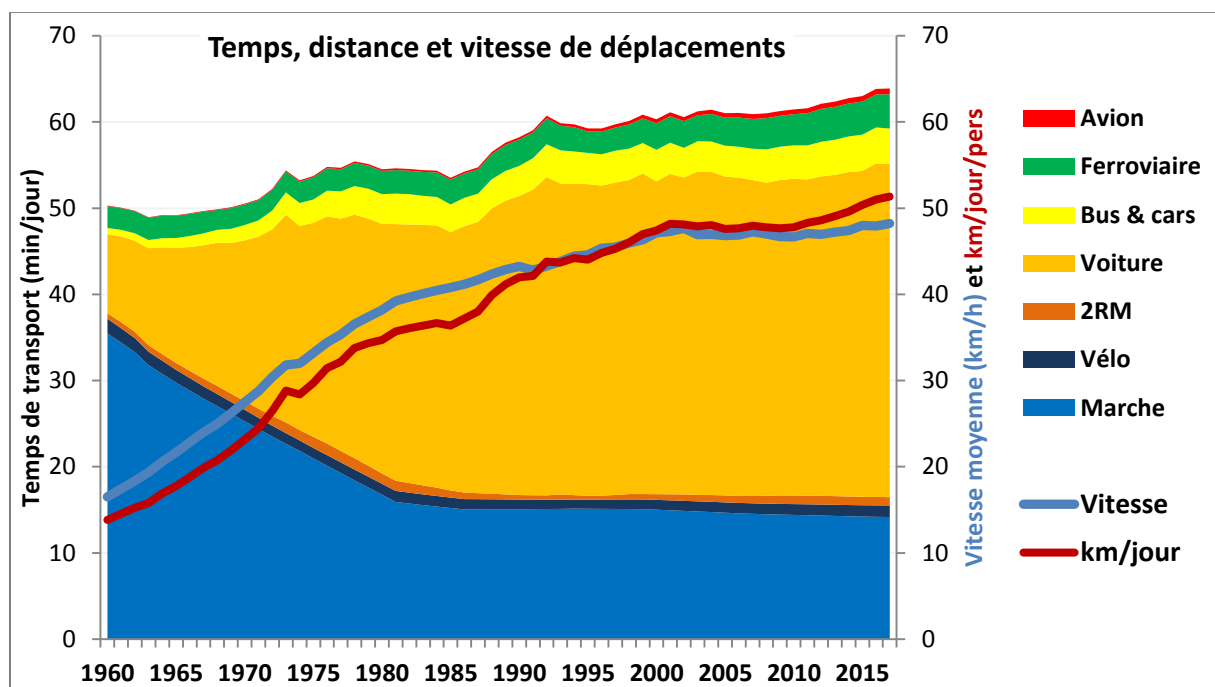


Figure 28 : Estimation des temps de déplacements par mode de déplacement sur 1960-2017, vitesse et demande
Temps de déplacements en minutes et demande en kilomètres, par jour et par personne ; vitesse en km/h ; transport aérien international inclus, sans lequel la vitesse moyenne est maximale en 2002

Cependant, **les temps de déplacements apparaissent croissants sur la période**, de 50 minutes en 1960 à 64 minutes en 2017, avec des tendances étranges notamment sur la fin des années 80. Il est possible que certaines tendances inexplicables reflètent essentiellement les incertitudes liées à l'évolution de la marche à pied, surtout pour les périodes les plus anciennes marquées par une forte proportion du budget-temps de transport qui lui est consacré. Il a également été noté que les données pour la marche ne sont disponibles qu'aux intervalles des ENT, qu'elles sont potentiellement sous-estimées (par omission de petits

trajets notamment), et que la valeur de la vitesse choisie a aussi un impact important sur les temps de déplacements calculés. Ici la valeur de 3,6 km/h est choisie, une valeur plus faible rendrait les temps de marche plus importants ; par exemple, choisir une vitesse de 3 km/h donne des temps de déplacements de 57 minutes en 1960 et réduit donc la tendance à la hausse sur la période.

Malgré ces incertitudes, **la tendance à la hausse des budgets-temps de transport (BTT) est tout à fait probable**, certaines enquêtes passées l'ayant déjà suggéré (3.2.1). Cette hausse est notamment très claire pour les déplacements quotidiens en Île-de-France, qui concentre 20 % de la population française. L'ENTD suggérait également une légère hausse des temps quotidiens entre 1994 et 2008 alors qu'ils étaient constants de 1982 à 1994. Dans le même temps, le nombre de trajets à longue distance augmentait de 74 % par personne sur 1982-2008, témoignant d'une hausse potentielle de l'ordre de 3 min/jour une fois ramenée sur l'année (d'environ 4-5 minutes à 7-8 min/jour en moyenne). Couplée à la hausse de 1,5 min/jour pour les déplacements du quotidien, la hausse cumulée de 4,5 min/jour entre 1982 et 2008 serait relativement proche des +6,5 min/jour entre ces deux dates dans la décomposition.

L'autre point important de l'évaluation temporelle concerne **l'évolution régulière des temps estimés depuis le début des années 90**, période qui a vu des variations plus fortes sur les distances de déplacements. Cette relative stabilité, ou plutôt la lente augmentation des temps de déplacements permet d'étudier plus facilement le lien entre l'évolution de ces distances journalières avec l'évolution calculée de la vitesse moyenne.

En effet, la comparaison des courbes de **distances et de vitesses montrent des tendances très proches depuis 1993**, avec seulement une courbe des distances qui augmente plus fortement en raison de la faible augmentation des budgets-temps. Cela est visible pour la voiture seule, ou pour l'ensemble des modes confondus (Figure 29). Lorsque l'aérien international est inclus, une très légère baisse de la vitesse et de la demande apparaît sur la décennie 2000. En revanche, pour le seul trafic intérieur, **un pic des kilomètres et de la vitesse** apparaissent très clairement au début des années 2000.

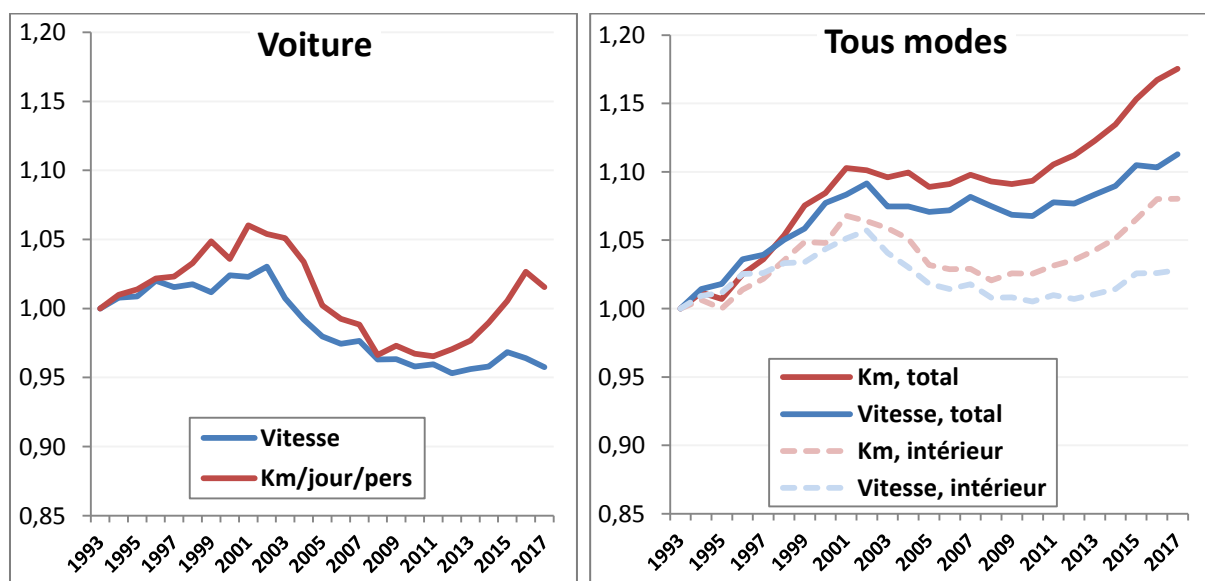


Figure 29 : Evolution de la vitesse et des kilomètres en voiture (à gauche), et tous modes de transport (à droite) Kilomètres par jour et par personne ; à droite, le total inclut l'aérien international, contrairement au trafic intérieur seul

Ainsi cette analyse donne un nouvel éclairage sur la question du *peak car* et du *peak travel*, qui pourraient être dus en partie au plafonnement et même au pic des vitesses moyennes de déplacements, notamment sous l'effet de la mise en place des radars. Cette hypothèse est complémentaire des autres explications généralement avancées pour ce phénomène qui a été observé dans de nombreux pays (Millard-Ball et Schipper, 2011 ; Newman et Kenworthy, 2011 ; Goodwin, 2012 ; Metz, 2010, 2013 ; Bastian et al, 2016, 2017 ; Wadud et Baierl, 2017 ; Grimal, 2015, 2017).

Comme évoqué en chapitre 1, les débats portent notamment sur le caractère temporaire ou permanent du phénomène, la question qui lui est liée de savoir si les variables économiques (PIB et prix du pétrole) suffisent à expliquer le phénomène ou non, et les autres facteurs qui pourraient rentrer en compte. Les questions de budgets-temps de transport (BTT) et de vitesse sont parfois évoquées, sous des formes différentes de la méthode quantitative utilisée ici ; Newman et Kenworthy (2011) donnent comme première des six raisons évoquées l'incapacité à continuer l'étalement urbain en préservant les BTT ; Metz (2010) évoque aussi bien les BTT que le facteur vitesse dans les évolutions constatées, et fait l'hypothèse d'une saturation de la demande par la baisse d'utilité marginale liée à ces hausses de vitesses ; Grimal (2015) cite parmi les explications du plafonnement de l'automobile en France la volonté des ménages de préserver leurs BTT quotidiens, une hypothèse qui semble ici confirmée. L'analyse conclue également à l'importance des variables économiques conjoncturelles, couplée à des effets de saturation sur la motorisation des ménages et des comportements générationnels liés d'une part au vieillissement de la population ou à une moindre utilisation de la voiture chez les plus jeunes. **Ces différents facteurs sont complémentaires et ont donc pu se combiner.** Par ailleurs, le pic sur la vitesse peut expliquer la tendance à la baisse des kilomètres qui arrive légèrement plus tôt que ce que suggèrent un modèle les seules variables économiques (Wadud et Baierl, 2017).

Les évolutions identifiées sur la vitesse permettent d'expliquer les tendances à la baisse sur la décennie 2000, mais aussi la hausse récente des distances parcourues. Ces tendances sont aussi mises en évidence par les enquêtes globales transport pour l'Île-de-France (Figure 30). Cela pose la question de la permanence de cette hausse et des évolutions futures possibles.

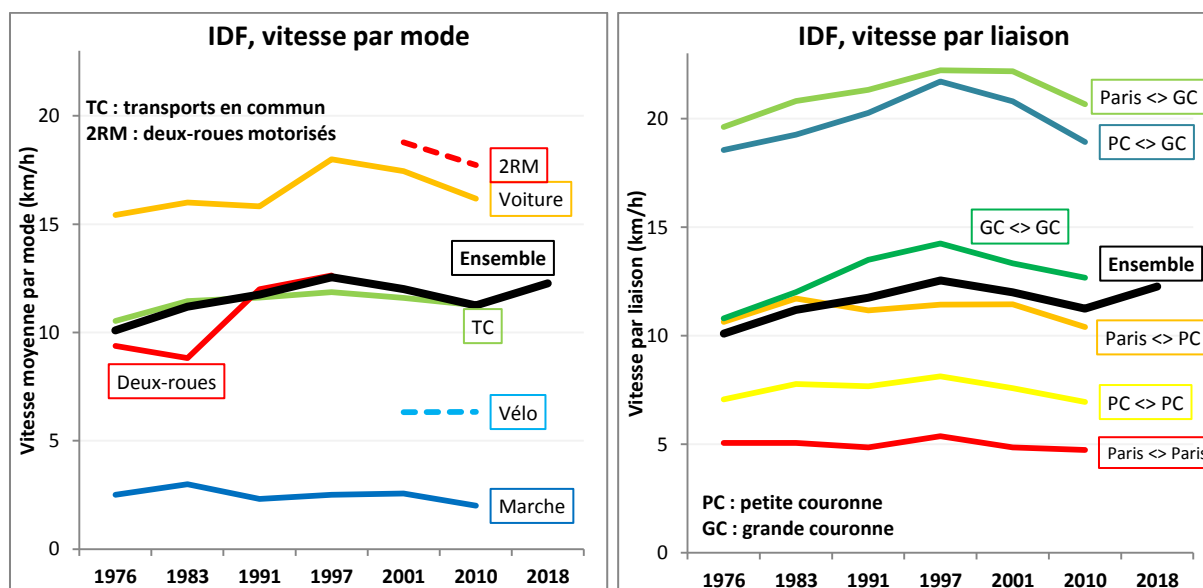


Figure 30 : Vitesses par mode et par type de liaison dans les enquêtes globales transport d'Île-de-France (Omnil)

4.3.2. Evolutions futures possibles de la vitesse

Les évolutions récentes et en cours des mobilités et des politiques publiques peuvent renseigner les possibles évolutions futures de la vitesse moyenne, et l'éventualité de la saturation voire du pic de celle-ci.

