



**ATEC
ITS FRANCE**

Décarboner la mobilité

Quelles solutions, quels financements ?

Éléments pour une feuille de route

Juillet 2020

FEUILLE DE ROUTE Décarboner la mobilité v11

COLDEFY Jean, C3i
PAPET Laura, PMP Conseil
CHEVREUIL Martial, ATEC ITS France

Un document



Labellisé



Table des matières

1. Synthèse.....	2
2. Enjeux, périmètre et méthodologie.....	5
2.1. La mobilité et les émissions de carbone.....	5
2.2. Périmètre.....	6
2.3. Méthode d'analyse et propositions.....	6
3. Analyse des mobilités.....	7
3.1. Analyse globale.....	7
3.2. Analyse territoriale.....	8
3.3. Analyse des mobilités.....	12
4. Analyse des facteurs d'émissions de GES.....	15
4.1. L'équation de Kaya.....	15
4.2. L'historique des émissions de GES en France.....	16
5. Les solutions de décarbonation.....	20
5.1. Le VE et les motorisations.....	20
5.1.1. L'impact des normes Euro.....	20
5.1.2. L'impact du VE et des VEH.....	21
5.1.3. Evolution des carburants pour les transports en communs (TC).....	23
5.2. Diminuer les distances parcourues.....	26
5.3. Opérer un report modal massif dans les grandes agglomérations.....	29
5.2.1. Un programme d'investissement sur 4 axes.....	29
5.2.2. Focus sur le report modal vers le vélo : le déploiement de pistes cyclables.....	32
5.2.3. Apport des nouvelles technologies.....	33
6. Quel dispositif de financement de la mobilité pour décarboner la mobilité ?.....	37
6.1. Les données du problème.....	37
6.2. Scénario d'un financement par le contribuable.....	37
6.3. Scénario d'un financement par l'utilisateur.....	38
6.3.1. Financement par l'utilisateur des transports en commun.....	38
6.3.2. Financement par l'utilisateur des réseaux routiers.....	39
6.4. Gouvernance et équité.....	45
7. Bibliographie.....	46

1. Synthèse

Décarboner la mobilité dans les exigences du GIEC et de la stratégie nationale bas carbone, suppose de diminuer de 40% les émissions dans les transports. Or depuis 20 ans, la part modale kilométrique de la voiture est inchangée : plus de 80%. Le rythme n'y est pas : il va falloir passer la vitesse supérieure et très rapidement.

L'analyse montre que la voiture est l'un des premiers postes d'émissions de CO₂ en France. C'est sur les déplacements locaux, inférieurs à 80 km qu'il faut porter l'effort : ils représentent 70% des émissions. Les déplacements en zones rurales représentent 20% des émissions, ceux des zones urbaines 80%. Les travaux du CEREMA et d'agences d'urbanismes montrent qu'au sein des grandes aires urbaines, ce sont les déplacements extérieurs aux zones centres qui pèsent pour plus de 50% des émissions, les émissions en centre-ville ne représentant que 2 à 3% des émissions : les mobilités sont dans ces zones largement déjà décarbonées.

Ceci est dû à la dynamique urbaine, consubstantielle de l'histoire des villes et des gains de vitesse qui ont permis de dédensifier les villes au-delà des 4 km/h de la marche à pied, soit 1h de trajet par jour, mais aussi en France de la défaillance de notre système de transport public ferré qui n'a pas accompagné comme il l'aurait fallu le développement des villes, avec un usage généralisé de la voiture.

Les pistes proposées dans cette étude apportent des éléments concrets de réponse permettant de décarboner les mobilités, en se basant sur les 3 paramètres sur lesquels nous pouvons agir : réduire les émissions unitaires, diminuer les distances parcourues, assurer un report modal. Les propositions pour chacun de ces 3 paramètres sont synthétisées ci-après. L'étude aborde aussi la question du financement, qui est clef si l'on veut atteindre d'ici 2030 l'objectif de réduction de 40% des émissions de CO₂ : « there is no free lunch ». Ce souci du réalisme doit nous permettre de passer de l'intention à la mise en œuvre sur le sujet de la décarbonation, qui est l'enjeu clef de nos sociétés et de leur modèle économique et social. L'ensemble des mesures que nous proposons devrait faire baisser de 30 à 40% les émissions de CO₂ dans les grandes agglomérations.

Réduire les émissions unitaires

- En zones rurales, il n'y a pas d'autres choix que de basculer sur le véhicule électrifié. Ceci suppose une baisse très rapide des coûts, un VE ou Hybride Rechargeable (VHR), valorisant aujourd'hui la tonne de CO₂ à des niveaux excessifs. Le VE et VHR ne devraient pas coûter plus cher que les véhicules thermiques pour assurer une transition rapide. L'impact sur les émissions de CO₂ sera certain compte tenu du mix énergétique électrique français, très peu carboné grâce au nucléaire.
- Le déploiement de bornes de recharges est nécessaire au VE pour compenser les problèmes d'autonomie. L'interopérabilité, la tarification, la fiabilité semblent encore à améliorer. La couverture du territoire est directement liée à l'autonomie des batteries : plus l'autonomie sera grande moins la couverture sera nécessairement homogène
- Pour les transports en commun (TC), l'analyse montre que le déploiement de technologies comme le bus électrique ou à l'hydrogène génère des coûts de la tonne de CO₂ déraisonnables. Par ailleurs les TC ne pèsent que 0.06% du parc de véhicules en

- France. Il paraît plus justifié pour un bon usage des fonds publics et l'atteinte des objectifs de baisse de CO₂ de privilégier le bio diesel ou bio GNV
- Le déploiement de pistes cyclables permet le développement de la pratique du vélo. Ce mode est pertinent pour les déplacements jusqu'à 10 km avec le VAE. C'est dans les banlieues qu'il faut prioriser les déploiements de pistes cyclables. Faire porter au vélo des déplacements longs n'est pas réaliste. C'est en intermodalité avec les TC et sur les déplacements courts là où il n'y a pas de TC qu'il faut cibler les aménagements sauf à prendre des parts modales à la marche ou aux transports en commun (ce qui est d'ailleurs constaté en ce moment de déconfinement).
 - Pour les trajets longues distances, la réduction des vitesses sur autoroutes de 130 à 110 km/h, comme l'a proposé également la convention citoyenne sur le climat, permet une réduction de 25% des émissions de CO₂ sur les trajets sur autoroutes. Il est très probable que cela ait aussi un impact sur les distances parcourues du fait d'un budget temps moins important.

Réduire les distances parcourues

- Les distances parcourues en France par an par habitant sont stables depuis 20 ans : 45 km/hab/an. Ce sont les déplacements internationaux, et donc l'avion qui augmentent depuis 2000 pour atteindre 2470 km/an/hab contre 1500 en 2000. La crise du COVID19 nous a montré qu'effectivement une réduction de nos mobilités engendrait une baisse des émissions de CO₂, du fait d'une réduction drastique de nos programmes d'activités. Cette piste n'est évidemment pas celle à soutenir. La réduction des distances est un travail de long terme qui suppose une coordination des politiques d'urbanisme et de mobilité à l'échelle de l'aire urbaine. La LOM prévoit la mise en place de contrats opérationnels de mobilité à l'échelle de bassins de vie, c'est-à-dire des aires urbaines sauf pour le cas de l'Île de France, très particulier.
On ne modifiera pas l'attractivité économique des grandes villes, qui parce qu'elles concentrent des grandes entreprises, des PME, des centres de recherche et les autorités locales permettent l'économie de l'innovation, génératrice d'emplois et de croissance. Il convient aussi de construire la ville sur la ville et il faut bien tenir compte du fait qu'aujourd'hui les 2/3 de la population d'une aire urbaine n'habitent pas en ville centre. En revanche on peut agir sur les liens entre les bourgs et villes d'une aire urbaine et le pôle central, ainsi que sur les déplacements de proximité. Il est ainsi proposé d'assurer un report modal massif dans ces liens, objet du § suivant, et en contrepartie ou en même temps de densifier les bourgs et villes satellites. Cette densification vise à atteindre des tailles au-delà des 4000 habitants permettant le développement d'un commerce de proximité et réduisant ainsi les déplacements autres que le domicile travail. Cela suppose une coordination entre communes, métropoles et Régions à l'échelle de l'aire urbaine. Il est certain que le transfert de la compétence urbanisme aux EPCI faciliterait grandement la tâche afin de raisonner à des échelles plus vastes que celles des communes
- Le développement du télétravail pourrait écrêter partiellement l'heure de pointe. Cependant outre que cela reste à démontrer, les études sur le télétravail montrent qu'il s'accompagne d'un effet rebond de déplacements à d'autres moments et pour d'autres motifs. Les télétravailleurs ne sont pas ceux qui se déplacent le moins.

Assurer un report modal

- Comme évoqué ci-avant, notre système de transport en commun n'a pas suivi l'extension de la ville, avec comme conséquence un usage massif de la voiture pour aller travailler et d'autres motifs. Les problèmes d'infrastructures et de coûts actuels des TER mettront au moins une décennie à se régler.
- Il est proposé sans attendre de déployer un package mobilité, qui constitue un tout, avec :
 - o des parcs relais très en amont des métropoles, combinés à des services de cars express hautes fréquences sur voies réservées assurant le lien périphérie - centre
 - o des outils numériques permettant d'optimiser l'usage de l'infrastructure dans le temps et l'espace (gestion multimodale des trafics : priorités feux, informations dynamiques sur les temps de parcours, réservation dans les P+R, ...), de faciliter l'accès aux services de mobilité (MaaS), de développer de nouvelles offres avec une tarification adaptée (MaaS) et enfin de connaître finement la demande de mobilité (observatoire numérique des mobilités)
- Réaliser ce programme suppose une gouvernance à l'échelle de l'aire urbaine et donc une coordination entre Régions et Métropoles voire l'Etat et les Conseils Départementaux pour les voiries. A ce titre un transfert de toutes les RN aux Régions et Métropoles sur leurs territoires faciliterait grandement la réalisation rapide du programme. Il peut en être de même pour les RD stratégiques nécessaires à la réalisation de voies réservées.

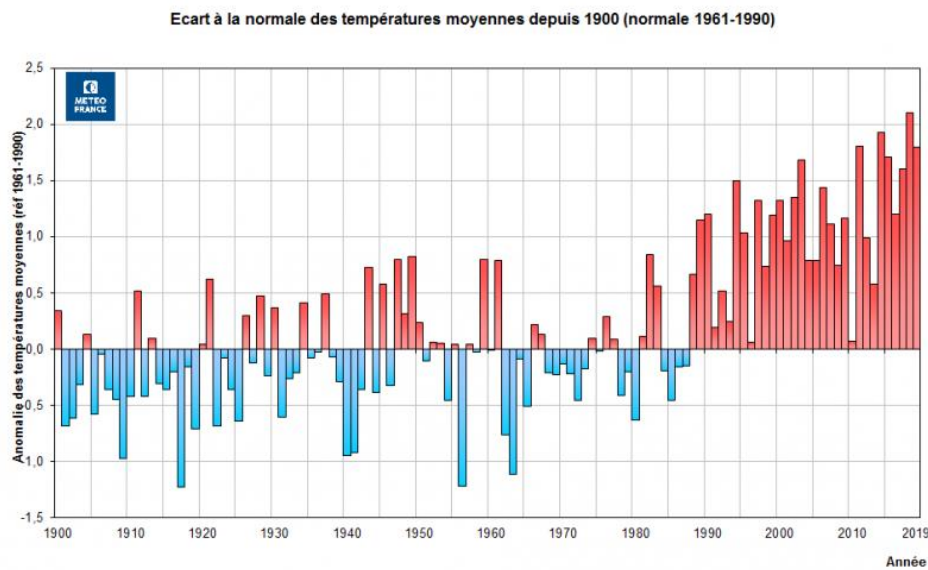
La problématique du financement

- Réaliser un tel programme en 10 ans suppose des ressources complémentaires. Au vu du niveau actuel des impôts sur les particuliers et entreprises, et l'impossibilité de faire financer ce programme intégralement par l'utilisateur des transports en commun, il semble inéluctable de tarifier l'usage de la route pour accéder aux grandes agglomérations, ce alors que l'électrification des véhicules va entraîner une perte fiscale de la TICPE. Cette tarification doit se faire une fois les alternatives en place, en exonérant ou compensant les plus faibles de la mesure, et avec une affectation à 100% des recettes vers un programme précis de mobilité. Cela suppose la aussi une gouvernance à l'échelle de l'aire urbaine, et donc rassemblant EPCI, Métropoles et Régions, qui doivent décider du programme de mobilité de son financement et des affectations des ressources. A programme global, action et gouvernance globales au-delà des intérêts de chaque structure territoriale, afin de renforcer la cohésion des territoires et de décarboner rapidement et fortement nos mobilités.
- Par ailleurs le déploiement d'outils ITS comme le MaaS permet demain de tarifier la mobilité plus à l'usage dans une optique de recouvrer un R/D de 50% dans les transports en communs, donc 2 fois les 25% actuels, afin de disposer des capacités d'investissement. Les options possibles sont nombreuses et sont à caler selon les territoires : passage d'une tarification basée sur le quotient familial et introduction d'une tarification à la distance, maintien de l'abonnement pour les seuls trajets Domicile / Travail et paiement à la distance pour les autres déplacements, modulation selon l'heure de pointe (qui génère de forts surcoûts dans les transports en communs), tarification selon la qualité de service du mode, notamment la vitesse, ...etc. Les outils MaaS permettent une grande flexibilité et ouvrent des opportunités qu'il convient de saisir.

2. Enjeux, périmètre et méthodologie

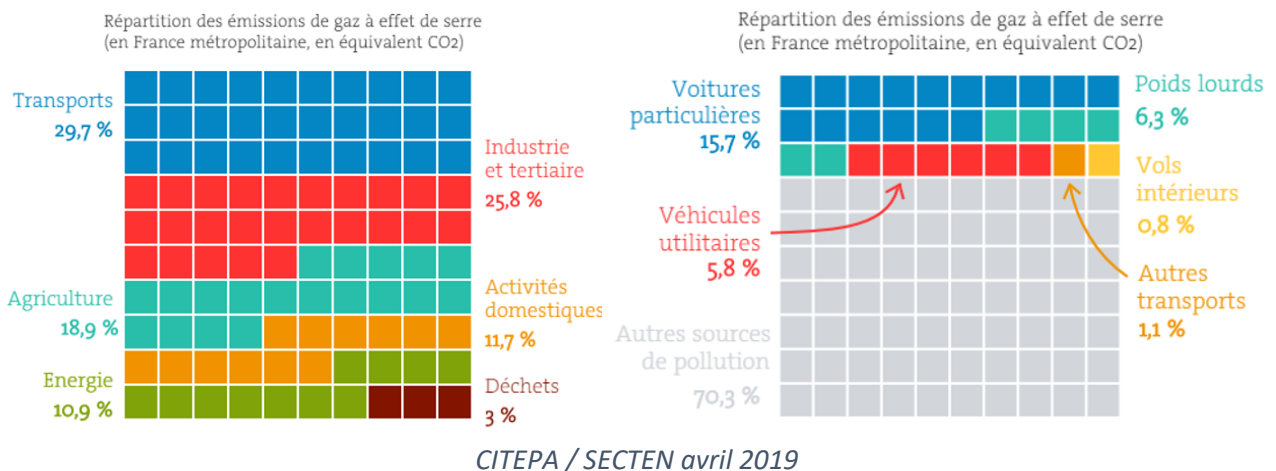
2.1. La mobilité et les émissions de carbone

Le réchauffement climatique est l'enjeu clef de notre société. Alors que l'on pensait qu'il serait un véritable problème pour les générations futures, il devient une réalité concrète dès aujourd'hui, chaque année étant désormais plus chaude que la précédente et induisant des transformations visibles et nuisibles pour tous les pays. Les conséquences s'annoncent dramatiques, et les scientifiques du GIEC avertissent sur l'urgence à agir. Plus nous tarderons, plus les conséquences seront fortes et les coûts associés importants.



Météo France / Evolution des températures en France

D'après le CITEPA, l'une des sources les plus fiables en matière de mesure des GES et de pollution de l'air, les transports en France pèsent 30% des émissions de CO₂, soit 134 millions de tonnes de GES émises en 2017¹. Au sein de ce secteur, c'est la voiture qui émet la moitié des GES, vingt fois plus que l'avion et deux fois plus que le transport routier de marchandises.



¹ D'après le dernier rapport SECTEN du CITEPA

Dans sa feuille de route "*Transports 2050, vers un espace européen unique des transports*", la Commission européenne pose l'objectif pour l'UE de réduire d'ici à 2050 ses émissions globales de GES de 80 à 95 % par rapport au niveau de 1990, et d'au moins 60 % par rapport à 1990 dans le secteur des transports. La France s'est engagée, avec la première Stratégie Nationale Bas-Carbone révisée en 2019, à **réduire de 40 % ses émissions GES à l'horizon 2030 par rapport à 1990** et à une neutralité carbone en 2050. C'est une véritable rupture qui nous est demandée. Pour y arriver, c'est évidemment sur la réduction de l'empreinte carbone de la voiture qu'il faut se concentrer, comme le montre le diagramme précédent.

2.2. Périmètre

La présente feuille de route se focalise sur **le transport des personnes**, et en particulier sur l'usage de la voiture qui pèse plus de la moitié des émissions des transports. Les transports publics de personnes ne pèsent que 1% des émissions de GES, et surtout évitent l'usage de la voiture. Ils sont donc de forts vecteurs d'économie de GES, et c'est pourquoi nous ne les retenons pas dans le périmètre de l'étude. Nous intégrons cependant une synthèse des études disponibles sur les carburants pour les transports publics en application de la loi de transition énergétique de juillet 2015, avec une analyse comparative des carburants et la valorisation de la tonne de CO2 économisée.

2.3. Méthode d'analyse et propositions

Cette feuille de route recense les solutions et les moyens de leur financement, dans une perspective de déploiement à 5 - 10 ans, conformément à la SNBC, avec une réduction de 40% des émissions d'ici 2030. Le présent document est composé de 3 parties :

- Tout d'abord une **analyse des mobilités en voiture** – source principale des émissions du transport de personnes en France. Il s'agira de définir quelles sont les mobilités les plus émettrices sur les territoires, au-delà des approches globales.
- Dans un second temps, nous étudierons **les différents facteurs d'émissions selon une version appliquée au domaine des transports de l'équation de Kaya**. L'équation de Kaya ainsi adaptée permettra d'analyser les différents facteurs d'émissions de CO2. Elle est composée de 3 facteurs :

$$\text{Emissions de GES} = \text{intensité Carbone} \times \text{facteur de charge} \times \text{nb de km parcourus}$$

Le facteur de charge représente le nombre de personnes par véhicule et donc le report modal de la voiture solo vers les transports publics (en y intégrant le covoiturage).

- Une fois ces analyses posées, nous regardons dans un troisième chapitre **les différentes solutions possibles**, leurs impacts sur les émissions de CO₂ et leurs coûts. En effet, les démarches bas carbone négligent trop souvent le financement des mesures. Or, on ne peut raisonner à ressources budgétaires infinies, notamment publiques, mais aussi privées. Les solutions possibles seront donc analysées en fonction de leur adéquation aux besoins (efficacité) et à leur coût public ou privé pour définir à quel coût les différentes solutions valorisent la tonne de carbone économisée (efficacité) afin d'aider dans le choix de politiques les plus efficaces.

