



Contribution des véhicules thermiques à la décarbonation du transport routier en France

Reconstruction des évolutions passées - extrapolation des potentiels et avis sur les cibles de réduction atteignables à 2030

Louis Pierre Geffray, Jean-Philippe Hermine (IMT)

Ce *Policy Brief* a pour objectif de préciser les gains potentiels envisageables de réduction d'émissions de gaz à effet de serre au cours de la prochaine décennie du fait de l'évolution du parc de véhicules thermiques roulant en France. L'analyse se base sur une reconstruction de l'historique des consommations des véhicules neufs puis du parc entre 2012 et 2022. Puis le modèle établi est utilisé de manière prospective, en intégrant les évolutions technologiques connues à date et les hypothèses étayées de renouvellement attendu du parc. L'analyse permet de mieux appréhender l'évolution des consommations moyennes des véhicules à 10 ans et des émissions correspondantes. L'étude se concentre sur les véhicules particuliers thermiques (intégrant les variantes de véhicules hybrides), avec une attention particulière sur l'évolution du parc essence (le parc diesel étant amené à se contracter très fortement) ainsi que sur les poids lourds.

MESSAGES CLÉS

La consommation unitaire moyenne des véhicules essence dans le parc français a baissé de -1,07 %/an en tendance entre 2014 et 2021. Nos simulations amènent à considérer une baisse similaire entre 2021 et 2030 (motorisations hybrides incluses). Ces chiffres sont établis dans l'hypothèse structurante d'un déclenchement du malus écologique renforcé de 5 g/an comme cela a été le cas au cours des 3 dernières années. Cette trajectoire (-11,5 % entre 2019 et 2030) est à mettre en perspective d'un objectif cible fixé par le SGPE de -34 % d'émissions pour l'ensemble des véhicules particuliers français sur la même période.

Un retour tendanciel à 19 % de SUV dans les ventes (contre plus de 40 % sur les 3 dernières années) permettrait d'obtenir des résultats supérieurs aux gains passés (hors mesures de sobriété ; baisse de la vitesse sur autoroute). Ce scénario aboutirait à une réduction de 3 MtCO₂e d'ici 2030 par rapport à 2019, conforme à la cible fixée par le SGPE¹.

Pour les poids lourds, les gains d'efficacité importants sur les véhicules neufs permettront d'atteindre une baisse nettement supérieure à l'historique avec une réduction de 11,9 % de la consommation moyenne du parc entre 2019 et 2030. Ce résultat est néanmoins insuffisant par rapport à l'objectif fixé par le SGPE (17 %).

Les résultats mettent en lumière une asymétrie dans l'atteinte des cibles de réduction d'émissions des parcs entre les véhicules légers et lourds. Pour respecter le budget carbone cible du transport en 2030, il conviendrait d'effectuer un report d'une partie de la baisse d'émissions provisionnée sur les flottes poids lourds vers les véhicules légers. L'analyse démontre en ce sens qu'une contribution renforcée des véhicules légers est possible et atteignable. Elle nécessiterait non pas le prolongement des politiques passées, mais un renforcement de leur ambition.

¹ « La planification écologique dans les transports », 31 mai 2023, en ligne : <https://www.gouvernement.fr/france-nation-verte/publications>

MÉTHODOLOGIE

L'Institut Mobilités en Transition a réalisé pour ce *Policy Brief* un travail de simulation qui s'est appuyé sur des données fournies par son partenaire technique C-Ways. Pour les véhicules particuliers, le choix a été fait de se concentrer plus particulièrement sur les effets liés aux motorisations essence et hybride-essence, puisque les nouvelles immatriculations de véhicules particuliers vont être portées à plus de 90 % d'ici 2035 par ces motorisations. L'apport de nouveaux véhicules diesel a été considéré comme négligeable avec seulement 460 000 véhicules entrant dans le parc d'ici 2035 (sur un parc roulant de 20,1 millions d'unités en 2023). L'analyse intègre toutefois les impacts induits, en termes d'émissions de gaz à effet de serre, par la substitution d'une partie des véhicules diesel mis au rebut par des véhicules essence neufs.

Ce *Policy Brief*, par sa méthode, vise à décorrélérer le plus finement possible les effets liés : (1) aux purs progrès d'efficacité des moteurs, (2) à la pénétration des hybrides & hybrides rechargeables, (3) à la part des ventes de SUV, (4) à l'évolution du mix segmentation des ventes (tailles des véhicules), (5) au rythme de renouvellement du parc, et (6) à l'évolution de la taille des parcs dans un contexte d'électrification. Cette segmentation des leviers et impacts est de nature à mieux comprendre l'intérêt et l'efficacité des différentes mesures de politiques publiques en fonction de leur cible et mode d'action.

VÉHICULES PARTICULIERS NEUFS ESSENCE

Le travail de reconstruction des consommations unitaires des véhicules particuliers essence s'est appuyé sur les données de ventes des véhicules neufs par énergie (incluant les hybrides) et sur les niveaux d'émission de CO₂ selon la segmentation classiquement opérée par taille de véhicules (du segment A correspondant aux petits véhicules au segment E des véhicules les plus gros, en tenant compte par ailleurs d'une décomposition au sein de chacune de ces catégories selon la carrosserie du véhicule : SUV ou non). Il en résulte les Tableaux 1 et 2.

L'analyse des données met évidence **une forte corrélation ces dernières années entre le développement de la motorisation hybride rechargeable et les véhicules de segment supérieur**. Ainsi en 2022, l'hybride rechargeable est quasi absente des immatriculations de segments B et inférieur (0,8 % des ventes de ce segment y compris B-SUV), mais représente 14,1 % des immatriculations du segment C, 20,4 % du segment D et même 46,3 % des ventes du segment E et supérieur.

De manière encore plus notable, **l'hybride rechargeable est très fortement corrélée aux carrosseries SUV**. Alors que 9,6 % des voitures de segment D non SUV immatriculées en 2022 étaient équipées de cette motorisation, l'hybride rechargeable représente 31,6 % des immatriculations de ce segment pour les variantes SUV ; c'est encore plus marqué dans les segments E et supérieurs avec 76 % des SUV immatriculés en 2022.

Si la motorisation hybride rechargeable peut présenter des bénéfices en termes de réduction des émissions de gaz à effet de serre sous condition d'un usage optimal, il est clair que cette motorisation a permis, avant tout, la vente de véhicules de très grande taille et lourd permettant de se soustraire largement à la fiscalité liée au CO₂ à l'échappement et répondant très favorablement au règlement CO₂ européen auquel sont soumis les constructeurs.

L'analyse des émissions de CO₂ par énergie et par segment, que nous comparons avec l'historique fourni par l'ADEME, permet d'estimer à 1,5 % par an le progrès pur lié aux gains d'efficacité moteur (décorrélé de la segmentation des véhicules) pour les motorisations essence en moyenne et s'agissant des émissions homologuées entre 2012 et 2019.

