



## Working Paper

# Comment évoluent les émissions du transport de voyageurs en France ?

Aurélien Bigo,<sup>1</sup>

Juin 2025

---

<sup>1</sup> Chercheur indépendant, et associé à la Chaire Energie et Prospérité

## **La Chaire Energie et Prospérité**

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

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

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

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

## **Chair Energy and Prosperity**

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

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

Chair energy and Prosperity working paper can be downloaded here:

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

# Comment évoluent les émissions du transport de voyageurs en France ?

Aurélien Bigo, chercheur indépendant, et associé à la Chaire Energie et Prospérité

## Résumé

Le transport de voyageurs en France représente plus de 20 % des émissions nationales de gaz à effet de serre. L'article vise à suivre leur évolution depuis 1960, et à comparer les tendances récentes aux objectifs de la Stratégie nationale bas-carbone (SNBC). La contribution de 5 leviers de transition est étudiée : demande de transport, report modal, remplissage et consommation d'énergie des véhicules, et décarbonation de l'énergie. La demande constitue le principal facteur d'évolution des émissions, malgré un découplage des émissions de -1,5 %/an avec cette demande depuis les années 2000. Ce découplage devait passer à -2,5 %/an sur 2015-2023 d'après la SNBC, un retard sur l'objectif seulement en partie compensé par la baisse de la demande suite à la crise sanitaire de 2020.

## Introduction

En 2023, le secteur des transports a représenté 34 % des émissions nationales de gaz à effet de serre en France (Métropole + Outre-mer). La majorité de ces émissions concerne le **transport de voyageurs**, estimé à **23,5 % des émissions**, sans même compter les émissions du transport aérien international, qui ajouterait l'équivalent de 4,4 % des émissions nationales (87,6 + 16,3 MtCO<sub>2e</sub> soit 103,9 sur un total de 373 MtCO<sub>2e</sub> en France en 2023 ; Citepa, 2024).

Il est ainsi primordial de **suivre l'évolution de ces émissions** et le respect de la **trajectoire fixée dans la Stratégie nationale bas-carbone** validée en 2020 (SNBC 2), d'autant plus que cette stratégie est en cours de révision avec des objectifs renforcés à l'horizon 2030, notamment pour le secteur des transports (MTES, 2020 ; SGPE, 2024a).

Cet article vise à suivre l'évolution des émissions des transports de voyageurs, sur le long terme depuis 1960, mais aussi sur les années récentes et jusqu'à 2023. Ce suivi est réalisé en décomposant l'évolution des émissions à l'aide des **5 leviers de décarbonation** de la SNBC : évolution de la demande de transport, du report modal, du remplissage des véhicules, des consommations énergétiques des véhicules, ainsi que de la décarbonation de l'énergie.

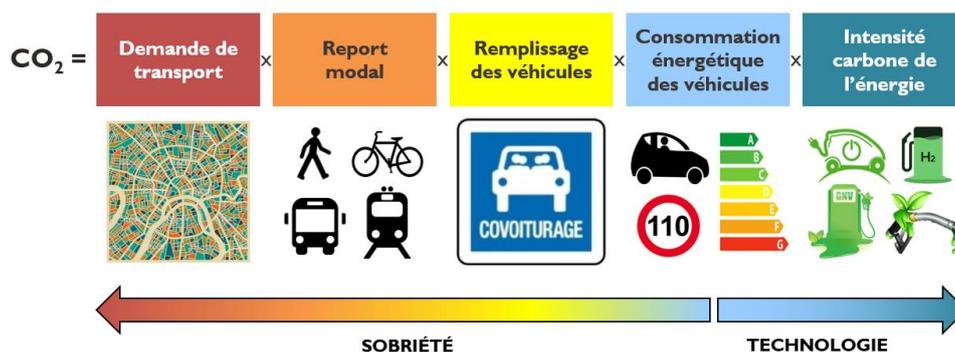


Figure 1 : Les 5 leviers de la stratégie nationale bas-carbone (SNBC) pour décarboner les transports

## Méthodologie et sources de données

L'**identité mathématique** utilisée pour **décomposer les 5 leviers** s'écrit comme la somme des émissions des  $i$  modes de transport considérés :

$$CO_{2,Transport} = \sum_i D \cdot \frac{D_i}{D} \cdot \frac{C_i}{D_i} \cdot \frac{E_i}{C_i} \cdot \frac{CO_{2,i}}{E_i}$$

Avec :

- ✓ **D** : la demande de transport voyageurs exprimée en voy.km, soit le nombre de kilomètres parcourus par les voyageurs
- ✓ **D<sub>i</sub>** : demande de transport du mode  $i$ , en voy.km
- ✓ **C<sub>i</sub>** : circulation des véhicules du mode  $i$ , en véhicules.km
- ✓ **E<sub>i</sub>** : énergie consommée par le mode  $i$ , en tep (tonne équivalent pétrole)
- ✓ **CO<sub>2,i</sub>** : émissions de CO<sub>2</sub> du mode  $i$ , en tonnes de CO<sub>2</sub>

Le **choix de ces 5 leviers** a été fait pour plusieurs raisons. La première est d'avoir une cohérence avec la SNBC qui se structure autour de ces leviers pour la décarbonation des transports, ce qui permet d'en faire un suivi sur les émissions récentes et éventuellement en lien avec les objectifs futurs. Aussi ces leviers sont largement utilisés dans la littérature, dans les débats publics et les politiques publiques de décarbonation des mobilités. La disponibilité suffisante des statistiques permet de compiler les données nécessaires. Enfin, ces leviers sont très courants dans les analyses de décomposition appliquées aux transports (voir la compilation de 40 études dans Bigo, 2020, p37).

La méthodologie de décomposition utilisée est le **log-mean divisia index (LMDI)**. Les avantages de cette méthode sont nombreux : passage du 'time-reversal test' (par l'utilisation du logarithme) et du 'factor-reversal test' (aucun résidu à la décomposition) qui lui donnent des fondations théoriques solides ; une relative simplicité d'utilisation ; et la facilité d'interprétation de ses résultats (voir Ang, 2004 pour plus de détails).

Ces avantages font que la méthode du LMDI s'est progressivement imposée dans les analyses de décomposition appliquées aux transports, jusqu'à devenir largement dominante depuis le milieu des années 2000 (Xu et al, 2013 ; Bigo, 2020, p33-41).

La formule ci-dessus et les statistiques nécessaires sont utilisées à un **pas de temps annuel**, depuis 1960 jusqu'à 2023 pour les séries les plus longues, avec un focus parfois sur des périodes plus récentes, en particulier 2015-2023.

Les décompositions et les résultats associés peuvent être exprimés sous **formes additive ou multiplicative**. Dans le premier cas, la variation d'émissions entre deux années est exprimée en valeur absolue, c'est-à-dire en millions de tonnes de CO<sub>2</sub>, au global et pour la contribution de chaque facteur d'évolution ( $\pm$  x MtCO<sub>2</sub>). La forme multiplicative de la décomposition considère pour les émissions et pour chaque levier des changements relatifs par rapport à une base 1, ou un pourcentage d'évolution par rapport à une année de référence (1,25 ou +25 % par exemple, si un facteur contribue à une hausse des émissions de 25 % entre les deux années).

Ce sont généralement les seules **émissions de CO<sub>2</sub>** qui sont intégrées dans les analyses, seul périmètre qui permet d'avoir l'évolution des émissions depuis 1960. Par ailleurs, les émissions hors CO<sub>2</sub> sont faibles pour le transport de voyageurs, et ne représentent que l'équivalent de 2,4 % des émissions de CO<sub>2</sub> du secteur en 2023, en raison principalement des hydrofluorocarbures (HFC) et du protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O).

Par ailleurs, les **effets non CO<sub>2</sub> du transport aérien**, comme les traînées de condensation ou les émissions d'oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>) ne sont pas pris en compte, faute de consensus sur la meilleure manière de les intégrer dans ce type d'analyse.