Nous terminerons enfin sur **les modalités de financement** des différentes solutions.

3. Analyse des mobilités

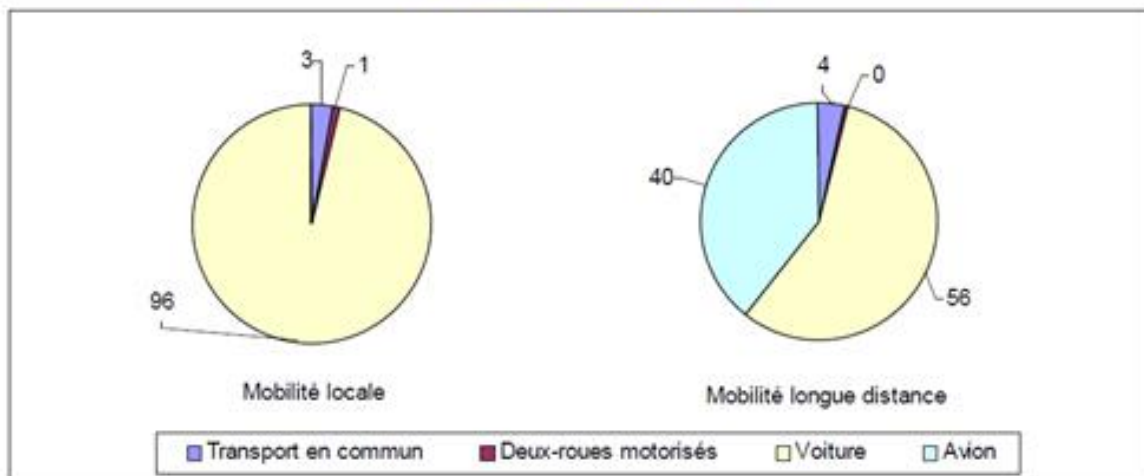
3.1. Analyse globale

L'analyse de l'ENTD 2008 (l'exploitation des données de l'enquête ENTD 2018 est attendue à l'automne 2020) nous indique assez clairement que les enjeux se situent pour l'essentiel dans les déplacements inférieurs à 80 km, ce que l'on appelle la mobilité locale (source CEREMA LAET).

Emissions individuelles 1,9 tonnes de CO₂/habitant/an			
	% nb déplacements	% distances parcourues	% émissions CO ₂
Mobilité locale	98,7%	59,6%	70,6%
Mobilité longue distance	1,3%	40,4%	29,4%

Sur ces deux classes de distances, la répartition modale explique les parts de CO₂ : on a clairement la confirmation que la voiture est la principale responsable des émissions de CO₂ des transports et ce essentiellement pour les mobilités locales.

Graphique 1 : Répartition des émissions de CO₂ selon le type de mobilité et le mode de transport (en %)



Champ : individus âgés de 6 ans ou plus résidant en France métropolitaine.

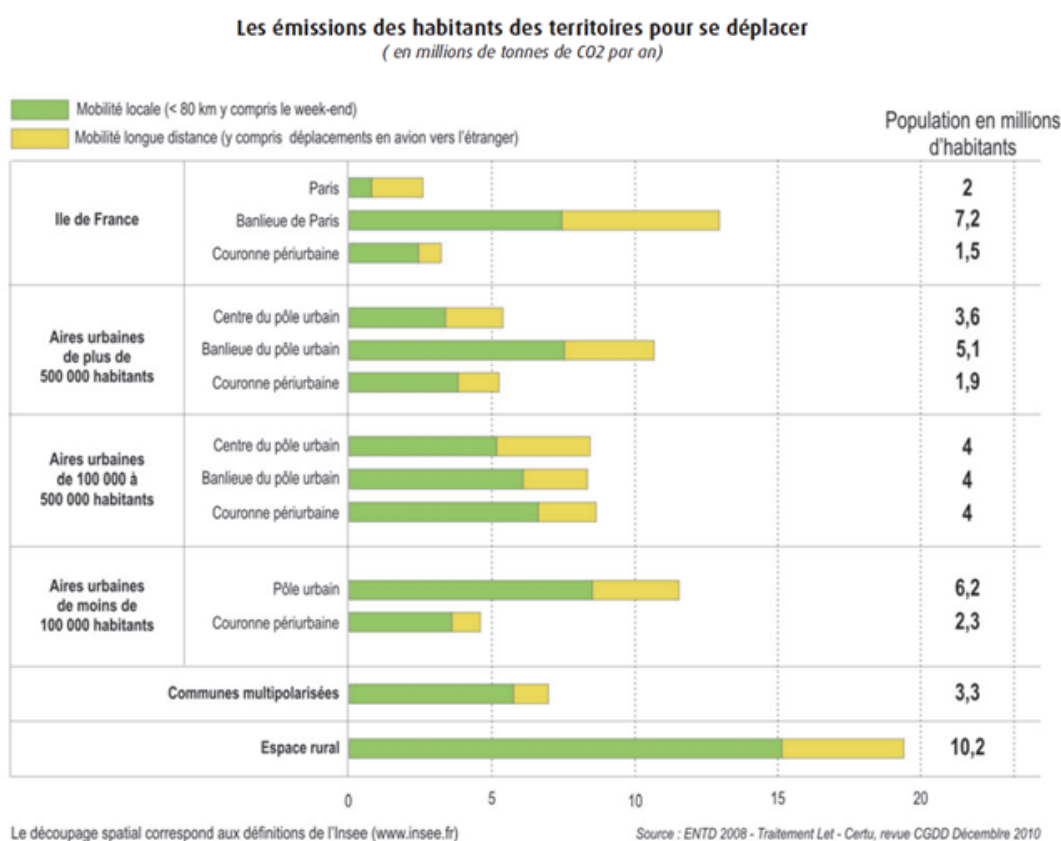
Source : SOeS, Insee, Inrets, enquête nationale transports et déplacements 2008, traitement LET-Certu

Au-delà de cette constatation globale, il convient d'analyser plus finement les mobilités en voiture dans les territoires pour mieux comprendre quels déplacements sont concernés, et quelle typologie d'usage. Nous allons pour ce faire utiliser les travaux du CEREMA sur l'analyse des Enquêtes Ménages Déplacements (EMD) françaises, avec des éléments repris dans le document de référence DEEM : Diagnostic Energie Emissions des Mobilités de 2017.

3.2. Analyse territoriale

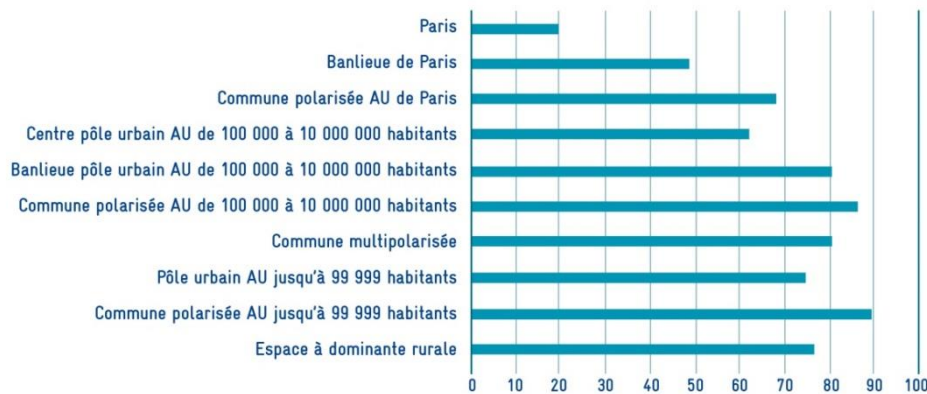
Les analyses de l'ENTD 2008 montrent que les territoires ne sont pas égaux devant les émissions de CO2 liés à la mobilité des personnes. Les résultats de l'ENTD 2018 est attendue cet automne et il est très probable qu'elle amplifie le diagnostic qui suit, la périurbanisation autour des grandes métropoles s'étant particulièrement amplifiées depuis une dizaine d'années.

Les zones rurales sont responsables de près de 20% des émissions de CO2 liées à la mobilité locale, les zones urbaines 80%. Dans les zones urbaines, les aires urbaines de plus de 100 000 habitants pèsent plus de 55% des émissions, les très grandes aires urbaines représentant 1/3 environ des émissions.



Ces résultats s'expliquent par la part modale de la voiture sur ces différents territoires, qui est directement liée à une offre de transport public adaptée. Paris dispose en effet du réseau de transport en commun le plus dense du monde, et il n'est donc pas étonnant que ce soit aussi le lieu où la part modale de la voiture soit la plus faible, ainsi que le taux de possession par ménage.

Part des déplacements en voiture (conducteur ou passager) selon le type d'habitat (en %) en 2008



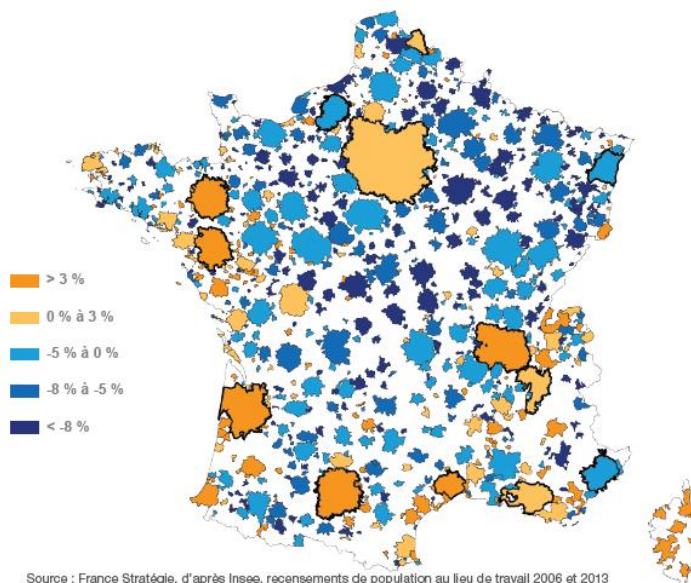
Champ : actifs ayant un lieu de travail fixe hors de leur domicile.
Sources : SOeS, Insee, Inrets, enquêtes nationales transports et déplacements 1994, 2008

Part modale des actifs selon les territoires
(les données plus récentes ne modifient pas les chiffres présentés ici).

Selon l'INSEE, les aires urbaines² de plus de 100 000 habitants représentent 40 millions d'habitants, soit les 2/3 de la population française, et c'est là que se situent l'essentiel des problèmes de congestion et d'accessibilité.

En effet **les agglomérations concentrent l'essentiel des emplois et des dynamiques économiques**. L'INSEE et différents instituts ont évalué les créations et destructions d'emplois sur le territoire depuis 20 ans. Comme le montre la carte ci-après, sur la décennie 2006-2013, on observe une concentration de la création d'emplois des 25-54 ans dans les principales métropoles françaises, les données à fin 2018 ne venant pas modifier ce constat. Ceci est l'effet combiné, d'une part de l'économie de l'innovation qui nécessite un réseau

Carte 2 – Évolution de l'emploi des 25-54 ans entre 2006 et 2013, par aire urbaine



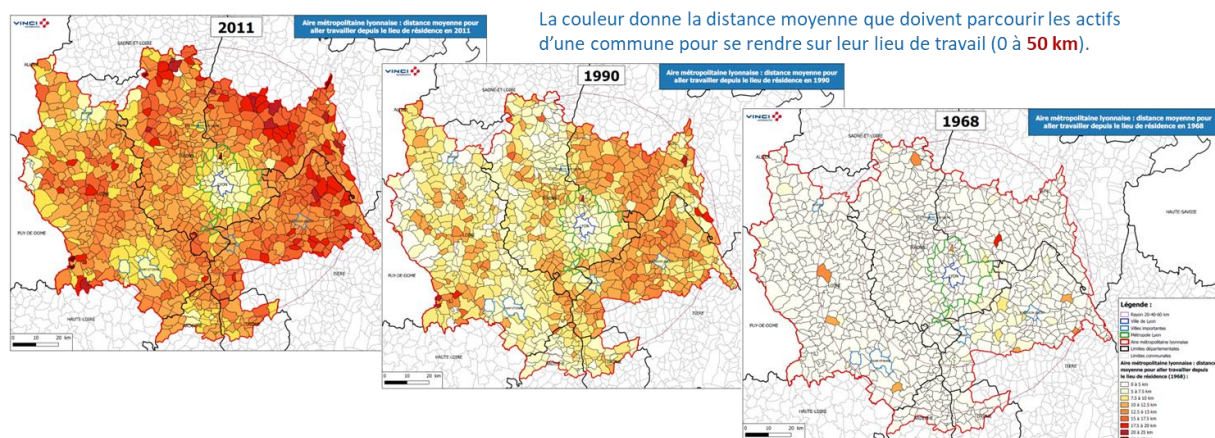
d'entreprises, de centres de recherche et de ressources humaines que les métropoles sont les plus à même d'offrir ; D'autre part, la désindustrialisation dans des territoires ruraux, liée à des coûts de production trop élevés au regard de la gamme des produits et à la concurrence étrangère, a conduit à la perte de 2 millions d'emplois et d'attractivité des territoires concernés.

² Une aire urbaine est constituée des communes dont 40% des actifs au moins travaillent dans l'agglomération centre autour de laquelle elles sont donc polarisées.

Ceci ne veut cependant pas dire que les 2/3 des Français habitent en ville. Sur une aire urbaine, la moitié de la population habite en zones rurales. Si les métropoles concentrent les emplois, c'est près de 50% des français qui habitent en zones rurales ou dans des petites villes et bourgs. Pour un habitant dans la ville centre, il y en a en général 2 à 3 autres dans l'aire urbaine, selon les territoires (source INSEE).

Par ailleurs, du fait de l'attractivité des métropoles et de la difficulté d'accès au foncier (faible disponibilité et coût) en 1^{ère} et 2^{nde} couronne, **les prix des logements dans les grandes agglomérations ont été multipliés par 3 depuis 20 ans** (CGEDD, INSEE). Cette évolution a poussé de nombreuses catégories socio-professionnelles à s'éloigner des cœurs de ville : Paris compte ainsi 45% de cadres (16% sur le plan national), Lyon 30% (x 3 en 40 ans) contre 10% d'ouvriers (division par 3 en 40 ans). Ainsi l'effet combiné de ces évolutions contraint les choix d'installation d'une grande partie de la population française : l'augmentation de l'habitat en zones économiquement dynamiques, la baisse de l'habitat en zones en crise économique, les droits de mutation (8% du coût du logement), le verrouillage de l'urbanisation par les communes proches des grandes agglomérations, la relocalisation des emplois : tout ceci oblige une partie des français à habiter de plus en plus loin de leur lieu de travail.

C'est ce qui est constaté dans toutes les grandes agglomérations. La carte sur Lyon est particulièrement éclairante : elle visualise la polarisation des communes de l'aire urbaine vers la ville centre pour aller travailler avec des distances bien au-delà des 15 km moyen constatés des déplacements, autour de 30 voire 60 km. Les distances et les durée moyennes journalières (~ 15 km, 1h / j) des enquêtes ménage déplacements recèlent de très grandes disparités.



*Allongement des distances D/T sur la Métropole de Lyon (source INSEE, AIPCR/ASFA, A Broto octobre 2017). Sur cette même aire urbaine entre les ENTD de 1994 et 2008, les transports intérieurs de voyageur en pass*km ont augmenté de 14% alors que la demande de transport pour le motif Domicile Travail a augmenté de 45%.*

La difficulté réside dans le retard d'évolution simultanée de l'offre de mobilité : ceux qui prennent leur voiture n'ont tout simplement pas le choix. Les fréquences et l'emport des TER permettent des capacités trop faibles. Un TER en province est en général cadencé à la 1/2h parfois au ¼ h. Avec des trains de 350 à 700 places, c'est une capacité à l'heure de 700 à 2000 personnes, là où seule voie d'autoroute permet 2200 personnes /h. C'est ce qui explique que près de 90 % des trajets pour accéder aux agglomérations sont réalisés en voiture. C'est la grande défaillance de notre système ferroviaire depuis 20 ans qui n'a pas suivi l'évolution de la ville.

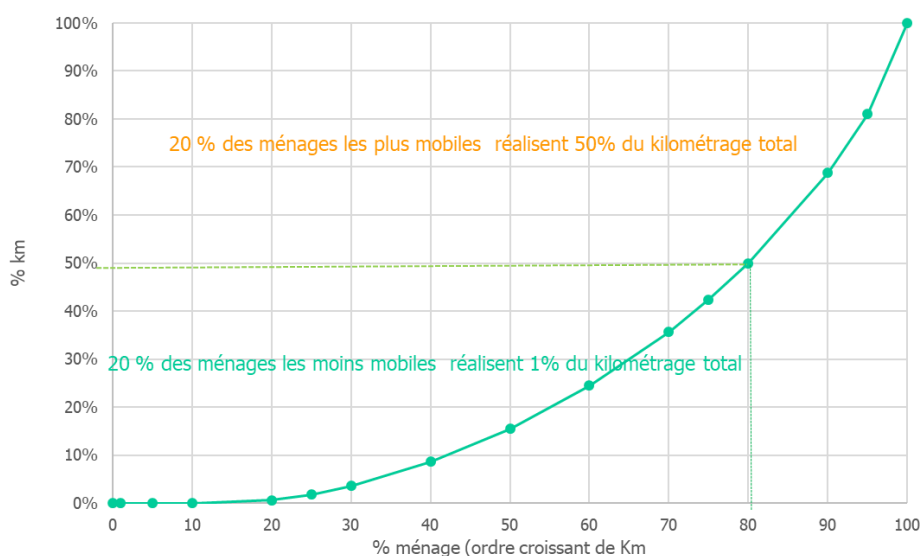
La concentration des emplois dans les agglomérations et la destruction dans les villes moyennes est une réalité. Le phénomène d'étalement urbain est lié à la fois à cette concentration des emplois, la non-disponibilité des logements en ville centre qui ne peut physiquement accueillir la population de l'ensemble de l'aire urbaine, aux coûts de ces logements et enfin à des choix résidentiels dans des arbitrages coûts de la mobilité / coût du logement. Cette compétition pour l'espace s'observe aussi bien dans le domaine de la mobilité que celui de l'urbanisme ou du développement économique. Faut-il pour autant en déduire comme cela est parfois proposé de stopper l'étalement urbain ?