Concernant le **facteur de report modal** (4.2.1), il semble relativement saturé sur les transports intérieurs, mais pourrait continuer à contribuer à la hausse de la vitesse moyenne sur longue distance. Le recul historique a mis en évidence que les temps de transport en voiture ou plus largement en transports routiers individuels sont relativement stagnants depuis le début des années 90. Les temps sont légèrement en hausse, mais c'est l'augmentation en termes de budget-temps de transport (BTT) qui peut faire augmenter les vitesses. Par ailleurs, un report modal supplémentaire vers la voiture n'augmenterait que très faiblement la vitesse moyenne, étant donné que la vitesse de la voiture (53 km/h) n'est pas beaucoup plus élevée que la vitesse moyenne (48 et 42 km/h avec et hors international ; Tableau 2). Aussi le gain de parts modales (en termes de BTT) par la voiture semble peu probable, en raison de taux de motorisations qui semblent saturés et des trafics des modes alternatifs plutôt dynamiques. Ainsi les transports en commun routiers et ferroviaires ont des BTT plutôt en hausse depuis plusieurs décennies (Figure 19), en particulier sur les déplacements quotidiens, une tendance qui ne devrait pas évoluer significativement. Enfin, pour les déplacements quotidiens, le regain d'intérêt pour les modes actifs devraient avoir un effet de ralentissement de la vitesse moyenne si cela se traduit par une augmentation significative des proportions de BTT. L'objectif que la France s'est fixée de passer à 12,5 % de parts modales du vélo d'ici 2030 (en nombre de trajets, par rapport à 2,7 % en 2008) reviendrait à passer le BTT du vélo de 2 % à 10 % environ. Si cet objectif venait à être atteint, ces gains de 8 % de BTT se feraient probablement au détriment de modes plus rapides en moyenne, bien que le vélo puisse être plus rapide sur certains trajets urbains (en particulier en vitesse porte-à-porte), par rapport au bus ou à la voiture. Enfin, sur la longue distance, le nombre de voyages pourrait encore augmenter selon l'évolution du pouvoir d'achat et des comportements de mobilité, augmentant de fait la vitesse moyenne du fait de la vitesse moyenne plus forte à longue distance. L'effet est particulièrement significatif pour le transport aérien international, dont la dynamique est la cause principale de l'effet du report modal à la hausse sur les dernières décennies (l'aérien s'attribue 73 % de la hausse sur 1990-2017, les autres modes se compensant en partie ; Figure 20). La question reste cependant soumise à de nombreuses incertitudes, en particulier en raison des effets potentiellement durables que pourraient avoir la crise du coronavirus, et la montée des préoccupations climatiques qui pourraient encourager à la modération du trafic aérien.

Le **facteur de diffusion des infrastructures rapides** (4.2.2) a également participé à la hausse de la vitesse moyenne sur l'ensemble de la période, et pourrait être proche de la saturation. En effet, la construction des infrastructures ralentit fortement sur les dernières années pour les autoroutes, qui ont permis des accélérations importantes pour les modes routiers individuels. L'état des finances publiques encourage désormais à limiter les nouveaux projets, en plus des contestations locales et des problématiques environnementales qui devraient contribuer au plateau sur les kilomètres d'infrastructures autoroutières. Malgré cela, le trafic autoroutier continue d'augmenter ces dernières années même si cette croissance a ralenti, elle pourrait se poursuivre dans la limite des BTT et de la saturation des infrastructures, qui sont de plus en

plus soumises aux encombrements, y compris pour les trajets quotidiens. Le développement des lignes à grande vitesse pour le ferroviaire a également permis une accélération de ses vitesses à longue distance depuis les années 80. Mais comme pour les autoroutes, les projets sont de plus en plus remis en question en raison de la problématique du financement de ces nouvelles infrastructures, une situation que pourrait aggraver la crise liée au coronavirus. Les trafics TGV peuvent encore augmenter à infrastructure constante, mais la problématique de saturation du réseau va également se poser de manière croissante, sur certaines lignes ou nœuds ferroviaires, en particulier pour les périodes et horaires de forte fréquentation (weekends, vacances, heures de pointe). Si la question des horaires décalés se pose régulièrement pour les transports en commun du quotidien, notamment en Île-de-France, elle devrait également se poser de plus en plus pour la longue distance ferroviaire, plutôt sous la forme de séjours décalés.

Enfin, les **vitesses pratiquées par réseau** (4.2.3) semblent plutôt orientées sur des tendances de long terme à la baisse, bien que marquées par des évolutions fluctuantes selon les politiques de sécurité routière mises en œuvre et les comportements des usagers. La réglementation semble toujours orientée vers la baisse des vitesses, avec pour dernières évolutions en date la mise en place des radars à partir de 2003 et le passage à 80 km/h sur les routes secondaires sans séparateur central à l'été 2018. Ces politiques sont généralement très contestées, par les automobilistes dont le 80 km/h était un des motifs déclencheurs du mouvement des gilets jaunes, et par certains politiques, comme en témoigne la volonté de certains départements de revenir sur la mesure, phénomène qui devrait toutefois se limiter à quelques portions de routes. Malgré ces contestations, en particulier pour les politiques nationales, il est probable que le mouvement à la baisse perdure, car il est également amplifié au niveau local par de nombreuses baisses récentes de vitesse sur les rocade, ou par la multiplication du 30 km/h en ville, qui permet en retour de favoriser les modes lents que sont la marche et le vélo (Héran, 2018). Ainsi les baisses sur certains réseaux encouragent aussi à ralentir ceux qui sont restés à des vitesses plus élevées, faisant progressivement accepter une tendance au ralentissement des vitesses limites. Dans ce mouvement, il serait possible que la vitesse maximale soit abaissée sur les autoroutes, une mesure qui était présente dans la stratégie nationale bas-carbone de 2015 (MEDDE, 2015).

Si les tendances sur ces trois principaux facteurs ont été citées sans focus spécifique sur la transition énergétique, les mesures dans son sens vont plutôt vers un ralentissement, point qui sera abordé ensuite en 4.3.3 afin de faire le lien avec les deux chapitres précédents.

Au-delà de l'évolution de ces trois déterminants, il pourrait être argué que de **nouveaux modes ou de nouveaux usages** pourraient apparaître, bousculant les prévisions précédentes : Hyperloop, Maglev, taxis volants, véhicules autonomes ou livraisons par drones pour les marchandises, les idées futuristes ne manquent pas de séduire régulièrement les médias et certains politiques. Les effets d'annonce et de communication, parfois dans le but d'organiser une levée de fond, cachent souvent des réalités plus compliquées qu'annoncées. Ainsi les véhicules autonomes ont récemment retenu une grande attention dans les médias, auprès des constructeurs, et dans les débats sur les transports et les politiques publiques. Finalement, la révolution annoncée par certains pour 2019 ou 2020 n'aura pas lieu à la vitesse prévue, et les coûteux projets montrent des signes de ralentissements qui devraient être renforcés par la crise

actuelle. Au-delà des limites techniques, économiques, ou environnementales qui peuvent compromettre ces projets (Crozet, 2015 ; Lacôte, 2018 ; OPECST, 2018), l'exploration de la diffusion passée de la vitesse invite à prendre avec précaution l'impact que pourraient avoir ces innovations sur la vitesse moyenne. En effet, les progrès technologiques ont généralement largement précédé la diffusion des modes : l'Hyperloop, qui n'est techniquement pas prêt aujourd'hui, ne pourrait pas représenter des trafics significatifs avant plusieurs décennies ; aussi sa probablement faible capacité de transport et le coût le limiteraient probablement à un faible nombre d'usagers, tandis que les contraintes foncières, économiques et environnementales liées aux infrastructures le limiterait sûrement à quelques rares liaisons ; enfin, la vitesse annoncée supérieure à 1000 km/h nécessite des relations directes ou avec un très faible nombre d'arrêts ; couplé au faible nombre de relations et aux contraintes d'emplacement des infrastructures, les temps d'accès pèseraient fortement sur les temps de parcours à longue distance, limitant l'intérêt de telles vitesses de pointe pour améliorer les vitesses porte-à-porte. Les taxis volants présentent certaines contraintes similaires, en particulier sur l'utilisation de l'espace public mais aussi sur les coûts énergétiques et financiers d'une telle technologie.

La question des véhicules autonomes pose une question plus large et non spécifique à cette innovation, qui concerne **le coût ou la valeur du temps de déplacement**. Le rêve vendu avec le véhicule individuel autonome est celui d'un salon ambulante dans lequel on pourrait à la fois se déplacer, tout en occupant le temps de déplacement par des activités diverses que ne permettent pas la conduite : travailler, dormir ou encore se divertir. Dans un tel cas, se pose la question du maintien ou non de la contrainte de budget-temps de transport, si le déplacement n'est plus ressenti comme un coût important. Pourquoi alors ne pas vivre encore plus loin de son travail, si l'on peut occuper le temps de déplacement par d'autres activités ? Si la question s'est posée récemment avec une plus forte acuité dans les débats sur le véhicule autonome, elle est tout à fait valable également pour d'autres modes. Les transports en commun ou le taxi permettent d'utiliser le temps de déplacement pour d'autres activités, ce que font une partie des voyageurs. Cela est d'autant plus facile : que le trajet est confortable, tel un trajet assis en TGV ou dans un avion, contrairement aux bus ou métros congestionnés aux heures de pointe ; que le niveau d'attention nécessité par le voyage est faible (routine du trajet, temps assez long entre les changements, fiabilité du temps de transport, peu de bruit, etc.) ; que les outils numériques permettent de réaliser des activités sur un téléphone ou un ordinateur portable (accès au wifi, échanges de SMS ou de mails, films ou jeux, information, etc.), une tendance qui s'est développée plus récemment. Le confort en conduite pour la voiture s'est également amélioré, et permet aussi certaines activités qui demandent peu d'attention, telles que la discussion avec les passagers ou l'écoute de la radio. Par le passé, ces modes motorisés ont également remplacés des modes actifs, pour lesquels la question du coût du temps est plus contrastée : l'effort physique qu'ils nécessitent encourage à limiter les temps de déplacements ; en revanche, l'activité physique est bonne pour la santé, et les déplacements peuvent être appréciés en partie comme des moments de détente ou d'activité physique pour préserver la santé, le coût du temps peut alors devenir négatif pour certains usagers. Ces questions sont particulièrement présentes dans l'évaluation socio-économique des politiques publiques de transport (voir notamment CGSP, 2013 ; Gössling et Choi, 2015).

La **hausse constatée sur les temps de déplacements** ces dernières décennies peut également être questionnée à la lumière de ces **gains de confort** : ont-ils permis de relâcher la contrainte des BTT ? Le pourront-ils davantage encore à l’avenir ? Si la réponse à cette question n’influence pas forcément beaucoup la vitesse moyenne des déplacements, elle influence indirectement les projections sur la demande de mobilité (les km par personne). Ceux-ci pourraient continuer à croître même en cas de saturation de la vitesse, si jamais les temps de déplacements continuaient à augmenter.

Ces éléments doivent en tous cas être **intégrés aux scénarios de prospectives** afin d’évaluer les effets des projections de demande de transport par mode sur les budgets-temps de transport (une notion développée par certains scénarios, tels que ceux du LET-Enerdata ou de l’IDDRI cf chapitre 2). Ainsi, le scénario de la stratégie nationale bas-carbone (SNBC) française prévoit une hausse du nombre de kilomètres par personne de l’ordre de +14 % entre 2015 et 2050. En estimant que la vitesse des modes sur courte et longue distance va rester stable sur la période, le développement des trafics et du report modal vers des modes plus lents (modes actifs, transports en commun sur courte distance) amènent à des temps de déplacements qui augmentent de 10 minutes (de 55 à 65 minutes par jour, soit +18% ; Figure 31)⁴. La désirabilité d’une telle évolution pose question, tout comme la faisabilité d’une telle hausse de la demande en cas de report modal vers les modes lents.

Le lien entre saturation possible de la vitesse moyenne pour les trafics intérieurs et demande, est seulement un des aspects concernant les **liens entre vitesse des déplacements et transition énergétique des mobilités**, un aspect qu’il s’agit désormais d’approfondir.