Seules les **émissions directes** de gaz à effet de serre des transports, liées à la combustion des carburants pétroliers, sont considérées. Ne sont pas comptées les émissions liées à la production de l'énergie, ni celles liées aux véhicules ou aux infrastructures de transport. C'est principalement la disponibilité des données qui explique ce choix. Si l'intégration des émissions liées à la production de l'énergie pourrait faire l'objet d'estimations simplifiées, les données historiques sont manquantes sur les émissions de production et d'entretien des véhicules, ou celles liées aux infrastructures. De plus, une telle analyse de cycle de vie demanderait de prendre en compte des émissions importées et de modifier le périmètre de l'analyse.

Par ailleurs, les émissions directes sont largement dominantes par le passé et jusqu'à aujourd'hui dans les émissions des transports, en raison de la prédominance des moteurs thermiques et du pétrole dans les consommations d'énergie. Cela n'est plus vrai pour certains changements de motorisation ou d'énergie, comme le passage aux biocarburants et à l'électrique, un point d'attention qui sera évoqué dans l'article et qui sera de plus en plus important à l'avenir, au vu de leur part croissante dans la mobilité.

Le **périmètre géographique** comprend les transports réalisés sur le territoire français, auquel est ajouté le **transport aérien international**. Bien que celui-ci ne soit pas toujours inclus dans certains inventaires statistiques ou dans les objectifs de la 2<sup>ème</sup> SNBC étudiée dans cet article, il a été fait le choix de le prendre en compte quand cela était possible, afin de ne pas laisser de côté une source majeure d'émissions du transport de voyageurs et dont la part est en croissance. Aussi les analyses sur la décarbonation des transports intègrent de plus en plus ces transports internationaux, qui seront également intégrés à l'objectif de neutralité carbone de la France d'ici 2050, d'après le projet de 3<sup>ème</sup> SNBC en cours de révision.

Les vols en lien avec l'Outre-mer sont également inclus dans le transport aérien. En revanche, les autres modes ne sont considérés que sur le périmètre des circulations, des consommations d'énergie et des émissions en **France métropolitaine**, en raison de la disponibilité des principales statistiques nécessaires aux calculs sur ce périmètre.

Parmi les choix explicités ci-dessus, **deux exceptions** ont été nécessaires et seront rappelées dans la partie de l'article qui concerne la comparaison des émissions observées sur la période 2015-2023 avec les projections de la Stratégie nationale bas-carbone validée en 2020 (SNBC 2). Pour faire cette comparaison avec un même périmètre qui correspond à celui des quantifications de la SNBC 2, le transport aérien international n'est pas pris en compte dans cette partie, et au contraire les gaz à effet de serre pris en compte incluent aussi les émissions hors CO<sub>2</sub>, pour raisonner avec des émissions équivalent CO<sub>2</sub> (tCO<sub>2e</sub>).

Les modes de transport considérés sont regroupés en cinq catégories :

- Le transport **routier individuel**, avec les voitures particulières, les deux-roues motorisés (2RM) et la part des véhicules utilitaires légers (VUL) utilisés pour du transport de voyageurs, une part estimée à environ 60 % des trafics (voir Bigo, 2020, p69 ; et estimations du SDES, 2024a depuis l'année 2011) ;
- Le transport **routier collectif**, comprenant les bus et cars ;
- Le transport **ferroviaire**, comprenant les tramways, métros, réseau des trains d'Île-de-France, TER, Intercités et TGV ;
- Le transport **aérien**, incluant le trafic intérieur à la France (Métropole et Outre-mer) et le transport aérien international (la moitié des émissions des vols internationaux partant ou arrivant en France) pour la période 1960-2023 ; pour les tendances les plus récentes et la comparaison avec la SNBC 2, qui n'inclut pas l'aérien international, seul le transport intérieur est compté pour garder une même base de comparaison ;
- Enfin, les **modes actifs**, c'est-à-dire la marche et le vélo.

Pour la période la plus récente et en particulier depuis 1990, les principales **données utilisées** proviennent :

- Du service des données et études statistiques (SDES, 2024a) du ministère, aussi bien pour les données de demande de transport par mode, de circulation routière et ferroviaire, de consommations d'énergie (converties en tep) et les émissions de CO<sub>2</sub> calculées à partir des consommations par type d'énergie pour le transport routier (facteurs d'émissions du rapport Secten du Citepa, 2024 et de MTES, 2018) ;
- Les données du Citepa sont utilisées pour les consommations d'énergie et les émissions du transport ferroviaire, du transport aérien, et des modes routiers avant 1990 ;
- D'autres chiffres d'anciens rapports statistiques ministériels sont utilisés pour les années les plus anciennes ;
- En complément, des chiffres de l'ART sont utilisés pour le ferroviaire, et ceux de la DGAC pour l'aérien. Pour la marche et le vélo, les enquêtes de mobilité nationales (SDES, 2021), qui ont lieu environ tous les 10 ans, sont utilisées, nécessitant généralement des extrapolations pour les autres années, hormis pour les années les plus récentes où les chiffres de Vélo & Territoires sur l'évolution des fréquentations cyclables par type de territoire sont utilisés.

Il est à noter que la compilation de données sur une période aussi longue peut donner lieu à des ruptures de séries, qui ont été corrigées autant que possible. Aussi il existe des **incertitudes pour de nombreuses données** qui sont estimées, issues d'enquêtes ou de modèles croisant de nombreuses données, comme par exemple pour l'estimation du trafic automobile, qui n'est pas directement observable et quantifié. Ces incertitudes sont plus fortes pour les données anciennes, mais restent parfois valables également pour les données les plus récentes, qui sont régulièrement réactualisées.

Il faut donc prendre les principaux chiffres issus des décompositions comme des ordres de grandeur. Un soin particulier a cependant été pris pour que l'analyse, les principaux résultats présentés et les interprétations qui en sont faites soient cohérents et valables malgré les incertitudes inhérentes à la production de ces statistiques.

## Principaux résultats des décompositions d'émissions

### 1. Résultats sur la période 1960-2023

Entre 1960 et 2023, les émissions de CO<sub>2</sub> du transport de voyageurs en France (y compris aérien international) ont été **multipliées par 4,5**. Elles sont ainsi passées de 22,1 à 98,3 MtCO<sub>2</sub> sur la période, avec un maximum à 114 MtCO<sub>2</sub> en 2004.

La décomposition indique la contribution suivante des 5 différents facteurs d'évolution des émissions :

- La **demande de transport** a été multipliée par 5,8 et constitue le principal facteur de hausse des émissions sur l'ensemble de la période. La proximité avec la trajectoire des émissions est particulièrement forte jusqu'au début des années 2000, alors qu'un léger découplage de l'ordre de -1,5 %/an est observable sur les deux dernières décennies. La hausse de la demande est relativement régulière sur l'ensemble de la période, hormis le choc de la crise Covid en 2020, suite à quoi la demande n'a pas retrouvé son niveau de 2019, y compris en 2023.
- Le **report modal**, calculé ici comme l'impact de l'évolution de la part des différents modes dans les kilomètres parcourus, a également participé à la hausse des émissions. La contribution est évaluée à +36 %, en raison de la hausse des parts de la voiture et de l'avion dans les kilomètres parcourus, au détriment essentiellement de la marche puis du ferroviaire sur le début de la période, dans un contexte de très forte hausse des kilomètres parcourus.
- Le **remplissage moyen des véhicules** a eu une contribution limitée au global, évaluée à +2 % d'impact sur les émissions, masquant des évolutions contrastées selon les modes de transport. En effet, le nombre de personnes par véhicule a baissé pour les voitures (environ -30 %), tandis qu'il a fortement augmenté pour le transport aérien (quasiment x6) et plus légèrement pour le ferroviaire (+37 %).
- La réduction de la **consommation énergétique des véhicules** a été le principal facteur à la baisse des émissions des transports de voyageurs. La contribution est de -38 %, avec des effets de nouveau contrastés selon les modes de transport, avec des gains essentiellement portés par la voiture (-44 % par kilomètre parcouru), des gains plus significatifs encore pour le ferroviaire (-81 %) et en revanche une hausse de la consommation moyenne des avions, étant donné la très forte hausse de leur capacité de transport.
- Enfin, l'**intensité carbone de l'énergie** a eu une légère contribution favorable de -11 % sur les émissions. Les principaux gains sont concentrés sur le développement des biocarburants, considérés dans les inventaires comme neutres en carbone, bien que ça soit loin d'être le cas en raisonnant en analyse de cycle de vie.