On note également que la taille des véhicules vendus est un puissant levier de dérive ou de réduction des émissions. Ainsi, un véhicule de segment C-SUV essence présente des émissions homologuées 18 % supérieures à un véhicule essence de segment B et inférieur. Un véhicule de segment E essence émet 45 % de CO₂ en plus qu'un segment C de même motorisation (sur la base des valeurs homologuées constructeurs et des immatriculations effectives en 2022).

PARC DE VÉHICULES PARTICULIERS ESSENCE

À partir de la connaissance des émissions des véhicules neufs essence, hybrides et hybrides rechargeables, une seconde étape de l'analyse consiste à reconstruire l'influence de ces véhicules nouvellement immatriculés sur la consommation moyenne du parc observé en France.

Pour estimer ces impacts, il est alors nécessaire d'établir le lien entre les consommations réelles et les données homologuées (NEDC et WLTP) dont il est connu que les conditions de mesures normalisées tendent à minimiser les consommations communiquées. Dans un premier temps, les auteurs de ce *Brief* décident de corriger les émissions homologuées selon le protocole NEDC de janvier 2012 à mars 2020 pour les exprimer selon le protocole WLTP plus proche de la réalité des usages. Sur la base des écarts connus pour certains modèles de véhicules entre ces deux référentiels, une correction de +19 % est appliquée. Puis les données ainsi corrigées sont comparées avec les consommations réelles du parc, pour établir un facteur de conversion qui varie de 19 % à 22 % selon les années (une moyenne de +21 % est retenue pour les projections du modèle). Sur l'historique analysé, il en résulte un écart total entre le cycle NEDC et les consommations réelles supérieur à 40 % ; chiffre conforté par les travaux et tests de référence réalisés sur ce sujet par l'ICCT¹.

1 ICCT, On the way to "real-world" CO₂ values: the European passenger car market in its first year after introducing the WLTP, en ligne : https://theicct.org/sites/default/files/publications/on-the-way-to-real-world-wltp_may2020.pdf

TABEAU 1. Part de marché des véhicules particuliers neufs par énergie et par segment en France

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
B et inférieur	44,4%	43,7%	42,9%	42,1%	41,3%	40,6%	39,7%	38,2%	39,3%	37,5%	33,9%
dont Essence	42,0%	48,2%	54,4%	60,7%	66,9%	73,1%	79,3%	81,4%	68,3%	59,8%	56,0%
dont VH	1,3%	1,6%	1,8%	2,1%	2,4%	2,6%	2,9%	3,0%	7,3%	14,0%	15,1%
dont VHR	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
B SUV	5,2%	6,7%	8,2%	9,7%	11,3%	12,8%	14,3%	16,6%	18,6%	18,7%	19,3%
dont Essence	26,0%	33,6%	41,2%	48,8%	56,4%	64,0%	71,6%	72,7%	59,7%	50,0%	46,8%
dont VH	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,7%	8,5%	19,3%	31,0%
dont VHR	0,0%	0,1%	0,1%	0,2%	0,3%	0,4%	0,4%	0,5%	2,6%	3,9%	2,3%
C	28,2%	26,8%	25,3%	23,9%	22,5%	21,1%	19,7%	17,1%	16,0%	14,4%	16,1%
dont Essence	12,0%	16,7%	21,4%	26,1%	30,7%	35,4%	40,1%	42,2%	30,1%	30,6%	32,0%
dont VH	1,8%	2,2%	2,6%	2,9%	3,3%	3,7%	4,1%	5,0%	10,1%	13,1%	11,0%
dont VHR	0,0%	0,1%	0,2%	0,3%	0,4%	0,5%	0,6%	0,6%	3,6%	7,9%	7,7%
C SUV	4,0%	6,2%	8,4%	10,5%	12,7%	14,9%	17,1%	18,0%	17,3%	19,8%	21,3%
dont Essence	12,0%	14,6%	17,2%	19,9%	22,5%	25,1%	27,7%	32,9%	21,3%	18,7%	18,1%
dont VH	0,5%	1,8%	3,2%	4,5%	5,8%	7,2%	8,5%	10,3%	17,4%	25,6%	33,6%
dont VHR	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,3%	9,2%	20,4%	18,9%
D	10,8%	9,7%	8,7%	7,6%	6,5%	5,5%	4,4%	4,9%	4,4%	4,9%	3,9%
dont Essence	11,0%	11,8%	12,6%	13,5%	14,3%	15,1%	15,9%	20,5%	12,5%	12,1%	12,5%
dont VH	0,3%	0,9%	1,6%	2,2%	2,9%	3,5%	4,1%	6,1%	11,1%	14,8%	20,0%
dont VHR	0,0%	0,2%	0,3%	0,5%	0,7%	0,9%	1,0%	1,4%	8,9%	10,0%	9,6%
D SUV	5,9%	5,4%	4,8%	4,3%	3,8%	3,3%	2,7%	2,7%	2,4%	2,7%	3,8%
dont Essence	8,0%	9,3%	10,5%	11,8%	13,1%	14,4%	15,6%	12,5%	6,7%	4,0%	4,9%
dont VH	0,2%	0,9%	1,5%	2,2%	2,8%	3,5%	4,2%	8,5%	14,5%	24,3%	16,6%
dont VHR	0,0%	0,6%	1,3%	1,9%	2,5%	3,1%	3,8%	8,6%	31,9%	39,8%	31,6%
E ou supérieur	1,2%	1,2%	1,3%	1,3%	1,4%	1,4%	1,5%	1,6%	1,1%	1,0%	1,0%
dont Essence	8,0%	9,7%	11,5%	13,2%	14,9%	16,7%	18,4%	21,3%	14,9%	19,1%	22,8%
dont VH	0,1%	0,2%	0,3%	0,4%	0,6%	0,7%	0,8%	11,7%	15,8%	19,5%	21,9%
dont VHR	0,0%	0,8%	1,6%	2,3%	3,1%	3,9%	4,7%	4,8%	9,3%	17,4%	22,5%
E ou supérieur SUV	0,3%	0,3%	0,4%	0,4%	0,5%	0,5%	0,5%	0,8%	0,8%	1,0%	0,8%
dont Essence	7,0%	7,4%	7,8%	8,1%	8,5%	8,9%	9,3%	8,4%	4,5%	2,3%	3,2%
dont VH	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	15,2%	8,6%	8,5%	8,5%
dont VHR	0,0%	3,8%	7,6%	11,4%	15,2%	19,0%	22,8%	26,1%	58,5%	81,7%	76,6%

Note : Les données de 2018 à 2022 sont directement issues des immatriculations de véhicules neufs en France via le système d'immatriculation des véhicules, SIV. Les données de ventes par segment pour l'année 2012 sont issues de la littérature, les mix énergie par segment de 2012 sont reconstitués à partir des données par énergie et type de carrosserie de l'ADEME. En l'absence de données brutes pour la période allant de 2013 à 2017, les valeurs sont estimées par l'IMT en tenant compte des évolutions tendanciennes.