Des urbanistes de renom (JM Offner, Marc Wiel) et des années de travaux (du PREDIT notamment) ont depuis longtemps contredits les affirmations trop rapides sur le sujet qui traduisent une méconnaissance du fonctionnement des villes, de leur économie, de leur histoire. Marc Wiel dans ses ouvrages l'expose clairement (voir « Dix années de recherche sur l'étalement urbain » au Predit). JM Offner dans son dernier livre "Anachronismes urbains" l'épingale comme l'un des simplismes qui nuisent à des décisions de qualité parce que basées sur de fausses vérités. La limitation en couronnes de l'extension urbaine mise en place a favorisé l'extension d'un habitat diffus, la rente foncière et les flux de voitures, les gens allant chercher encore plus loin ce qu'ils ne pouvaient pas trouver plus près (voir aussi les travaux de JP Orfeuil sur le sujet). La cause à des réglementations de l'Etat mais aussi et surtout la gestion des sols par des maires limitant les constructions répondant aux souhaits des nouveaux arrivants qui ont bien vite refermés la porte derrière eux : c'est au final un mauvais diagnostic et un manque de raisonnement à la bonne échelle (l'aire urbaine) et donc de gouvernance qui a au contraire favorisé l'émiettement de l'habitat dans les aires urbaines. Lutter contre l'étalement urbain est ainsi une chimère, le réguler est toutefois nécessaire. C'est sur la densification dans les aires urbaines, et donc la lutte contre le mitage urbain que doit se focaliser la politique d'urbanisme dans les communes de 1^{ère} et 2^{ème} couronne des agglomérations, en recréant des centralités autour des gares et pôles de transports en commun, à l'image de l'urbanisme en doigts de gants de Copenhague ou de ce qu'ont réussi des pays comme l'Allemagne ou la Suisse. Ce n'est pas le propos de ce document, mais il est utile de préciser ce point et nous renvoyons aux travaux de Marc Wiel, JM Offner et d'autres urbanistes sur le sujet.

3.3. Analyse des mobilités

Une analyse plus poussée permet de constater qu'au-delà des moyennes, il y a une **grande disparité dans les déplacements au sein des ménages français**. Le traitement de données récentes par le CEREMA permet de constater que 20% des ménages réalisent 50% des kilométrages cumulés en voiture.

Courbe de concentration des kilométrages cumulés

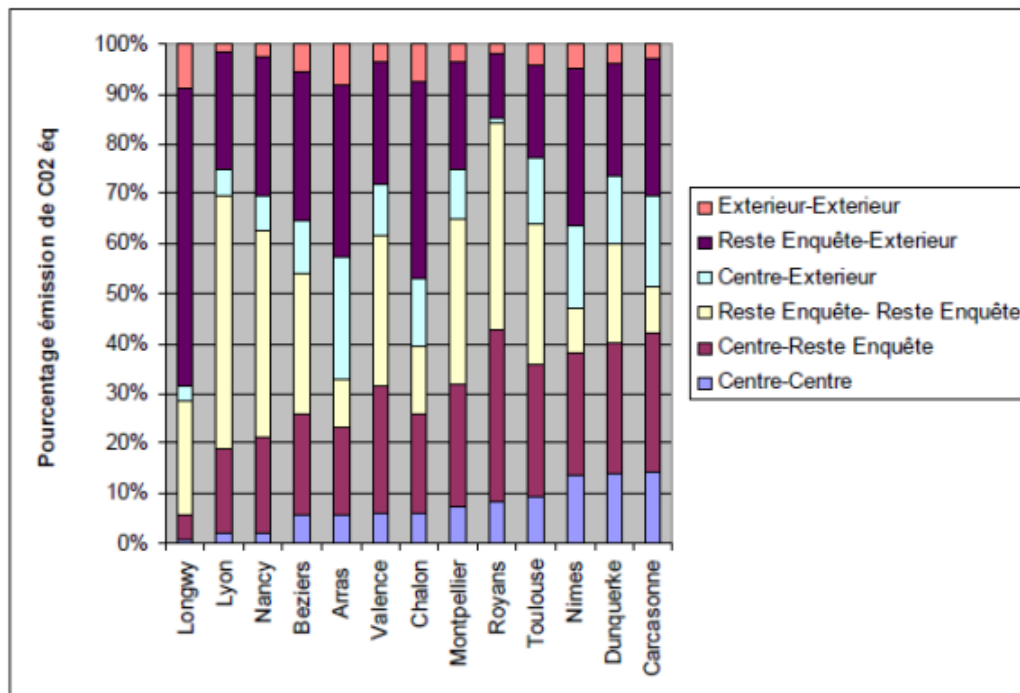


Source : Enquête annuelle ParcAuto - vague 2017, IFSTTAR-ADEME-CCFA-DSCR - SOeS-FFSA, Traitement R.Grimal (Cerema NP)

Plus précisément, si l'on regarde la répartition des déplacements et des émissions de CO₂ sur des aires urbaines de taille variable, on constate que, dans les grandes aires urbaines, ce sont bien **les déplacements qui ont une origine ou une destination en dehors du centre qui sont le plus générateurs d'émissions**, les déplacements dans les hypercentres étant responsables d'une faible fraction des émissions, de l'ordre de 2% dans les grands centres³.

³ Ce chiffre peut aller jusqu'à 10% dans certaines métropoles, comme Toulouse, signe d'une irrigation plus faible de l'arrière-pays

Figure 6 Répartition des émissions de GES selon l'Origine Destination des déplacements par enquêtes classées selon l'ordre croissant de la proportion des flux centre-centre

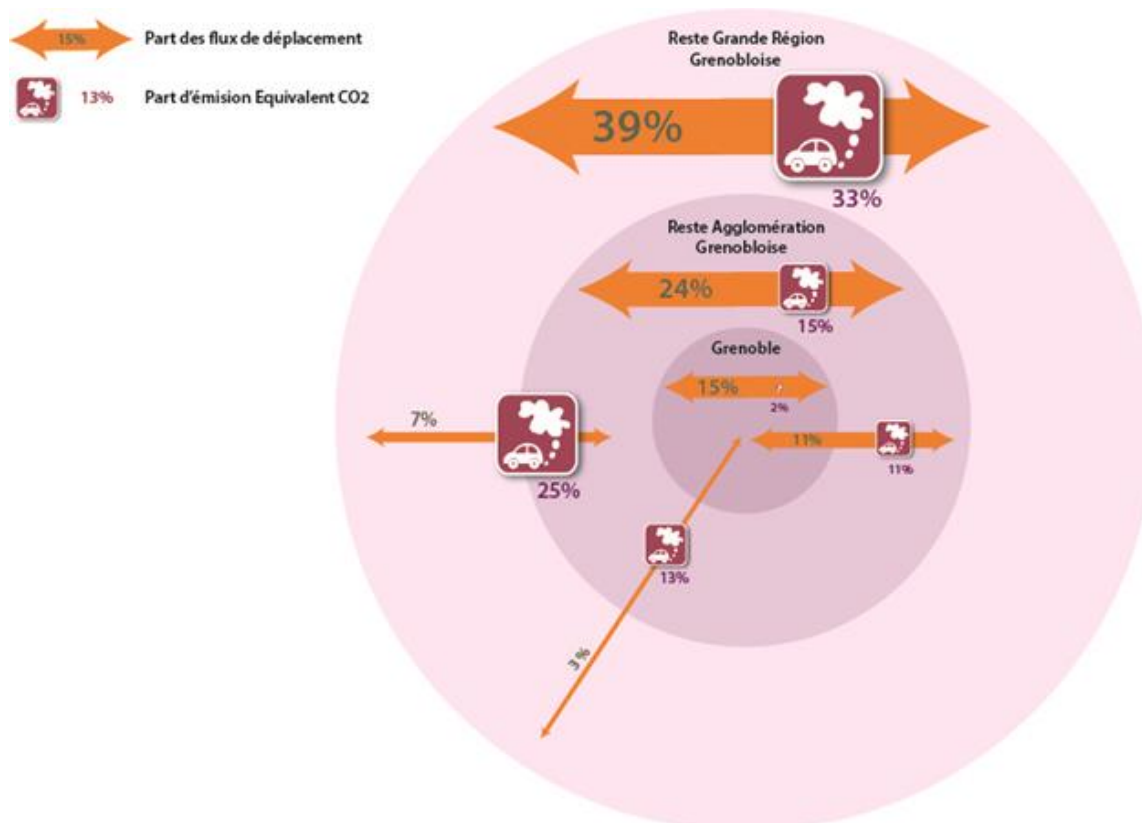


Source: traitement Cerema base de données DEEM. Champs: Mobilité globale un jour moyen de semaine

L'analyse de l'agence d'urbanisme de Grenoble affine ces résultats sur l'aire urbaine grenobloise où l'on voit qu'il y a 3 grands blocs responsables des émissions de GES :

- Les flux périphéries – périphéries hors agglomération qui pèsent 40% des déplacements mais 33% des émissions ce qui laisse supposer que ce sont des déplacements de faibles portées ;
- Les flux périphéries – périphéries dans l'agglomération, qui pèsent 24% des déplacements, mais 15% des émissions de GES, pour les mêmes raisons que précédemment ;
- Les flux périphéries – centre, 21% des déplacements, mais 49% des émissions de GES.

Les flux internes au centre ne représentent que 2% des émissions de GES : ce n'est donc pas là qu'il faut porter l'effort mais bien dans les déplacements périphéries centres.



Agence urbanisme Grenoble, 2014, données DEEM EMD 2010

En synthèse :

- La voiture est l'un des plus gros postes d'émissions de GES en France, 15.7%.
- Sur ce %, la mobilité locale pèse 70% des émissions de GES, dues à 96% aux déplacements en voiture.
- Ces émissions sont le fait pour l'essentiel des flux pour accéder aux zones d'emplois des agglomérations et des déplacements en zones rurales. Les émissions de GES liées aux mobilités internes aux centres des grandes agglomérations représentent une très faible fraction des émissions de mobilité locales.

4. Analyse des facteurs d'émissions de GES

4.1. L'équation de Kaya

L'équation de Kaya appliquée au domaine des transports est composée de 3 facteurs :

$$\text{Emissions de GES} = \text{intensité Carbone} \times \text{facteur de charge} \times \text{nb de km parcourus}$$

Le **facteur de charge** représente le nombre de personnes par véhicule et sa valeur permet en particulier d'évaluer le report modal de la voiture solo vers les transports publics ou le covoiturage.

Réduire de 40% les émissions de CO₂ d'ici 2040 comme la France le prévoit dans sa Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC) suppose donc de :

- **Réduire de 40% les émissions unitaires des véhicules.** Le parlement européen vient de fixer une baisse moyenne de 37.5% des émissions pour les véhicules neufs d'ici 2030, et a défini une limite à 95 g de CO₂ par km et par voiture pour fin 2020, contre 118 g aujourd'hui (soit 20% environ de baisse). Les constructeurs automobiles estiment cet objectif particulièrement ambitieux et investissent massivement dans le véhicule électrique ou hybride. **Cette stratégie a du sens dans un pays où l'électricité est massivement décarbonée** comme en France grâce au nucléaire. En Allemagne ou en Pologne, un véhicule électrique est essentiellement un véhicule qui roule au charbon donc plus émetteur qu'un véhicule thermique. La difficulté provient du fait qu'un véhicule acheté en 2020 sera encore présent en 2040. Les coûts actuels des véhicules électriques et hybrides ne permettent pas encore une diffusion massive et rapide. Les hypothèses les plus optimistes prévoient une part de marché de 50% pour les véhicules électriques et hybrides en 2030 (études BCG⁴ de janvier 2020) liée à la baisse des coûts des batteries. Cette piste semble donc répondre partiellement à l'objectif 2040, et plus fortement l'échéance de 2050. Elle nécessite en Europe une décarbonation massive de l'électricité, ce que seule la France et la Norvège ont déjà réalisé à ce jour. Il est donc indispensable de décarboner massivement l'électricité et de substituer les énergies fossiles aux énergies électriques.
- **Ou Augmenter de 40% le facteur de charge des véhicules**, ce qui suppose un report modal massif vers les transports en commun, et peut-être le covoiturage. Ceci n'est jamais arrivé. Le Grenelle de l'environnement en 2007 a mis en œuvre une stratégie cohérente de report modal, avec des moyens conséquents. Entre 1997 et 2017, 75 milliards d'euros ont été investis, 25 dans les TGV, 25 dans les transports en communs en Ile de France, 25 dans les transports en communs de province. Si les villes de Paris et Lyon ont fait baisser significativement la part modale de la voiture dans leurs centres (10 points en 10 ans sur Lyon, soit -30%, ce qui montre que cela est possible), la situation a peu évolué au-delà de leur boulevard périphérique - ces chiffres étant à relativiser au km parcouru par mode (baisse nettement plus faible). La part modale de la voiture au niveau français reste stable avec 80% des kilomètres parcourus depuis 50 ans.

⁴ <https://www.bcg.com/publications/2020/drive-electric-cars-to-the-tipping-point.aspx>

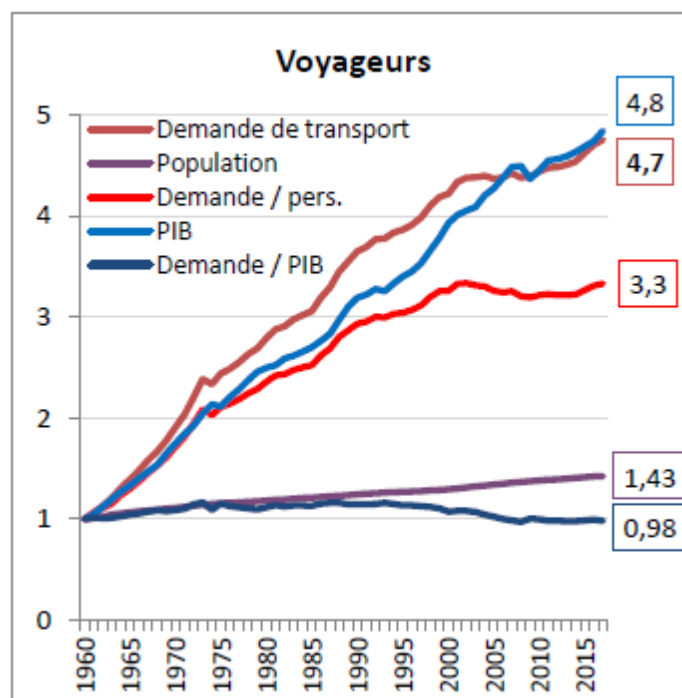
- **Ou Réduire de 40% les distances parcourues.** La crise du Covid19 nous donne un aperçu de ce que cela signifie. La mobilité étant un moyen de réaliser nos programmes d'activités dans nos territoires, réduire celle-ci de 40% va impacter très fortement nos activités, donc nos modes de vie, dans des proportions identiques aux distances parcourues et PIB d'il y a 50 ans en arrière en termes de distances parcourues et de PIB (voir §4.2). Ceci semble difficilement socialement acceptable par la population. Une réduction des distances est sans doute nécessaire mais dans des proportions et pour des activités ciblées.
- **Ou un mix entre ces trois facteurs,** avec essentiellement **dans les 10 ans à venir une réduction des distances parcourues et un report modal très important, avant que le changement du parc de véhicules ne produise ses effets.**
 - ⇒ **C'est à l'évidence le scénario qui semble le plus atteignable d'ici 2030, mais dont la faisabilité reste à établir.**

La **partie 5** étudiera les solutions permettant de répondre aux différents facteurs de l'équation de Kaya, en les déployant sur les territoires, avec une analyse efficacité des solutions pour décarboner la mobilité et efficacité de l'usage des fonds publics ou privés.

4.2. L'historique des émissions de GES en France

Les récents travaux d'un jeune chercheur, Aurélien Bigo, nous éclairent sur les stratégies poursuivies depuis 1960 en matière de transports de voyageurs et de fret.

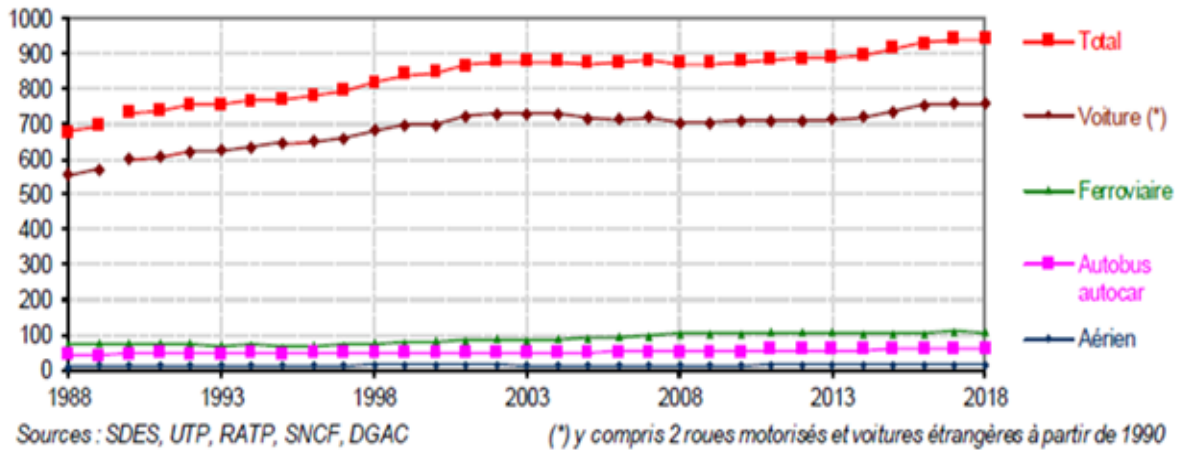
Depuis 1960, alors que la population a augmenté de 43%, le PIB par tête a été multiplié par 4.8, et les kilomètres parcourus par 4.7 (par 3.3 si on ramène cela à chaque français).



Evolution du facteur multiplicatif de la population du PIB et de la mobilité (totale et par habitant) de 1960 à 2017. A Bigo 2020

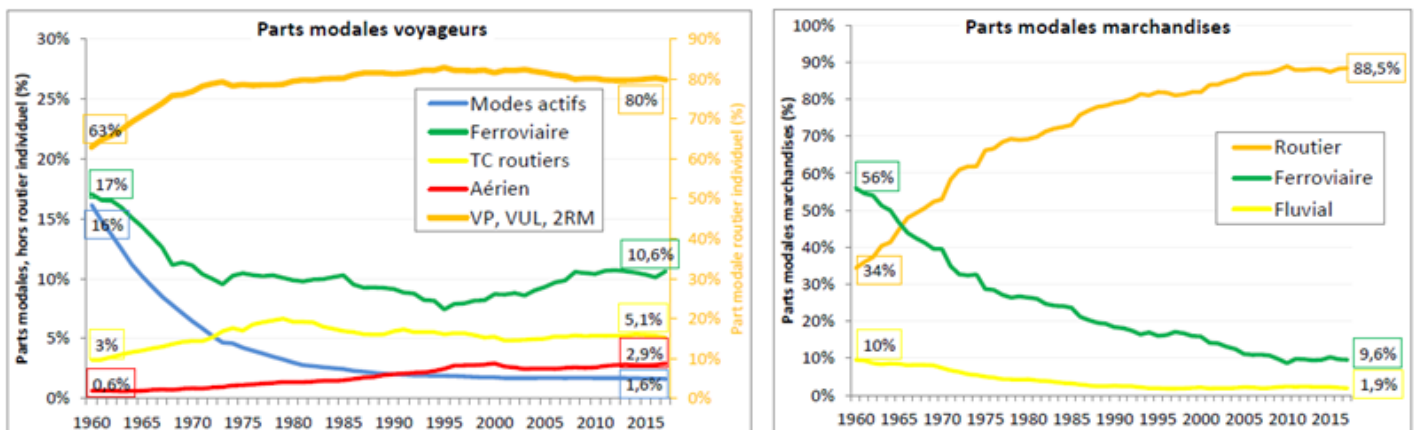
Par ailleurs, depuis 15 ans, nous observons une stagnation des kilomètres parcourus en voiture, ce que d'aucuns nomment le « peak car », avec 700 à 750 milliards de km passagers parcourus.