Il est à noter que les principales tendances visibles en France ont également été observées de manière relativement similaire sur les dernières années et même depuis les années 1990 dans d'autres pays européens ou plus globalement au niveau de l'Union Européenne (Bousquet et al, 2022 ; Tsemekidi Tzeiranaki et al, 2023).

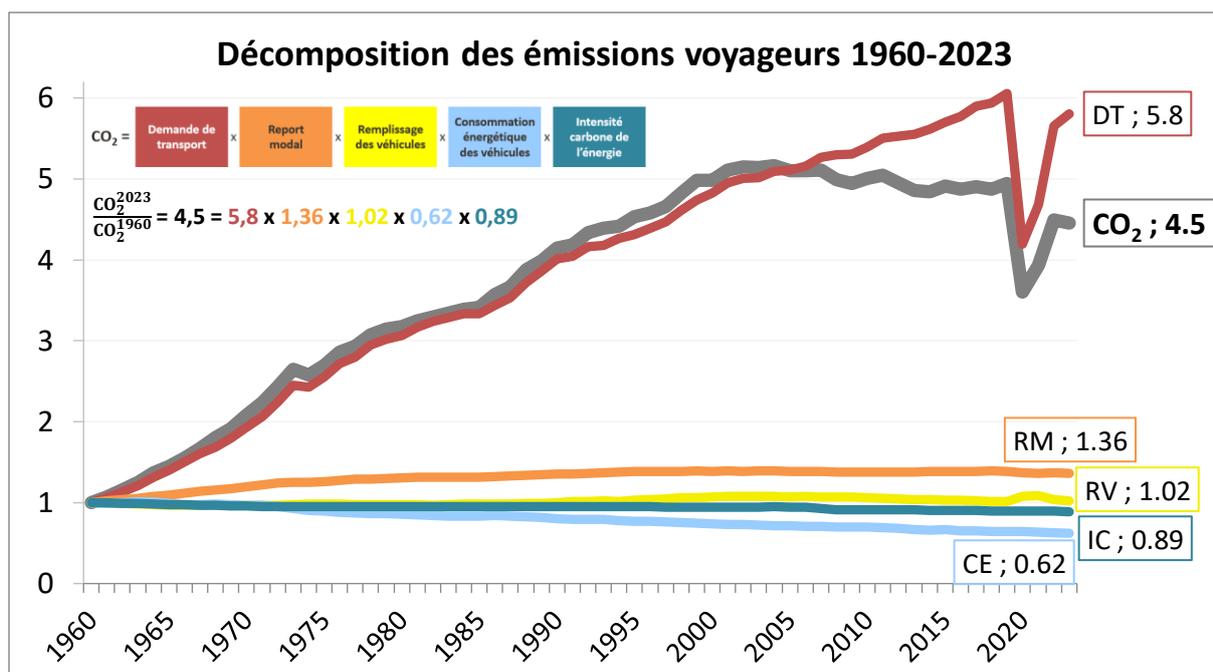


Figure 2 : Décomposition multiplicative de l'évolution des émissions du transport de voyageurs en France (y compris aérien international) entre 1960 et 2023

Il est à noter que le **périmètre** et certains **choix méthodologiques** peuvent influencer significativement certains résultats de la décomposition.

Il en est ainsi de l'inclusion ou non du transport aérien international. Si celui-ci n'est pas inclus pour se concentrer uniquement sur les transports intérieurs de voyageurs, les facteurs de décomposition sont comme suit : la hausse des émissions est limitée à une multiplication par 3,9 ; la demande à 5,1 ; le report modal à 1,33 ; le remplissage a une contribution plus significative à la hausse des émissions à 1,18 ; le facteur de consommation d'énergie des véhicules se réduit à 0,56 ; et l'intensité carbone passe à 0,87.

## 2. Résultats sur 2015-2023

Afin de mieux comprendre les tendances les plus récentes, puis dans un second temps de les comparer avec les objectifs climatiques que la France s'est fixée, un focus est réalisé sur les émissions de CO<sub>2</sub> pour la période 2015-2023.

Cette période est fortement **marquée par la crise Covid** sur l'année 2020 (Figure 3, à gauche). Celle-ci a eu pour principal effet de faire chuter la demande de transport, de -31 % par rapport à 2019, et qui reste inférieur en 2023 de 4,2 % à l'année pré-Covid (chiffres y compris aérien international). La baisse de la demande a été la plus marquée sur l'aérien (-69 %), puis sur le ferroviaire (-43 %), les transports routiers collectifs (-38 %) et individuels (-19 %), tandis que la pratique du vélo a augmenté (+4 % en 2020 puis +13 % en 2021). Ces effets font que le report modal a une légère contribution à la baisse des émissions en 2020 et depuis. Enfin, l'autre effet fortement visible dans la décomposition multiplicative correspond à la réduction du remplissage des véhicules sur 2020-2021, en particulier pour le transport aérien, avec un effet temporaire à la hausse sur les émissions.

En séparant la période 2015-2023 en **deux sous-périodes de 4 ans**, avant et après 2019, il apparaît des tendances distinctes sur la contribution de plusieurs facteurs d'évolution des

émissions (figure de droite ci-dessous). Ainsi, alors que la demande augmente fortement avec un effet significatif sur les émissions avant 2019 (+6,5 MtCO<sub>2</sub>), elle baisse entre 2019 et 2023, une période marquée par la forte baisse en 2020 puis le rebond de la demande, qui n'a pas retrouvé son niveau de 2019. Il en est de même pour l'effet du report modal sur les émissions, à la hausse avant 2019 puis à la baisse ensuite, bien que l'impact soit plus mesuré. Au contraire, le remplissage des véhicules a contribué à la baisse des émissions avant 2019 et à une légère hausse ensuite, tandis que la réduction des consommations énergétiques est légèrement plus forte après 2019, ces tendances étant essentiellement dues aux évolutions au sein du transport aérien.

Ces chiffres s'ajoutent à **d'autres analyses sur les évolutions récentes** des émissions de gaz à effet de serre des transports et ses facteurs explicatifs, aux conclusions concordantes (IMT, 2024 ; SDES, 2024b ; HCC, 2024 ; SGPE, 2024b).

Ils complètent également les débats en cours sur les éventuels **effets à moyen et long termes de la crise sanitaire**. A ce stade, il est évalué que celle-ci a plutôt agi comme un accélérateur de tendances préexistantes dans les mobilités (en particulier sur le télétravail, ou encore l'aménagement du territoire, le développement du vélo), sans avoir mené à des changements durables majeurs en termes de politiques de transition et de pratiques de mobilités (Evariste et al, 2025).

L'analyse ici développée tend à montrer un **impact toujours significatif de la crise de 2020** sur les mobilités post-Covid et les émissions en 2023, notamment par l'impact sur la demande et le report modal. Cependant, le recul n'est pas forcément suffisant pour déterminer avec certitude s'il s'agit de ruptures qui garderont encore un effet significatif dans les années à venir, selon l'évolution des politiques publiques ou de facteurs conjoncturels (prix des carburants, économie, etc.).