TABEAU 2. Émission de CO₂ en g/km des véhicules particuliers neufs par segment et énergie en France

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
B et inférieur	120,79						110,20	108,6	120,5	118,8	118,0
dont Essence	121,55						111,01	109,3	122,1	122,3	122,7
dont VH	96,32						87,97	86,7	105,5	103,9	100,7
dont VHR	30,00						30,00	30,0	30,0	30,0	30,0
B SUV	132,94						119,19	117,1	129,6	127,9	124,2
dont Essence	132,94						119,60	117,8	134,7	136,4	133,4
dont VH	108,95						98,01	96,5	121,1	124,6	116,7
dont VHR	50,86						50,86	50,9	37,6	36,9	38,0
C	131,38						118,37	116,3	122,7	115,2	115,8
dont Essence	136,53						122,82	121,0	137,3	137,4	136,7
dont VH	97,06						87,32	86,0	111,8	116,7	117,8
dont VHR	35,44						35,44	35,4	32,5	27,3	25,8
C SUV	145,92						124,74	122,4	118,1	105,5	106,9
dont Essence	147,33						132,54	130,6	146,8	147,2	144,5
dont VH	111,89						100,66	99,1	126,9	130,4	127,5
dont VHR	29,87						29,87	29,9	35,1	36,2	34,3
D	158,66						133,33	130,9	115,6	115,8	119,9
dont Essence	159,38						143,38	141,2	157,5	153,1	154,7
dont VH	132,26						118,99	117,2	134,2	140,4	141,6
dont VHR	36,44						36,44	36,4	33,6	34,2	29,9
D SUV	191,34						146,69	124,5	101,0	98,6	89,8
dont Essence	192,18						172,89	170,3	192,3	180,5	158,6
dont VH	157,85						142,00	139,9	165,9	165,3	160,3
dont VHR	42,96						42,96	43,0	52,3	49,6	42,1
E ou supérieur	208,20						158,96	152,6	156,3	137,4	130,8
dont Essence	208,87						187,90	185,1	222,9	209,3	198,9
dont VH	154,58						139,07	137,0	158,3	153,2	151,0
dont VHR	47,71						47,71	47,7	47,1	40,9	41,9
E ou supérieur SUV	273,24						115,40	124,5	92,6	73,1	65,8
dont Essence	273,24						245,80	242,1	288,2	328,2	318,3
dont VH	188,30						169,40	166,9	205,1	188,8	186,9
dont VHR	62,24						62,24	62,2	61,2	53,9	41,7
Émission essence	128,11	122,7	119,9	117,0	116,8	117,0	117,46	116,21	129,69	130,53	130,49
Émission VH	98,62	98,2	97,8	97,4	97,0	96,5	96,12	100,03	120,38	122,04	119,29
Émission VHR	34,38	36,3	38,2	40,2	42,1	44,0	45,97	46,69	41,09	38,42	34,87
Essence mix essence (y.c. hybride)	126,8	121,3	118,2	115,1	115,1	114,8	115,5	114,1	121,8	116,6	115,5

Note : De 2012 à 2019, les valeurs sont affichées selon le protocole NEDC^a. À partir de 2021, les valeurs sont systématiquement exprimées selon le protocole WLTP^b. L'année 2020 constitue une année pivot et comporte pour un tiers des données NEDC et pour deux tiers des données WLTP. Les données d'émissions par segment en 2012 sont reconstruites à partir des valeurs homologuées par énergies fournies par l'ADEME. La reconstruction des émissions entre 2013 et 2017 n'a pas pu être établie par segment mais uniquement par énergie. Ces éléments ne sont pas de nature à remettre en cause l'analyse puisque les années de 2018 et 2022 permettent de statuer sur les effets dissociés des segments et du taux de vente de SUV.

a) NEDC, *New European Driving Cycle*, est un cycle d'homologation des véhicules apparu dans les années 1970 et qui a connu de nombreuses évolutions jusqu'en 2018. Il permet principalement de comparer les véhicules sur la base de leur consommation en carburant.

b) WLTP, *Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedures*, est une norme d'essai d'homologation des véhicules. Elle permet notamment de mesurer les émissions de CO₂ à l'échappement. Elle est généralisée en Europe au début des années 2020 à l'ensemble des véhicules légers immatriculés et remplace le standard NEDC précédemment utilisé.

Par ailleurs, les auteurs considèrent l'hypothèse conservatrice pour l'étude selon laquelle la consommation en usage réel des véhicules hybrides rechargeables est 30 % inférieure à leur équivalent essence du fait du recours au mode 100 % électrique. Sur ce point, les données du SDES font état d'un écart de 38 % à l'échelle du parc en 2021 entre ces deux motorisations.

L'objet de l'étude étant d'observer l'impact du renouvellement du parc de véhicules thermiques à venir, les véhicules sortant du parc se voient affecter par hypothèse la consommation réelle représentative des immatriculations des véhicules neufs précédant de 19 années leur date de sortie du parc. Cette durée de vie est elle-même choisie à partir des données connues concernant l'âge moyen des véhicules hors d'usage traités en France².

Enfin, le nombre de véhicules sortant du parc correspond au nombre de véhicules neufs y entrant, auxquels s'ajoutent les variations de taille des parcs par énergie. La simulation tient ainsi compte d'une tendance constatée de substitution d'anciens véhicules diesel par des nouveaux véhicules essence.

La prise en compte de l'ensemble de ces hypothèses aboutit à une reconstruction de l'évolution de la consommation du parc de véhicules essence (y compris hybrides) qui présente des résultats proches de l'historique connu. Les deux dernières lignes du Tableau 3 comparent les résultats de la simulation réalisée par l'IMT à la moyenne du parc essence établie par le SDES entre 2014 et 2021. La corrélation relativement bonne conforte la méthodologie retenue.