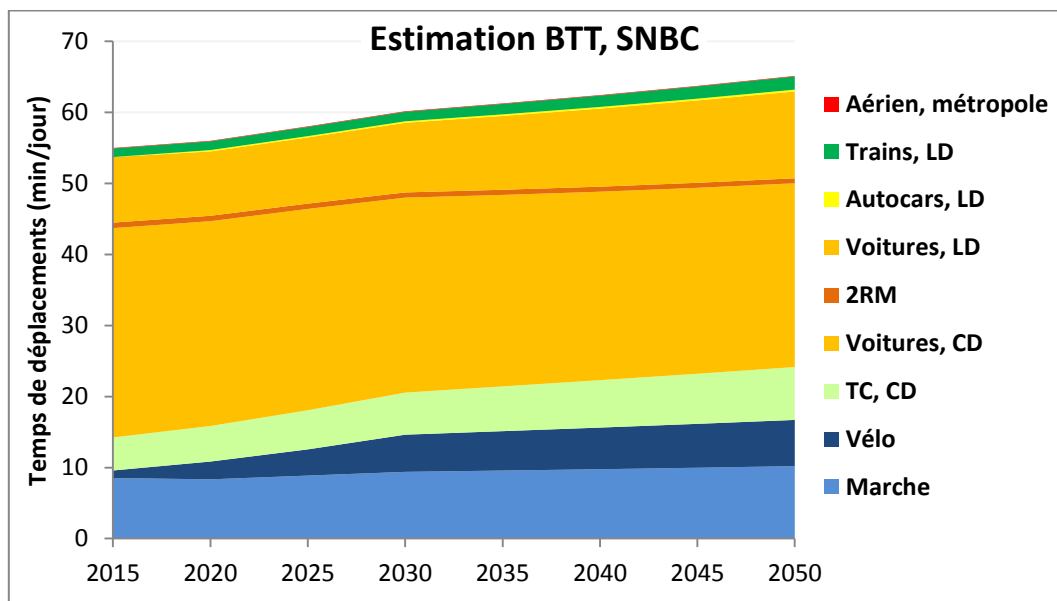


Figure 31 : Estimation des budgets-temps de transport (BTT) moyens en min/jour/personne dans la SNBC, 2015-2050
 SNBC : stratégie nationale bas-carbone ; TC : transports en commun ; 2RM : deux-roues motorisés ; CD et LD : courte et longue distance ; hypothèses de calcul en note de bas de page

⁴ Le calcul est réalisé en reprenant les vitesses moyennes en circulation (et non porte-à-porte) de cette analyse, pour les déplacements en Métropole, en intégrant 60% des VUL à l’analyse ; les détails ne sont pas disponibles entre trafics routiers et ferroviaires sur la courte distance, les vitesses y sont considérées constantes à 33 km/h entre 2015 et 2050 ; les détails sont en revanche disponibles pour le ferroviaire entre TGV, Intercités et TER, dont les vitesses sont considérées constantes ; les différences de temps de déplacements en début de période s’expliquent essentiellement par l’hypothèse des kilomètres en marche à pied, plus faibles dans la SNBC

4.3.3. *La transition énergétique, synonyme de ralentissement ?*

Parmi les éléments clés de l'évolution possible de la vitesse moyenne des déplacements, celles qui vont dans le sens de la transition énergétique sont généralement celles qui tendraient à limiter la hausse voire à faire baisser la vitesse moyenne. Ainsi les principaux facteurs possibles à la hausse concernent le développement du transport aérien et du trafic sur autoroutes, des tendances qu'il faudrait modérer pour limiter les émissions des transports. A l'inverse, les principaux facteurs possibles à la baisse de la vitesse sont le report modal vers les modes actifs et les transports en commun pour les déplacements de courte distance, et la baisse des vitesses pratiquées sur les routes, deux évolutions favorables à la transition énergétique.

Parmi les 5 facteurs étudiés dans les deux chapitres précédents, 3 d'entre eux ont des évolutions influencées de manière relativement forte par la vitesse des modes : la demande de mobilité, le report modal, et l'efficacité énergétique.

Le **lien entre vitesse et demande** a été largement explicité précédemment, en lien avec des temps de déplacements relativement constants au cours du temps. Etant donné que ce lien entre vitesse et demande est important, et que la demande est le principal facteur d'évolution des émissions (cf chapitre 1), la vitesse a un rôle important dans l'évolution des émissions. Ainsi les courbes de vitesse moyenne et d'émissions par personne sont également proches sur la période étudiée de 1960-2017.

A l'avenir, la modération de la demande pourrait être obtenue pour partie par une modération des vitesses, par les différentes évolutions explicitées ci-dessus, participant ainsi à la limitation des émissions de CO₂. La relation entre demande et vitesse est valable dans les deux sens, ainsi les actions visant à limiter les distances auront également pour effet de réduire la vitesse moyenne des déplacements, étant donné que la vitesse est croissante avec la distance (Figure 12). A longue distance, éviter les voyages à très longue distance aurait pour effet de réduire les distances parcourues en avion, qui ne dispose pas de solution technologique à l'échelle pour sa décarbonation. Pour les déplacements quotidiens, les évolutions dans l'aménagement du territoire sont indispensables pour permettre une réduction des distances. Elles sont également une condition nécessaire pour que les baisses de vitesse des déplacements du quotidien (par exemple par un usage croissant du vélo) ne se traduisent pas par des hausses des temps de déplacements.

Les liens entre demande et report modal sont très importants comme cela a été vu dans les chapitres précédents, ainsi le **lien entre vitesse et report modal** est tout aussi évident. Pour aller dans le sens de la transition énergétique, il faut prioriser la réduction des distances parcourues pour les modes les plus consommateurs d'énergie, éventuellement en baissant leur vitesse. A l'opposé, le report modal peut être favorisé en améliorant la vitesse des modes les plus vertueux, quand cela est possible et souhaitable. Par exemple, en ville, limiter la vitesse à 30 km/h et réduire la place accordée aux modes motorisés au profit d'aménagements cyclables efficaces, est une double incitation qui permet de favoriser le report modal par l'évolution des vitesses de deux modes en concurrence. De nouveau, cette stratégie est complémentaire d'un aménagement du territoire qui viserait une réduction des distances domicile-travail ou domicile-achats, qui permet de faciliter en retour la réalisation de ces

trajets en modes actifs, qui sont à la fois des modes lents, particulièrement adaptés aux courtes distances, et non émetteurs de CO₂.

En raison des durées de trajets relativement constantes selon les modes, l'impact des changements de modes sur les émissions peuvent être regardés en émissions par kilomètre parcouru, mais également en émissions de CO₂ pour un temps de transport donné. Car **si la distance à parcourir influence le choix du mode de transport, l'inverse est également vrai** dans une certaine mesure. Ainsi le choix du mode conditionne également les destinations, que ce soit sur le choix d'un trajet ou sur des choix de long terme. Par le passé, l'accélération s'est par exemple traduite par un éloignement progressif des distances domicile-travail. Si à l'avenir une part croissante de la population souhaite pouvoir se rendre sur son lieu de travail à pied ou à vélo, cela se matérialisera nécessairement par des choix de localisation visant à réduire les distances, en faisant de la proximité entre domicile et travail un critère important de la recherche du logement ou de l'emploi. A longue distance, partir en vacances en avion donne la possibilité d'atteindre des destinations très lointaines. Au contraire, partir en vacances en cyclotourisme avec éventuellement des trajets en TER ou Intercités conditionne également fortement les destinations possibles. Les émissions rapportées à l'heure de transport permettent donc de comprendre l'impact sur les émissions du choix de l'allocation des (environ) 15 minutes des déplacements quotidiens ou des quelques heures de déplacement des départs en vacances (Figure 32 ; émissions rapportées à l'heure de déplacement porte-à-porte). La mesure ne change pas vraiment l'ordre des modes, mais défavorise les modes rapides par rapport à la mesure conventionnelle par kilomètre parcouru. Par exemple, la voiture et l'avion ont des émissions similaires par kilomètre parcouru, en revanche les émissions par heure sont bien plus importantes pour l'avion car celui-ci permet de réaliser des distances bien plus longues pour un budget-temps de transport donné. L'écart est encore plus important en ne comptant que les émissions par temps de vol, qui sont proches des 100 kgCO₂/h. Sous budget-temps de transport contraint, le train est donc le plus vertueux pour la courte distance comme pour la longue distance (avec la majorité des émissions liées au pré- et post-acheminement, devant les bus et cars, la voiture, et loin devant l'aérien.

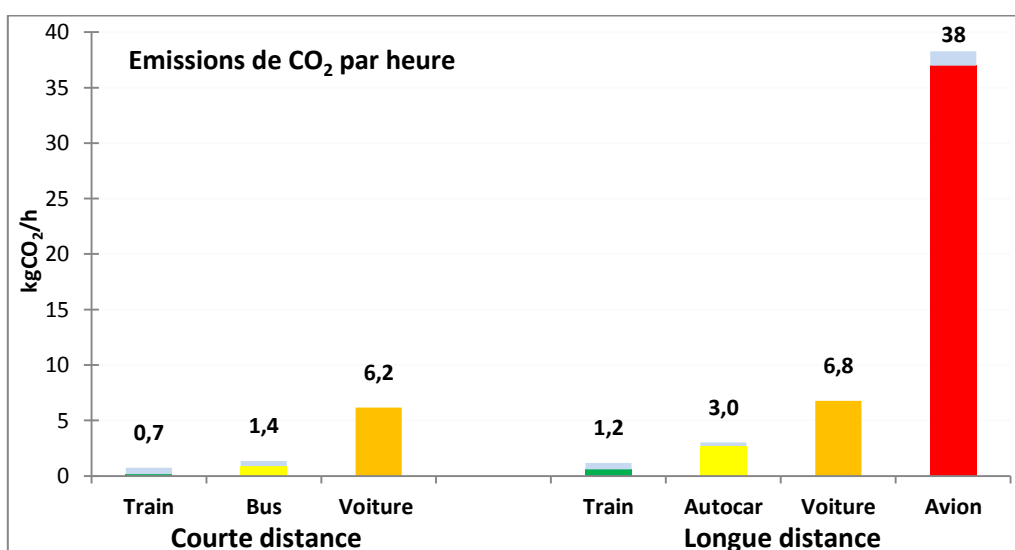


Figure 32 : Emissions de CO₂ moyennes par heure de déplacement, modes de courte et longue distance

Les calculs sont réalisés en tenant compte des émissions et des vitesses porte-à-porte, ce qui explique les principales différences avec les chiffres dans l'article de The Conversation en annexe, calculé avec des vitesses commerciales ; les émissions en bleu pour chaque mode correspondent à celles des modes d'accès à la gare / l'arrêt / l'aéroport

Enfin, les **vitesse pratiquées ont un lien fort avec l'efficacité énergétique**, étant donné les différences de consommations des véhicules selon la vitesse (Figure 33). Pour les voitures thermiques, il apparaît une courbe en forme de U avec des consommations minimales autour de 70 km/h. Les courbes de référence pour les consommations des véhicules ont été changées entre 2017 et 2019, avec une courbe bien moins marquée pour l'évaluation la plus récente (MTES, 2017, dans Prud'homme, 2019 ; MTES, 2019 ;). En raison de cette courbe en U, les études sont unanimes pour relever des baisses de consommation et d'émissions pour les limitations de vitesse sur les routes les plus rapides (ADEME, 2014 ; CGDD, 2018b). Cet effet est d'autant plus important que les vitesses concernées sont éloignées de 70 km/h : la baisse est par exemple de 10 % en passant de 130 à 120 km/h, et de -5,5 % en passant de 110 à 100 km/h (MTES, 2019).

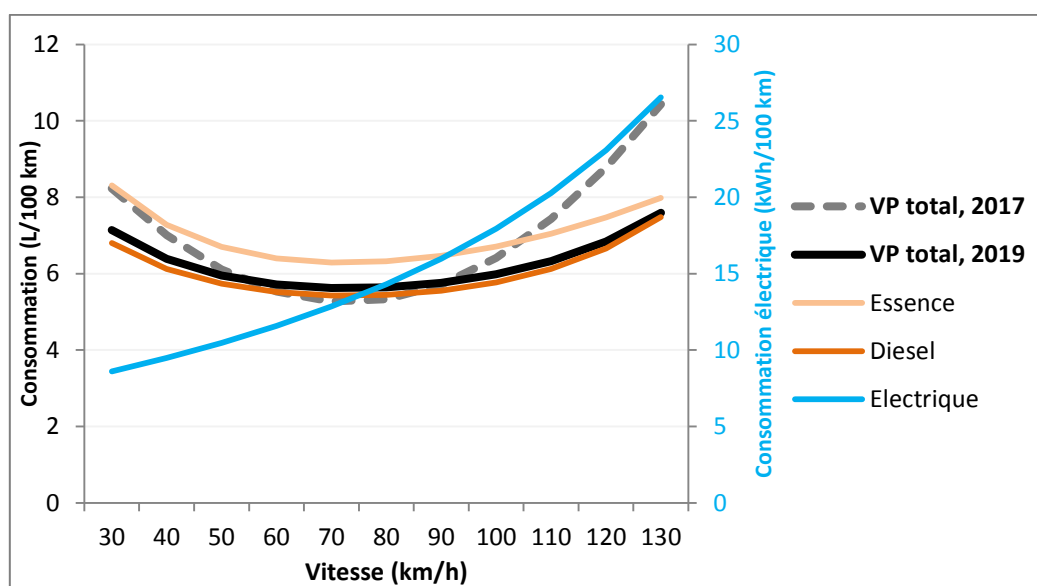


Figure 33 : Consommations énergétiques des voitures personnelles (VP) thermiques et électriques
Données MTES, 2017, 2019

Ainsi les baisses de vitesses pratiquées sur les routes à 90, 110 et 130 km/h suite à l'introduction des radars a permis des réductions substantielles d'émissions par ces gains d'efficacité énergétique. L'estimation en Tableau 4 donne un effet direct de la mesure de 0,9 MtCO₂ en raison des moindres consommations (et 3,1 MtCO₂ avec la courbe MTES, 2017). Cela correspond à l'équivalent d'un tiers de ce qu'a permis le report modal vers le transport ferroviaire de voyageurs depuis le milieu des années 90. L'effet des autres publiques environnementales ayant été faible par le passé (cf chapitre 1), cette baisse d'émissions est loin d'être négligeable pour une mesure dont ce n'était pas l'objectif.