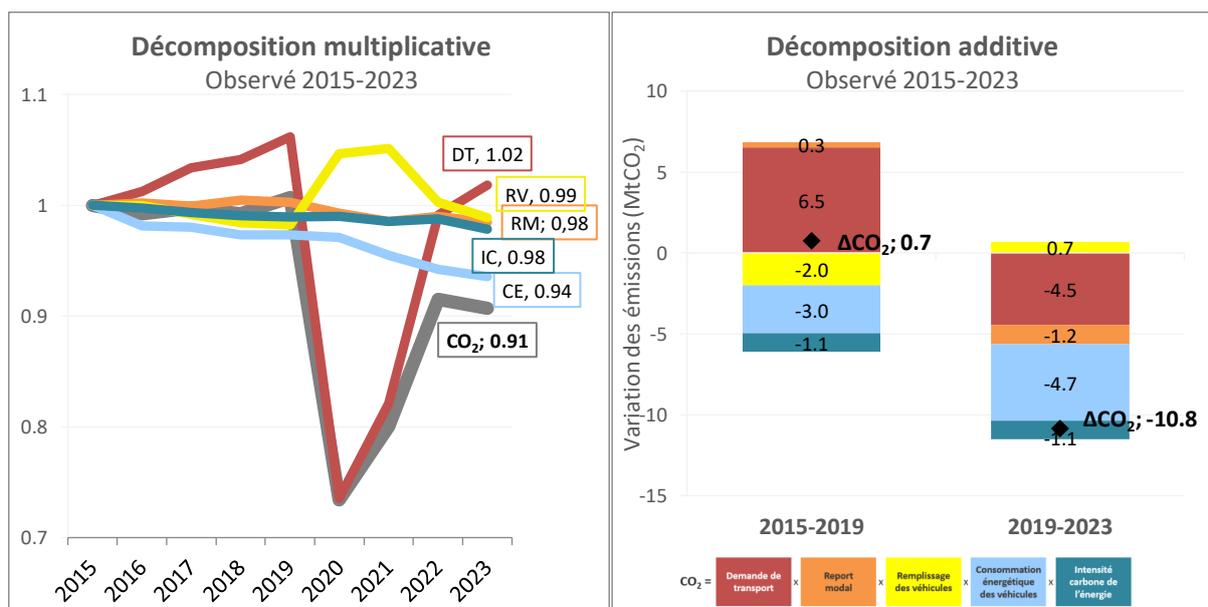


Figure 3 : Décompositions multiplicative (à gauche, pas de temps d'1 an) et additive (à droite, pas de temps de 4 ans) de l'évolution des émissions de CO<sub>2</sub> du transport de voyageurs en France (y compris aérien international)

### 3. Comparaison avec la Stratégie nationale bas-carbone (SNBC)

La comparaison des tendances observées sur 2015-2023 avec ce qui était prévu dans la SNBC 2 demande deux **changements méthodologiques** : retirer le transport aérien international, non inclus dans le périmètre de la SNBC ; et intégrer l'ensemble des émissions de gaz à effet de serre, et non seulement le CO<sub>2</sub>, ce qui ajoute 3,7 MtCO<sub>2</sub>e en 2015 et 2,0 MtCO<sub>2</sub>e en 2023, ces émissions hors CO<sub>2</sub> ayant significativement baissé sur la période.

Sur la période, les émissions estimées (données SDES) du transport intérieur de voyageurs sont passées de 95,7 à 85,2 MtCO<sub>2</sub>e entre 2015 et 2023, soit une baisse de -11,0 % et de -10,5 MtCO<sub>2</sub>e. En reprenant le même périmètre, la modélisation de la SNBC 2 visait une réduction des émissions de 92,7 à 79,2 MtCO<sub>2</sub>e entre 2015 et 2023, soit une baisse de -14,6 % et de -13,5 MtCO<sub>2</sub>e. Bien que les valeurs de référence pour 2015 soient légèrement différentes, cela indique qu'environ **77 % des baisses d'émissions prévues dans la SNBC** pour le transport intérieur de voyageurs ont été atteintes (et 70 % avec les chiffres du Citepa).

L'objectif a ainsi été manqué sans pour autant en être très éloigné au global. L'analyse de décomposition en 5 leviers montre cependant des **contrastes importants selon les facteurs** :

- La demande de transport était anticipée en hausse significative (+4,6 %), pour une hausse au final très modérée (+0,4 %) ; la combinaison des 4 facteurs suivants devait amener à des baisses d'émissions kilométriques de -2,5 %/an en moyenne sur la période, mais la tendance observée a été seulement de -1,5 %/an en moyenne sur 2015-2023 ;
- L'effet du report modal a été moins important qu'attendu (-1,2 % au lieu de -2,1 %) ;
- Le remplissage des véhicules a contribué de manière proche à ce qui était attendu, bien que cela puisse cacher des tendances contrastées par mode de transport ;
- La baisse des consommations énergétiques des véhicules est le facteur qui a accumulé le retard le plus important par rapport à ce qui était prévu dans la SNBC (-5,7 % au lieu de -13 % ; -5,4 Mt au lieu de -11,9 MtCO<sub>2</sub>e), expliquant le manquement de l'objectif ;
- Enfin, la baisse observée de l'intensité carbone de l'énergie a été légèrement supérieure à ce qui était prévu, en bonne partie en raison de la baisse des émissions hors CO<sub>2</sub>.

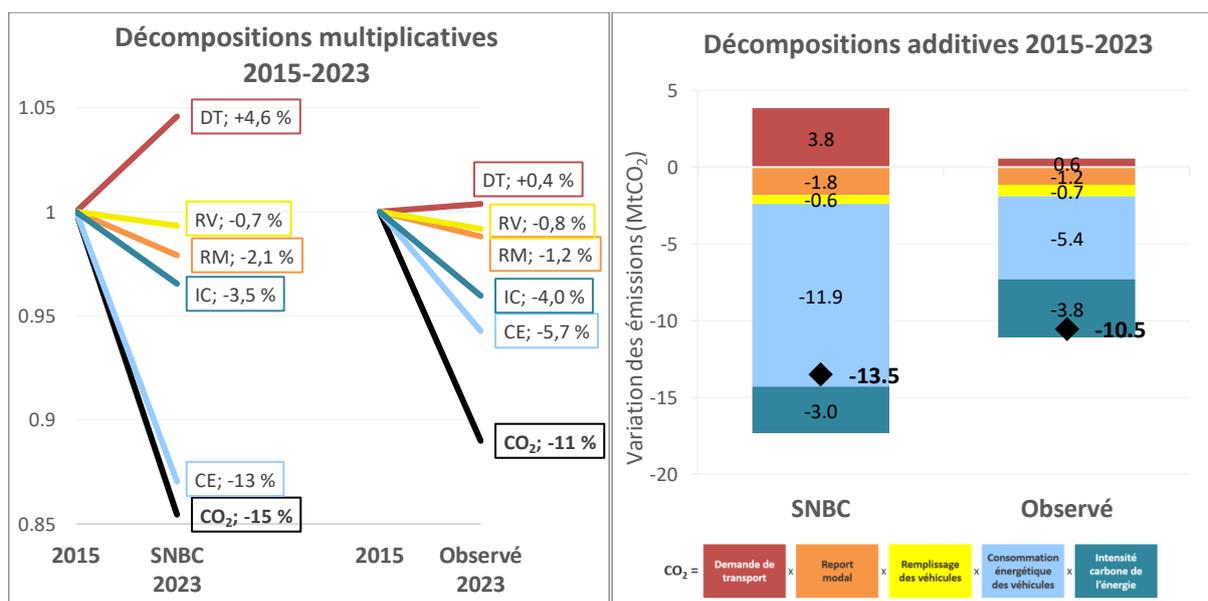


Figure 4 : Décompositions multiplicative (à gauche) et additive (à droite) de l'évolution des émissions (en CO<sub>2</sub>e) du transport intérieur de voyageurs en France, et comparaison entre la SNBC et les émissions observées sur 2015-2023

#### 4. Les émissions en 2024 et perspectives de court terme

Le **retard dans les objectifs climatiques** s'est encore **creusé en 2024**. D'après les résultats du baromètre des émissions mensuelles du Citepa publié fin mars 2025, les émissions nationales des transports sur l'ensemble de l'année 2025 ont baissé de -0,9 % et de -1,1 MtCO<sub>2e</sub> (de 126,8 à 125,7 Mt). Cette légère baisse des émissions des transports intérieurs est plus que compensée par une hausse des émissions des transports internationaux de +6,7 % et +1,3 MtCO<sub>2e</sub> (de 19,7 à 21,1 Mt). Ainsi, au total ces premières estimations montrent une légère hausse des émissions totales des transports de +0,15 % (et de +0,2 Mt, à 146,8 Mt au total en 2024).