TENDANCES À 10 ANS

L'outil de modélisation établi permet de tester différents scénarios d'évolution pour la décennie à venir. Les auteurs choisissent de considérer un scénario tendanciel dans lequel le marché français est stable à 1,8 million de véhicules en 2030 et pour lequel le taux de vente de véhicules électriques à cet horizon est de 58 %. Ces deux hypothèses structurantes que nous définissons comme invariantes **sont choisies en tant que valeurs conservatrices en lien avec l'objet de l'étude qui vise à connaître la contribution des véhicules thermiques à la décarbonation**. En ce sens, tout autre scénario contribuant à accélérer la proportion de véhicules électriques dans les ventes (SGPE à 66 % en 2030) ou à accélérer le rythme de renouvellement du parc (Plateforme de la filière automobile [PFA] à 2 millions de VP neufs en 2030) ne feront que renforcer l'atteinte des objectifs globaux de décarbonation, par une croissance accrue des véhicules électriques et/ou par un renouvellement renforcé de véhicules thermiques moins émetteurs. Les hypothèses choisies constituent par ailleurs des éléments largement travaillés et des trajectoires atteignables compte tenu du champ réglementaire et fiscal existant. Les tenants et aboutissants importants vis-à-vis de l'objet de l'étude sont rappelés ci-après.

TABEAU 3. Reconstruction IMT de la consommation du parc de véhicules particuliers essences et hybrides

Consommation réelle des VP du parc en l/100km	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Reconstruction - VN essences (y.c. hybrides)	6,87	6,76	6,70	6,86	6,90	6,65	6,21	6,02
Reconstruction - VN essences	6,96	6,85	6,78	6,97	7,01	6,75	6,43	6,32
Reconstruction - VN hybrides	5,68	5,70	5,63	5,75	5,74	5,81	5,97	5,91
Reconstruction - VN hybrides rechargeables	4,84	4,76	4,71	4,84	4,88	4,69	4,47	4,83
Reconstruction IDDRI parc essence FR	7,32	7,25	7,13	7,05	6,98	6,90	6,84	6,75
Consommation SDES parc essence FR	7,32	7,30	7,13	7,15	7,00	6,90	6,83	6,77

Note : les données de suivi des kilométrages du parc font usuellement apparaître que durant les 3 premières années suivant son immatriculation un véhicule particulier en France effectue en moyenne plus de 15 000 km/an. Cette valeur chute ensuite tendanciellement pour atteindre 7 250 km/an lors de sa 19^e année (correspondant en moyenne à sa fin de vie). Ce taux d'usage différencié des véhicules selon l'âge est une variable influant la consommation moyenne du parc observée chaque année. Ce phénomène est intégré dans la simulation réalisée, puisque l'historique de la consommation du parc (données du SDES – servant d'étalonnage) est calculé sur la base du parc roulant et de la distribution réelle en carburant année après année (via les données du CPDP). Par la suite, il est donc considéré que les données simulées tiennent compte d'une pondération forfaitaire existante liée aux disparités de kilométrages fonction de l'âge des véhicules dans le parc. Toutefois, par la méthodologie retenue, cet élément est constant dans la simulation et n'est pas de nature à faire varier les résultats de manière différenciée au cours du temps

² Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires, sur base ADEME, en ligne : <https://www.ecologie.gouv.fr/vehicules-hors-dusage-vhu>

- Les auteurs partagent avec la PFA l'importance du cadre réglementaire CAFE (standards CO₂ européens qui fixent des objectifs à atteindre pour la moyenne des ventes de chaque constructeur, renforcés par paliers tous les 5 ans) dans l'orientation des plans produits et plans des ventes des constructeurs qui établissent ainsi relativement correctement le taux de ventes de véhicules électriques strictement nécessaires année après année. Sur la base des observations passées, les auteurs considèrent que les constructeurs historiques n'excéderont pas les obligations qui leur incombent en termes de respect des objectifs CO₂/km et de vente de véhicules électriques qu'ils impliquent.
- L'analyse considère par ailleurs une continuité dans la politique fiscale de l'État français, notamment s'agissant du malus CO₂ avec un renforcement du seuil de déclenchement de 5 g/an. Cette dynamique fiscale conduirait pour des véhicules de segments B essence et hybrides dont les émissions respectives sont de 121 g/km et 99 g/km WLTP à un différentiel de coût à l'achat réduit de 2 090 € en 2030 par l'effet du malus. Au regard de ce surcoût, et de la différence de coût à l'usage (lié à la consommation du véhicule comme à d'autres éléments de fiscalité encourageant les véhicules peu émetteurs ; taxe sur les véhicules de société), les auteurs estiment que la poursuite de la dynamique de renforcement du malus CO₂ conduit à envisager que seule une offre de véhicules essence full-hybrides et hybrides rechargeables est maintenue à la vente sur le marché français en 2030 (disparition de l'offre essence non hybride et essence micro-hybride 48 V).

Il résulte de l'ensemble de ces éléments le mix motorisation des ventes de véhicules particuliers neufs en France présenté dans le Tableau 4.

L'arrêt des investissements dans les motorisations thermiques des véhicules automobiles particuliers conforte largement l'hypothèse également plutôt conservatrice d'une absence de gain d'efficacité sur les moteurs thermiques à partir de 2022.

Au final, la consommation des véhicules neufs varie selon deux variables uniquement : la proportion de ventes de SUV (mix SUV) et la proportion de ventes de voitures plus ou moins

grandes (mix segment). Nous définissons trois possibilités quant à l'évolution de chacune de ces variables. S'agissant des SUV, un retour en arrière de 10 ans quant à la pénétration de ce type de carrosserie dans les ventes est envisagé par les auteurs. Cette hypothèse qui se traduirait par un retour des ventes de SUV à 19 % en 2032 est jugée comme une éventualité possible au titre qu'elle représente la dynamique exactement inverse à l'évolution observée sur la dernière décennie (entre 2012 et 2022).

TABLEAU 5. Hypothèses d'évolution du mix segment des ventes d'ici 2032

Mix segment en 2032	Part des ventes segment A et B correspondante	Année de référence
Tendanciel	53 %	2022
Segment A+B médian	57 %	2020
Segment A+B fort	64 %	/

TABLEAU 6. Hypothèses d'évolution du mix SUV des ventes d'ici 2032

Mix SUV en 2032	Part des ventes de SUV correspondante	Année de référence
Tendanciel	45 %	2022
SUV-	32 %	2017
SUV--	19 %	2013

Il résulte deux scénarios extrêmes présentés dans le tableau suivant :

TABLEAU 7. Hypothèses retenues pour les mix SUV et mix segment dans les 2 scénarios analysés

Scénarios	Mix segment	Mix SUV
1 - Tendanciel	Tendanciel	Tendanciel
2 - Décarbonation renforcée	Segment A&B fort	SUV --