Tableau 4 : Calcul de l'impact des baisses de vitesses sur les routes rapides entre 2002 et 2005 sur les émissions
Vitesses pratiquées d'après ONISR ; courbe des consommations d'après MTES, 2019 ; pourcentages de trafic (400 Md veh.km environ) selon la limitation et pourcentage du trafic fluide d'après André, 2020

Routes	Vitesses pratiquées		Consommations				Trafic			Impacts	
	2002	2005	2002	2005	$\Delta L/100 \text{ km}$	%	%trafic	%fluide	Md km	Md L	MtCO ₂
90	92	85	6,4	6,3	-0,12	-1,9%	16%	84%	54	-0,07	-0,16
110	112	104	7,1	6,8	-0,33	-4,6%	7%	72%	19	-0,06	-0,16
130	129	122	8,2	7,6	-0,53	-6,5%	18%	60%	43	-0,23	-0,58
										-0,36	-0,90

Aussi cet effet direct sur l'efficacité ne concerne qu'une partie de l'impact. La réduction de la demande a probablement eu un impact plus important : de 1990 à 2002, les trafics en VP ont augmenté en moyenne de 1,9 %/an ; entre 2002 et 2005, les trafics baissent en moyenne de 0,3 %, et ne ré-augmentent vraiment qu'après la crise de 2008 (trafics en Md veh.km ; Citepa). A un moment où les émissions des VP étaient d'environ 75 MtCO₂, si la mise en place des radars et la baisse des vitesses moyennes étaient responsables de la moitié cette rupture de tendance (l'autre moitié à la conjecture économique notamment ; voir fin 4.3.1), l'impact indirect de la mesure pourrait être de l'ordre de -2,4 MtCO₂.

L'impact global est difficile à établir précisément, car : les calculs sur l'efficacité montrent des chiffres différents avec les deux courbes (-0,9 MtCO₂ avec les chiffres de 2019 ; -3,1 Mt avec ceux de 2017) ; et la rupture sur la demande est possiblement liée à plusieurs facteurs (effet total de la rupture de la demande de VP sur 2002-2005 de -4,8 MtCO₂). Malgré les incertitudes, les ordres de grandeur disponibles suggèrent que **la mise en place des radars est possiblement la mesure de politiques publiques qui a eu l'impact le plus important sur les émissions des transports** par le passé, et un rôle important dans le pic des émissions intérieures de voyageurs constaté au début des années 2000.

Un tel impact pour une mesure peut questionner sur l'intérêt d'une **baisse des limites de vitesse sur les routes les plus rapides**, notamment sur les autoroutes à 130 km/h. La principale limite concerne l'acceptabilité d'une telle mesure, surtout après les contestations récentes du passage à 80 km/h sur les routes secondaires. Quelques éléments permettent cependant de penser que la mesure pourrait de nouveau être proposée dans les années à venir. Tout d'abord, elle pourrait s'inscrire dans un mouvement général à la baisse des vitesses, déjà en cours et qui pourrait se poursuivre. Il pourrait aussi être encouragé au-delà des frontières, les Pays-Bas ayant par exemple récemment décidé d'abaisser de 130 à 100 km/h les vitesses sur autoroutes en journée afin de respecter leurs engagements climatiques. Comme suggéré plus haut avec l'exemple des radars, la mesure a en effet de forts impacts sur les émissions à court terme, comparé aux autres mesures possibles qui ont jusqu'à maintenant des effets plus limités et dont les effets sont généralement plus lents (cf chapitres 1 et 2). Pour un passage de 130 à 110 km/h, les consommations des véhicules thermiques passent de 7,6 à 6,3 L/100 km, soit -1,3 L ou -17 % de consommations. Les baisses de consommations sont de -24 % pour les véhicules électriques, dont les consommations sont croissantes avec les vitesses y compris pour les vitesses les plus faibles. Ainsi une baisse sur autoroute serait positive pour préserver l'autonomie, permettre des trajets plus longs ou limiter la taille des batteries, des évolutions très favorables pour le déploiement de ces véhicules. Les baisses de consommations permettent également de réduire le coût marginal des trajets de manière similaire, ainsi la mesure permet aux automobilistes de faire des économies, tandis que le coût financier de mise en œuvre pour les politiques publiques est très limité. L'évolution se fait au détriment de temps de transport un peu plus longs, de l'ordre de 8 minutes pour 100 km pour un trafic fluide qui passerait de 130 à 110 km/h. L'acceptabilité sociale en resterait pour autant potentiellement meilleure que les solutions de tarification du carbone ou la mesure du 80 km/h : l'impact sur les inégalités sociales et le pouvoir d'achat est favorable en raison des baisses de consommation, réduisant ainsi les dépenses de l'ensemble des usagers ; par rapport à la tarification qui impacte proportionnellement davantage les plus démunis, d'après la

théorie économique la baisse des vitesses a plutôt tendance à impacter davantage les plus aisés, dont la valeur du temps est plus élevée ; par ailleurs, les autoroutes sont davantage utilisées par les personnes aux revenus plus élevés (les voyages à longue distance et les longs trajets domicile-travail sont croissants avec le revenu), contrairement à la mesure des 80 km/h, accusée d'impacter essentiellement les trajets du quotidien dans les zones rurales. Enfin, la mesure semble souhaitable pour 40 % de la population en 2019 (15 % très et 25 % assez souhaitable ; contre 26 % pas vraiment et 31 % pas du tout souhaitable ; 3 % NSP). Elle semblait souhaitable à la majorité de la population entre 2005 et 2013, puis le support est tombé à 34 % en 2014, est remonté à 45 % en 2017 puis descendu à 37 % en 2018 au moment de la mise en place du 80 km/h (ADEME, 2019a).

Au-delà de la vitesse limite, les expériences de limitations de vitesse montrent que l'impact sur les vitesses pratiquées est toujours inférieur à la baisse de la limitation. Ainsi une baisse de 10 km/h de vitesse maximale entraîne une baisse de l'ordre de 3 à 5 km/h des vitesses pratiquées (-3,4 km/h par exemple sur l'année qui a suivi les 80 km/h, Cerema, 2020b ; CGDD, 2018b). Les impacts sur les émissions ne sont donc pas aussi importants que le gain direct d'efficacité, et le passage de 120 à 110 km/h mène par exemple à des baisses d'émissions de l'ordre de -2 à -3 % des consommations réelles (EEA, 2011 ; Asensio et al, 2014). Cela montre l'importance des comportements, des **contrôles**, et de la répression qui a été la plus efficace pour contenir les accidents par le passé (Orselli, 2009).

Une autre stratégie serait de **limiter la vitesse maximale des véhicules**. En effet, la voiture neuve moyenne en 2018 peut atteindre une vitesse maximale de 185 km/h (L'Argus, 2019), ce qui est à la fois dangereux, encourage des moteurs puissants qui consomment davantage, et inutile quand la vitesse maximale sur les routes est de 130 km/h. Par ailleurs, des limitations sur les véhicules existent déjà sur de nombreux véhicules sous différentes formes. Ainsi l'assistance des vélos à assistance électrique est limitée à 25 km/h, le bridage des cyclomoteurs à 45 km/h, la vitesse maximale de la Renault Zoé est de 135-140 km/h, et les poids-lourds sont soumis à des limiteurs de vitesse embarqués depuis 1985.

En raison de la courbe en U des consommations avec la vitesse, **l'effet des limitations de vitesse en ville est plus contrasté**. Les consommations des véhicules thermiques augmentent quand la vitesse diminue, mais les conditions de circulation changent également, rendant potentiellement les baisses de vitesse positives pour les consommations des véhicules (ADEME, 2014 ; Madireddy et al, 2011). Aussi les effets indirects sur la demande et le report modal, par exemple en encourageant la réduction des distances et en sécurisant les modes actifs, améliorent encore l'intérêt de ce genre de mesure. Cette interaction entre effets directs potentiellement négatifs et effets indirects positifs a été formalisée à l'aide d'un modèle de transport, dans le cadre de travaux de la présente thèse.

Enfin, des vitesses réduites sur le **transport aérien** permettraient potentiellement de réutiliser des avions à hélices, moins rapides mais également moins consommateurs que les avions à réactions qui les ont remplacé (Castaignède, 2019).

Dans le **transport de marchandises**, la baisse des vitesses est également citée parmi les stratégies prioritaires pour décarboner le transport maritime. Le relâchement de la contrainte temporelle permettrait également de favoriser le transport ferroviaire, moins flexible et réactif que le transport routier (Briand et al, 2019 ; points davantage développés en chapitre 4).

5. Conclusion

Points et messages clés :

- ✓ Etant donné les temps de déplacements d'environ **1 h/jour** en moyenne, 15 min pour les déplacements quotidiens et 2h30 à 4h pour ceux de longue distance, les **vitesse**s variées des modes conditionnent fortement les comportements et distances parcourues
- ✓ Par le passé, la vitesse moyenne a fortement augmenté sous l'effet de la diffusion des modes et réseaux rapides, jusqu'à atteindre un **pic au début des années 2000** pour les déplacements intérieurs, au même moment que la distance parcourue par personne.
- ✓ La **saturation** de la vitesse moyenne pourrait perdurer à l'avenir, surtout pour les déplacements intérieurs ; les évolutions favorables à la **transition énergétique** vont principalement dans le sens d'un **ralentissement** de la vitesse moyenne des mobilités.

Au terme de cette exploration sur les **vitesse**s de déplacements en France, il est possible de tirer quelques grandes conclusions sur l'importance de celles-ci dans l'explication des comportements de mobilité, et sur l'évolution de ces vitesses par le passé et à l'avenir.

L'importance de la vitesse prend ses racines profondes dans l'observation de **temps de déplacements proches d'une heure par jour et par personne**, à la fois en comparaison entre différentes sociétés, pays ou villes, et à différentes époques. Cette constante est connue sous le nom de conjecture de Zahavi, et a donné lieu à de nombreuses analyses sur les budgets-temps de transport, en plus de travaux sur la vitesse généralisée ou sur les liens entre vitesse et aménagement du territoire. Si les temps de déplacements varient selon le périmètre des enquêtes et apparaissent contrastés selon les individus ou les territoires, cette constance relative est un outil puissant pour comprendre l'évolution des comportements de mobilité avec l'introduction des modes rapides.

L'analyse quantitative réalisée à partir des trafics par mode en 2017 mène à une **estimation de 64 minutes par jour et par personne de temps de transport de voyageurs** en moyenne. Ainsi les distances journalières et les vitesses moyennes estimées sont proches, de l'ordre de **51 km/jour** à **48 km/h** en moyenne pour l'ensemble des transports de voyageurs, et 45 km/jour et à 42 km/h pour les seuls déplacements intérieurs (hors aérien international). Par ailleurs, à ces temps en circulation s'ajoutent un peu plus de 2 minutes relatives aux temps de retard et d'attente (estimés respectivement à 24 s et 1 minute 50 par jour), environ 7 minutes de temps de transports motorisés réalisés dans le cadre de l'activité professionnelle (conducteur, agriculteur, etc.), auxquels s'ajoutent également des temps de marche à pied dans le cadre professionnel, domestique ou de loisirs estimés à environ 37 minutes, et quasiment 1 minute pour le vélo. Au total, chaque personne passerait environ 1h51 en déplacements ou en mouvement chaque jour, pour moitié dans des modes de transport ou engins motorisés (55 minutes), quasiment autant en modes actifs (54 minutes) et le reste en temps de retard ou d'attente (2 minutes). Avec les estimations complémentaires, les distances totales passeraient à 58 km/jour/personne en moyenne. Ces chiffres illustrent l'hyper-mobilité et la place que les déplacements motorisés ont pris dans les modes de vie. Cette mobilité motorisée s'est pour beaucoup substituée aux mobilités actives, rendant dans le même temps les modes de vie de plus en plus sédentaires, avec une baisse de l'activité physique globale, particulièrement visible dans les déplacements.

Différents éléments rassemblés convergent également vers une **possible hausse des temps de déplacements** ces dernières décennies, en particulier lorsque les déplacements de longue distance sont comptés, étant donné leur augmentation. Malgré tout, les temps de transport totaux restent proches d'une heure par jour en moyenne.

La **durée des déplacements apparaît également proche selon les modes**, en séparant ceux utilisés au quotidien, et ceux utilisés pour la longue distance : ces durées sont de l'ordre de 15 minutes pour les déplacements locaux, et environ 2h30 à 4h pour les déplacements à longue distance. A ces temps dans le mode principal utilisé, s'ajoutent des temps d'attente et surtout d'accès (pré- et port-acheminement) qui pèsent particulièrement lourd dans les trajets en avion et dans les trajets en transports en commun ferroviaires et routiers en particulier pour la courte distance.