La baisse a été plus importante sur les poids lourds (-3,5 %) et les VUL (-1,7 %) que pour les voitures dont les émissions ont légèrement augmenté (+0,4 %). Les **émissions des transports intérieurs de voyageurs seraient ainsi stables** à 87,7 MtCO<sub>2e</sub> (évolution évaluée à 0,00 %) en 2024, et auraient même augmenté de +0,8 % et +0,8 MtCO<sub>2e</sub> en ajoutant également le transport aérien international (portant le total de 104,0 à 104,8 Mt).

L'**objectif de baisse pour 2024** étant de l'ordre de -2,3 MtCO<sub>2e</sub>, l'écart se creuse entre l'objectif climatique et les émissions observées. La baisse observée sur 2015-2024 ne serait plus que de l'ordre de 59 % de ce que prévoyait la SNBC 2. Surtout, la révision en cours de cette stratégie, la SNBC 3, prévoit une trajectoire de baisses d'émissions encore plus fortes d'ici 2030 pour les transports, accentuant encore l'écart avec l'objectif climatique.

L'évolution de 2024 est le témoin d'un risque identifié dans l'analyse qui précède. Un **retard important** a été pris sur ce qui devait être le principal levier de baisse d'émissions à court terme, à savoir la **baisse de consommation d'énergie des véhicules**, en particulier des voitures. Ce retard a été en partie seulement compensé par une moindre demande de transport, en raison de facteurs principalement conjoncturels (Covid, prix élevé des carburants, inflation...).

Alors que les périodes 2015-2019 puis 2019-2023 étudiées précédemment ont vu des hausses de prix de +11 % puis +23 % pour l'essence, et de +25 % sur le gazole pour les deux périodes, s'en est suivi par une **légère baisse du prix des carburants en 2024**. En effet, le prix moyen à la pompe a baissé de 4 % pour l'essence par rapport à 2023 et de 6 % pour le gazole (SDES, 2024a ; Ufip-EM, 2025). Il est probable que cela ait relâché la contrainte sur les distances parcourues, en particulier pour les voitures, avec un impact direct sur les émissions.

Ainsi le **respect des objectifs climatiques de court terme** risque d'être encore fortement conditionné par l'évolution de la demande de transport, qui est fortement dépendante d'effets conjoncturels, que ça soit l'évolution du prix des carburants, ou encore l'évolution du PIB, de l'inflation et du pouvoir d'achat. Par ailleurs, les politiques publiques de décarbonation des mobilités ont généralement une certaine inertie dans la mise en œuvre et dans leurs effets sur les émissions. Il est donc nécessaire d'accélérer l'action climatique sur l'ensemble des 5 leviers de décarbonation pour s'assurer de rattraper le retard pris sur les objectifs de court terme, de manière planifiée et sans compter sur des effets conjoncturels aux effets économiques et sociaux généralement subis, et également réversibles en cas d'inversion de tendance.

## L'évolution des 5 leviers de décarbonation

### 1. Demande de transport

La demande de transport de voyageurs en France a été **multipliée par 5,8** entre 1960 et 2023, passant d'après les estimations de 215 à 1247 milliards de passagers.km (Gpkm).

Dans le même temps, la population en France métropolitaine a augmenté de 45 %, de 45,7 à 66,1 millions d'habitants. Ramenée à la population, la demande de transport a ainsi été multipliée par 4 sur la période, d'environ 4700 km annuels par personne en 1960, à quasiment 18 900 km en moyenne en 2023. Cela correspond respectivement à 12,9 et 51,7 km par jour, après être passé par un maximum à 54,7 km/jour en 2019.

Les données statistiques ici rassemblées ne permettent pas de différencier les **déplacements de courte et de longue distance**, mais ce sont ces derniers qui ont le plus augmenté en nombre et en distance jusqu'à 2019, comme le montrent les dernières enquêtes de mobilité en France et leurs analyses (Le Goff et al, 2025 ; SDES, 2021). Pour les déplacements de quotidien, leur nombre est resté relativement stable, mais leur distance moyenne a augmenté, en lien avec un aménagement du territoire et des modes de vie qui dissocient de plus en plus les lieux de vie et d'activités, avec d'importantes distances à parcourir pour les rejoindre.

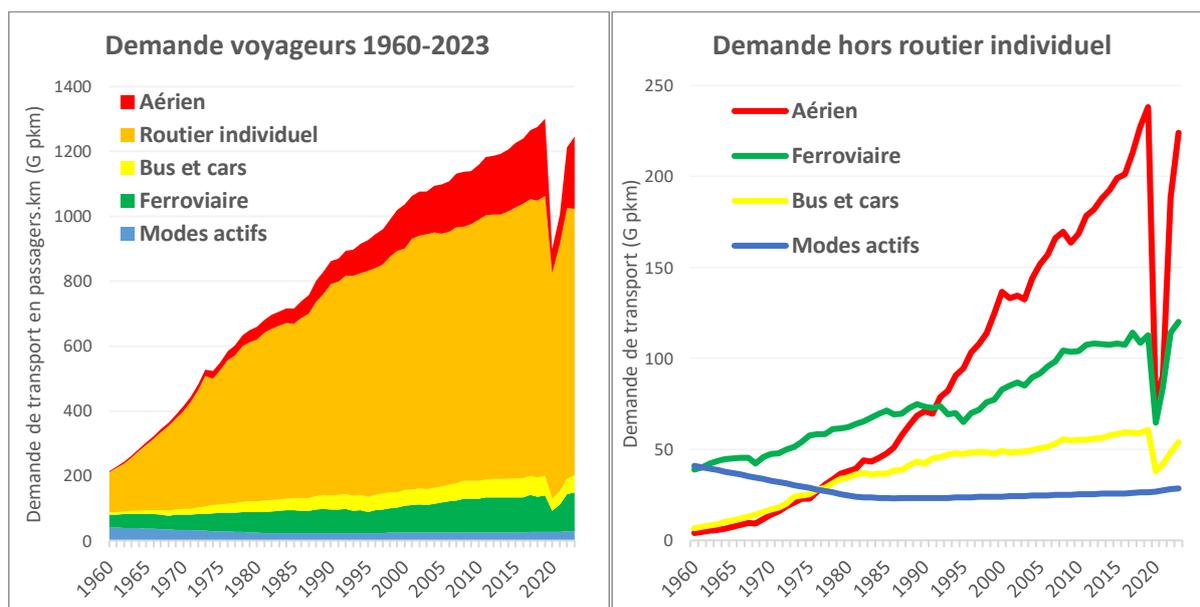


Figure 5 : Demande de transport de voyageurs en France par mode de transport entre 1960 et 2023, en cumulé (à gauche) et pour les modes hors routier individuel (à droite)

La **crise du Covid** en 2020 a marqué une inflexion majeure dans une trajectoire de hausse quasiment continue des distances parcourues en France depuis 1960. Les restrictions de déplacement imposées ont amené à une baisse des distances de -31 % sur l'ensemble de l'année 2020, avec des baisses plus fortes encore durant les périodes de confinement.

Si l'analyse tend à montrer des **effets toujours significatifs en 2023** en lien avec cette baisse, notamment sur la demande en transport aérien, pour les transports en commun du quotidien ou dans une moindre mesure pour l'usage de la voiture, la méthodologie ici développée ne permet pas de savoir quel a été l'effet spécifique de la crise sanitaire sur les années les plus récentes,

alors que d'autres effets conjoncturels tels que la hausse des prix des carburants ou l'inflation ont également pu jouer un rôle significatifs.

Les analyses des effets de la crise sanitaire à ce jour montrent plutôt une accélération des tendances préexistantes, avec l'effet durable le plus significatif qui concerne le **développement du télétravail** (Evariste et al, 2025). S'il est généralement supposé que celui-ci permet de réduire la demande de transport, une littérature abondante sur le sujet montre la difficulté à apprécier précisément l'ampleur de ces réductions, qui peuvent par ailleurs être plus que compensées par de potentiels effets rebonds : restructuration et nouveaux déplacements du quotidien, effets de relocalisation, plus grande facilité à accepter un travail plus éloigné du domicile, ou à réaliser des séjours plus lointains qui combinent motifs personnels et télétravail (Hook et al, 2020 ; ADEME, 2020 ; Caldarola, Sorrell, 2022 ; Hostettler Macias et al, 2025).