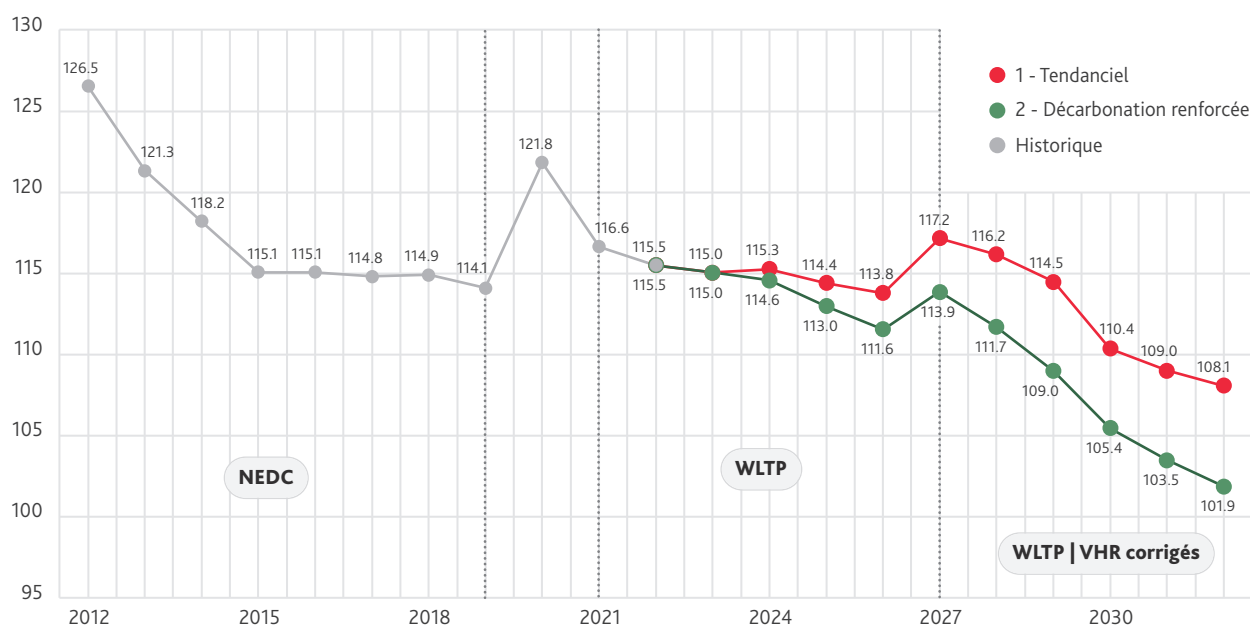
TABLEAU 4. Mix motorisation des ventes de véhicules particuliers neufs | scénario tendanciel

	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Ventes annuelles VP (en millions d'unités)	1,7	1,75	1,85	1,9	1,9	1,85	1,8	1,8
Mix de vente Somme des essences	69,6 %	70,3 %	66,5 %	61,3 %	56,1 %	50,9 %	45,7 %	40,5 %
Dont Essences	36,9 %	36,2 %	30,8 %	24,9 %	18,0 %	11,9 %	5,7 %	0,0 %
Dont Hybrides	24,3 %	25,8 %	27,4 %	28,6 %	30,8 %	32,3 %	33,8 %	34,8 %
Dont Hybrides rechargeables	8,4 %	8,4 %	8,3 %	7,8 %	7,3 %	6,7 %	6,2 %	5,7 %

FIGURE 1. Évolution des émissions homologuées des véhicules particuliers essences (y. c. hybrides)

 Émissions de CO₂ à l'échappement (gCO₂/km)

Historique et simulation IDDRI



Note : VHR = véhicules hybrides rechargeables

La Figure 1 présente les résultats obtenus pour les émissions homologuées des véhicules neufs dans les deux scénarios retenus.

Explication. L'historique des consommations montre une forte baisse entre 2012 et 2015 par les seuls gains d'efficacité liés au renouvellement de certains moteurs thermiques (1,2 L PureTech chez PSA & Moteur TCe et boîte de vitesse EDC chez Renault) alors que les motorisations hybrides restent insignifiantes dans les ventes. Les années 2015 à 2019 voient une augmentation significative des ventes de véhicules essence à la suite du Dieselgate³ (de 38 % de part de marché à 58 %). Cette augmentation est portée principalement par un développement significatif sur le segment C. Cet élargissement sur un segment supérieur, couplé à la croissance des SUV, engendre une stagnation des émissions (neutralisation des gains d'efficacité qui ont lieu parallèlement au cours de cette période). L'année 2020 est une année de transition, tant sur le mode de calcul, avec le passage de la norme NEDC à la norme WLTP, que sur le décollage des ventes d'hybrides qui passent de 5,7 % en 2019 à près de 15 % en 2020. Cet effet croisé se traduit par une augmentation apparente des émissions de 6,8 % en 2020. Un chiffre certes élevé, mais en grande partie dû au changement de norme réalisé sans changement réel de performance des véhicules (pour les besoins de la représentation, nous maintenons

la comparaison dans la Figure 1, mais en précisant la nature du cycle d'homologation utilisé).

S'agissant des **tendances futures**, à partir de 2027, l'évolution des protocoles de tests des véhicules hybrides rechargeables va se traduire par le doublement des émissions homologuées pour cette motorisation et donc en conséquence engendrer une augmentation homologuée des émissions des immatriculations neuves (là encore, cette correction vise à se rapprocher des conditions réelles d'usage). Cette courbe à la hausse n'implique aucune modification des émissions en conditions réelles considérées dans les simulations. Toutefois, sur le strict plan des émissions homologuées et dans le plus optimiste des scénarios, la baisse des émissions des véhicules essence et hybrides n'atteint que -8,4 % d'ici 2030 par rapport à 2022. Rappelons que l'atteinte de ce scénario nécessite toutefois : (1) un renforcement du malus de 5 g/an qui détermine la vitesse de basculement dans les ventes entre les véhicules essence hybridés et non hybridés ; (2) un retour à une part de vente des SUV de 19 % ; et (3) un report des ventes sur de plus petits modèles (segments A et B).

La Figure 2 transcrit les résultats d'émissions homologuées précédents en consommation moyenne réelle pour les immatriculations neuves. L'influence sur la consommation du parc roulant est également projetée.