► **Transports intérieur de voyageurs (milliards de voyageurs x kilomètres)**



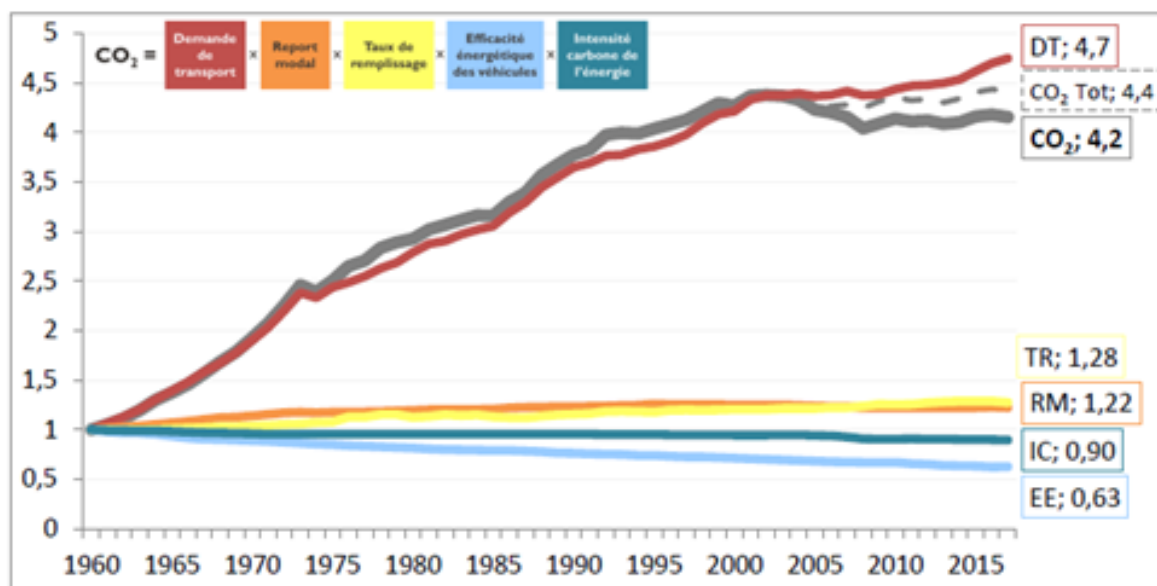
Evolution des voyageurs kilomètres en France depuis 1960 en passagers 1988

Ceci se retrouve également dans l'évolution des parts modales depuis 1960, où l'on voit la part prépondérante et quasi inchangée de la voiture, la chute du vélo qui est liée à l'augmentation des distances Domicile-Travail, du fait de la périurbanisation, et la stagnation des transports publics depuis 50 ans, qui n'ont pas accompagné cette transition urbaine comme il aurait fallu.



Evolution des parts modales de transports de voyageurs et de fret de 1960 à 2017 (Aurélien Bigo 2020)

La conclusion de ce que nous avons fait historiquement en matière de décarbonation est particulièrement explicite dans le graphique qui suit : **c'est bien le nombre de kilomètres parcourus, suivant en cela l'évolution du PIB, qui est essentiellement à l'origine de la multiplication par plus de 4 depuis 1960 des émissions de CO₂ liées aux transports.** Le report modal a plutôt joué en faveur de la voiture, tout comme le facteur de charge, le taux d'occupation de la voiture diminuant très régulièrement, suivant en cela la transition urbaine et les évolutions sociologiques (familles monoparentales, nombre de célibataires, vieillissement de la population, ...).



Origine des émissions de CO₂ pour le transport de voyageur de 1960 à 2017 – A Bigo 2020

Comme le montre le tableau ci-après, en 25 ans, les déplacements domestiques ont progressé de 25 % contre 8 % seulement pour la population métropolitaine, passée de 60 à 64,8 M hab. Cela signifie que la distance moyenne journalière est passée de 34,4 à 45 km.

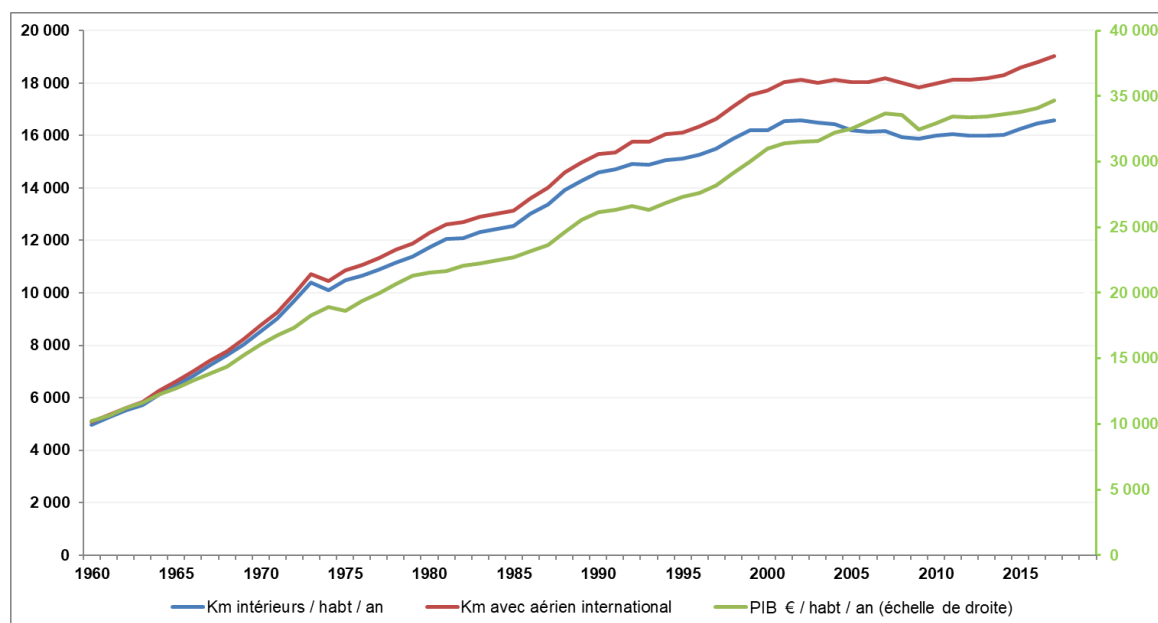
A ces trajets domestiques, il faut ajouter les déplacements internationaux, qui ont progressé encore plus vite et qui en 2017 atteignent 2247 km / an / français, 12% des distances parcourues annuellement. On retrouve l'hypothèse développée par A. Schäfer d'une **élasticité proche de 1 entre la distance parcourue et le pouvoir d'achat**, ce que les travaux d'Aurélien Bigo confirment également.

Evolution des mobilités motorisées en France (milliards de passagers.km)

Source : Comptes transports de la nation

	1992	1997	2002	2007	2012	2017
Véhicules particuliers	620,1	660,3	728,7	718,1	710,7	757,3
Transports collectifs	133,3	133,5	148,6	163,2	175,5	184,0
Transports routiers	47,3	49,3	48,8	53,3	55,5	58,1
Autocars ⁽²⁾	39,1	40,7	39,4	42,7	43,4	43,9
Autobus et tramways	8,2	8,6	9,4	10,6	12,2	14,3
Transports ferrés ⁽⁵⁾	74,4	71,0	86,2	96,7	106,0	110,5
SNCF	64,0	61,0	74,4	83,0	90,7	94,7
Trains à grande vitesse	19,4	27,4	40,4	49,0	55,2	59,6
Trains interurbains	26,2	17,4	14,2	10,9	8,7	7,2
Trains régionaux	7,5	7,4	9,0	11,4	14,0	13,7
Réseau d'Île-de-France	10,9	8,8	10,7	11,7	12,8	14,2
RATP	9,5	9,0	10,4	11,7	12,8	13,2
Métros hors Île-de-France	0,9	1,1	1,4	2,0	2,4	2,6
Transports aériens ⁽¹²⁾	11,6	13,2	13,7	13,2	14,0	15,4
Ensemble	753,4	793,8	877,3	881,3	886,2	941,3

Evolution de la demande de transports de voyageurs (Yves Crozet et CCTN)



Evolution des km annuels parcourus par an et par habitant (source A. Bigo) et du PIB / J Coldefy

En synthèse :

- L'évolution des km parcourus est la cause de la hausse constante des émissions de CO₂, multipliée par 3 par habitant depuis 1960.
- Cette hausse est stabilisée pour les déplacements internes à la France depuis 2000. Ceux-ci sont réalisés à 80% en voiture.
- L'amélioration des moteurs et les gains sur l'intensité carbone de l'énergie n'ont pu compenser la baisse du facteur de charge (baisse tendancielle du taux d'occupation de la voiture) et les pertes de parts modales du vélo et du rail pour l'essentiel. Ceci est étroitement lié à la périurbanisation : le vélo (y compris le VAE) pour la plupart des gens n'est pas adapté aux distances au-delà de 5 – 10 km, qui constituent l'essentiel des voyageurs km réalisés dans les mobilités du quotidien. Le train quant à lui n'a pas accompagné l'évolution de la ville et a perdu proportionnellement en parts modales, du fait d'une offre insuffisante et souffrant de problèmes réguliers de qualité

5. Les solutions de décarbonation

On l'a vu, réduire de 40% les émissions de GES d'ici 2030, si on l'applique homothétiquement à la mobilité, suppose un mix visant à

- Diminuer les émissions unitaires,
- Réduire les distances parcourues.
- Assurer un report modal important (essentiellement sur les déplacements périphéries – agglomérations)

Le présent chapitre va étudier chacune de ces composantes, en étudiant leur impact potentiel sur la baisse des GES, et leur coût, donc leur efficacité.

5.1. Le VE et les motorisations

5.1.1. L'impact des normes Euro

Les normes Euro impactent très fortement les émissions des véhicules thermiques (VT) avec en 25 ans pour le diesel une division par 10 des émissions de NO_x, par 5 du CO, par 30 des particules.

g/km		Essence				Diesel			
		CO	HC	NO _x	PM	CO	HC + NO _x	NO _x	PM
Euro 1	1/7/1992	2,72	0,5335	0,4365		2,72	0,97	0,873	0,14
Euro 2	1/7/1996	2,2	0,275	0,225		1	0,7	0,630	0,08
Euro 3	1/1/2000 1/1/2001	2,3	0,2	0,15		0,64	0,56	0,500	0,05
Euro 4	1/1/2005 1/1/2006	1,0	0,1	0,08		0,5	0,3	0,250	0,025
Euro 5	1/9/2009 1/1/2011	1,0	0,1	0,06	0,005	0,5	0,23	0,180	0,005
Euro 6	1/9/2014 1/9/2015	1,0	0,1	0,06	0,005	0,5	0,17	0,080	0,005

La mutation du parc s'est par ailleurs opérée rapidement. Fin 2018, près de 100% des voitures sont aux normes euro 3 et plus (donc équipées de pots catalytiques), 82% des voitures sont aux normes euro 4 et plus, 62% des voitures sont aux normes euro 5 et plus et 28% des voitures sont à la norme euro 6. Entre 2016 et 2018 les CRITAIR 4 et 5 ont diminué de près de 50%. Ces résultats se traduisent régulièrement par une amélioration de l'impact de la voiture sur la qualité de l'air, la voiture étant responsable de 25% des émissions de NO_x et de 10% des particules.

Cependant **ces mesures ne concernent pas les émissions de GES**. Au contraire, la réduction du parc diesel va à court terme faire augmenter les émissions de GES, le diesel émettant 25% de moins de CO₂ que les voitures essence. **L'augmentation de la taille et du poids des véhicules induit par ailleurs des consommations énergétiques plus importantes**, à peine compensées par l'amélioration des moteurs et des carburants. C'est pourquoi l'UE a lancé un plan très ambitieux de migration vers des carburants moins carbonés, en particulier vers le véhicule électrique. Les amendes prévues, 95 € / g supérieurs à 95g d'émission par km, par voiture vendue, sont très importantes. Avec 2,2 millions d'immatriculation nouvelles, et une

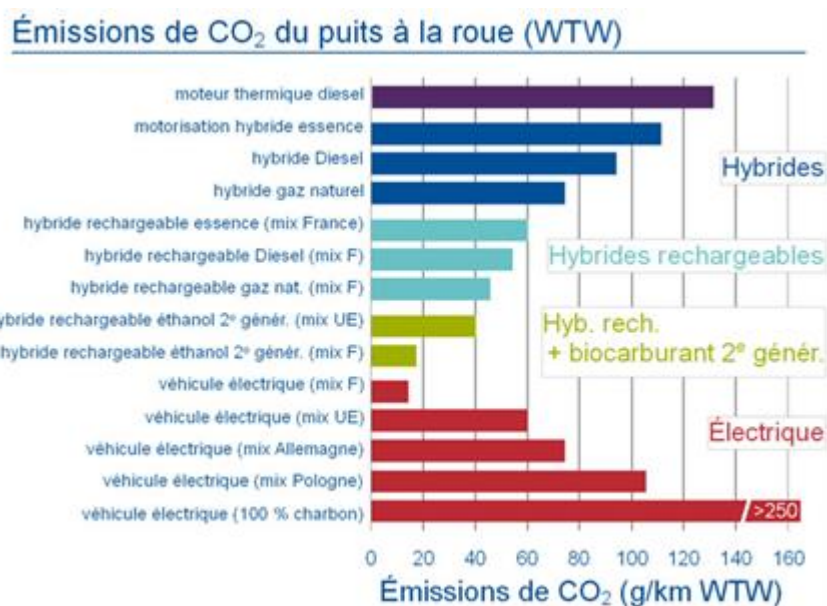
moyenne actuelle d'émissions de 120g CO₂eq/km, l'application en 2020 de ces mesures peut potentiellement coûter rien qu'en France $2,2 \times 95\text{€} \times (120 - 95)\text{g} = 5,2$ milliards d'€ ! Payer l'amende n'est pas une option pour l'industrie automobile : une transition à marche forcée va devoir s'opérer.

5.1.2. L'impact du VE et des VEH

Pour les territoires ruraux, les transports en commun ne sont économiquement pas possibles sauf en accès vers les grandes villes. Dans ces territoires la voiture est une solution pas un problème, les zones rurales ne souffrant pas de l'encombrement de l'espace public par la voiture, ni de congestion ni des problèmes de pollution liés à la voiture. Les services de transports à la demande sont focalisés pour les publics fragiles n'ayant pas accès à la voiture, compte tenu de leurs coûts, de l'ordre de 20 à 25 € de subvention par course. C'est donc par l'électrification du parc automobile que passera dans les campagnes la décarbonation de la mobilité. Cela peut aussi être une solution pour les villes, mais ne résoudra pas dans les grandes villes et les zones à protéger l'invasion de l'espace public par la voiture : une voiture, qu'elle soit électrique ou pas, occupera toujours à l'arrêt 10 m². C'est dans ce cadrage préalable qu'il faut analyser le potentiel du véhicule électrique et sa zone de pertinence.

Les études publiées sur le potentiel du VE sont de plus en plus nombreuses. Nous retenons celles produites par l'ADEME, l'IFP EN ou de cabinets spécialisés comme Carbone 4 et le document du CGDD de 2017 sur l'analyse coût bénéfice des véhicules électriques.

D'un point de vue global, l'IFP EN a identifié l'empreinte carbone des différents carburants, dans une approche « du puits à la roue ». Ces travaux mériteraient une actualisation (en cours), mais ils permettent de mettre en évidence que, d'une part, le potentiel de décarbonation du VE réside dans la méthode de production de l'électricité consommée par celui-ci, et, d'autre part, que le VE permettrait globalement une division théorique des émissions par 6 avec le mix énergétique français, et par 2 pour le VEHR. Les hybrides rechargeables fonctionnant à des carburants bio éthanol 2^{ème} génération auraient des performances comparables à celles du VE avec le mix français.



Emissions de CO₂ du puits à la roue (Source IFP EN 2015)

L'étude 2018 E4T de l'ADEME et de l'IFP EN fait un calcul plus précis des émissions de GES évitées, du réservoir à la roue, en le rapprochant d'un coût total (investissement + entretien + consommations) du véhicule sur son cycle de vie, sur différents segments (berline, citadine...), ainsi que sur les bus de transports en communs, les VUL et les camions. Cette analyse n'intègre pas le recyclage des batteries. La durée de vie des véhicules a été fixée à 10 ans pour les véhicules légers à raison de 15 000 km/an pour le segment C (berline de taille moyenne), le plus vendu en France. L'hypothèse retenue est une division par deux du prix des batteries entre 2015 et 2030, pour arriver à 120 €/kWh en 2030.

On arrive ainsi aux résultats suivants pour les berlines de taille moyenne, cœur de vente des voitures en France :

- Avec une durée de vie de 10 ans et 15 000 km /an, le TCO⁵ calculé induit un surcoût pour le VE de 11 000 € ;
- Sur cette durée de vie et ce kilométrage, les émissions de CO₂ économisées sont de 9 t.

⇒ **Pour le VE grande autonomie, ceci valorise la tonne de CO₂ économisée à 1200 €,** alors que la taxe carbone est de 50 €, valeur retenue par bon nombre d'économiste (cf. C Gollier) comme nécessaire pour prendre en compte le changement climatique dès aujourd'hui sur l'ensemble de l'économie. Ceci n'intègre pas les coûts de l'infrastructure de distribution électrique pour les VE.