## 2. Report modal

L'évolution de la demande a été très contrastée selon les modes entre 1960 et 2023, expliquant de fortes évolutions dans les parts modales (exprimées en % des distances parcourues) :

- La plus forte hausse vient du **transport aérien**, dont la demande a été multipliée par 56, de 4,0 à 224 Gpkm (en comptant la moitié des distances des vols internationaux), décuplant sa part modale qui est passée de 1,9 % à 18 % des distances en France ;
- La demande a été multipliée par 8 pour les **bus et cars**, de 6,7 à 54 Gpkm, faisant légèrement augmenter leur part modale de 3,1 à 4,3 % entre 1960 et 2023 ;
- Les distances ont été multipliées par 6,6 pour les **transports routiers individuels**, dont une multiplication par 6,9 pour la voiture, par 6 pour les VUL et +74 % pour les deux-roues motorisés. La demande est passée de 124 à 820 Gpkm (dont 107 à 744 pour la voiture), avec une part largement dominante passée de 58 % à 66 % entre 1960 et 2023 (de 50 à 60 % pour la voiture), après un maximum dépassant les 75 % sur les années 70 et 80, ainsi que sur 2020-2021, à des moments où le transport aérien était plus limité.
- La demande a été multipliée par 3,1 pour le **transport ferroviaire**, de 39 à 120 Gpkm, une croissance plus faible que la demande totale, d'où une baisse de sa part modale de 18 % en 1960 à 9,6 % en 2023, après un point bas à 7,0 % en 1995. La part des trains longue distance au sein du ferroviaire est restée stable à 57 % des distances parcourues, le TGV (64,6 Gpkm en 2023) ayant supplanté les Intercités (de 22,3 Gpkm en 1960 à 3,9 Gpkm en 2023). Par ailleurs, les distances parcourues en trains régionaux ainsi qu'en trains de banlieue parisienne ont quasiment été multipliés par 4 depuis 1960, celles métros ont augmenté de +50 % et le trafic des tramways a réalisé un renouveau dynamique à partir de 1987.
- Enfin, il est estimé une baisse de 31 % des distances en **mobilités actives** (dont -40 % pour la marche et +27 % pour le vélo). La marche domine dans les distances parcourues, avec environ 21 Gpkm estimés en 2023 contre 7,2 Gpkm pour le vélo.

Les années les plus récentes ont été marquées par la **crise sanitaire en 2020**, qui laisse encore des traces jusqu'en 2023, bien que d'autres facteurs conjoncturels ou de politiques publiques aient pu jouer un rôle dans certaines évolutions. Cela est rendu visible par les fortes différences entre les dynamiques avant et après 2019 (Figure 6, à droite).

La **baisse des transports routiers individuels** entre 2019 et 2023 n'a été que partiellement compensée par la hausse du transport ferroviaire ou encore du vélo sur cette période, ces hausses n'étant équivalentes qu'à environ 20 % de la baisse du routier individuel. Ce calcul ne tient pas compte des baisses encore visibles en 2023 sur le transport aérien, qui a néanmoins retrouvé en 2024 son niveau de trafic de 2019 (DGAC, 2025).

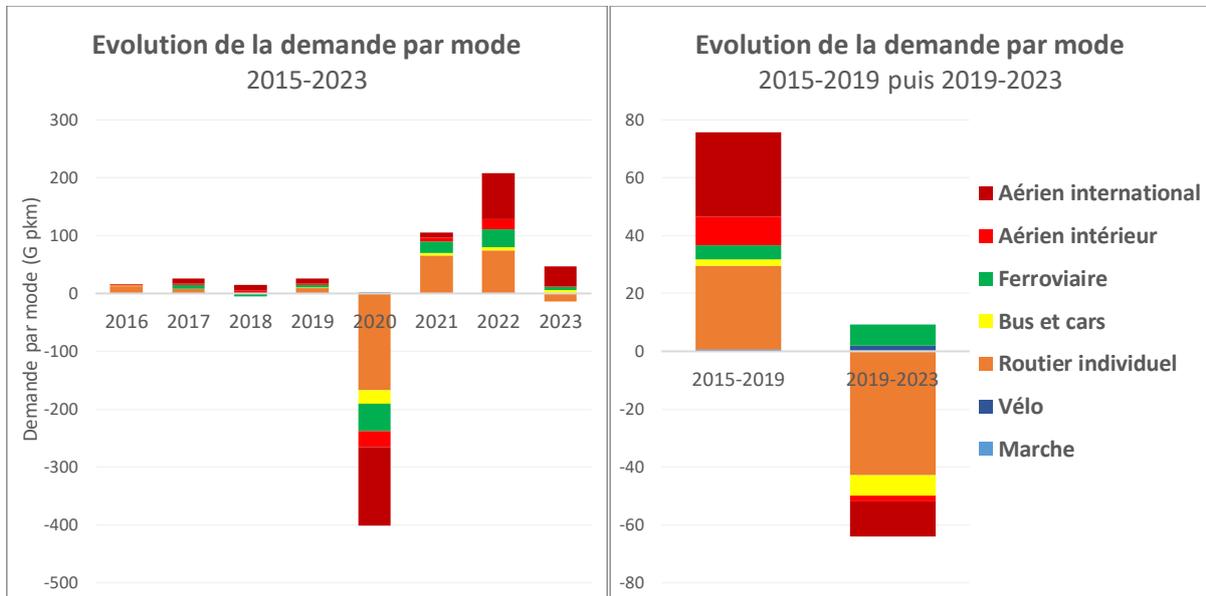


Figure 6 : Evolution de la demande de transport par mode de transport en France entre 2015 et 2023, en milliards de kilomètres parcourus (G pkm)

### 3. Remplissage des véhicules

Les évolutions les plus notables sur l'évolution du remplissage des véhicules sont les suivantes :

- Pour le **transport aérien** total (y compris international), le remplissage moyen a été multiplié par 5,8 entre 1960 et 2023, en passant de 27 à 155 passagers par avion (pondération par les kilomètres parcourus et non par le nombre de vols). C'est essentiellement l'augmentation de la taille et de la capacité d'emport des avions qui explique cette hausse. Celle-ci a seulement été interrompue par une stabilité autour de 100 passagers par avion entre la fin des années 80 et le début des années 2000, puis par une chute du nombre moyen de passagers en 2020, en raison des restrictions des voyages (-29 % de remplissage).
- Le **transport ferroviaire** a aussi vu une hausse significative de son remplissage, limitée cette fois à +37 %, de 157 à 215 passagers par train en moyenne. L'impact du Covid a aussi été fort avec une baisse du remplissage moyen de -32 % sur l'année 2020.
- Pour les **voitures**, le remplissage moyen a au contraire baissé au cours du temps, en raison notamment de la hausse de la (multi-)motorisation des ménages, de la baisse du nombre moyen de personnes par ménage, et de la réduction du coût relatif de la voiture. Cette baisse a laissé place à une stagnation ces dernières années à 1,60 passagers par voiture en moyenne, d'après les dernières enquêtes de mobilité de 2008 et 2019, sans outil pour faire un suivi précis de la tendance depuis cette dernière enquête.

#### 4. Consommation d'énergie des véhicules

En raison des **gains d'efficacité énergétique** des moteurs thermiques, les consommations d'énergie des véhicules ont généralement baissé pour les différents modes de transport. La baisse est par exemple estimée à -44 % pour les voitures sur la période 1960-2023, ce qui en fait le principal facteur agissant à la baisse sur les émissions sur longue période. Mais ces dernières années, les baisses ont été largement insuffisantes au regard des objectifs climatiques, ce qui **explique la majorité du retard** sur les évolutions prévues par la SNBC depuis 2015.