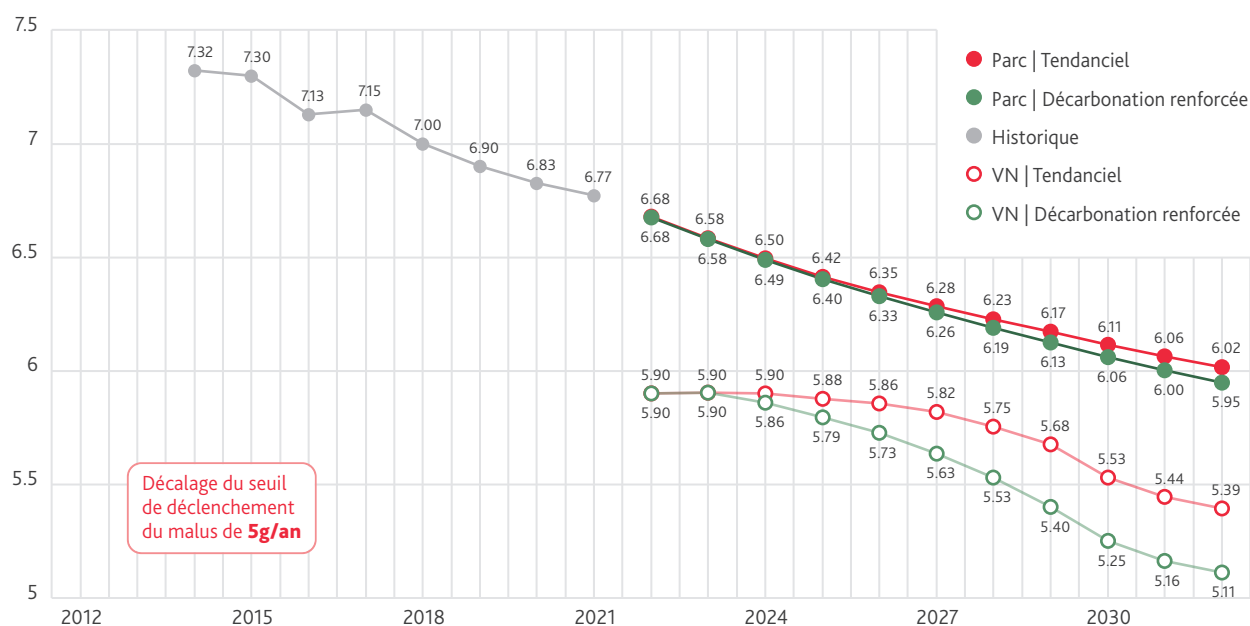
L'analyse des deux scénarios montre une évolution de la consommation moyenne des véhicules essence (y.c. hybrides) dans le parc en 2030 qui diminue entre 9,5 % et 10,2 % par rapport à 2021. Cette réduction est massivement induite par les motorisations hybrides et la sortie du parc d'anciens véhicules

³ Le Dieselgate est un scandale sanitaire et industriel impliquant le Groupe Volkswagen qui éclate à la fin de l'année 2015. Une large tromperie est mise au jour sur les émissions en usage réel d'oxydes d'azote des véhicules légers du groupe à moteurs diesel par rapport aux réglementations en vigueur aux États-Unis et en Europe.

FIGURE 2. Évolution de la consommation VP essences (Parc et VN ; y. c. hybrides)

Consommation moyenne (L/100km)

Historique et simulation IDDRI



Note : VN : véhicules neufs

plus énergivores. Au sein des véhicules neufs, notons que l'offre essence non hybridée disparaît en premier lieu au sein des segments supérieurs. Seuls quelques modèles d'entrée de gamme (type Dacia segment B en France) continuent d'être commercialisés sans hybridation avant 2030. La moyenne des émissions des véhicules essence non hybrides diminue d'environ 1 gCO₂/km entre 2022 et 2029 par la disparition de l'offre essence pure sur les segments supérieurs à court terme.

Si la réduction annuelle de la consommation du parc a été de 1,07 %/an entre 2014 et 2021, l'analyse montre que la dynamique à venir sera au moins équivalente entre 2021 et 2030 avec un taux de réduction crédible de -1,05 %/an atteint grâce au développement massif des motorisations hybrides (sous condition, encore une fois, d'un décalage du déclenchement du malus écologique de 5 g/an – identique à l'historique d'évolution de ce dispositif fiscal).

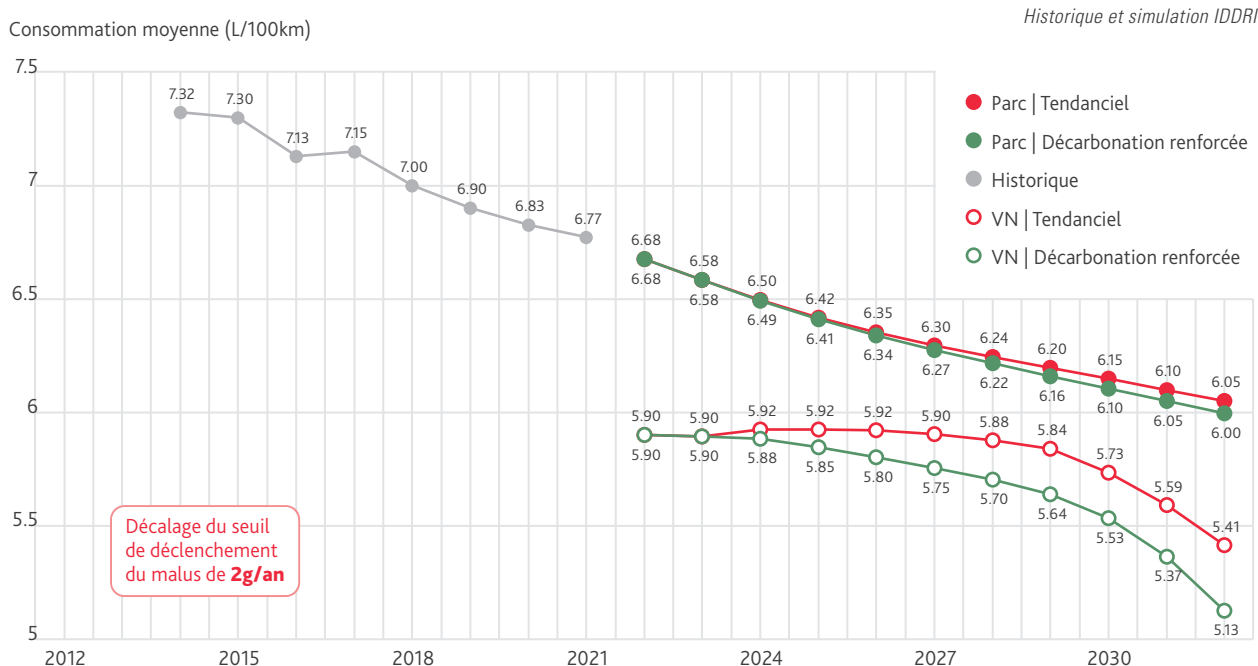
Pour se placer sur le scénario d'une décarbonation renforcée (voir Figure 2), il convient de mettre en œuvre d'autres mesures de politiques publiques permettant de diminuer la proportion de vente des SUV et d'encourager la vente de plus petits modèles (scénario de décarbonation renforcée décrit dans le tableau 7). Dans ce cas, la dynamique passée de réduction des consommations pourra être dépassée pour atteindre -1,14 %/an – soit 10,2 % de réduction à l'échelle du parc entre 2021 et 2030 en augmentation de 7 % par rapport au scénario tendanciel. À cette condition seulement, une réduction de 3 Mt de CO₂ entre 2019 et 2030 telle qu'envisagée par le secrétariat général à la

planification écologique est atteignable pour un kilométrage annuel conservateur de 7 500 km⁴.