L'essentiel de ce coût prohibitif, provient du coût additionnel lié au changement de batterie, le prix en 2030 des batteries étant supposé 2 fois inférieur à celui de 2015 dans le calcul. **Il faudrait donc que les VE soient vendus quasiment au même prix que les VT actuels pour que l'on ait un ratio acceptable.**

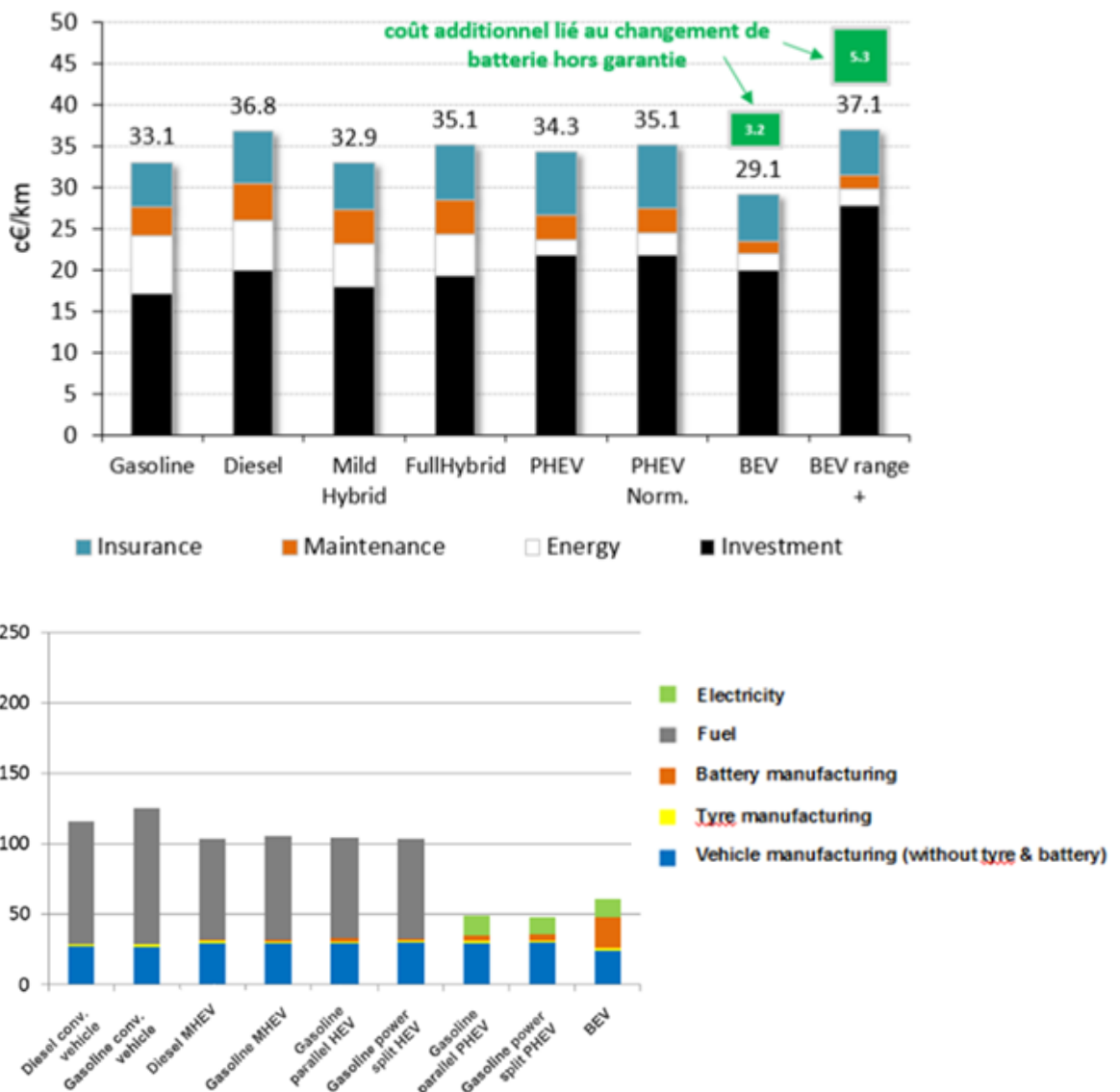
⇒ **Ceci serait atteignable en 2030 si on divisait par deux le coût des batteries, ce qui correspond aux prévisions du cabinet Bloomberg, qui mise à cette date sur un coût du kWh de 61 \$. Dans ce cas on aurait une valorisation de la t de CO₂ en ligne avec la valeur de la taxe carbone.**

Les véhicules hybrides rechargeables arrivent à des rapports beaucoup plus intéressants, puisque à des TCO similaires aux véhicules thermiques avec des gains très notables d'émissions. **Cela suppose que l'usage en mode électrique soit fait strictement et quotidiennement, particulièrement en milieu urbain.**

L'étude du CGDD corrobore les résultats de l'étude E4T, en intégrant d'autres éléments sur les aspects socio-économiques, le calcul du surcoût pour l'utilisateur et la perte de recettes fiscales pour l'Etat, majeure avec le VE ou le VEHR.

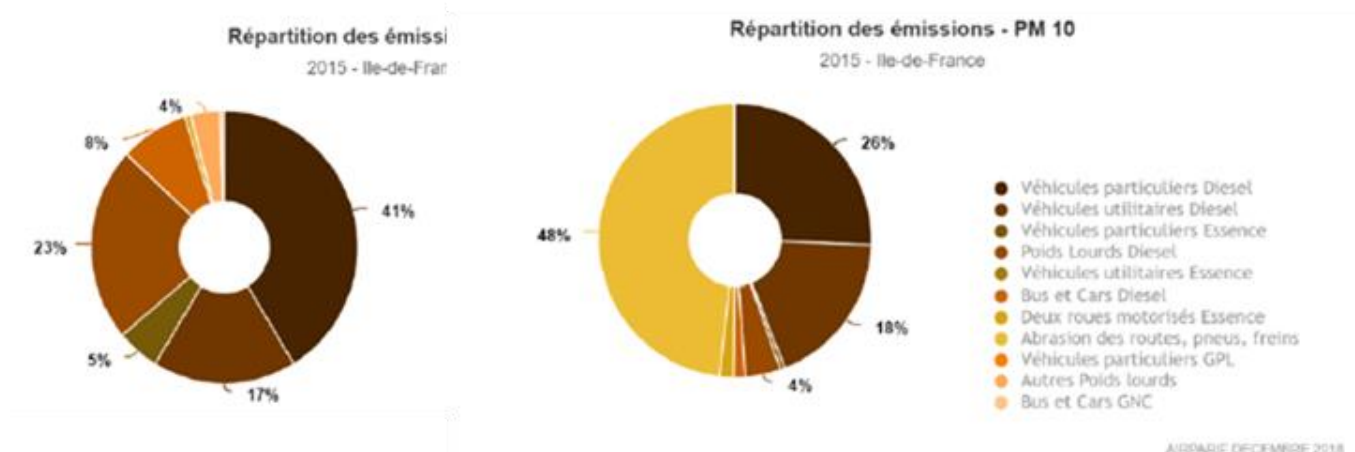
⇒ **Compte tenu de la durée de vie des véhicules, il est donc très peu probable que le basculement de flotte contribue fortement à l'atteinte de l'objectif 2030 de réduction des émissions. C'est bien par le report modal qu'il faudra donc passer avec une réduction des distances parcourues.**

⁵ Total Cost of Ownership



5.1.3. Evolution des carburants pour les transports en communs (TC)

La loi de transition énergétique de juillet 2015 impose aux flottes de transports en commun une conversion vers des motorisations propres. Les TC sont pourtant très faiblement responsables des émissions de CO₂ et de polluants. Ils ne pèsent que très peu dans les émissions du trafic routier. Le CITEPA – l’organisme de référence en France sur les émissions de GES et des polluants - ne les distingue pas dans son bilan annuel. AirParif indique qu’ils sont littéralement dans l’épaisseur du trait comme le montre les graphiques de son dernier rapport sur la pollution. C’est un point important à souligner pour l’analyse qui s’explique simplement parce qu’il y a 26 000 bus urbains pour 41 millions de véhicules en France, soit 0.06% du parc. Enfin, le point élémentaire est que les **TC contribuent fortement à la décarbonation de la mobilité** par l’alternative qu’ils offrent à la voiture individuelle. Pour autant, c’est néanmoins une perception aujourd’hui que les bus sont responsables de la pollution, même si les faits ne la corroborent en rien.



Le tableau ci-après synthétise l'expérience d'un grand opérateur de TC en France sur les différents carburants, issue de services en exploitation et d'études de cabinets experts.

On dispose de 5 carburants : le diesel Euro VI (le plus performant), l'électrique, l'hydrogène (H2), le biocarburant de synthèse (HVO), le BioGNV.

On compare ces carburants sur le plan de leurs performances en GES, en polluants (NOx et PM / particules : les 2 problèmes du diesel pour les PL, bus et cars) et selon leur coût, dimension trop souvent oubliée, alors que les fonds publics constituent aussi une ressource rare.

	Diésel Euro VI	Bus électrique	Bus H2	BioGNV	HVO (bio-diésel)
GES en gCO2/place km	13	3.5	3.5	7.6	4.9
NOx g/km et particules µg PM / km	0.62 7.4	Quasi nul	Quasi nul	0.29 7.4	0.62 7.4
Coûts investissements k€/bus	220	450	750 à 1M€	280	220
Coûts d'exploitation		Economie carburant mais coût batterie de 200 k€	Carburant cher : 1€/km soit 3 fois plus que le diésel, plus la PAC (300 à 500 k€ surcoût / diésel)	+10% de carburant / diésel	+10% de carburant / diésel

L'étude ADEME et IFP EN (E4T de 2018) a montré sur la base d'une analyse cycle de vie du réservoir à la roue, avec la construction du bus mais sans le recyclage de la batterie, que le bus électrique valorise la tonne de carbone à 11 200 € aujourd'hui avec une perspective à 2400 € la tonne en 2030 ! Ce alors que la taxe carbone est aujourd'hui à 50€ et que la valeur tutélaire du rapport Quinet (base nationale d'évaluation des projets de transport) l'estime à 250 € en 2030 et 775 € en 2050.

Focus sur l'Hydrogène (H2) : c'est un carburant aujourd'hui fortement carboné car il provient à plus de 90% du reformage de produits d'hydrocarbure. L'H2 n'est pertinent que si on l'extrait de l'eau via l'électrolyse avec de l'énergie électrique décarbonée (H2 vert), ce qui est le cas en France mais pas en Allemagne, dont l'électricité émet 5 fois plus de CO2 qu'en France. Le rendement thermique global de l'H2 dans ces conditions est de 25% à comparer aux 75% du bus électrique et 30% pour le moteur thermique. L'H2 dispose d'une grande autonomie, de l'ordre de 400 à 500 km, et c'est son avantage par rapport au bus électrique. Il réalise des économies de GES équivalentes au bus électrique, mais avec un coût de 750 k€ à 1 M€ / bus, soit 2 fois plus qu'un bus électrique, pour des OPEX deux fois supérieurs, à cause des coûts de production de l'H2 vert (1€/km) et du remplacement de la pile à combustible très coûteuse et d'une durée de vie de 8 ans. Ceci n'intègre donc pas les infrastructures de production d'H2 ni de distribution, à construire. Le bus H2 est encore largement un produit de recherche et le chemin est très long pour pouvoir le déployer.

On peut légitimement s'interroger sur la bonne allocation des ressources publiques et privées sur le sujet, alors que des arbitrages devront être pris par les AOM sur le déploiement d'alternatives à la voiture depuis les périphéries des agglomérations, avec 2 à 3 fois plus de transport en commun. La grande erreur des débats actuels est de considérer l'argent public comme une ressource abondante. Ce qui sera mis d'un côté ne sera pas disponible de l'autre. **La décarbonation des flottes de TC n'aura qu'un impact très faible sur les émissions globales de CO2 et de polluants et peut coûter très cher à la collectivité : 26 000 bus transformés en bus électrique c'est potentiellement 6.5 milliards d'euros d'argent publics pour des gains invisibles sur le CO2.**

Le tableau ci-dessus montre que **le meilleur arbitrage actuel est le bioGNV**, parce qu'il divise par 2 les émissions de GES et de NOx (le trafic représente 55% des émissions de NOx et 25% des particules, dont la moitié imputable aux voitures) à un coût public très raisonnable. Vient

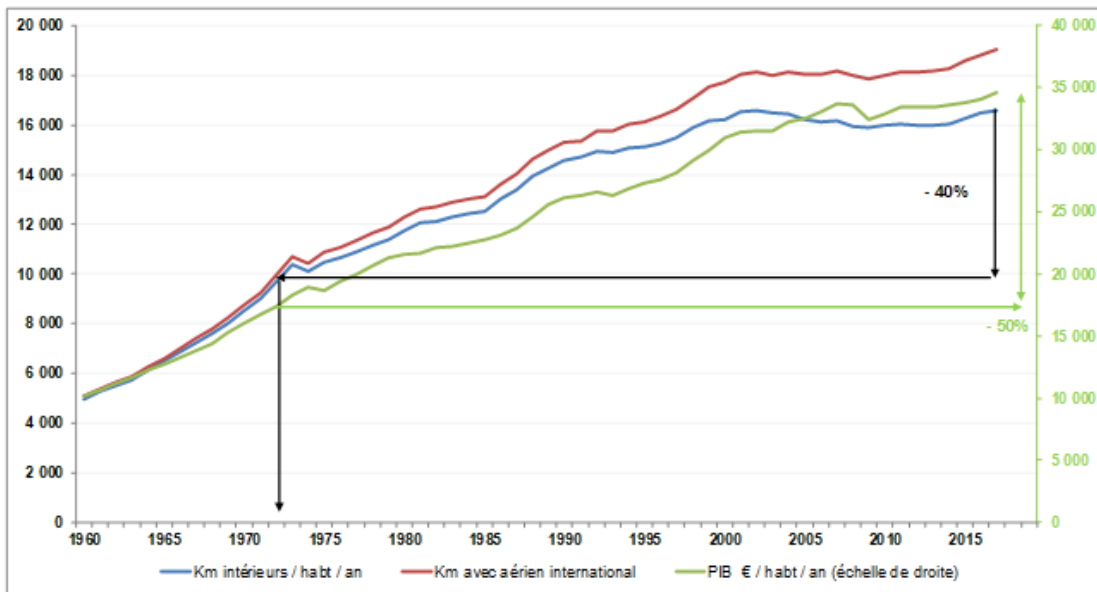
ensuite le bus électrique dont l'offre industrielle commence à arriver à maturité, et dont on peut espérer que les coûts de batterie baissent fortement. Il valorise cependant la tonne de CO₂ économisée de manière déraisonnable. Le bus hydrogène est encore au stade de la recherche, il est très cher en investissement comme en exploitation et valorise sans doute la tonne de CO₂ économisée à deux fois celle du bus électrique (vers les 20 k€ !!), ce sans compter la nécessité d'investissements publics considérables sur l'infrastructure de production d'H₂ vert et les circuits de distribution. L'offre n'est de plus pas mature : la zone de pertinence est celle de la longue distance, mais il ne semble pas y avoir d'offre industrielle sur ce segment.

En synthèse :

- Le VE est l'outil adapté à la baisse des émissions en zones rurales et dans les villes ne souffrant pas d'une invasion de l'espace public par la voiture
- Son coût actuel est trop élevé pour permettre une diffusion rapide. Il a par ailleurs encore une trop faible autonomie. Un coût équivalent aux voitures thermiques est nécessaire pour une diffusion rapide, ce qui valorise de facto la tonne de carbone économisée à 50 €, son niveau actuel
- La vitesse d'évolution du parc est la clef de l'impact d'ici 2030 du VE sur les émissions de GES en zones rurales et villes moyennes. Dans les conditions actuelles on ne pourra sans doute pas compter sur cette technologie pour atteindre -40% des émissions en 2030. Il faudra en passer par le report modal et la baisse des distances parcourues

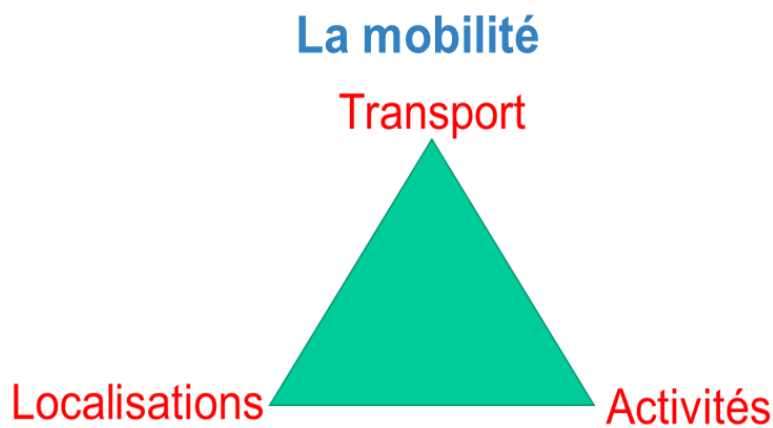
5.2. Diminuer les distances parcourues

Réduire de 40% les émissions de CO₂ d'ici 2030 comme nous le demande la SNBC (Stratégie Nationale Bas Carbone) par la réduction des seuls déplacements, c'est nous ramener en 1972, avec un PIB par habitant divisé par 2 ! C'est le scénario de la décroissance, c'est-à-dire de la réduction de nos programmes d'activités, donc de notre modèle économique, et en conséquence du financement de notre système social. Il ne paraît pas réaliste de se reposer intégralement sur ce scénario.



Evolution des passagers x km / habitant 1960 – 2017 (Aurélien Bigo) et PIB / hab (J Coldefy)

Il faut en effet bien comprendre ce qu’est le système de mobilité : une interaction entre des localisations, un programme d’activité et des moyens de transports (cf. JM Offner). C’est d’ailleurs la définition que proposent certains urbanistes pour la ville : des formes urbaines, des interactions sociales, des flux (cf. M Wiel).



En prenant les 3 côtés du triangle on retrouve en partie les termes de l'équation de Kaya adaptée à la mobilité. Réduire les émissions nécessiterait de :

- Réduire les émissions liées aux moyens de transports,
- ou les distances via des formes urbaines plus adaptées
- ou notre programme d'activité (la crise du Covid19 en donne une triste illustration).

La vérité se situe certainement entre ces différents termes. Pour autant, et même s'il est urgent de réfléchir aux causes et inducteurs de la demande en mobilité, les temporalités ne sont pas les mêmes : revoir notre politique d'urbanisme et d'aménagement, avec une coordination avec les politiques de mobilité est indispensable mais prendra plus de 10 ans avant de produire ses effets. Cela nécessite par ailleurs une profonde adaptation de la gouvernance publique, avec un travail à l'échelle de l'aire urbaine et une coopération renforcée entre les EPCI/Métropoles (en charge de la mobilité urbaine et pour certaine de l'urbanisme), les Régions (en charge des TER) et les communes (en charge de l'urbanisme). La LOM avec les contrats opérationnels de mobilité et la définition de bassins de vie ouvre des possibilités, nous y reviendrons en partie 6.

A moyen/long termes, des solutions sont à imaginer dans la conception des politiques publiques en matière d'aménagement, en y intégrant une analyse détaillée des impacts systémiques sur la demande en mobilité⁶.

La réduction des distances peut aussi s'opérer par le télétravail, qui avec la crise du covid19 va augmenter, mais sans doute pas dans les propensions espérées par ses supporters. L'INSEE indique fin 2019 qu'il est le fait de 11% des cadres, 1.4% des employés, 0.2% des ouvriers soit au total 3% des salariés. Des études, de l'IFSTTAR, du forum vie mobiles notamment, pointent l'effet rebond du télétravail, avec des distances parcourues inchangées voire en augmentation mais pour d'autres motifs et à des moments différents de l'heure de pointe. Il convient d'être très prudent sur les impacts du télétravail. Sans doute va-t-il permettre d'écarter un peu l'heure de pointe mais il est peu probable que cela conduise à une réduction globale des distances parcourues.

Il est certains qu'un niveau de contrainte est nécessaire pour éviter les effets rebond. Ceux-ci ont été assez évidents sur la longue distance avec le déploiement de la politique TGV, et dans le passé avec le déploiement d'autoroutes : l'augmentation de la vitesse au-delà de certains niveaux permet d'accroître son programme d'activité et donc les distances parcourues, et non une baisse de celles-ci malgré les gains de temps. Ceux-ci sont systématiquement réinvestis en activités : c'est le fameux plus vite plus loin moins longtemps de l'économiste Yves Crozet. Demain sera sans doute plus lent, plus près et peut-être plus cher, c'est l'objet du prochain chapitre. Pour éviter l'effet rebond des mesures de récupération d'espaces publics sur la voiture seront nécessaires (moins de trafic, induit un effet d'induction), de réduction de certaines vitesses au-delà d'un certains seuils seront nécessaires. Ainsi sur la longue distance, il est certain que le passage de 130 à 110 km/h sur autoroute apporte un gain notable sur les

⁶ Voir les travaux de MAFALDA S. and al., 2018, *Sustainable Cities and Societies* n°40, « A scenario-based approach for assessing the energy performance of urban development pathways » et STOJANOVSKI T., 2019, *Urban Form and Mobility*, « Analysis and Information to Catalyse Sustainable Development »

émissions de CO2 sur les trajets voiture longue distance (des gains de 25 à 30% sur la consommation des moteurs). En agglomération, il faut cependant raison garder, et analyser finement l'affaire, une baisse par exemple de 90 à 70 km/h sur autoroute urbaine pouvant générer plus de nuisances et d'émissions selon les caractéristiques du trafic (part des PL, ... etc). L'expérience de Rennes est à ce sujet intéressante : après 1 an de passage à 70 km/h, la vitesse a été remise à 90 km/h, compte tenu des nuisances constatées.