Une raison majeure concerne le retard pris dans la réduction des **consommations des voitures neuves**, dont la baisse devait fortement s'accélérer. Au contraire, entre 2015 et 2019, les consommations et émissions des véhicules neufs ont augmenté. Malgré l'hybridation et l'électrification croissantes des ventes depuis 2020, le retard initial n'a pas été rattrapé. Celui-ci s'explique par des politiques publiques insuffisantes pour contenir la hausse de la taille des véhicules, leur poids, leur puissance, ou encore la hausse de la part des SUVs dans les ventes, des facteurs qui impactent significativement leurs consommations d'énergie (ICCT, 2024).

Dans le même temps, la **chute des ventes de voitures neuves** depuis 2020 (plus de 2 millions de voitures par an entre 2016 et 2019, et 1,65 M en moyenne sur 2020-2023 ; CCFA, 2025), en lien avec des effets conjoncturels (Covid, pénuries de composants, inflation...) et une stratégie des constructeurs basée sur la marge plutôt que les volumes, a ralenti le renouvellement du parc. L'âge moyen du parc de voitures est ainsi passé de 9,7 à 11,2 ans entre début 2015 et début 2024 (SDES, 2024c). Ce sont ainsi à la fois un renouvellement plus faible et moins vertueux que prévu qui ont limité la baisse des consommations moyennes d'énergie du parc de voitures.

Par ailleurs, les gains très significatifs sur le **transport ferroviaire**, en particulier sur le début de la période, s'expliquent par la sortie de la machine à vapeur, très peu efficace, pour passer à la motorisation diesel, ainsi que progressivement à l'électrification du réseau, encore plus efficace d'un point de vue énergétique. Les consommations par passager ont été divisées par 7,2 sur la période, ce qui en fait aujourd'hui le mode motorisé le plus économe en énergie.

Enfin, il existe pour ce levier des **interactions fortes avec le remplissage** des véhicules. Une évolution particulièrement parlante concerne le transport aérien, dont le nombre de passagers par avion a été quasiment multiplié par 6, en passant à des avions plus capacitaires. Dans ce contexte, il n'est que peu pertinent de regarder l'évolution des consommations moyennes par avion (multipliées par 2,2), sans ramener cela au nombre de passagers, ce qui est fait dans la Figure 7, qui combine ainsi les facteurs de remplissage et de consommation d'énergie des véhicules, pour différents modes. Pour le transport aérien, les consommations par passager ont augmenté au début des années 60 en lien avec le passage des avions à hélices aux avions à réaction. Puis elles ont été divisées par 4,7 (soit -79 %) entre 1968 et 2023, rejoignant le niveau de consommation d'énergie d'un passager en voiture, dont les gains d'efficacité (-44 %) ont été pour plus de la moitié compensés par le moindre remplissage des véhicules (-29 %), ramenant les gains par passager à -21 % entre 1960 et 2023.

En combinant ces leviers avec celui du report modal, il apparaît que les consommations moyennes d'énergie par kilomètre parcouru ont assez peu évolué entre 1960 et 2023, avec une baisse de l'ordre de -15 % sur l'ensemble de la période, **tous modes confondus**.

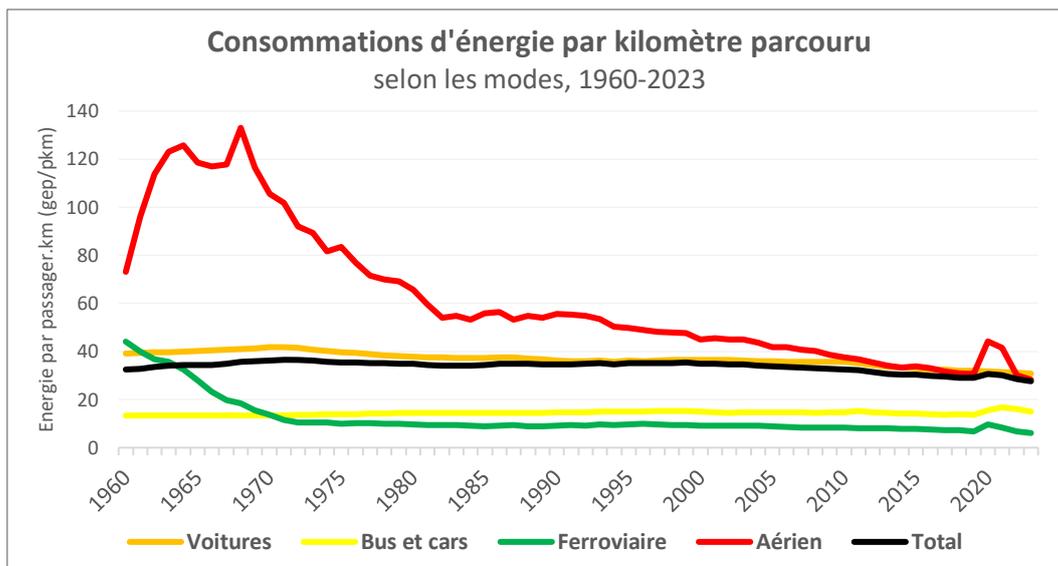


Figure 7 : Consommations d'énergie pour différents modes entre 1960-2023, exprimées en grammes d'équivalent pétrole (gep) par passager.kilomètre transporté

## 5. Intensité carbone de l'énergie

L'intensité carbone de l'énergie a peu évolué sur l'ensemble de la période, en raison de la **prédominance du pétrole** dans les modes de transports routiers et aérien.

Les évolutions les plus fortes ont pris place dans le **transport ferroviaire**. Tout d'abord avec la sortie définitive du charbon au début des années 70. Et plus progressivement par l'électrification du réseau et des circulations, qui a permis de limiter la part du diesel dans les consommations d'énergie au profit de l'électricité. Au total, l'intensité carbone de l'énergie dans le ferroviaire a été réduite de -88 % sur la période 1960-2023.

Pour les modes de **transport routier**, l'évolution la plus significative concerne l'incorporation d'une part croissante de **biocarburants** dans l'essence et le diesel (bioéthanol et biodiesel), en particulier à la fin des années 2000. Cette part représente de l'ordre de 7-8 % des apports énergétiques des carburants routiers ces dernières années. Bien que leur intensité carbone soit considérée comme nulle dans les inventaires et dans cette analyse (hypothèse de neutralité carbone), l'analyse de cycle de vie de leur production et les changements d'affectation des sols qu'ils entraînent, amènent à relativiser leur contribution positive d'un point de vue climatique. Sur la fin de la période, **l'électrification des voitures** participe aussi à la réduction de l'intensité carbone de l'énergie, mais de manière limitée étant donné que la part des véhicules électriques n'était encore que de 2,0 % des distances parcourues par les voitures en 2023 (SDES, 2024c). Enfin, pour l'analyse de comparaison avec la SNBC, réalisée pour l'ensemble des émissions de gaz à effet de serre, une réduction significative des **émissions hors CO<sub>2</sub>** est visible. Ainsi, sur les émissions des transports intérieurs de voyageurs, il y a eu une baisse d'environ -1,63 MtCO<sub>2</sub>e entre 2015 et 2023 en raison en particulier d'une baisse de -1,41 MtCO<sub>2</sub>e des émissions de HFC (hydrofluorocarbures ; -56 %) par la baisse des émissions des systèmes de climatisation et de -0,21 MtCO<sub>2</sub>e pour le N<sub>2</sub>O (protoxyde d'azote ; -22 %) par la réduction de la part du diesel. Ces réductions correspondent à 43 % des -3,8 MtCO<sub>2</sub>e de baisse d'intensité carbone évaluée sur 2015-2023, sans quoi l'objectif de -3,0 MtCO<sub>2</sub>e de la SNBC n'aurait pas été atteint.

## Conclusion et perspectives

L'analyse de l'évolution des émissions depuis 1960 montre l'impact majeur de la **hausse de la demande de transport** historiquement dans l'explication de l'augmentation des émissions du transport de voyageurs en France.

Un **découplage entre émissions de CO<sub>2</sub> et demande** est néanmoins perceptible depuis le début des années 2000, au rythme relativement stable de -1,5 %/an d'émissions par kilomètre parcouru, un chiffre similaire avec ou sans transport aérien international.