Notons qu'en 2030, le parc de véhicule particulier français sera composé d'1,3 million d'hybrides rechargeables dont il est nécessaire que les politiques publiques incitent à un usage préférentiel sur le vecteur électrique. Si les véhicules de ce parc substituent, de manière additionnelle, 7 000 km de leur kilométrage annuel du thermique vers le mode purement électrique, alors la réduction d'émission de GES supplémentaire s'établit à 1 MtCO₂e par rapport au scénario établi précédemment. Cette quantification est conforme à la cible définie par le SGPE. Ce scénario exige que les véhicules hybrides rechargeables (PHEV, *Plug-in Hybrid Electric Vehicle*) réalisent 80 % de leur kilométrage annuel sur le mode 100 % électrique. Cette cible ambitieuse peut être considérée comme atteignable en 2030 à mesure de la diffusion de ce parc, détenu initialement majoritairement par des entreprises, vers des particuliers (la durée usuelle des contrats de leasing étant de 4 années) et à mesure de l'augmentation de l'autonomie des nouveaux véhicules PHEV en mode 100 % électrique.

Enfin, les auteurs proposent d'étudier la sensibilité des résultats dans le scénario d'un renforcement minoré du malus CO₂. Si le seuil de déclenchement est supposé ne se renforcer que

4 Hypothèse également considérée par le SGPE dans sa publication du 31 mai 2023, « La Planification écologique dans les transports », en ligne : <https://www.gouvernement.fr/france-nation-verte/publications>

FIGURE 3. Évolution de la consommation VP essences (Parc et VN ; y. c. hybrides)


de 2 g/an, le renchérissement d'un véhicule type de segment B actuel non hybride ne serait, à titre d'exemple, que d'environ 300 € (malus CO₂). Dans ces conditions, les essence non hybrides seraient commercialisées jusqu'en 2032 (en lieu et place de 2030), et cela alors que les objectifs CAFE européens des constructeurs sont atteints. Leur part des ventes serait environ 35 % plus élevée chaque année par rapport au scénario tendanciel et ce jusqu'à la fin de la décennie.

Dans ces hypothèses (renforcement de 2 g/an du malus à partir de 2024), la consommation du parc roulant augmente de 0,04 L/100km en moyenne en 2030 par rapport aux simulations précédemment établies. L'intérêt d'un renouvellement du parc en vue d'une baisse de la consommation est notablement réduit (rapprochement des émissions du parc et des véhicules neufs sur la Figure 3 par rapport à la Figure 2).

Finalement, ce travail de simulation conforte le choix de politiques publiques de court terme visant la réduction des émissions de CO₂ à l'échappement et donc la généralisation de l'hybridation ainsi **que la mise en place de mesures visant une nécessaire sobriété dans la taille et le poids des véhicules mis en circulation**. L'enjeu est d'éviter tout effet rebond à la hausse des consommations pour parvenir à atteindre les objectifs cibles de budget carbone fixés à l'échelle française. La fiscalité du malus CO₂ joue de ce point de vue un rôle très important et incitatif. Celle sur le malus poids, si elle est renforcée par le PLF 2024 et dans l'avenir, jouera également un rôle important additionnel.

POIDS LOURDS DIESEL

L'analyse pour les poids lourds repose sur la même méthodologie que celle utilisée précédemment sur les véhicules particuliers. Le parc se compose en 2023 de 616 467 véhicules, dont 307 433 camions, 89 200 VASP (véhicule automoteur spécifique), 219 834 tracteurs routiers. Cette dernière catégorie de véhicules est celle qui est renouvelée le plus rapidement et qui présente les kilométrages annuels les plus élevés.

Le secteur des véhicules lourds est fortement régi par leur coût d'usage et donc par la consommation de carburant, qui représente jusqu'à 30 % des coûts d'opération des transporteurs. Cet élément très différenciant par rapport aux véhicules particuliers oriente les choix des flottes de véhicules et de leur renouvellement. Suivant cette logique, les constructeurs de poids lourds ont réalisé des investissements très importants sur la technologie diesel pour diminuer la consommation des véhicules. Il en résulte des véhicules lourds commercialisés depuis moins de 2 ans présentant des niveaux de consommation en carburant 10 % inférieurs en usage réel par rapport à leurs prédécesseurs. Il apparaît que cet élément sera le principal facteur menant à la baisse observée des consommations de carburant. Les dynamiques marchés et le taux de renouvellement du parc, s'ils demeurent stables, aboutissent à ce que 46 % des véhicules roulants en 2030 bénéficieront de ces dernières technologies.

TABEAU 8. Immatriculation des poids lourds neufs par énergie | scénario tendanciel

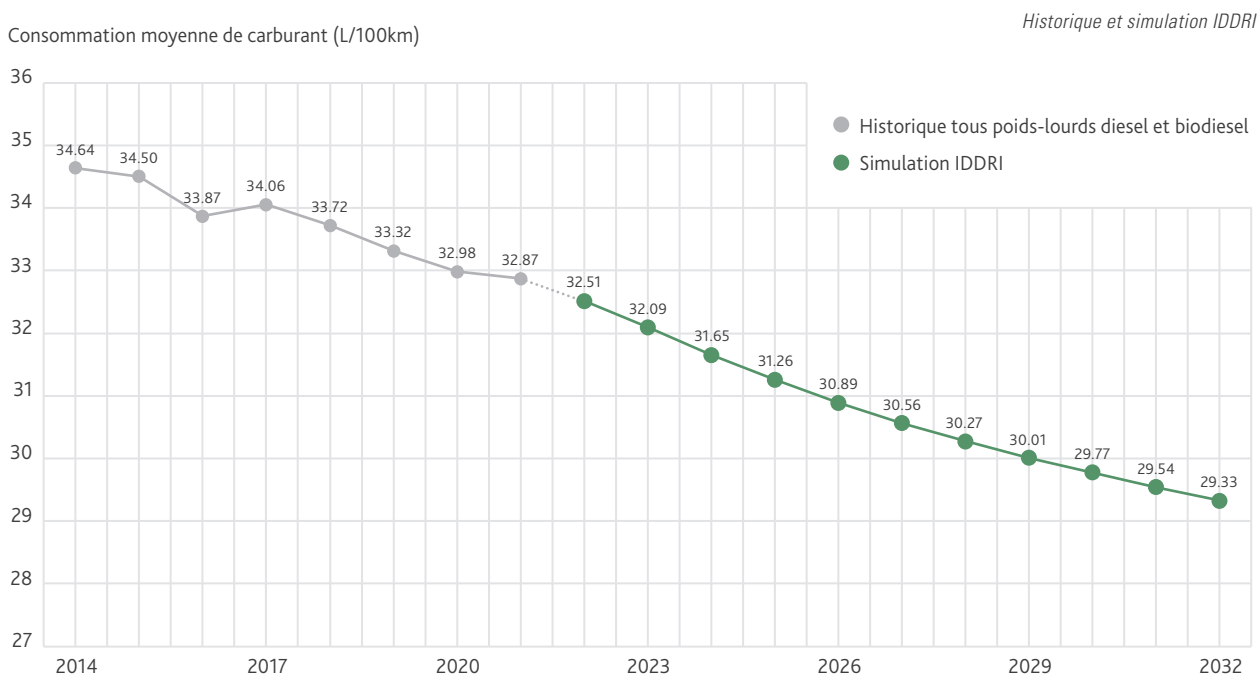
	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Ventes annuelles poids-lourds de +7,5 t	46 k	46 k	46k	46k	46 k	46 k	46 k	46 k
Dont diesel + biodiesel + hybride	93,9 %	92,8 %	90,7 %	80,7 %	70,8 %	60,8 %	50,8 %	40,8 %