5.3. Opérer une report modal massif dans les grandes agglomérations

5.2.1. Un programme d'investissement sur 4 axes

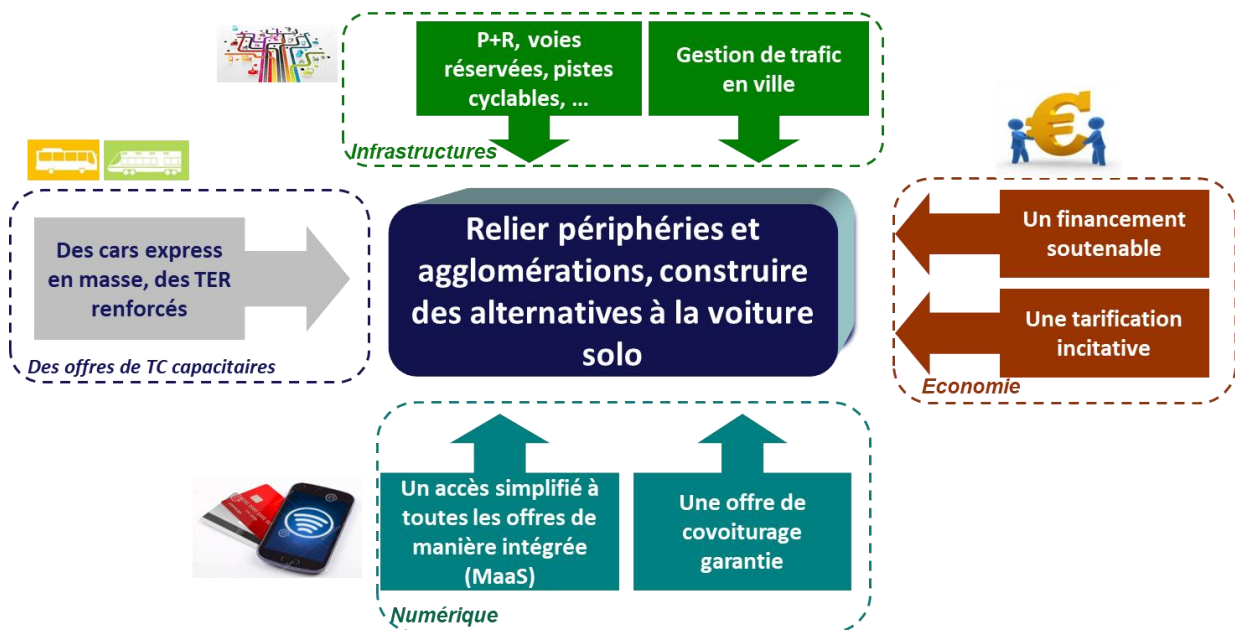
On l'a vu précédemment, si la pression automobile a très fortement baissé dans les hypercentres, compte tenu des investissements réalisés et des services déployés (TCU, VLS⁷, etc.) sur les deux décennies passées, la situation a peu évolué au-delà du périphérique : la voiture pèse toujours 60 à 80% des déplacements, et bien plus en part kilométrique. Il faut là-aussi avoir une politique favorisant l'accessibilité autrement que par la voiture en se focalisant sur les trajets domicile-travail : C'est en effet eux qui sont les plus structurants car conditionnant l'heure de pointe, réalisés très majoritairement en voiture (plus de 80%), avec une saturation des réseaux de TC existants.

- Dans tous les cas la promesse pour l'utilisateur est de se déplacer de manière plus économique, plus rapidement et plus écologiquement qu'avec sa voiture ;
- Pour la collectivité l'enjeu est de diminuer de 40% les émissions de CO2 liés aux transports et de reconquérir de l'espace public dans les cœurs d'agglomérations.

Les difficultés du ferroviaire (infrastructures, coûts actuels des services deux fois supérieurs à nos voisins) mettront plus d'une décennie à se résoudre. Le plan TER annoncé par la Ministre des transports est doté de 2,9 milliards sur 10 ans, alors que le seul nœud ferroviaire lyonnais est estimé à 3,5 milliards, celui de Marseille à 2,5, sans évoquer les autres nœuds ferroviaires urbains. Si le fer constitue à l'évidence l'outil idéal pour relier les polarités des aires urbaines avec la ville centre, il faudra sans attendre déployer des solutions alternatives à la voiture pour les périphéries proches et plus lointaines des agglomérations. **C'est donc dans les années à venir par la route que le report modal va s'opérer, avec les autoroutes en pénétrante des agglomérations, pour les rendre plus efficaces pour les transports en communs et la voiture partagée. Il faut néanmoins préparer l'avenir et accélérer le déploiement de modes lourds de TC là où ils sont pertinents et accélérer la mise à niveau des nœuds ferroviaires (voir travaux de la commission 21).**

⁷ Véhicules en libre service

On peut en conséquence imaginer un plan en 4 axes, sur l'infrastructures en y intégrant les nouvelles technologies de gestion dynamique de trafic, les services de transports en commun, les services numériques de mobilité (MaaS et covoiturage), le financement et la tarification. Ce programme devrait permettre de faire baisser de 40% le trafic vers et dans les grandes agglomérations françaises. Le point important est une mise en œuvre simultanée sur chacun de ces axes, afin que l'ensemble donne sa pleine efficacité :



Une analyse en fonction des flux et de leurs portées, ainsi que de l'attractivité des services de transports en communs, permet de décliner ce plan en 4 actions :

1. **Adresser les flux longues distances en reliant les territoires voisins avec la métropole afin de réduire de 30% les flux automobiles rentrant dans les métropoles.**
 - **20 km de voies réservées sur chacune des autoroutes permettant d'accéder aux agglomérations** pour des transports en communs et le covoiturage de manière plus rapide qu'avec sa voiture. Ouvrages de franchissement en sortie des voies réservées pour assurer les temps de parcours aux échangeurs ;
 - **15 à 20 000 places en P+R pour chaque agglomération millionnaire ;**
 - **Des lignes de cars express toutes les 2min aux heures de pointes** voire plus permettant d'assurer un débit suffisant et une assurance de ne pas attendre pour les usagers. 50x30 = 1500 personnes /h ; Les évaluations en cours montrent que ces services connaissent un véritable succès, connaissent en conséquence des ratios Recettes sur Dépenses 2 fois supérieurs à la moyenne actuelle des TC en France (25%) avec des coûts de CO2 économisés compatibles avec les hypothèses de la valeur tutélaire du carbone du rapport Quinet.
 - **Des services de mobilité dans les zones d'emplois permettant d'assurer le dernier kilomètre** : parkings sécurisés vélos, vélos libre-service, navettes de transports en communs s'adaptant en temps réel à la demande ;
 - **Un pass tous modes** permettant d'avoir une information sur tous les modes de transports, y compris la voiture, et d'accéder avec le même outil à tous les services

de mobilité : trains, cars express, parcs relais, TCL, VLS, parkings d'ouvrage, stationnement sur voirie, autopartage, covoiturage ;

- **Une gestion optimisée du trafic à l'échelle des agglomérations, intégrant les grandes voiries d'agglomérations et les réseaux de voirie urbains.**
2. **Adresser les flux supérieurs à 7 km au sein des métropoles au-delà du périphérique en déployant des modes de transport lourds permettant de relier les territoires de la couronne.**
 3. **Adresser les flux courtes distances (< 7 km) avec un plan massif vélo pour les couronnes des agglomérations, la sécurité étant le 1^{er} frein à la pratique du vélo.**
 4. **Rendre attractifs les transports en communs : augmenter la vitesse commerciale, améliorer le confort.**

Le temps de parcours est l'élément clef avec le confort pour basculer de la voiture vers les transports en communs. Par ailleurs la vitesse commerciale est le principal facteur de coût ou d'économie des transports en commun de surface compte tenu du poids de la masse salariale. Il faut donc améliorer la vitesse des transports en commun de surface. Il est proposé pour cela le déploiement de priorités aux feux, la mise en place de voies réservées bus pendulaires sur les axes à 3 voies des agglomérations, le remplacement de la vente à bord par l'extension des moyens de vente (titres par SMS, multiplication des dépositaires, MaaS ...etc).

Le coût de ce programme est à particulariser pour chaque agglomération. Sur Lyon et Marseille, le coût total estimé est de l'ordre de 10 milliards d'euros compte tenu notamment des nœuds ferroviaires de ces agglomérations. Ces nœuds ont plus largement été identifiés par la commission Mobilité 21 comme des éléments essentiels à adapter pour surmonter les difficultés du ferroviaire⁸. Toulouse évoque un programme en transport en commun urbain de près de 4 milliards, sans le réseau ferré et sans les éléments évoqués dans le plan d'actions ci-dessus. Bordeaux et Lille sont soumises toutes deux à de très fortes congestions routières quotidiennes, et Bordeaux approche de la thrombose, ce qui nécessite un plan très ambitieux. Un chiffrage par ratio donne une enveloppe globale d'investissements de 13 milliards d'euros répartis comme suit :

en k€	Agglomérations millionnaires	Autres métropoles	Total agglomérations > 1 000 000	Total agglomérations > 500 000	Ile de France	Total
Voies réservées sur autoroutes : 1.5 M€ /km	120 000	120 000			1 920 000	4 560 000
Parc relais : 10 000 € / place	200 000	100 000			2 400 000	5 100 000
Voies cyclables 1ère et 2ème périphéries (1000 €/m)	100 000	50 000			1 200 000	2 550 000
Parcs vélos (20 k€ /parking)	5 000	2 000			20 000	79 000
MaaS (unité)	10 000	5 000			30 000	165 000
Gestion de trafic (capteurs et systèmes)	15 000	10 000			30 000	275 000
Total Investissement	450 000	287 000	2 250 000	4 879 000	5 600 000	12 729 000
Exploitation des TC (4€/km circulé)	11 840	3 040			90 000	200 880
Derniers km ZA / ZI	6 000	3 000			60 000	141 000
Covoiturage (500 k€/ligne)	2 000	1 000			20 000	47 000
Maintenance systèmes d'exploitation (10% inv)	1 500	1 000			10 000	34 500
Total Exploitation / an	21 340	8 040			180 000	423 380

⁸ Lyon, Marseille, les gares parisiennes de Gare de Lyon, Gare du Nord et Saint Lazare, et les nœuds de Nice, Rouen, Bordeaux, Toulouse, Strasbourg, Rennes, Creil, Nîmes, Metz, Nancy, Mulhouse, Saint Pierre des Corps

On le voit, si la réduction de 40% des trafics routiers est à portée avec un tel programme, la question à résoudre est celle de sa vitesse de déploiement, et donc de son financement. C'est l'objet du chapitre 6 de ce document.

5.2.2. Focus sur le report modal vers le vélo : le déploiement de pistes cyclables

Le vélo est aujourd'hui présenté comme un outil majeur pour décarboner la mobilité. Le premier frein à la pratique du vélo c'est la sécurité, et c'est pourquoi le déploiement de pistes cyclables lui est nécessaire, particulièrement en zones rurales, où la vitesse des voitures est élevée.

En ville le vélo représente l'objet cochant toutes les cases de la mobilité urbaine tant pour l'individu que pour la collectivité :

- C'est un moyen de déplacement personnel : « je le prends quand je veux et je ne dépends de personne pour me déplacer » ;
- C'est un objet dont la vitesse oscille entre 15 et 20 km/h suivant la force physique de la personne ou de la motorisation (VAE), soit une vitesse équivalente à une voiture en heures creuses en centre ville, et donc bien supérieure à une voiture en heure de pointe (entre 5 et 10 km/h) ;
- Pour la collectivité c'est un objet occupant 1m² au sol, 10 fois moins que la voiture, et qui n'émet pas de GES et qui ne nécessite pas d'investissement coûteux et très peu de dépenses de fonctionnement.

La limite du vélo c'est bien évidemment sa portée. Le VAE permet d'augmenter celle-ci, et on peut penser qu'une généralisation est possible pour des distances jusqu'à 10 km. La chute du vélo dans les années 1960 est sans doute imputable à la généralisation de la voiture mais aussi à la modification des formes urbaines, avec la dé-densification de la ville, qui a permis à de nombreux habitants d'améliorer leurs conditions de logements.

L'efficacité du vélo sur le report modal est cependant une thèse qui n'est pas vérifiée en ville. En zones denses, le vélo viendra en concurrence essentiellement avec la marche à pied, avec les transports en commun, et peut-être avec la voiture, mais ce n'est pas toujours ce qui est constaté dans les villes avec un usage massif du vélo, comme le montre le tableau ci-après :

	Amsterdam	Strasbourg	Lyon (intra périphérique)
	Données 2014	ENTD 2019	ENTD 2015
Voiture	29%	37%	25%
TC	22%	15.5%	25%
Vélo	25%	11%	3%
Marche à pied	22%	36.5%	47%

Des chiffres en parts modales kilométriques viendraient fortement renforcer cette analyse, les trajets en vélos étant plus courts qu'en voiture ou TC.

Quel est finalement le modèle le plus vertueux en termes de décarbonation de la mobilité et d'occupation de l'espace public ? C'est évidemment celui où la part modale de la voiture est la plus basse.

Par ailleurs, en ville, comme nous l'avons vu, la part des émissions de CO₂ sur des déplacements intra centre ne pèsent que 2% à 5% des émissions d'une aire urbaine. Agir sur le vélo pourra au mieux permettre de désaturer certaines lignes de transports en commun, mais risque de mettre surtout des piétons sur les vélos. Cela n'aura par ailleurs quasiment aucun impact sur les émissions de CO₂, les mobilités en hypercentres étant déjà largement décarbonées. Les données post crise covid valident fortement cette analyse dans les grandes villes (Lyon, Bordeaux par exemple).

En zones rurales, le déploiement de pistes cyclables nécessite des pistes séparées de la partie de la chaussée réservée aux voitures, pour des questions évidentes de sécurité. Les coûts d'investissement sont de l'ordre de 500 à 1000 € le mètre. Alors que les conseils départementaux ont à financer l'ASE, le RSA, l'APAH, ... auront-ils les ressources pour financer ces infrastructures ? On peut raisonnablement penser que non.

→ **C'est donc plutôt au sein des agglomérations dans les territoires au-delà des boulevards périphériques qu'il faudrait porter l'effort de pistes cyclables, là où les transports en commun sont encore faibles et où la marche à pied est plus difficile parce que les distances à parcourir sont plus élevées. Une intermodalité Vélo + TC avec des parcs sécurisés vélos en gare est potentiellement une piste importante à suivre pour limiter l'usage de la voiture. En zones rurales, on privilégiera les liaisons entre bourgs et hameaux, partout où cela est possible financièrement**

5.2.3. Apport des nouvelles technologies

Le volet des ITS est sans doute modeste sur le plan budgétaire mais a un impact majeur sur l'efficacité des transports publics, leur fréquentation et leur économie ainsi que sur l'écoulement du trafic routier. Ceci au travers de 3 outils : le MaaS, la gestion de trafic temps réel en milieu urbain, la gestion de trafic temps réel à l'échelle des agglomérations.

Le MaaS est la fusion des outils de l'information voyageur et de la billettique. Son principal intérêt est qu'il permet d'assurer une mobilité sans couture quels que soient le mode et les frontières territoriales. La LOM avec ses articles 25 et 28 va considérablement faciliter le déploiement de ce type d'outil qui facilite grandement l'usage des mobilités alternatives à la voiture. C'est d'ailleurs ce qui est déjà constaté avec ce type d'outils. Ainsi sur Reims et Rouen, le déploiement de titres par SMS connaît un succès foudroyant, parce qu'en 4 touches sur n'importe quel téléphone (pas besoin de smartphones) un usager peut acheter un titre qui lui est immédiatement disponible. Sur Rouen, les titres par SMS pèsent déjà 8% des titres de transports, avec une projection au-delà de 12, et ont induit un surcroît de clients et de recette non négligeable. Ces outils évitent les queues devant les distributeurs de tickets de transport en commun, qui deviendront rapidement obsolètes. Le MaaS va plus loin, puisqu'au-delà de la dématérialisation des titres de transports en commun, il permet avec le même outil d'acheter des titres pour du train, du vélo libre-service, ...etc. Les systèmes techniques sont aujourd'hui matures, et le travail à réaliser réside dans la mise en place de services de mobilité plus efficaces ou aussi efficaces en termes de temps de parcours et de coût que la voiture et la définition d'une tarification adaptée. Au-delà des aspects techniques, le MaaS permet de faciliter l'intermodalité et donc d'offrir de nouveaux services conjuguant plusieurs modes de

transports. Alors que l'économie des transports en commun est en difficulté avec la crise du Covid 19 et qu'il nous faut décarboner la mobilité, le MaaS doit permettre d'assurer une transition vers de modèles économiques plus solides, en évitant les offres à coût marginal nul, comme les abonnements, source de surconsommation des services. Le MaaS doit permettre de déployer une offre sur mesure à des tarifs adaptés, avec une approche marketing et économique solide. Ceci suppose d'adapter les approches actuelles trop focalisées sur la seule technique, qui n'est qu'un outil au service d'objectifs : je vends quoi, à qui, combien, pour quels objectifs ? telles devraient être les questions clés à résoudre dans les projets MaaS.

Les systèmes MaaS nécessitent des investissements de l'ordre de 2 à 5 M€ / agglomération. Ceux-ci doivent être amortis rapidement si l'on adapte en conséquence les circuits de distribution, en supprimant notamment la vente à bord (ce que New York fait depuis 20 ans), en réduisant les DAT, distributeurs automatiques de tickets. Si l'on construit de nouveaux produits tarifaires orientés sur une tarification à l'usage (l'exemple le plus frappant est celui de Washington, avec une tarification à la distance et en fonction des heures de pointe, en place depuis 30 ans) et non plus au forfait. Cette tarification induit un usage raisonné de la mobilité, alors que le forfait du fait de son coût marginal nul, induit naturellement un gaspillage. C'est ce qui explique que 25% des trajets sur des lignes de métro en France ne comportent qu'une seule station !

La crise du Covid 19 pourrait être l'occasion d'accélérer dans la modernisation de nos moyens d'accès aux services de mobilité (suppression de la vente à bord, déploiement de tickets numérisés par SMS ou sur appli mobile, ...). Cette crise par ailleurs va impacter très fortement les recettes du transports publics, trop basées en France sur les taxes sur le coût du travail (Versement Mobilité). Une participation plus forte de l'utilisateur paraît la seule voie possible pour le transport public. Une adaptation des tarifications, plus centrée vers les usages, peut permettre de compenser ces baisses de recettes liées à la forte récession qui s'annonce, avec une analyse marketing ciblée par clientèle et par territoires.