Il apparaît cependant que **ce rythme est largement inférieur à ce qui était prévu** dans la Stratégie nationale bas-carbone (SNBC 2), à savoir une baisse de l'ordre de -2,5 %/an en moyenne sur 2015-2023 (environ -1,9 %/an avant 2020 et -3,5 %/an ensuite). Ce retard est dû principalement à la faiblesse des baisses de consommation d'énergie des véhicules, et plus modérément à un report modal insuffisant, en particulier jusqu'à 2019. En effet, la crise sanitaire de 2020 a fait chuter la demande de transport, notamment pour la voiture et le transport aérien, ce qui a permis de compenser une partie du retard accumulé sur d'autres leviers de transition. Cependant, cette **modération de la demande a été principalement subie** en raison de facteurs conjoncturels, plutôt que planifiée, ce qui pointe aussi le risque d'être inversée à l'avenir.

C'est ce que semblent indiquer les premiers chiffres pour l'année 2024, qui montrent que la baisse des émissions du transport de voyageurs dépend encore fortement de l'évolution des facteurs conjoncturels susceptibles d'influencer significativement l'évolution.

Enfin, **l'insuffisance des baisses d'émissions par rapport aux objectifs** pointe la nécessité de politiques publiques renforcées sur la décarbonation des mobilités, d'autant plus alors que la révision en cours de la SNBC prévoit des objectifs plus ambitieux à l'horizon 2030.

## Références

- ADEME, 2020. Caractérisation des effets rebond induits par le télétravail. <https://bibliothèque.ademe.fr/societe-et-politiques-publiques/3776-caracterisation-des-effets-rebond-induits-par-le-teletravail.html>
- Ang, B. W., 2004. Decomposition analysis for policymaking in energy: which is the preferred method? *Energy Policy*, Volume 32, Issue 9, pp. 1131-1139.
- ART, 2025. Marché du transport ferroviaire. <https://www.autorite-transport.fr/observatoire-et-numerique/marche-du-transport-ferroviaire/>
- Bigo, A., 2020. Les transports face au défi de la transition énergétique. Explorations entre passé et avenir, technologie et sobriété, accélération et ralentissement. Thèse, Institut Polytechnique de Paris. <http://www.chair-energy-prosperity.org/publications/travail-de-these-decarboner-transport-dici-2050/>
- Bousquet, A., Bigo, A., Lapillonne, B., Sudries, L., 2022. Transports emissions trends in the EU. Which factors? What are their impacts on a 30-year period. *Enerdata*. <https://www.enerdata.net/publications/executive-briefing/transport-co2-emissions-trends.html>
- Caldarola, B., Sorrell, S., 2022. Do teleworkers travel less? Evidence from the English National Travel Survey. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Volume 159. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2022.03.026>
- CCFA, 2025. Dossiers de presse. <https://ccfa.fr/category/dossiers-de-presse/>
- Citepa, 2024. Secten - Le rapport de référence sur les émissions de gaz à effet de serre et de polluants atmosphériques en France. <https://www.citepa.org/donnees-air-climat/donnees-gaz-a-effet-de-serre/secten/>
- Citepa, 2025. Baromètre des émissions. <https://www.citepa.org/donnees-air-climat/donnees-gaz-a-effet-de-serre/barometre-des-emissions-mensuelles/>
- DGAC, 2025. Statistiques du trafic aérien. <https://www.ecologie.gouv.fr/politiques-publiques/statistiques-du-traffic-aerien>
- Évariste, T., Frétiigny, J.-B., Huré, M., Pfirsch, T., 2025. Les paradoxes écologiques des mobilités post-Covid : le bilan de notre dossier. *Forum Vies Mobiles, Métropolitiques*. <https://forumviesmobiles.org/recherches/16246/les-paradoxes-ecologiques-des-mobilites-post-covid-le-bilan-de-notre-dossier>
- HCC, 2024. Rapport annuel 2024 - Tenir le cap de la décarbonation, protéger la population. Haut Conseil pour le Climat. <https://www.hautconseilclimat.fr/publications/rapport-annuel-2024-tenir-le-cap-de-la-decarbonation-protéger-la-population/>
- Hook, A., Court, V., Sovacool, B. K., Sorrell, S., 2020. A systematic review of the energy and climate impacts of teleworking. *Environmental Research Letters*, Volume 15, Number 9. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ab8a84>
- Hostettler Macias, L., Ravalet, E., Rérat, P., 2025. How does telework impact daily and residential mobilities: New geographies of working and living in Switzerland. *Applied Geography*, Volume 178. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2025.103591>
- ICCT, 2024. EU vehicle market statistical pocketbook. <https://theicct.org/series/eu-vehicle-market-statistical-pocketbook/>
- IMT, 2024. Baisse des consommations de carburants du transport routier français en 2023 : amorce d'une inversion de tendance durable ou effets conjoncturels ? Institut Mobilités en

Transition, Iddri, Louis-Pierre Geffray. <https://institut-mobilites-en-transition.org/publications/baisse-des-consommations-de-carburants-du-transport-routier-francais-en-2023-amorce-dune-inversion-de-tendance-durable-ou-effets-conjoncturels/>

Le Goff, A., Nicolas J.-P., Verry, D., 2025. Émissions de gaz à effet de serre et mobilités des Français, 25 ans d'évolutions à travers les trois dernières enquêtes nationales transport. Rapport LAET-CEREMA subventionné par l'Ademe. A paraître sur : <https://librairie.ademe.fr/mobilite-et-transport/8226-emissions-de-gaz-a-effet-de-serre-et-mobilite-des-francais.html>

MTES, 2018. Information GES des prestations de transport. Guide méthodologique. <https://www.ecologie.gouv.fr/politiques-publiques/information-ges-prestations-transport>

MTES, 2020. Stratégie nationale bas-carbone. La transition écologique et solidaire vers la neutralité carbone. Mars 2020. 192 p. <https://www.ecologie.gouv.fr/politiques-publiques/strategie-nationale-bas-carbone-snbc>

SDES, 2021. Résultats détaillés de l'enquête mobilité des personnes de 2019. <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/resultats-detailles-de-lenquete-mobilite-des-personnes-de-2019>

SDES, 2024a. Bilan annuel des transports en 2023. <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/bilan-annuel-des-transport-en-2023>

SDES, 2024b. Les facteurs d'évolution de la consommation d'énergie des transports de 1990 à 2022. <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/les-facteurs-devolution-de-la-consommation-denergie-des-transport-de-1990-2022-0>

SDES, 2024c. Données sur le parc automobile français au 1er janvier 2024. <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/donnees-sur-le-parc-automobile-francais-au-1er-janvier-2024>

SGPE, 2024a. Trajectoire annualisée du plan de décarbonation 2030. Mai 2024. <https://www.info.gouv.fr/grand-dossier/france-nation-verte/>

SGPE, 2024b. Mieux se déplacer avec la planification écologique. Transport : synthèse de la mise en œuvre du plan. 24 mars 2024. <https://www.info.gouv.fr/grand-dossier/france-nation-verte/mieux-se-deplacer>

Tsemekidi Tzeiranaki, S., Economidou, M., Bertoldi, P., Thiel, C., Fontaras, G., Clementi, E. L., Franco De Los Rios, C., 2023. "The impact of energy efficiency and decarbonisation policies on the European road transport sector", Transportation Research Part A: Policy and Practice, Volume 170. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2023.103623>

Ufip-EM, 2025. Conférence de presse annuelle 2025 - Ufip Énergies et Mobilités. <https://www.energiesetmobilites.fr/presse/communiques/conference-de-presse-annuelle-2025-ufip-energies-et-mobilites>

Vélo & Territoires, 2025. Bulletins fréquentations vélo en France. <https://www.velo-territoires.org/observatoires/plateforme-nationale-de-frequentation/>

Xu, X.Y., Ang, B.W., 2013. Index decomposition analysis applied to CO<sub>2</sub> emission studies. Ecological Economics, Vol 93, pp. 313-329. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2013.06.007>

**La publication de cet article est prévue dans le n° 678 de La Revue de l'Énergie, de mai-juin 2025. <https://www.larevuedelenergie.com/>**