Ces temps de circulation proches selon les modes de déplacement permettent de mettre en évidence **l'importance de la vitesse des modes dans la distance moyenne** qu'ils permettent de parcourir en un temps donné.

Car à l'opposé des constantes de temps, **les vitesses des modes apparaissent très contrastées**, variant de 3,6 km/h pour la marche à quasiment 1000 km/h de vitesse commerciale pour les vols les plus longs. Même entre les modes de courte distance, un rapport de 1 à 13 est présent (entre 3,6 km/h pour la marche et 46 pour la voiture) tandis que ce même rapport pour la longue distance est évalué de 1 à 14 (entre 51 km/h pour la moyenne des cars longue distance et environ 730 km/h pour l'avion). Aussi, plus la distance est longue, et plus les modes rapides (voiture, train, puis avion) et les réseaux rapides (autoroutes, TGV notamment) sont utilisés. **La vitesse moyenne des déplacements apparaît donc croissante avec la distance parcourue**, mettant en évidence les domaines de pertinence des différents (sous-)modes de transport, selon leur vitesse commerciale mais également les temps d'accès qu'ils nécessitent. Ainsi la voiture apparaît en moyenne comme le mode le plus rapide pour les courtes distances et jusqu'à environ 400 km, distance à partir de laquelle le train et l'avion atteignent des vitesses moyennes porte-à-porte plus importantes. Au-delà de 1000 km, l'avion domine très largement les déplacements de par sa vitesse et le réseau de destinations nombreuses et lointaines qu'il permet d'atteindre.

Les vitesses au sein d'un même mode sont elles-mêmes très variées, questionnant les **facteurs rendant possible la vitesse**, mais également ses **facteurs limitants**. Les facteurs la rendant possible s'articulent autour des progrès passés sur les moteurs, les véhicules et/ou les infrastructures. Les facteurs limitants sont bien plus variés selon les modes : ils sont principalement physiologiques pour les modes actifs ; liés essentiellement à l'insécurité et à la congestion pour les modes routiers ; aux potentiels techniques, au nombre d'arrêts et aux temps d'accès pour le ferroviaire ; et au coût notamment énergétique pour les vitesses commerciales de l'aérien, complétés par les temps d'attente et d'accès pour les vitesses porte-à-porte.

Les vitesses des modes étant très contrastées, il est d'autant plus intéressant de comprendre comment leur développement a influencé **l'historique des vitesses** et des comportements de mobilité, et comment ils pourraient évoluer à l'avenir, dans un contexte de nécessaire transition énergétique.

L'historique distingue **4 phases de l'histoire de la vitesse** des mobilités en France, étudié plus particulièrement depuis 1800 : la première phase commence dès le XVIII^{ème} siècle, et concerne la phase de rêve et de première conquête de la vitesse, par l'accélération des services de transports attelés sur longue distance ; la seconde phase de 1817 à 1945 voit l'invention de nouveaux modes et les progrès techniques, avec l'invention de la draisienne et du train au début du XIX^{ème} siècle, la bicyclette et la voiture à la fin du siècle, et l'avion au début du XX^{ème} siècle, accéléré par l'introduction des avions à réaction durant la seconde guerre mondiale ; la troisième phase, de la décennie 1950 jusqu'en 2000, est celle de la diffusion de la vitesse, marquée en particulier par le remplacement progressif des temps de marche à pied par la voiture ; enfin, le tournant du millénaire voit une phase de saturation sur la vitesse moyenne des déplacements, en particulier pour les déplacements internes, tandis qu'un ralentissement apparaît quand les transports internationaux sont inclus.

Pour la période la plus récente, une **analyse quantitative de l'évolution de la vitesse moyenne sur 1960-2017** est réalisée.

Il apparaît que le principal déterminant historique de l'augmentation de la vitesse est sans surprise la **diffusion des modes rapides**, report modal qui est ici mesuré en pourcentage des temps de parcours par mode. Ainsi la part des modes routiers individuels (voitures, 60% VUL, 2-roues motorisés) était de 20 % des temps de déplacements en 1960 (environ 10 min/jour/pers) et la marche en constituait 70 %. Ces rapports se sont inversés, et les modes routiers individuels représentent environ 62 % des temps de trajets depuis le début des années 90, tandis que la marche est tombée à 22 % des temps de déplacements. Depuis les années 90, les trois quarts de l'augmentation de vitesse liée au report modal proviennent de la croissance du trafic aérien, en particulier du trafic international.

Le second facteur, caractérise la **diffusion des infrastructures rapides** (autoroutes et LGV) montre essentiellement un impact à la hausse des vitesses par la partie croissante du trafic routier qui a lieu sur autoroutes. Les temps des transports des véhicules routiers individuels sur ces infrastructures rapides représentent environ 10 minutes par jour et par personne, soit 25 % du temps de déplacements dans ces modes.

Enfin, le dernier déterminant concerne la **vitesse pratiquée par réseau**, qui a vu une forte inflexion au début des années 2000 sur les routes. En effet, la mise en place des radars en 2003 a fait baisser les vitesses des voitures en situation de trafic fluide d'environ 7 km/h sur les routes à 90, 110 et 130 km/h entre 2002 et 2005.

Il est estimé que ces évolutions ont été suffisantes pour obtenir une **baisse de la vitesse moyenne** des modes routiers individuels de 2,8 km/h, entraînant la baisse de la vitesse moyenne de l'ensemble des déplacements entre 2002 et 2005 (de -0,9 % au total, et de -1,6 % pour les seuls déplacements intérieurs). Cette évolution concorde avec la baisse des distances parcourues par les Français au début des années 2000, un phénomène interrogé au premier chapitre qui a eu un impact fort sur la baisse des émissions à ce moment-là.

Il est probable que cette baisse des vitesses fasse partie des **causes du peak travel ou pic de la demande** observé, de manière complémentaire avec les autres évolutions généralement avancées, telles que la hausse du prix du pétrole ou la saturation de la motorisation des ménages. Aussi la baisse de vitesse a également permis des gains d'efficacité énergétique

évalués à 0,9 MtCO₂. Ajoutée aux baisses d'émissions liées à la rupture de tendance sur le trafic (-4,8 MtCO₂ au total, toutes causes confondues), la mise en place des radars est possiblement la mesure de politiques publiques qui a eu le plus fort impact à la baisse sur les émissions des transports par le passé. En effet, selon la part de la baisse du trafic qui est liée aux baisses de vitesse, les ordres de grandeur en jeu pourraient dépasser les -2,7 MtCO₂ qui avaient été calculés pour le report modal vers le transport ferroviaire de voyageurs.

A ce pic du début des années 2000 a suivi une reprise à la hausse de la vitesse moyenne et des distances parcourues, confirmant le lien étroit entre les deux variables.

La question de l'**avenir de la demande** est déterminante pour les trajectoires d'émissions de CO₂, et regarder cette question sous l'angle de l'**évolution de la vitesse moyenne** permet d'identifier quelques variables clés. Parmi les déterminants qui pourraient participer à l'augmentation de la vitesse moyenne, se trouve en premier lieu la poursuite de la croissance du trafic aérien (bien que la crise du coronavirus pourrait, remettre en cause cette tendance, au moins temporairement) et des trafics sur autoroutes. Au contraire, les facteurs qui pourraient jouer à la baisse de la vitesse concernent le développement des modes actifs et en particulier du vélo surtout s'il s'étend au-delà des centres villes (où sa vitesse est comparable aux modes qu'il remplace), et l'éventuelle poursuite de la baisse des vitesses pratiquées sur les routes. Aussi, l'aménagement du territoire sera déterminant, car il agit au moins sur 3 facteurs impactant les évolutions de la vitesse : la distance des déplacements, la vitesse étant croissante avec la distance ; des vitesses des modes routiers plus élevées dans les zones peu denses ; des difficultés à développer les modes actifs dans ces zones peu denses en raison des distances plus importantes, de la moindre accessibilité et des aménagements manquants à ce jour.

Au regard de ces principaux facteurs d'évolution, **les mesures favorables à la transition énergétique semblent toutes orientées vers un ralentissement de la vitesse moyenne** des déplacements. Ainsi c'est le cas pour la modération du trafic aérien, des vitesses sur les routes, le développement des modes actifs, ou la réduction des distances de déplacements. L'accélération des mobilités s'est réalisée principalement au profit de modes fortement consommateurs en énergie (voiture et avion en tête) rendue possible par l'accès à une énergie abondante et peu chère qu'est le pétrole. Il est assez logique que la sortie de cette dépendance énergétique au pétrole puisse au contraire nécessiter un certain ralentissement.

Si le ralentissement des mobilités peut sembler peu souhaitable à première vue, les évolutions qui le sous-tendent peuvent se révéler bien plus favorables.

Tout d'abord, la vitesse moyenne des mobilités n'est pas une donnée perçue par les usagers des transports, qui perçoivent essentiellement des temps de parcours. Si la réduction des distances ou l'utilisation d'un mode plus lent participent au ralentissement, ils ne sont pas perçus comme tel, au contraire des baisses de la limitation de vitesse. Ainsi l'accélération passée des mobilités s'est probablement faite de manière relativement inconsciente pour les usagers, tout comme le pic ou le plateau (selon l'inclusion de l'international) dans la vitesse des mobilités au début des années 2000 qui n'a jamais retenu l'attention, tant que des calculs agrégés le mettant en évidence ne sont pas réalisés.

Certaines mesures tendant vers le ralentissement ne semblent pas souhaitables à une majorité de Français : la densification des villes en limitant l'habitat pavillonnaire au profit

d'immeubles collectifs est perçue positivement par seulement 38 % des Français, et 40 % pour la baisse de vitesse à 110 km/h sur les autoroutes. Mais d'autres évolutions reçoivent un soutien bien plus important de la population : taxer davantage le transport aérien pour favoriser le transport par le train est soutenu par 66 % de la population (+11 % par rapport à 2018), la limitation de la vitesse maximale autorisée en ville par 69 %, la mise en place de mesures favorisant la circulation à vélo par 82 %, et par 87 % des Français pour les déplacements à pied (ADEME, 2019a, 2019b).

Ensuite, les principales évolutions vers un ralentissement des mobilités vont dans le sens d'une réduction des coûts, et donc possiblement des inégalités d'accès à la mobilité. Cela est loin d'être négligeable en temps de crise économique, au vu des vulnérabilités mises en évidence par la crise de gilets jaunes, et alors que nombre de solutions technologiques pour réduire les émissions auront plutôt tendance à augmenter le coût de la mobilité.

Le ralentissement des mobilités pourrait également rejoindre plus largement les **aspirations à un ralentissement des rythmes de vie**, exprimées par une majorité de la population, face à une société aux évolutions jugées trop rapides (L'ObSoCo, 2020).

Pour la courte distance, à la condition majeure que l'aménagement du territoire et des activités se tournent vers des objectifs de réduction des distances, le ralentissement favoriserait un mode de vie plus en proximité, plus résilient, favorisant des productions et consommations plus locales, en lien avec la transition écologique des autres secteurs (agriculture et industrie notamment). Loin de l'immobilisme, le ralentissement pourrait se traduire de manière contre-intuitive plutôt par des mobilités plus actives, dans le sens où les déplacements quotidiens seraient davantage réalisés à pied ou en vélo. A longue distance, le ralentissement pourrait se traduire par des tendances vers des voyages moins fréquents mais d'une durée plus longue, à du tourisme de proximité, au redéploiement des trains de nuit ou encore à l'essor du cyclotourisme.

Impacts de long terme, urgence de l'action, accélération de certaines technologies, ralentissement de la consommation de ressources, inertie du système, irréversibilités... les défis climatiques et environnementaux interrogent sous de multiples facettes notre rapport au temps et à la vitesse.

Entre accélération et ralentissement, la transition écologique des mobilités nécessite une combinaison bien choisie des deux, selon l'évolution à traiter. Si par le passé, vitesse, demande et émissions de CO₂ des mobilités ont évolué de concert, le défi de la décarbonation d'ici 2050 semble d'autant plus faisable et réaliste que nous saurons accepter et mettre en œuvre un certain ralentissement dans les déplacements.