Le MaaS permet aussi, selon les choix politiques locaux, de revenir à une tarification de la mobilité à l'usage dans une optique de recouvrer un R/D par exemple de 50% dans les transports en commun, donc 2 fois les 25% actuels, afin de recouvrer des capacités d'investissement. Les options possibles sont nombreuses et sont à caler selon les territoires : passage d'une tarification basée sur le quotient familial et introduction d'une tarification à la distance, maintien de l'abonnement pour les seuls trajets Domicile / Travail et paiement à la distance pour les autres déplacements, modulation selon l'heure de pointe (qui génère de forts surcoûts dans les transports en commun), tarification selon la qualité de service du mode, notamment la vitesse, ...etc. Les outils MaaS permettent une grande flexibilité et ouvrent des opportunités qu'il convient de saisir

→ **Faciliter l'accès fera augmenter l'usage comme cela est vérifié dans bon nombre d'autres secteurs économiques. Les systèmes MaaS sont au final peu coûteux et peuvent induire une diminution des coûts de distribution, un surcroît des recettes commerciales, et un usage rationnel des moyens de transports. Ils peuvent aussi permettre de revenir à des ratios de R/D de 50% par une adaptation des tarifications plus justes (en fonction des revenus) et plus à l'usage.**

La gestion de trafic temps réel en milieu urbain a pour objet d'optimiser l'usage de l'espace public, en fluidifiant autant que faire se peut la circulation routière, mais également d'améliorer les temps de parcours des transports en commun de surface, bus et tramways, par des dispositifs de priorité aux feux et de gestion pendulaire ou temps réel de couloirs bus. La vitesse commerciale est un facteur essentiel pour les transports en commun : parce que les usagers demandent du temps de parcours, un réseau qui circule en moyenne à 18 km/h va aussi vite que la voiture, pour un coût privé deux fois moins élevé : une ligne de bus qui a une bonne vitesse commerciale sera d'autant plus fréquentée. Également parce qu'1 km/h de perdu ou de gagné, c'est un coût ou une économie de plusieurs centaines de milliers d'euros par an pour une seule ligne, suivant sa longueur et sa fréquence. Ainsi les priorités aux feux pour les tramways sont clés pour leur fréquentation. Le déploiement de voies réservées de manière pendulaire ou temps réel (cf. Pont de Saint Nazaire à Nantes ou l'expérience de la Métropole de Lyon) permet aussi d'améliorer les temps de parcours des transports en commun, voire du covoiturage si on lui en donne l'accès. La fluidité du trafic permet de dégager de l'espace public pour d'autres modes ou aménagements de l'espace, mais aussi de fluidifier le trafic et limiter les bouchons. Des études sur modélisation ont montré que des gains de 10 à 20% sont possibles.

De tels systèmes nécessitent des investissements de l'ordre de 5 à 10 M€ par agglomération suivant l'existant. Un calcul de ROI montrerait très rapidement leur intérêt compte tenu des masses financières en jeu sur les transports en commun.

→ **Les systèmes de gestion de trafic urbain sont un des éléments clés de gestion et d'optimisation de la mobilité. Ils nécessitent aujourd'hui d'être réinvestis par les AOM des grandes agglomérations.**

La gestion temps réel de trafic à l'échelle des agglomérations permet une coordination des réseaux de voirie urbaine et des voies structurantes d'agglomérations (autoroutes d'accès, de contournement, périphérique, ...). On peut ainsi orienter le trafic en fonction de l'état des capacités des voies, adapter en temps réel les vitesses pour limiter les congestions et donc la pollution, et déployer des voies réservées pour les TC et le covoiturage sur autoroutes de manière dynamique en fonction des heures et du trafic. Ces dispositifs ont ainsi un impact direct sur les émissions de CO₂. A ce jour, la coordination entre des PC urbains et d'agglomérations existe mais nécessite d'être renforcée pour déployer ces services. Il est certain qu'un transfert des voiries de l'Etat et des CD aux AOM d'agglomérations permettrait d'accélérer le déploiement de ces outils, à l'image de ce que le conseil régional de la Réunion a fait très rapidement. Un autre exemple notable est le PC de Grenoble, intégrant les différents gestionnaires de voirie, celui de Strasbourg intégrant le PC de trafic urbain ainsi que celui de la police.

La connaissance fine de la demande de mobilité. Plus de 80% des voyageurs kilomètre sont réalisés en voiture, et l'étalement de la ville ainsi que les changements des modes de vie (travail des femmes, familles recomposées, ...etc) induit une diversité inédite des déplacements dans le temps et l'espace. Adapter l'offre à la demande sans connaître celle-ci est l'une des grandes difficultés pour les autorités publiques. Les EMD / EMC2 aujourd'hui ne se font qu'à échelle de 10 ans avec des budgets forts coûteux. Les modélisations révèlent des marges d'erreurs non négligeables. Avec la généralisation des véhicules connectés en Europe,

et donc la présence systématique de puces GPS et cartes SIM dans toutes les nouvelles gammes de véhicules depuis mai 2018, il sera possible de dépasser cette contrainte forte. La LOM avec son article 32 donne accès de droit aux AOM aux données des véhicules connectés et des assistants de navigation (Waze, TomTom, Google) à des fins de connaissance de la mobilité. Les systèmes de traitement de ces données existent et sont déjà utilisés sur les flottes qui donnent l'accès aux données (cf. données FCD). Ils permettent déjà de mieux cerner les origines destinations. Appliqué au fret comme à la mobilité des personnes, on imagine le potentiel d'utilisation afin d'optimiser les espaces de voiries, adapter les offres de stationnement et de mobilité alternatives à la voiture, ...etc. C'est potentiellement une petite révolution dans la définition des offres de services aux usagers de la voirie qui sera possible.

En synthèse :

- Les systèmes de mobilité numérique, les ITS en anglais permettent des gains substantiels à coût moindre, parce qu'ils optimisent l'usage des infrastructures dans l'espace et dans le temps
- Ils facilitent l'accès aux services de mobilité et accroissent ainsi naturellement leurs usages
- Ils permettent une connaissance fine des mobilités alors que les AOM sont en fait relativement aveugles sur les besoins de mobilité (O/D, heures,etc)
- Ils permettent aussi de déployer de nouvelles offres et de revoir la tarification de la mobilité, alors que les besoins de financement vont être importants

6. Quel dispositif de financement de la mobilité pour décarboner la mobilité ?

6.1. Les données du problème

Si l'on considère les capacités de financement des métropoles et des Régions et de leurs partenaires concernés (SNCF Réseau, ...etc.), on peut affirmer qu'il est impossible d'ici 10 ans de réaliser le programme d'investissement conjuguant investissements lourds sur l'infrastructure pour le long terme (ferroviaire TER, TCSP urbains, ...) et celui de court terme via la transformation des autoroutes urbaines en infrastructures multimodales.

Deux scénarios se profilent donc :

- Un scénario fil de l'eau, où c'est en 30 ans et non en 10 que l'on réalise les projets pourtant nécessaires au fonctionnement des agglomérations et à la décarbonation de sa mobilité
- Un scénario où l'on dégage un financement complémentaire permettant de réaliser le programme en 10 ans. Pour ce faire trois possibilités : le contribuable, l'utilisateur ou la dette. Nous omettons ce dernier scénario, bien qu'un recours partiel à l'endettement soit possible compte tenu des bons ratios actuels de certaines métropoles et des taux d'intérêts bas. Ce qui suit s'entend donc comme un plafond, un recours en l'endettement venant minorer les hypothèses et résultats.

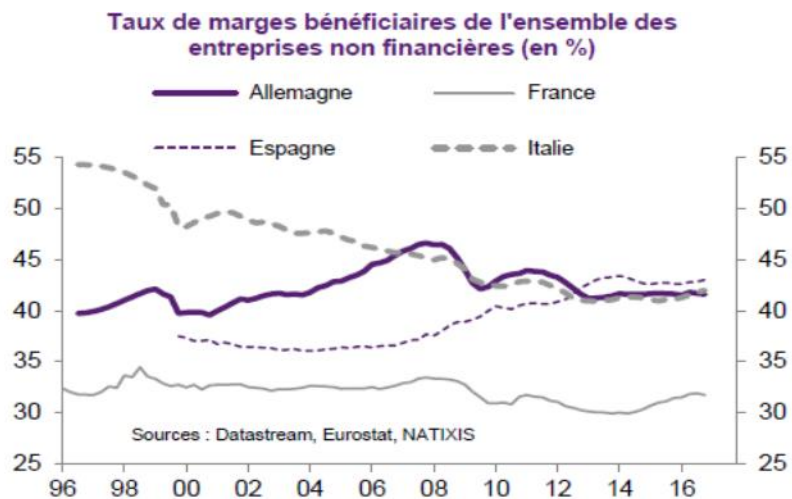
Les lignes qui suivent s'entendent pour un programme de 10 milliards dans une grande agglomération d'1 million d'habitants avec 500 000 ménages, nécessitant une capacité supplémentaire d'investissement de 100 M€ par an (en supposant un investissement annuel préexistant de 200 à 300 M€ dans les transports).

6.2. Scénario d'un financement par le contribuable

Les contribuables sont de deux natures : les ménages et les entreprises.

Le financement à 100% par l'impôt des ménages du package mobilité de l'agglomération représenterait un impôt supplémentaire moyen de 200 € / ménage / an. En supposant que 60% des ménages ne paient pas l'impôt c'est une charge de 520 € / ménage / an, soit plus de 40 € / mois pour les ménages concernés. Au vu de l'extrême sensibilité à l'augmentation des impôts ce scénario paraît difficile à mettre en œuvre.

Le financement à 100% par l'impôt sur les entreprises, ferait monter la contribution des entreprises de 100 M€, vraisemblablement de l'ordre de 30% du niveau actuel du versement transport. Alors que la contribution actuelle des entreprises aux transports collectifs urbains représente 7% d'EBE (données métropole de Lyon et IDF), soit très exactement ce qui sépare le taux de marge de la France avec la moyenne européenne, une augmentation de plus de 30% paraît difficilement supportable pour la compétitivité des entreprises, leur capacité à investir et innover, et au final pour l'attractivité des métropoles.

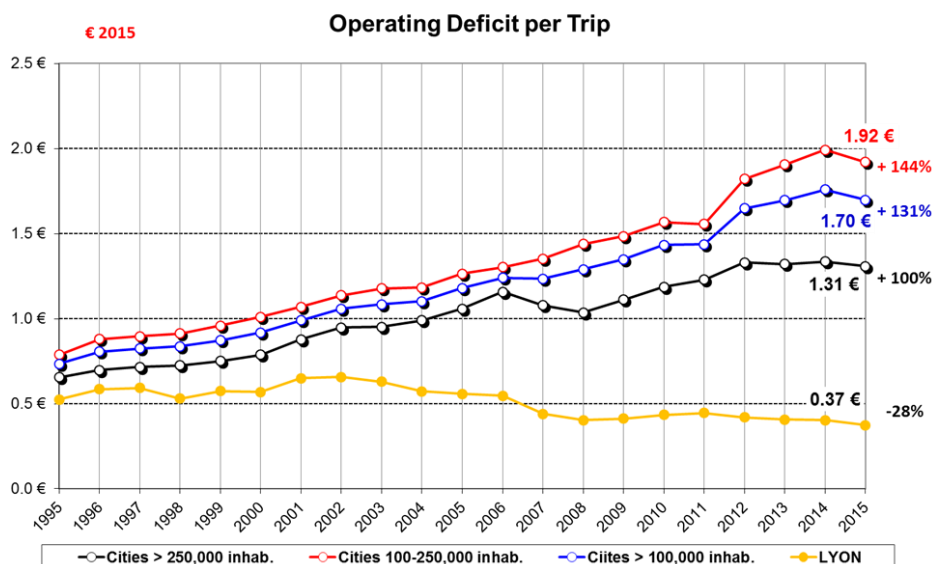


Un scénario mixte 50/50 ne changerait pas fondamentalement l'analyse : un financement à 100% par l'impôt paraît difficile à envisager et c'est donc aussi vers un financement par l'utilisateur qu'il faut donc se tourner.

6.3. Scénario d'un financement par l'utilisateur

6.3.1. Financement par l'utilisateur des transports en commun

L'utilisateur des réseaux de transports en commun finance en France 25% seulement des coûts d'exploitation, avec l'exception particulière lyonnaise où ce ratio est de 60%. Le graphique suivant montre l'évolution du ratio R-D sur 20 ans pour les réseaux de transports en commun français :



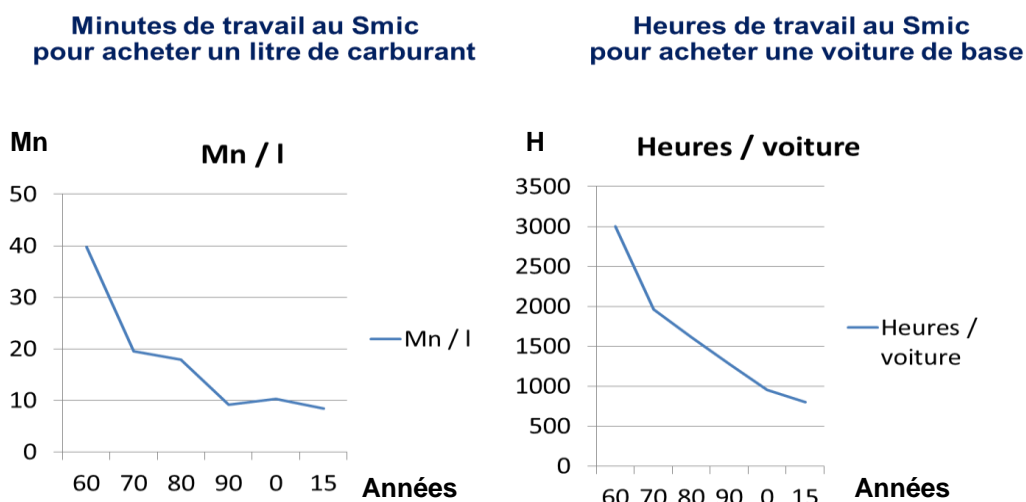
Sur Lyon, l'augmentation faible mais régulière sur 20 ans des tarifs conjugués à la rationalisation de l'offre et un pilotage fin de la DSP a permis un développement massif du réseau avec 1 milliard d'euros investit chaque mandat depuis 2000, et une baisse de 10 points en 10 ans de la part modale de la voiture en centre-ville (soit - 30%).

Cependant, faire supporter le coût du package mobilité en totalité sur l'utilisateur reviendrait à quasiment doubler les recettes usagers. Cela ne paraît pas possible, même si une refonte de la tarification, vers des logiques de tarification à l'usage devrait permettre de redresser la barre des finances de bon nombre de réseaux de transports en commun, ce qui paraît indispensable compte tenu des investissements à réaliser qui structurellement vont générer un déficit d'exploitation, donc une moindre capacité d'investissement (voir § précédent sur le sujet).

Nous ne nous étendons pas sur la gratuité, qui a fait l'objet de nombreux rapports pour les grandes agglomérations, qui tous ont démontré qu'outre la perte de recettes, elle entraîne une hausse des dépenses avec un surcroît d'offre nécessaire, et surtout qu'elle ne fait pas baisser le trafic routier, mais a un impact sur la pratique de la marche et du vélo (cf. rapports en Ile de France, sur Grenoble, Marseille, Lyon, GART).

6.3.2. Financement par l'utilisateur des réseaux routiers

Il paraît dès lors naturel de se tourner vers l'utilisateur automobiliste pour assurer le financement du programme de décarbonation de la mobilité. Ceci a toute sa cohérence avec le principe de pollueur payeur mais aussi en prenant en compte le bilan recettes / Coûts de l'usage de la voiture. Ceci est d'autant plus nécessaire que la perte de recettes fiscales induites par le déploiement du véhicule électrique va nécessiter de se tourner vers l'usage de l'infrastructure routière. Au-delà de cette perte de recette fiscale, le déploiement du véhicule électrique va amener à diviser par deux l'usage de la voiture pour l'amener très proche de celui des transports en commun au tarif abonnement avec participation de 50% de l'employeur : 0.1 € / km. Si rien n'est entrepris l'usage de la voiture va augmenter. Elle sera certes décarbonnée, mais occupera autant l'espace public qu'un véhicule thermique. Il ne sera pas illogique de donner aux agglomérations les moyens de contrebalancer ce phénomène dont l'occurrence est certaine.



Evolution du coût en termes de pouvoir d'achat de l'essence et de la voiture (JP Orfeuil) : une division par 5 en 55 ans.

L'étude récente du CGEDD et de la DG Trésor sur le sujet montre par ailleurs que la voiture en zones rurales couvre 125% de ses coûts y compris environnementaux, alors qu'en ville ce ratio est de 20%. Ces chiffres mériteraient une actualisation en tenant compte de l'évolution rapide du parc. Le nombre de véhicules polluants, donc anciens, ayant baissé de plus de 50% depuis 2016, les coûts de pollution ont dû baisser significativement.

Bilan cout et contribution de la voiture au véh.km parcouru

En € / veh x km	Cout						Taxes					Rapport Taxe/Cout
	Usage	CO2	Accident	Bruit	Pollution	Total	Péages	TICPE	Carte grise	Ass. TVS, ...	Total	
Urbain dense	1.2	1	4.3	0.2	17.9	24.6	0	4.6	0.4	0.1	5.1	21%
Rural	1.2	1.1	2.5	0	1.1	5.9	2.1	4.7	0.4	0.1	7.4	125%

Source DG Trésor et CGEDD

On mesure néanmoins à la lecture de ce tableau, l'iniquité induite par une augmentation sans distinction des taxes sur l'essence et l'alignement du prix du diesel sur celui de l'essence, près de 60 ct de hausse en 18 mois entre mi 2017 et fin 2018, soit pour ceux qui font plus de 2000 km / mois un coût de 50 € a minima par mois. En toute rigueur, si cela était possible, il faudrait baisser le prix des carburants de 25% en zones rurales et le multiplier par 5 en zones urbaines denses. Cela ressemble fort à un péage urbain. Les conditions de déploiement de ces dispositifs ne sont actuellement pas réunies, particulièrement en période de crise économique, mais les impacts du changement climatique vont devenir des réalités concrètes avec des périodes de canicules longues, et des sécheresses plus nombreuses. Sans doute cela permettra de rendre plus acceptable des efforts à produire dès aujourd'hui.

Plusieurs dispositifs sont possibles pour les péages urbains :

- **Une tarification lors du franchissement d'un cordon délimitant la zone à protéger** : c'est le dispositif le plus simple à mettre en œuvre mais il induit une frontière, ce qui le rend complexe politiquement à mettre en œuvre. Il garde néanmoins sa cohérence : ce sont bien les flux entrants qui sont grandement – mais pas seulement - responsables de la congestion aux heures de pointes. On peut également imaginer un dispositif aux frontières des métropoles avec un second cordon sur la ville centre : plus on utilise la voiture pour s'enfoncer dans le centre, plus on génère d'externalités négatives et donc plus on participe à leur financement.
- **Une tarification au kilomètre parcouru dans la zone à protéger** : dès l'entrée dans la zone, l'usage de la voiture est tarifé en fonction de la distance parcourue Cette disposition offre l'avantage essentiel de limiter l'effet de frontière – les résidents comme les extérieurs sont concernés par la mesure - et de pouvoir taxer plus fortement les déplacements de très courte portée réalisés en voiture. Elle est cependant en l'état des technologies encore complexe et coûteuse à mettre en œuvre. La généralisation de puces GPS et de carte SIM dans les voitures devrait grandement aider à sa mise en œuvre d'ici une dizaine d'années sous réserve d'accord de la CNIL, ce qui est loin d'être acquis au vu de sa prise de position sur la mesure péage urbain du projet de loi d'orientation des mobilités. Politiquement, elle est encore plus difficile puisque les résidents comme les extérieurs sont tous concernés par la mesure

- **Un dispositif combinant un forfait (pour les résidents par exemple) et une tarification de type cordon ou à l'usage**, similaire à ce qui existe pour l'eau, l'électricité et l'enlèvement des ordures ménagères,

Dans tous les cas des modulations sont possibles suivant les heures (heures creuses / heures de pointe), le type de véhicule, ...etc. Des exonérations ou compensations pour les publics fragiles sont possibles également, les économistes ayant cependant démontré que ce sont les compensations et non les exonérations qui sont les plus efficaces.