L'analyse considère également la montée en puissance de véhicules fonctionnant au biodiesel EMAG dont les consommations sont plus élevées de 2 %. Enfin, la décroissance du parc de véhicules diesel est portée plus significativement par les poids lourds de faible tonnage d'ici 2030 considérant que ces derniers présentent le potentiel d'une électrification plus rapide. La consommation des véhicules de moins de 26 t de PTAC est considérée inférieure de 10 %. Bien que significativement plus légers, ces véhicules évoluent plus fortement en usage urbain et/ou appellent des fonctions auxiliaires qui nécessitent le recours au moteur diesel en usage stationnaire.

D'ici 2030, l'analyse montre que la consommation moyenne des poids lourds diesel dans le parc, du fait du renouvellement avec gain de performance et de l'évolution du mix tonnage au rythme de l'électrification différente en fonction des tranches de PTAC, va chuter de 3 L/100km d'ici 7 ans, alors qu'elle n'a chuté que de 2 L/100km lors des 7 dernières années. La baisse à venir s'annonce ainsi environ 50 % plus rapide que celle

constatée par le passé. En d'autres termes, le progrès annuel s'établit ainsi à 1,16 %/an en moyenne entre 2021 et 2030 contre 0,77 %/an auparavant. Cette dynamique permise par les innovations récentes s'explique également par un taux de renouvellement des flottes plus rapide que pour les véhicules particuliers. Malgré cela, le gain d'efficacité maximal atteignable entre 2019 et 2030 au niveau du parc ne sera que de 11,9 %. **Cette valeur est insuffisante par rapport à la cible de 17 % du SGPE.** En conséquence, les réductions d'émissions de gaz à effet de serre par le strict renouvellement de la flotte ne sont pas aussi élevées qu'espérées et s'établissent à 2,3 MtCO₂e d'ici 2030 par rapport à 2019 (considérant un kilométrage annuel moyen de 42 000 km). Cette réduction correspond environ à la cible crédible du SGPE pour ce levier (3 MtCO₂e), mais est très largement inférieure aux 7 MtCO₂e nécessaires pour respecter le budget carbone envisagé plus globalement pour le transport de marchandises (VUL compris). Ce constat doit interroger la répartition des efforts attendus au sein du secteur du transport routier.

FIGURE 4. Évolution de la consommation du parc de poids-lourds en France



CONCLUSION

8 millions de véhicules particuliers essence et diesel et 244 000 poids lourds thermiques neufs vont être introduits dans le parc français de 2024 à 2030. Comme réaffirmé dans les travaux de préparation de la stratégie française énergie-climat⁵, si l'objectif est de respecter les budgets carbone fixés dans le cadre de la planification écologique, la pénétration de véhicules thermiques sobres dans le parc (hybridés ou de taille moins importante), aux côtés d'un nombre grandissant de véhicules électriques, est un élément indispensable.

L'analyse démontre l'utilité dans les toutes prochaines années des outils de politiques publiques afin de maîtriser la consommation future du parc de véhicules thermiques et hybrides français. Les outils traditionnels et existants (malus CO₂ et malus poids) sont performants et devront être établis avec une visibilité de long terme pour continuer à être efficaces. Le décalage du seuil de déclenchement du malus CO₂ de 5 g/an pour les trois prochaines années ainsi que l'abaissement du malus poids à 1 600 kg au 1^{er} janvier 2024 sécuriseront à court terme l'atteinte des objectifs à date de la planification écologique quant à la réduction des émissions qui incombe au levier de sobriété des véhicules particuliers dans le parc.

En revanche, pour les véhicules lourds, les objectifs seront difficilement atteints. Les leviers d'action sont par ailleurs réduits (quasi-absence de véhicules hybrides rechargeables et absence des variables segment et SUV pour moduler les émissions des ventes). Si la puissance publique doit s'assurer du renouvellement de la flotte de poids lourds pour la diffusion des dernières technologies en termes d'efficacité énergétique, cet élément sera insuffisant et l'hypothèse d'une réduction de la consommation du parc de 17 % d'ici 2030 par rapport à 2019 comme envisagé par le SGPE doit faire l'objet, pour se réaliser, d'un plan d'action spécifique pour dépasser les tendances et trajectoires actuellement projetées. Une réduction d'environ 12 % telle qu'établie dans la présente analyse constitue une cible crédible atteignable.

En conséquence, revoir à la hausse (par rapport aux mesures précédemment citées) l'ambition des politiques publiques sur le champ des véhicules particuliers apparaît pleinement justifié dans un contexte où les leviers techniques disponibles à court terme pour les véhicules lourds sur le parc thermique vont être sollicités à leur maximum.

Enfin, pour atteindre des réductions d'émissions supplémentaires, il convient d'analyser finement les effets sur le parc lié à la généralisation de pneumatiques à très faible résistance au roulement ou d'huiles moteurs à faible viscosité. Les consommations réelles mesurées peuvent différer de plus de 10 % pour des véhicules équipés ou non de ces technologies.

⁵ Travaux de préparation de la stratégie française énergie/climat, septembre 2023, en ligne : https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/DP_strategie_fr_energie_climat.pdf

Citation : Geffray, L. P., Hermine, J.-P. (2023). Contribution des véhicules thermiques à la décarbonation du transport routier en France. Reconstruction des évolutions passées – extrapolation des potentiels et avis sur les cibles de réduction atteignables à 2030. Policy Brief N°01/23, IMT.

CONTACT

louispierre.geffray@sciencespo.fr
jeanphilippe.hermine@sciencespo.fr

Institut des mobilités en transition
41, rue du Four – 75006 Paris – France

institut-mobilites-en-transition.org