Bibliographie

- 6t-bureau de recherche, 2015. Le vélo à assistance électrique, un nouveau mode métropolitain ? *Enquête européenne*. 44 p.
- ADEME, 2014. Impacts des limitations de vitesse sur la qualité de l'air, le climat, l'énergie et le bruit. Cap Environnement. 54 p. <https://www.ademe.fr/impacts-limitations-vitesse-qualite-lair-climat-lenergie-bruit>
- ADEME, 2019a. *Représentations sociales du changement climatique, 20ème vague*. 184 p. <https://www.ademe.fr/representations-sociales-changement-climatique-20-eme-vague>
- ADEME, 2019b. *Baromètre les français et l'environnement - vague 6*. 159 p. <https://www.ademe.fr/barometre-francais-lenvironnement-vague-6>
- ADEME, 2020. Impact économique et potentiel de développement des usages du vélo en France en 2020. Inddigo, Vertigo Lab, DGE, DGITM, FFC. <https://www.ademe.fr/impact-economique-potentiel-developpement-usages-velo-france-2020>
- Ae, 2017. Évaluations socio-économiques des projets d'infrastructures linéaires de transport. Note N° 2017-N-05 de l'Autorité environnementale. Disponible sur : <http://www.cgedd.developpement-durable.gouv.fr/les-notes-deliberees-de-l-ae-a-1788.html>
- Ainsworth, BE., Haskell, WL., Whitt, MC., Irwin, ML., Swartz, AM., Strath, SJ., O'Brien, WL., Bassett, DR. Jr, Schmitz, KH., Emplaincourt, PO., Jacobs, DR. Jr, Leon, AS., 2000. *Compendium of physical activities: an update of activity codes and MET intensities*. Med. Sci. Sports Exerc., Vol. 32, No. 9, Suppl., pp. S498-S516. <https://doi.org/10.1097/00005768-200009001-00009>
- André, M., 1999. *Pollution de l'air due aux transports - Statistiques de parc des véhicules et d'activité de transports pour la France*. Rapport INRETS-LTE N° 9930.
- André, M., Roche, A-L., Bourcier, L., 2013. *Statistiques de parcs et trafic pour le calcul des émissions de polluants des transports routiers en France*. Rapport Ifsttar-LTE, Bron (France), 132p.
- André, M., 2020. *Classeur de construction des "Situations de trafic agrégées" pour HBEFA*. Fichier Excel. IFSTTAR-LTE, Bron (France).
- Ang, B. W., 2004. *Decomposition analysis for policymaking in energy: which is the preferred method?* Energy Policy, Volume 32, Issue 9, June 2004, Pages 1131-1139. [https://doi.org/10.1016/S0301-4215\(03\)00076-4](https://doi.org/10.1016/S0301-4215(03)00076-4)
- AQST, 2020. *Les chiffres de la ponctualité*. <http://www.qualitetransports.gouv.fr/les-chiffres-de-la-ponctualite-r2.html>
- Arafer, 2018a. *Le marché français du transport ferroviaire de voyageurs, 2017*. L'observatoire des transports et de la mobilité. <https://www.autorite-transports.fr/observatoire-des-transports/marche-du-transport-ferroviaire/>
- Arafer, 2018b. *Le marché français du transport ferroviaire de voyageurs 2015-2016*. L'Observatoire des transports et de la mobilité. Mise à jour du 23 janvier 2018. <https://www.autorite-transports.fr/observatoire-des-transports/marche-du-transport-ferroviaire/>
- Arafer, 2018c. *Marché du transport par autocar et gares routières*. Rapport annuel, Exercice 2017. <https://www.autorite-transports.fr/observatoire-des-transports/marche-du-transport-par-autocar/>
- Arafer, 2018d. *Les pratiques de mobilité des voyageurs sur les lignes régulières d'autocar librement organisées. Enquête de terrain réalisée entre le 15 octobre et le 15 novembre 2017*. L'Observatoire des transports et de la mobilité. <https://www.autorite-transports.fr/observatoire-des-transports/marche-du-transport-par-autocar/>
- Asensio, J., Gómez-Lobo, A., Matas, A., 2014. *How effective are policies to reduce gasoline consumption? Evaluating a set of measures in Spain*. Energy Economics, Vol. 42, Pages 34-42. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2013.11.011>

- Bastian, A., Börjesson, M., Eliasson, J., 2016. *Explaining “peak car” with economic variables*. *Transp. Res. Part A*, Vol. 88, 236-250. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2016.04.005>
- Bastian, A., Börjesson, M., Eliasson, J., 2017. Response to Wadud and Baierl: “Explaining ‘peak car’ with economic variables: An observation”. *Transp. Res. Part A*, Vol. 95, 286–289. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2016.11.001>
- Becker, G.S., 1965. *A theory of the allocation of time*. *Economic Journal*, vol. 75(299), pp. 493–517.
- Bouscasse, H., 2017. *Essays on travel mode choice modeling: a discrete choice approach of the interactions between economic and behavioral theories*. Economics and Finance. Université de Lyon, 2017. English. [\(NNT : 2017LYSE2106\)](#). [\(tel-01661687v2\)](#)
- Briand, Y., Svensson, J., Koning, M., Combes, F., Lamy, G., Pourouchottamin, P., Cayla, J.-M., Lefevre, J., 2019. *Trajectoires de décarbonation profonde du transport de marchandises en France*, Rapport descriptif, Iddri. Disponible sur: <https://www.iddri.org/fr/publications-et-evenements/rapport/trajectoires-de-decarbonation-profonde-du-transport-de>
- Brousse, C., 2015. *La vie quotidienne en France depuis 1974. Les enseignements de l'enquête Emploi du temps*. Insee, Economie et Statistique, N° 478-479-480. Disponible sur : <https://www.insee.fr/fr/statistiques/1303224>
- Bretagnolle, A., 2005. *Les villes dans l'espace-temps : vitesse des communications et structuration des territoires à l'échelle intra et interurbaine*, in VOLVEYA. (dir.), Echelles et temporalités, Paris, Editions Atlande, pp. 180-187.
- Brun, 2013. *Ville et mobilité : Nouveaux regards*. Sous la direction de Gérard Brun. Economica, collection Méthodes et approches, Paris, 352 pages.
- Castaignède, L., 2018. *Airvore ou la face obscure des transports. Chronique d'une pollution annoncée*. Ed. Ecosociété. 344 p. <https://ecosociete.org/livres/airvore>
- Castaignède, L., 2019. *Pour le climat, il faut limiter la vitesse des avions*. Reporterre, 27 mars 2019. <https://reporterre.net/Pour-le-climat-il-faut-limiter-la-vitesse-des-avions>
- Cebr, 2014. *The future economic and environmental costs of gridlock in 2030. An assessment of the direct and indirect economic and environmental costs of idling in road traffic congestion to households in the UK, France, Germany and the USA*. Report for INRIX. <https://cebr.com/reports/the-future-economic-and-environmental-costs-of-gridlock/>
- Cerema, 2019. *Transports collectifs urbains de province évolution 2011 - 2016 - Annuaire statistique*. Disponible sur : <https://www.cerema.fr/fr/centre-ressources/boutique/transports-collectifs-urbains-province-evolution-2011-2016>
- Cerema, 2020a. *Chiffres-clefs des EMC²/EMD/EDGT*. In *Les Enquêtes Mobilité EMC². Observation et analyse de la mobilité* [en ligne]. Consulté le 10/04/2020. Disponible sur : <https://www.cerema.fr/fr/activites/mobilite-transport/connaissance-modelisation-evaluation-mobilite/observation-analyse-mobilite/enquetes-mobilite-emc2>
- Cerema, 2020b. *Abaissement de la vitesse maximale autorisée à 80 km/h - Évaluation : les éléments disponibles après 18 mois*. <https://www.cerema.fr/fr/actualites/abaissement-vitesse-maximale-autorisee-80-kmh-evaluation>
- CGDD, 2010. *La mobilité des Français. Panorama issu de l'enquête nationale transports et déplacements 2008*. Collection La Revue du CGDD. Disponible sur : <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/la-mobilite-des-francais-panorama-issu-de-lenquete-nationale-transports-et-deplacements-2008>
- CGDD, 2013. *Indicateurs de suivi de la politique de transport. Evolution 1999/2009*. RéférenceS. <http://temis.documentation.developpement-durable.gouv.fr/document.html?id=Temis-0044404>
- CGDD, 2018a. *La mobilité à longue distance des Français en 2016*. Datalab, Essentiel.

- CGDD, 2018b. *Réduction des vitesses sur les routes. Analyse coûts bénéfiques*. THEMA Analyse – Transport. Disponible sur : <http://temis.documentation.developpement-durable.gouv.fr/document.html?id=Temis-0087258&requestId=0&number=1>
- CGDD, 2019a. *Les comptes des transports en 2018 – 56e rapport de la Commission des comptes des transports de la Nation*. Available at: <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/les-comptes-des-transports-en-2018-56e-rapport-de-la-commission-des-comptes-des-transports-de-la>
- CGDD, 2019b. *Mémento de statistiques des transports*. Disponible sur : <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/memento-de-statistiques-des-transports-2018>
- CGDP, 2013. *Evaluation socioéconomique des investissements publics*. Rapport de la mission présidée par Emile Quinet. Sept. 2013. <https://www.strategie.gouv.fr/espace-presse/evaluation-socioeconomique-investissements-publics>
- Chevalier, M., 1838. *Chemins de fer comparés aux lignes navigables*. Revue des Deux Mondes, période initiale, tome 13, p. 789-813. https://fr.wikisource.org/wiki/Chemins_de_fer_comparés_aux_lignes_navigables
- CITEPA, 2019. *Inventaire SECTEN* [en ligne]. <https://www.citepa.org/fr/secten/>
- CITEPA, 2020. OMINEA. Base de données Ominea édition 2020. <https://www.citepa.org/fr/ominea/>
- Cook, S., 2019. *Le jogging pendulaire, un mode de transport en plein essor*. Forum Vies Mobiles, 7 février 2019. <https://fr.forumviesmobiles.org/mobilithese/2019/02/07/jogging-pendulaire-mode-transport-en-plein-essor-12852>
- Crozet, Y., Joly, I., 2003. *De l'hypothèse de la constance du budget-temps de transport à sa remise en cause : une double interpellation des politiques de transport urbain. La "Loi de Zahavi" : quelle pertinence pour comprendre la construction et la dilatation des espaces-temps de la ville ?* URL : <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00087658>
- Crozet, Y., 2005. *Le temps et les transports de voyageurs*. CEMT, Table ronde 127, Le temps et les transports, 2005, Paris, France. pp. 33-40. (halshs-00194583)
- Crozet, Y., Lopez-Ruiz, H.G., Chateau, B., Bagard, V., 2008. *Comment satisfaire les objectifs internationaux de la France en termes d'émissions de gaz à effet de serre et de pollution transfrontières ?* Programme de recherche consacré à la construction de scénarios de mobilité durable. Rapport final. (halshs-00293725)
- Crozet, Y., 2015. *Maglev (603 km/h), Hyperloop (1 102 km/h)... Vers un « retour sur terre » de la très grande vitesse ?* Transports n° 491 - mai - juin 2015. <https://hal.inria.fr/halshs-01327296/>
- Crozet, Y., 2016. *Hyper-mobilité et politiques publiques. Changer d'époque ?* Economica, pp.190, Coll. Méthodes et Approches, Gérard Brun, 9782717868623. <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-01328814>
- Crozet, Y., 2019. *Vitesse des déplacements*. Forum Vies Mobiles, 3 juin 2019. <https://fr.forumviesmobiles.org/reperes/vitesse-des-deplacements-12976>
- Desjardins, X., 2015. *La ville lente : utopie, audace ou régression ? Réflexions libres autour d'écrits de Marc Wiel*. Carnets de géographes [En ligne], 8 | 2015. <https://journals.openedition.org/cdg/307>
- DeWitte, A., Hollevoet, J., Dobruszkes, F., Hubert, M., and Macharis, C., 2013. *Linking modal choice to motility: A comprehensive review*. Transportation Research Part A: Policy and Practice, Volume 49, Pages 329–341. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2013.01.009>
- DGAC, 2018. *Statistiques du trafic aérien*. <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/statistiques-du-traffic-aerien#e3>
- DGAC, 2020. *Calculateur d'émissions de gaz à effet de serre de l'aviation*. [en ligne] <https://eco-calculateur.dta.aviation-civile.gouv.fr/>