Sur le cas d'une agglomération millionnaire, en considérant un péage de 0.7€/passage capé à 1.5 €/j pour limiter l'effet frontière et fonctionnant uniquement les jours ouvrés, hors période scolaire, aux frontières de la métropole, les recettes nettes seraient de 75 millions d'€ /an : 250 000 véhicules entrant et sortant chaque jour, $250\,000 \times 220j \times 1.5\text{ €}$ avec 10% de frais de gestion. En supposant une exonération pour 30% de la population (considérée à ressources limitées), la recette nette se monterait à plus de 50 M€ par an soit 300 €/an/véhicule si l'on exclue les 30% des moins fortunés, en première approximation.

Une taxe sur la possession de la voiture à l'image de feu la vignette automobile, applicable aux habitants des métropoles, pourrait être envisagée. En effet, c'est dans la zone dense que se situent les alternatives à l'usage de la voiture, financée par l'impôt pour l'essentiel, et c'est également là où les nuisances induites par l'usage de la voiture sont les plus fortes. On pourrait ainsi faire varier cette taxe selon la densité de transports en commun et solutions alternatives : deux fois plus forte sur l'hyper centre qu'à l'extérieur du périphérique par exemple. Il serait par ailleurs inéquitable que les métropolitains se situant dans le cordon ne participent pas au financement de la mobilité au même titre que ceux habitants à l'extérieur du cordon. Une taxe de 100 € / an, 8 €/mois, en moyenne par véhicule (à moduler suivant la classe Euros, les déciles de revenus et la localisation comme énoncé) rapporterait 60 M€ et permettrait de compléter le dispositif. Le solde de besoin de financement devrait être trouvé sur l'épargne de la collectivité donc par des économies de gestion et un dynamisme économique, 20M€/an ce qui favoriserait aussi l'acceptabilité. On arriverait ainsi à un financement quasi égal entre les usagers hors métropoles et les usagers métropolitains avec des efforts de gestion de la collectivité.

Des variantes sont évidemment possibles en sollicitant le contribuable entreprises et ménages, l'usager des TC et celui de la route. De nombreuses combinaisons des 3 sources possibles de financement sont certainement à envisager afin de gagner l'acceptabilité du dispositif.

Dans tous les cas pour être acceptable le financement doit

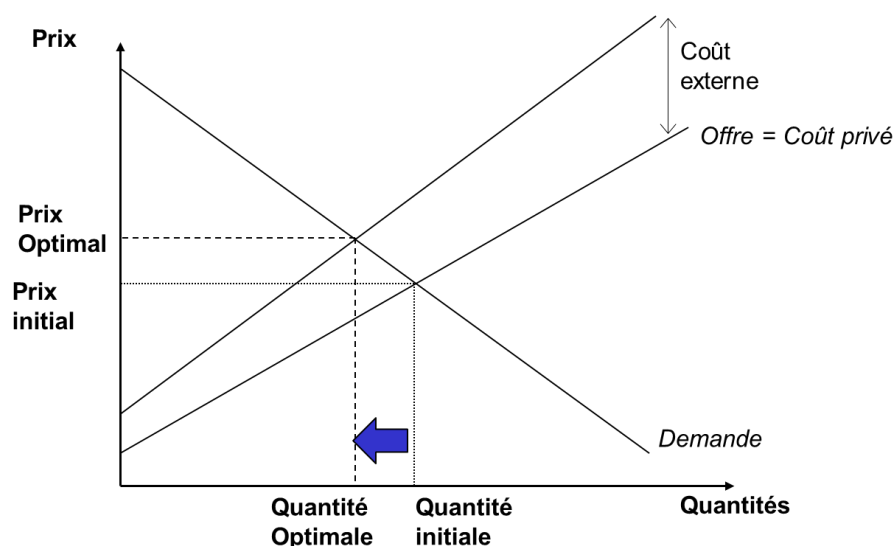
- **Fournir un bénéfice direct aux contributeurs** : les recettes sont affectées à un programme de mobilité clairement défini, avec un gain important pour les plus gros contributeurs, c'est-à-dire ceux qui habitent à l'extérieur du cordon. Le package mobilité doit permettre aux usagers habitant à 40 km de leur lieu de travail de gagner 30 min de temps de trajet et d'économiser 10 € par jour. Pour les résidents, c'est plus de transports en commun en 1^{ère} couronne de la métropole et une baisse très sensible du trafic (-30 %) donc une quasi-disparition de la congestion et des épisodes de pollution qui est attendue.

- **Être lisible** : une tarification simple avec une tarification uniquement les jours travaillés (ce sont les heures de pointes qui sont pénalisantes) pour ne pas pénaliser l'accès aux aménités urbaines le WE et lors des vacances.
- **Être juste** : une tarification préservant les plus fragiles, une équité territoriale faisant participer les résidents comme les non-résidents au dispositif, des économies de gestion importante sur la collectivité
- **Être déployé après la mise en place d'alternatives efficaces à la voiture (notamment le plan de cars express permettant de relier l'agglomération à ses périphéries). C'est le point le plus important en matière d'acceptabilité.**

Les villes du Nord de l'Europe ont mis en place ce dispositif depuis bientôt 30 ans. Comme l'exemple d'Oslo le montre, il a prouvé son efficacité et taxer la consommation à l'heure du réchauffement climatique paraît de bon sens. A noter que dans ces villes, le consensus politique autour d'un programme complet et cohérent d'investissements dans la mobilité a également favorisé le déploiement de ces systèmes, en rassemblant autorités urbaines, régionales et l'Etat.

NB : La dépenalisation du stationnement, n'induit pas de fortes recettes pour les agglomérations de province même si cet outil est tout à fait adapté pour réguler l'usage de l'espace public de voirie en limitant les voitures « ventouses ».

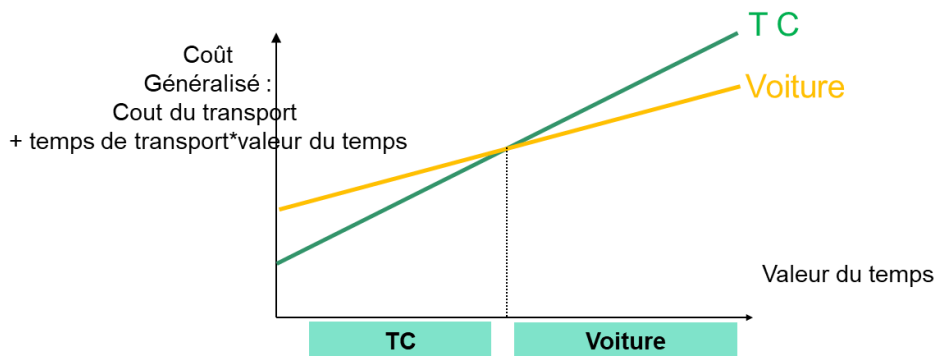
C'est ainsi une simple application de la loi de l'offre et la demande et du principe de pollueur payeur, induisant une internalisation des coûts externes et donc une augmentation du coût privé amenant à diminuer la demande si des alternatives efficaces sont en place. La transition du parc automobile vers des véhicules moins consommateurs viendra par ailleurs effacer totalement le surcoût induit par une tarification de l'usage de la voirie.



Source : Yves Crozet

Les économistes des transports (voir travaux du LAET Yves Crozet notamment) ont depuis longtemps modélisé les mécanismes de comportements modaux des personnes, avec la notion de coût généralisé : en ajoutant au coût du transport la valorisation du temps par les

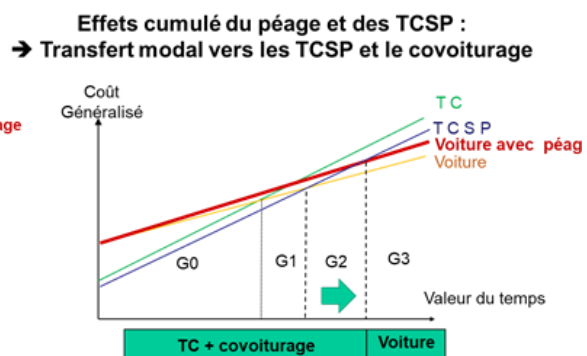
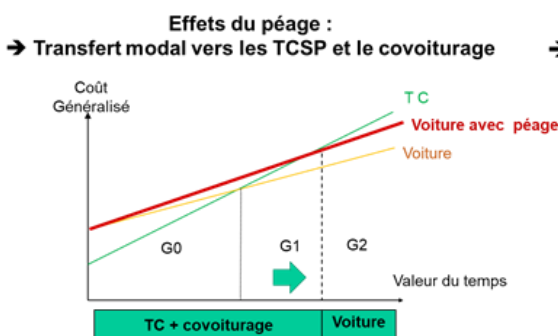
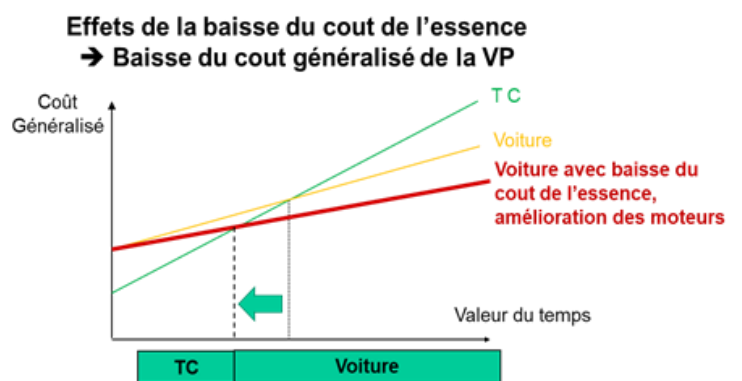
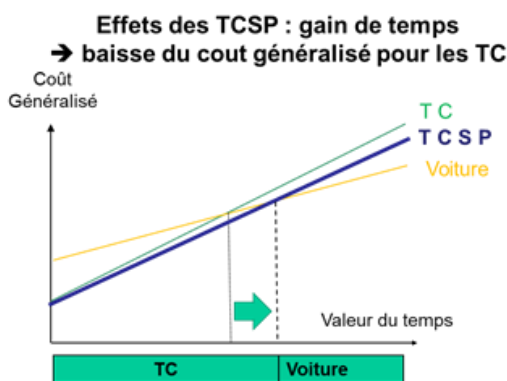
usagers (en moyenne aux alentours de 12 € de l'heure), on comprend comment s'opère le choix de mode de transport.



Ainsi, à gauche du croisement des deux courbes, le coût généralisé est plus faible pour les transports en commun, ce qui pousse les usagers à les utiliser, vers la droite il est plus fort, les usagers prennent leurs voitures.

Les schémas ci-après montrent l'impact sur les comportements des usagers de

- l'augmentation de la vitesse des transports en commun en site propre (TCSP),
- la baisse du coût de l'essence ou de l'amélioration des moteurs
- une tarification de l'usage de la voiture, qui induit non seulement un report modal vers les TC mais aussi vers le covoiturage



TCSP : Transport en Commun en Site Propre (métro, tramway, bus en site propre)

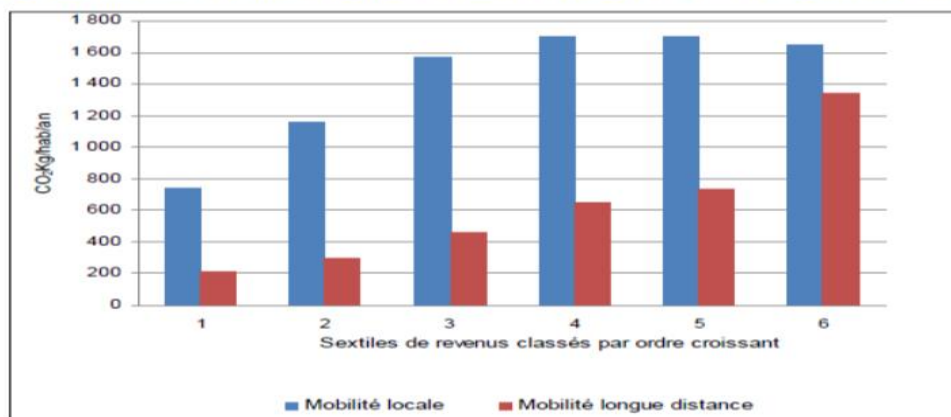
VP : Voiture particulière

TC : Transports en commun

Cette approche rencontre de fortes oppositions culturelles en France, car étant perçue comme injuste parce qu'ayant recours à un signal prix. Les politiques préfèrent de loin les

mesures d'interdiction (visant à montrer qu'ils sont aux commandes) ou de subvention (qui suivent en général les interdictions) très gratifiantes électoralement. Les interdictions peuvent se justifier lorsque les dommages pour la société sont très importants, comme l'amiante par exemple. Dans le cas contraire, ces mesures sont souvent très coûteuses pour les finances publiques et particulièrement inefficaces. Le cas le plus étonnant est celui des zones de faibles émissions, qui visent à interdire les véhicules polluants. Cette mesure cible de facto les possesseurs des voitures anciennes qui sont la propriété des moins fortunés mais aussi les moins émetteurs de CO₂ comme l'illustre le graphique ci-après :

Graphique 3 : Émissions annuelles de CO₂ liées aux déplacements des résidents selon le niveau de revenus des ménages, par habitant (revenus par unité de consommation)



Champ : individus âgés de 6 ans ou plus résidant en France métropolitaine.
Source : SOeS, Insee, Inrets, enquête nationale transports et déplacements 2008, traitement LET-Certu

La mesure d'interdiction est autrement plus violente que la mesure d'internalisation dans le coût d'usage des coûts externes de pollution et d'occupation de l'espace public : on interdit à des ménages peu fortunés de rentrer dans l'agglomération où ils n'ont pas pu se loger, sauf à investir de 15 à 20 000 euros nets de subventions dans une voiture neuve. Quand on sait que le salaire médian est de 1800 € on mesure l'iniquité profonde de cette mesure. Qui plus est interdire les CRITAIR 4 et 5 est inefficace sur le plan de la pollution de l'air puisque celles-ci représentent une faible part du parc, et que leur nombre a déjà baissé de 50% entre 2016 et 2018 d'après les statistiques. On dépense ainsi l'argent du contribuable pour financer l'achat de voitures avec une mesure socialement injuste et avec peu d'impacts sur les émissions de GES ni la qualité de l'air. Passer aux véhicules CRITAIR3 induirait une contrainte financière très importante sur 30% du parc, ce qui paraît politiquement difficile à mettre en œuvre sauf à introduire une frontière sociale importante entre les habitants des zones centres et les autres. Les mesures induisant un signal prix, sur la base du principe de pollueur payeur, sont autrement plus efficaces et permettent par ailleurs de dégager des financements affectés à la mobilité. Elles ne peuvent cependant être déployées qu'après la mise en place d'alternatives efficaces à l'usage excessif de la voiture.

6.4. Gouvernance et équité

Le financement actuel de la mobilité en transport en commun, assurée par l'utilisateur et surtout par les entreprises induit une inégalité forte. L'essentiel des flux de voitures entrants sur les agglomérations aux heures de pointes sont liés aux trajets Domicile Travail, sur lesquels il n'y a pas d'alternatives. Ainsi les entreprises des métropoles, et particulièrement celles de 1ère couronne, paient le versement transport qui ne profite pas à leurs salariés, puisqu'ils ne disposent pas de services de transports en commun. Le VT (versement transport) trouve très rapidement ses limites en matière de cohérence et d'équité territoriale. La crise COvid19 montre aussi qu'asseoir les recettes du transport public sur le coût du travail n'est ni bon pour la compétitivité des entreprises ni résilient en cas de choc économique. La logique élémentaire voudrait dans un monde décarboné et plus sobre, que l'on fasse plus payer les usages des ressources rares et celles à fort contenu en CO2.

En complément des politiques vélos pour les déplacements courtes distances, la mise en place du dispositif de cars express sur voies réservées avec pass multimodal, en attendant que le ferroviaire soit mis à niveau, apporte une alternative crédible, qui sera financée par les Métropoles avec – c'est souhaitable – un cofinancement Région et EPCI périphériques des Métropoles. Ainsi le VT des entreprises de 1ère couronne pourra profiter à ces entreprises et leurs salariés. Par ailleurs, la tarification de l'usage de la voiture, une fois ces alternatives en place, viendra compléter le dispositif pour permettre un déploiement rapide des investissements en services de mobilité. C'est donc bien par la voie contractuelle qu'une solution à l'inadéquation entre des structures de gouvernance et les bassins de vie doit être trouvée. Ce contrat opérationnel de mobilité, tel que prévu dans la loi d'orientation des mobilités, devrait idéalement comprendre :

- La définition des services de mobilité de type cars express / P+R / Voies réservées, la mise à niveau de l'infrastructure ferroviaire selon les cas, les modes lourds de transports en communs
- Le pass mobilité correspondant au périmètre de l'aire urbaine et transcendant les frontières administratives
- Le financement et la tarification des investissements et exploitation de ces services

Il permettra de mieux équilibrer les services de mobilité et financements en fonction des besoins des habitants et des capacités contributives des territoires.

Par ailleurs, alors que la loi C3D de nouvelle décentralisation est en cours de discussion au parlement, un transfert des RN aux Régions et métropoles sur leurs territoires devrait permettre d'accélérer le déploiement des voies réservées. Cette mesure pourrait s'étendre aux RD stratégiques au fonctionnement des métropoles (périphériques par exemple) et concernées par les voies réservées.

7. Bibliographie

- CITEPA Rapport SECTEN 2019
- ENTD 2008 et traitements (INSEE, CERTU, LAET)
- DEEM 2017 (CEREMA)
- Thèse Aurélien Bigo 2019
- CGDD Analyse coût bénéfice du véhicule électrique 2017
- Etude E4T IFPEN ADEME 2018
- Paul Bairoch, De Jericho à Mexico 1985
- D Mangin, La ville Franchisée 2004
- Marc Wiel, Villes et mobilité : un couple infernal ? 2005
- Marc Wiel, 10 ans de recherche sur l'étalement urbain (PREDIT) 2005
- Eric Charmes, L'explosion périurbaine, 2009
- Eric Charmes, Le malthusianisme foncier, 2010
- Pierre Veltz, Des lieux et des liens 2012
- Yves Crozet, Hypermobilité et politiques publiques 2016
- Christian Gollier, Le climat après la fin du mois 2019
- Hervé le Bras, Se sentir mal dans une France qui va bien 2019
- Jean Marc Offner, Anachronismes urbains 2020