- Douté, R., 2017. *Vitesses limites supérieures à 160 km/h*, 01/01/2017. <http://www.rd-rail.fr/>
- Du Camp, M., 1867. *Les Voitures publiques dans la ville de Paris - les Fiacres et les Omnibus*. Revue des Deux Mondes, 2e période, tome 69, p. 318-352. Disponible sur : https://fr.wikisource.org/wiki/Les_Voitures_publicques_dans_la_ville_de_Paris_-_les_Fiacres_et_les_Omnibus
- Dupuy, J.-P., 1975, *A la recherche du temps gagné*, annexe de Illich, *Énergie et équité*, réédité dans *OEuvres complètes*, vol. 1, Paris : Fayard, 2003, pp. 433-440.
- EEA, 2011. *Reducing speed limits on motorways: how good is it for the environment?* [online] Published 30 Mar 2011, Last modified 20 Mar 2018. <https://www.eea.europa.eu/articles/reducing-speed-limits-on-motorways>
- Eurostat, 2004. *How Europeans spend their time - Everyday life of women and men - Data 1998 – 2002*. <https://ec.europa.eu/eurostat/fr/web/products-pocketbooks/-/KS-58-04-998>
- Fau, E., 2015. *Le cheval dans le transport public au XIXe siècle, à travers les collections du musée national de la Voiture et du Tourisme, Compiègne*. In *Situ*, 27. <https://doi.org/10.4000/insitu.12124>
- Forum Vies Mobiles, 2020. *Enquête Nationale Mobilité et Modes de vie*. <https://fr.forumviesmobiles.org/projet/2019/01/07/enquete-nationale-mobilite-et-modes-vie-12796>
- Goodwin, P.B., 1981. *The usefulness of travel budgets*. Transportation Research Part A: General, Volume 15, Issue 1, Pages 97-106. [https://doi.org/10.1016/0191-2607\(83\)90019-5](https://doi.org/10.1016/0191-2607(83)90019-5)
- Goodwin, P.B., 2012. *Peak Travel, Peak Car and the Future of Mobility. Evidence, Unresolved Issues, Policy Implications, and a Research Agenda*. ITF Discussion Paper No. 2012-13. URL: <https://www.itf-oecd.org/peak-travel-peak-car-and-future-mobility>
- Gössling, S., Choi, A.S., 2015. *Transport transitions in Copenhagen - Comparing the cost of cars and bicycles*. Ecological Economics, Volume 113, Pages 106-113. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2015.03.006>
- Grimal, R., 2015. *L'auto-mobilité au tournant du millénaire : une approche emboîtée, individuelle et longitudinale*. Sociologie. Université de Paris Est. URL : <https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-01313626>
- Grimal, R., 2017. *Plafonnement de la circulation automobile : les prémisses d'un déclin ?* Forum Vies Mobiles, 28 septembre 2017. <https://fr.forumviesmobiles.org/mobilithese/2017/09/28/plafonnement-circulation-automobile-premisses-dun-declin-3694>
- Hasiak, S., Hasiak, F., Bodard, G., 2018. *Understanding Access Mobility To Railway Stations*. Proceedings of 7th Transport Research Arena TRA 2018, April 16-19, 2018, Vienna.
- Héran, F., 2009, *A propos de la vitesse généralisée des transports, un concept d'Ivan Illich revisité*, Revue d'économie régionale et urbaine, n°3, pp.449-470.
- Héran, 2013. *La consommation d'espace-temps des transports en milieu urbain*, in Gérard Brun (dir.), *Ville et mobilité. Nouveaux regards*, Economica, collection Méthodes et approches, Paris, p. 177-191.
- Héran, F., 2015 *Le retour de la bicyclette. Une histoire des déplacements urbains en Europe de 1817 à 2050*. Ed. La Découverte.
- Héran, 2016. *Pourquoi modérer la vitesse en agglomération ?* Transports, n° 495, janv.-fév., p. 26-35. <http://hdl.handle.net/20.500.12210/1073>
- Héran, 2018. *La modération de la circulation en Europe*. Présentation M1 AUDT – ENVAR et SVET, 43p.
- Hugrel, C., Joumard, R., 2004. *Transport routier – Parc, usage et émissions des véhicules en France de 1970 à 2025*. Rapport INRETS-LTE 0420. Bron, France, 133p.
- IAU-IDF, 2016. *L'évolution des modes de vie accroît le temps passé à se déplacer*. Jérémy Courel, Simon Gloaguen. Note rapide n° 714, Mars 2016. www.institutparisregion.fr/nos-

[travaux/publications/levolution-des-modes-de-vie-accroit-le-temps-passe-a-se-deplacer.html](#)

- ICCT, 2019. European vehicle market statistics, Pocketbook 2019-2020. Available at: <http://eupocketbook.org/>
- IFOP, 2008. Les Français et leur budget automobile. Etude IFOP pour Direct Assurance. Janvier 2008. Disponible sur : <https://www.ifop.com/publication/les-francais-et-leur-budget-automobile/>
- IFOP, 2011. 2^{ème} édition du baromètre “Les Français & l'automobile”. Etude IFOP pour AramisAuto. Conférence de Presse, 25 avril 2011.
- Illich, I., 1975, *Énergie et équité*, Paris : Seuil, 59 p.
- INRIX, 2018. INRIX Global Traffic Scorecard. INRIX Research, Graham Cookson, February 2018. <https://inrix.com/scorecard/>
- Insee, 2017. *Partir de bon matin, à bicyclette...* Insee Première No 1629, Paru le : 17/01/2017. <https://www.insee.fr/fr/statistiques/2557426>
- Ipsos, BCG, 2017. *Observatoire Européen des Mobilités, Première édition. Les attentes des Européens en matière de mobilité.* Avril 2017. <https://www.ipsos.com/fr-fr/du-lundi-au-vendredi-les-europeens-passent-en-moyenne-9h35-se-deplacer>
- Ipsos, Transdev, Régions de France, 2019. Enquête sur les mobilités du quotidien des Français dans les territoires et en régions. 30 Septembre 2019. Disponible sur : <http://regions-france.org/actualites/actualites-nationales/enquete-inedite-mobilite-quotidien/>
- Jetté, M., Sidney, K., Blumchen, G., 1990. *Metabolic Equivalents (METS) in Exercise Testing, Exercise Prescription, and Evaluation of Functional Capacity.* Clin. Cardiol. 13, 555-565.
- Joly, I., 2004. *Travel Time Budget – Decomposition of the Worldwide Mean.* IATUR, ISTAT. Italian National Statistical Institute. Time Use: What's New in Methodology and Application Fields?, 27-29 October 2004, Rome, Italy, 2004, 23p. <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00087433>
- Kolli Z., 2012. *Dynamique de renouvellement du parc automobile, Projection et impact environnemental.* Thèse de doctorat, Université de Paris 1, Panthéon-Sorbonne, mars 2012. 311p.
- L'Argus, 2019. Voiture moyenne neuve 2018 : son évolution depuis 1953. Publié le 13/06/2019. <https://www.largus.fr/actualite-automobile/voiture-moyenne-neuve-2018-son-evolution-depuis-1953-9833394.html>
- L'ObSoCo, 2019. *L'Observatoire des perspectives utopiques.* Vague 1 – Octobre 2019. Rapport d'analyse. <http://lobsoco.com/observatoire-des-perspectives-utopiques/>
- Lacôte, F., 2018. *Hyperloop, formidable escroquerie technico-intellectuelle.* Club Pangloss, La lettre n° 83, avril 2018. 6p.
- Lay, M.G., 1992. *Ways of the world: A history of the world's roads and of the vehicles that used them.* Rutgers University Press, 423 p.
- Madireddy, M., De Coensel, B., Can, A., Degraeuwe, B., Beusen, B., De Vlioger, I., Botteldooren, D., 2011. *Assessment of the impact of speed limit reduction and traffic signal coordination on vehicle emissions using an integrated approach.* Transportation Research Part D: Transport and Environment, Volume 16, Issue 7, Pages 504-508. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2011.06.001>
- Marchetti, C., 1994. *Anthropological invariants in travel behavior.* Technological Forecasting and Social Change, Vol. 47 (1), 75-88. [https://doi.org/10.1016/0040-1625\(94\)90041-8](https://doi.org/10.1016/0040-1625(94)90041-8)
- MEDDE, 2015. *Stratégie nationale bas-carbone.* Disponible sur : <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/strategie-nationale-bas-carbone-snbc>
- Metz, D., 2008. *The myth of travel time saving.* Transport Reviews, 28 (3), Pages 321-336. <https://doi.org/10.1080/01441640701642348>

- Metz, D., 2010. *Saturation of demand for daily travel*. *Transport Rev.* 30 (5), 659–674. <https://doi.org/10.1080/01441640903556361>
- Metz, D., 2013. *Peak Car and Beyond: The Fourth Era of Travel*. *Transport Reviews*, Volume 33, No. 3, Pages 255–270. <http://dx.doi.org/10.1080/01441647.2013.800615>
- Millard-Ball A, Schipper L., 2011. *Are we reaching peak travel? Trends in passenger transport in eight industrialized countries*. *Transport Rev.* Vol. 31, pp. 357–378. <https://doi.org/10.1080/01441647.2010.518291>
- Mincke, C., 2019. *L'injonction à la mobilité*. *Forum Vies Mobiles*, 16 Mai 2019, consulté 22 Avril 2020. <https://fr.forumviesmobiles.org/video/2019/05/16/linjonction-mobilite-12970>
- Mittal, S., Dai, H., Fujimori, S., Hanaoka, T., Zhang, R., 2017. *Key factors influencing the global passenger transport dynamics using the AIM/transport model*. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, Volume 55, Pages 373-388. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2016.10.006>
- MTES, 2019. *Évaluation des projets de transport. Fiche 5 : Valeurs recommandées pour le calcul socio-économique*. Version du 3 mai 2019. Consulté le 02/02/2020. Disponible sur : <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/evaluation-des-projets-transport>
- MVJS, INSEP, 2012. *La pratique des activités physiques et sportives en France*. 73 p.
- Newman, P., Kenworthy, J., 2011. 'Peak Car Use': *Understanding the Demise of Automobile Dependence*. *World Trans. Policy Pract.* 17 (2), <http://trid.trb.org/view.aspx?id=1106687>
- Ng S.W., Popkin B.M., 2012. *Time use and physical activity: a shift away from movement across the globe*. *Obesity Reviews*, Vol. 13 (8), Pages 659-680. <https://doi.org/10.1111/j.1467-789X.2011.00982.x>
- Omnil, 2012. *Enquête Globale Transport 2010. Résultats détaillés*. Disponible sur : <http://www.omnil.fr/spip.php?article81>
- Omnil, 2019. *Trafic annuel et journalier*. <http://www.omnil.fr/spip.php?article119>
- Omnil, 2020. *Qualité de service*. <http://www.omnil.fr/spip.php?article111>
- ONISR, 2019. *La sécurité routière en France. Bilan de l'accidentalité de l'année 2018*. <https://www.onisr.securite-routiere.gouv.fr/etat-de-l-insecurite-routiere/bilans-annuels-de-la-securite-routiere/bilan-2018-de-la-securite-routiere>
- ONISR, 2020a. *Observatoire des vitesses*. <https://www.onisr.securite-routiere.gouv.fr/contenus/etudes-et-recherches/comportements-en-circulation/observations/observatoire-des-vitesses>
- ONISR, 2020b. *Bilan 2019 de la sécurité routière*. <https://www.onisr.securite-routiere.gouv.fr/etat-de-l-insecurite-routiere/bilans-annuels-de-la-securite-routiere/bilan-2019-de-la-securite-routiere>
- OPECST, 2018. *Le transport à hypergrande vitesse sous vide (Hyperloop)*. Les notes scientifiques de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, Note n°5, juillet 2018. Cédric Villani.
- Orselli, J., 2009. *Usages et usagers de la route, mobilité et accidents 1860-2008*. Rapport n° 2005-0457-01. CGEDD. Disponible sur : <http://temis.documentation.developpement-durable.gouv.fr/document.html?id=Temis-0075250&requestId=0&number=3>
- Papon, F., 1999. *La marche et la bicyclette en France depuis 1967. Volume 4*. Dans : *Eco-mobilité. La marche et la bicyclette dans les enquêtes transport auprès des ménages*. Rapport INRETS. Disponible sur : <http://temis.documentation.developpement-durable.gouv.fr/document.html?id=Temis-0061106>
- Papon, F., 2012a. *The evolution of bicycle mobility in France*. Conference Paper XXII nd International Cycle History Conference. Available at: https://www.researchgate.net/publication/258160941_The_evolution_of_bicycle_mobility_in_France
- Papon, 2012b. *Le retour du vélo comme mode de déplacement*. Sociologie, HDR. Université Paris-Est. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00852427>

- Papon, 2016. *The evolution of bicycle mobility in France*. 22 septembre 2016. IFSTTAR.
- Peeters P.M., Middel J., Hoolhorst A., 2005. *Fuel efficiency of commercial aircraft. An overview of historical and future trends*. National Aerospace Laboratory NLR. Available at: http://www.transportenvironment.org/Publications/prep_hand_out/lid/398
- Portier, S., 2019. *La vitesse c'est le pouvoir ? Critique de l'instantanéité* [vidéo]. 35 min. <https://www.youtube.com/watch?v=WOvRhCE6WDk>
- Proper, K.I., Hildebrandt, V.H., 2006. *Physical activity among Dutch workers - differences between occupations*. Preventive Medicine, Volume 43, Issue 1, Pages 42-45 <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2006.03.017>
- Prud'homme, R., 2019. *Les 80 km/h : autopsie d'un fiasco*. Comité indépendant d'évaluation des 80 km/h. 2 septembre 2019.
- RGCF, 1909. *La démocratisation de la vitesse et le déclassement des voyageurs sur les Chemins de Fer français*. BnF Gallica. RGCF, p. 359-365.
- Rosa, H., 2010. *Accélération. Une critique sociale du temps*, La Découverte, coll. « Théorie critique », 474 p.
- Saidj, M., Menai, M., Charreire, H., Weber, C., Enaux, C., Aadahl, M., Kesse-Guyot, E., Hercberg, S., Simon, C., Oppert, J.-M., 2015. *Descriptive study of sedentary behaviours in 35,444 French working adults: cross-sectional findings from the ACTI-Cités study*. BMC Public Health 15, 379. <https://doi.org/10.1186/s12889-015-1711-8>
- Schafer, A., 2000. *Regularities in travel demand: an international perspective*. Journal of Transportation and Statistics, December 2000. <https://doi.org/10.21949/1501657>
- Schafer, A., Victor, D.G., 2000. *The future mobility of the world population*. Transportation Research Part A, Vol. 34, Pages 171-205. [https://doi.org/10.1016/S0965-8564\(98\)00071-8](https://doi.org/10.1016/S0965-8564(98)00071-8)
- Sétra, 2006. *Vitesse et mortalité*. Savoirs de base en sécurité routière. Disponible sur : <http://dtrf.setra.fr/pdf/pj/Dtrf/0004/Dtrf-0004058/DT4058.pdf>
- SNCF, 2019. *Trafic de voyageurs et marchandises depuis 1841* [en ligne]. Open data SNCF. Consulté le 21/05/2019. <https://data.sncf.com/explore/dataset/trafic-de-voyageurs-et-marchandises-depuis-1841/>
- SNCF, 2020. *Vitesse maximale nominale sur ligne* [en ligne]. Open data SNCF. Consulté le 29/02/2020. <https://data.sncf.com/explore/dataset/vitesse-maximale-nominale-sur-ligne/>
- Steffen, W., Broadgate, W., Deutsch, L., Gaffney, O., Ludwig, C., 2015. *The Trajectory of the Anthropocene - the Great Acceleration*. 26 p.
- Studený, C., 1995. *L'invention de la vitesse, France, XVIIIe-XXe siècle*. Paris, Gallimard, Collection NRF, Bibliothèque des Histoires.
- Systra, 2016. *Status of the competition for long distance trips at the aggregated level*. Carpooling, bus, train, private car and air competition on long distance trips. UIC, DB, Systra. 30/09/2016.
- Toussaint, J.-F., 2010. *Confrontation aux limites*. Présentation 24 mars 2010. <https://vimeo.com/maisondelachimie/chimie-et-sport/video/264041404>
- URF, 2018. *Faits et chiffres*. <https://www.unionroutiere.fr/publications/faits-et-chiffres/>
- Vignes, R., 2019. *La valeur du temps, au cœur du grand bouleversement de nos sociétés*. The Conversation, 9 octobre 2018. <https://theconversation.com/la-valeur-du-temps-au-coeur-du-grand-bouleversement-de-nos-societes-97504>
- Wadud, Z., Baierl, M., 2017. *Explaining "peak car" with economic variables: A comment*. Transp. Res. Part A, Vol. 95, 381-385. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2016.11.002>
- Yu, B., Zhang, J., Wei, Y.-M., 2019. *Time use and carbon dioxide emissions accounting: An empirical analysis from China*. Journal of Cleaner Production, Vol. 215, Pages 582-599. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.047>
- Zahavi, Y., 1974, *Traveltime budgets and mobility in urban areas*. Report prepared for the U.S Department of transportation.

Annexes

Estimations des temps et kilomètres professionnels

Les **kilomètres et temps de déplacements professionnels** sont pour partie inclus dans la décomposition, en raison des données de trafics utilisées pour l'analyse. Ainsi sont comptés l'ensemble des déplacements en voitures particulières et l'ensemble des déplacements qui sont réalisés avec ces véhicules, y compris dans le cadre professionnel : chauffeurs de taxis et VTC (correspondant à environ 0,2 min/jour/pers au niveau agrégé), déplacements pour rendez-vous professionnels, déplacements des commerciaux, etc. Sont également inclus 60 % des trafics en véhicules utilitaires légers (VUL), proportion estimée représenter du transport de voyageurs (et transport de marchandises pour les 40 % restants).

Les principales estimations qui sont réalisées ici concernent les déplacements réalisés en tant que conducteurs ou chauffeurs : de poids-lourds, des 40 % de VUL, des trains, avions, bus et cars, bateaux. Est également inclus le personnel à bord, en appliquant un taux de remplissage plus important pour les trains et avions, par type d'activités ou de vols (le conducteur seul pour le métro, jusqu'à 3,5 personnes en moyenne pour le TGV ; 5 à 10 personnes des vols métropolitains à l'Outre-mer).

Enfin, les chiffres du CITEPA (2020 ; base OMINEA) donnent des estimations pour le nombre d'heure pour les engins agricoles et sylvicoles (auxquels sont accordés des vitesses moyennes de 8 et 5 km/h), et des kilomètres parcourus en engins industriels (plus de 5 Md veh.km ; chiffre qui semble surestimé, demande d'informations en cours au CITEPA).

Le tableau ci-dessous donne la répartition des hypothèses et résultats, depuis les données de trafics (en veh.km) à la conversion en kilomètres parcourus (voy.km), la vitesse, et les temps et distances de déplacements que cela représente, une fois ramenés à la population entière.

Tableau 5 : Estimation des temps et kilomètres parcourus dans le cadre professionnel, hors analyse
Le données grisées sont les données brutes récupérées, données de trafic généralement ; TR : taux de remplissage

	Md veh.km	TR	Md voy.km	Vitesse	Md h	min/jr	km/jr
40% VUL	46,8	1,1	51,5	47	1,1	2,8	2,2
Poids-lourds	28,7	1	28,7	43	0,7	1,7	1,2
Bus et cars	3,8	1	3,8	31	0,13	0,32	0,2
Ferroviaire	0,5	1,9	1,0	73	0,014	0,03	0,04
Fret fer	0,07	1,2	0,08	60	0,001	0,003	0,003
Fret fluvial	0,01	2	0,01	10	0,001	0,004	0,001
Avion	1,1	7,6	8,5	728	0,012	0,03	0,4
Agri + Sylviculture	3,9	1	3,9	8	0,49	1,2	0,2
Industrie	5,3	1	5,3	20	0,3	0,6	0,2
TOTAL	90		103		2,6	6,7	4,3

Le tableau permet d'estimer des temps de déplacements et distances supplémentaires de **6,7 minutes** et de **4,3 km** journaliers ramené à l'ensemble de la population, ce qui correspond respectivement à environ 11 % et 8 % des temps et distances de déplacements de la décomposition. Ces ordres de grandeur sont relativement robustes car ils reposent sur des données officielles de trafics pour les modes de transport. Les incertitudes sont plus fortes pour les veh.km d'engins agricoles et de sylviculture, et pour l'industrie.

Les chiffres les plus significatifs sont pour les **VUL et poids-lourds**, qui représentent 2/3 des temps estimés et plus de 3/4 des distances. Les bus et cars, et les engins agricoles et de sylvicultures suivent pour les temps de transport, et l'avion en termes de distances.

Estimations des temps de marche au quotidien

Les **estimations pour la marche** visent à donner des ordres de grandeur sur ce qu'elle pourrait représenter pour différents usages, en termes de temps de déplacements et de distances. Si les kilométrages que représentent ces usages complémentaires par rapport au total des mobilités sont relativement faibles, en revanche les temps de déplacements sont bien plus importants. Ils ne sont généralement pas comptés dans les déplacements, mais pourraient en réalité être considérés comme tels. Ainsi pourrait-on compter les distances : dans les couloirs d'un supermarché, dans le foyer, dans le jardin, au travail, lors d'activités physiques et de loisirs ? **Est-ce que ces distances seraient significatives ?**

C'est à cette dernière question que souhaite répondre cette évaluation. Comme pour les données d'enquêtes de mobilité, où les temps en marche sont généralement relativement imprécis et possiblement sous-estimés, l'analyse ici effectuée ne peut pas être précise non plus, en raison du manque de données disponibles. Il s'agit donc de fournir des ordres de grandeur les plus crédibles possibles.

L'option choisie a été d'estimer des vitesses ou des pourcentages de marche, affectés à différentes activités des enquêtes emploi du temps (Eurostat, 2004 ; Brousse, 2015). Elles ont le mérite de permettre de voir quels pourraient être les postes les plus significatifs, au-delà de la marche utilisée dans le cadre des déplacements (Tableau 6).

Tableau 6 : Estimation des temps et distances de marche à pied, hors déplacements

Les enquêtes emploi du temps donnent des temps par activité : des temps puis des distances de marche en sont déduits

Domaine	Activité	Min/jour	% marche	Marche (min)	Vitesse	Km/jour
Loisirs	Marche, randonnée	18,5	75%	13,9	3,6	0,83
	Sports actifs	8	50%	4,0	5	0,33
	Exercice productif	3	10%	0,3	3,6	0,02
	Promenade chien	4	60%	2,4	3,6	0,14
	TOTAL	29,5		20,6		1,3
Domestique	Jardinage	13,5	10%	1,4	3	0,07
	Courses et services	32	15%	4,8	2,5	0,20
	Autres, aller-retours	400	1%	4,0	2,5	0,17
	TOTAL			10,2		0,43
Professionnel	Travail, études	170	4%	6,8	3,6	0,41
		170	10%	17,0	3,6	1,02
		170	2%	3,4	3,6	0,20
TOTAL				37,5		2,2

Concernant les **activités de loisirs**, l'activité la plus significative concerne la marche et la randonnée, une prépondérance qui ressort également sur les pratiques d'activités physiques et sportives de la population (renseignées par différentes enquêtes, dont MVJS et INSEP, 2012). Elles représentent 18,5 min/jour en moyenne entre les hommes et les femmes. Il est supposé que 75 % de ce temps est réellement passé à marcher (25 % restants pour les diverses pauses). Les sports actifs représentent en moyenne 8 min/jour, avec des sports à la fois actifs et relativement rapides (course à pied, ski, roller, football, tennis, équitation, etc.) et des sports lents voire statiques (salle de sport, musculation, tennis de table, etc.). Au vu des niveaux de pratiques de ces activités, et sachant que même des sports très actifs tels que le football ont des vitesses moyennes faibles (par exemple, 5,6 km/h en moyenne pour les joueurs de l'équipe de France lors de France-Argentine, coupe du monde 2018), il est pris des hypothèses de 50 % du temps en mouvement, à 4 km/h de moyenne.

Au vu des faibles distances que représenteraient des activités comme l'équitation ou le ski, ils sont ici comptés comme de la marche loisirs. Le vélo est en revanche séparé, avec les données de la récente étude de l'ADEME (2020).

Parmi les autres activités de loisirs se trouvent : les exercices dits productifs, tels que la pêche, la chasse, ou la cueillette ; la promenade du chien, chiffre non détaillé pour la France, pris en estimation moyenne en Europe de la publication d'Eurostat.

Concernant les **activités domestiques**, sont considérées séparément les activités de jardinage d'un côté, et les courses, shopping et services d'un autre, en raison des importantes proportions de marche qu'ils ont. Les autres activités domestiques regroupent des activités peu mobiles, telles que : environ 4h d'activités de loisir et temps libre (hors promenade, sport et transport), telles que regarder la télévision, lire, etc. ; 2h40 d'activités domestiques (hors jardinage et courses), telles que faire la cuisine, la vaisselle, le ménage, s'occuper des enfants. Il est supposé un qu'1 % du temps de ces activités est passé à marcher (et non pas piétiner). Cela correspond également, sur ces 6h40 à domicile, à 170 mètres parcourus, soit quasiment 10 aller-retours sur une distance de 10 mètres.

Enfin, les enquêtes donnent des **temps de travail et d'études** de 2h50 en moyenne sur l'année, dont l'estimation centrale estime le pourcentage du temps à marcher à 4 %, en considérant que certaines activités sont très statiques tandis que d'autres sont bien plus mobiles (temps de marche dans une usine, agriculteur, dans les couloirs d'une entreprise ou administration, etc.).

Malgré les imprécisions évidentes liées à l'exercice, quelques **ordres de grandeur** ressortent dans la Figure 34 ci-dessous : en particulier la part minoritaire des déplacements dans les estimations, malgré des hypothèses parfois conservatrices pour les autres activités ; la part importante des activités de sport et loisirs, dominées par la marche et la randonnée ; des incertitudes plus importantes sur les activités domestiques et professionnelles, qui cumulées représentent possiblement davantage de temps de marche que les temps de déplacements.

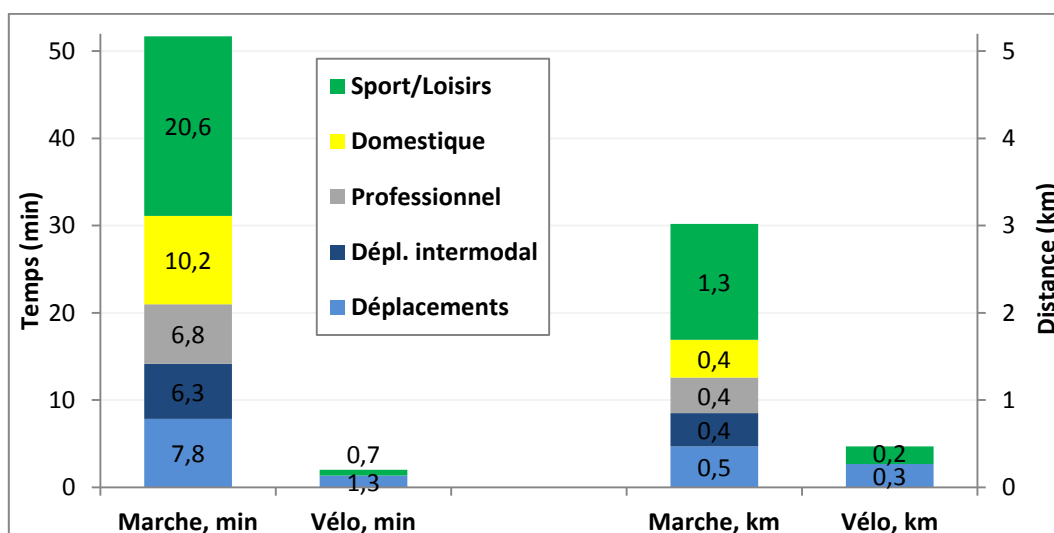


Figure 34 : Estimation des temps et distances totales des déplacements à pied et à vélo