

Contribution des véhicules légers et lourds à la réduction de la demande énergétique et des émissions de CO₂ à horizon 2035 dans le monde

Synthèse

Afin d'apprécier les évolutions des émissions de CO₂ dans le monde à horizon 2035, un modèle de projection des parcs, ventes et mix technologiques des véhicules légers et des poids lourds a été construit. Cette note technique qui présente les résultats du modèle est réalisée annuellement afin d'intégrer les modifications récentes des différents marchés et de prendre en compte les évolutions en terme de réglementation et de technologie les plus à jour et les plus plausibles sur l'horizon de temps étudié.

Parmi les hypothèses majeures du modèle, la version 2018 inclus désormais l'arrêt, après 2030, de l'offre de véhicules 100% thermiques diesel et essence en Europe, l'apparition future d'une offre élargie de véhicules légers roulant au gaz naturel sur cette zone ou encore la prise en compte des réglementations à la maille pays (et notamment les réglementations spécifiques aux véhicules utilitaires légers (VUL)).

Les conclusions principales qui découlent de l'étude 2018 sont les suivantes :

- L'inflexion de la courbe des émissions de CO₂ du secteur des transports routiers au niveau mondial est permise dans le cadre des scénarios verts, d'une part par la progression de l'électrification des chaînes de traction des véhicules légers (VL) et d'autre part, par le ralentissement attendu de la dynamique de croissance du parc VL en Chine. Ces deux effets combinés permettent, après 2023, de compenser l'effet de l'augmentation importante des parcs de VL et de Poids Lourds (PL) au niveau mondial.
- L'Europe et l'Amérique du Nord concentrent 90% des réductions des émissions de CO₂. La Chine, l'Afrique et l'Asie hors OCDE (incluant notamment l'Inde) concentrent quant à eux plus de 90% des hausses des émissions.
- Les technologies électrifiées seront les principales contributrices à la réduction des émissions de CO₂ sur la période 2020-2035. Ces technologies n'ont des parts de marché suffisamment élevées que dans les scénarios où des leviers incitatifs sont maintenus ou mis en place sur cette période.
- L'électrification du secteur automobile, ainsi que le développement des autres sources d'énergie alternatives - biocarburant, gaz naturel et hydrogène (dans le cadre d'une production énergétique décarbonée)-, le développement de nouvelles offres de mobilité (car-sharing, ride-sharing), les mesures de restrictions d'accès, voir l'interdiction progressive des ventes des véhicules 100% thermiques (e.g. en Europe), sont en 2035 beaucoup plus efficaces pour infléchir la courbe des émissions CO₂ que le durcissement des normes d'émissions.
- En 2030 et 2035, la part totale de l'électro mobilité dans les ventes de véhicules légers est estimée à respectivement 17% et 20 % au niveau mondial. La part des BEV représente en 2030 et 2035 10% et 12% des ventes dans le monde (la part des PHEV étant de 7 et 8%). En Europe, l'électromobilité représentera 29% des ventes en 2030 (dont 20% de BEV et 9% de PHEV), et 35% des ventes en 2035 (dont 25% de BEV et 10% de PHEV).

Table des matières

Synthèse.....	1
Contexte et motivations	3
Méthodologie et Scénarios	4
Résultats.....	6
Demande de mobilité	6
Mix des ventes de véhicules légers par technologie et par zone	7
Bilan énergétique et d'émissions CO ₂ : « du puits à la roue »	9
Evolution des émissions de CO ₂ à horizon 2035	12
Conclusions de l'étude.....	14
Annexes.....	15
Annexe 1 : Segmentation véhicules prise en compte dans l'étude	15
Annexe 2 : Répartition des ventes de véhicules légers neufs, par mode de chaîne de traction dans le scénario Green Constraint	16
Annexe 3 : Répartition des ventes de véhicules particuliers neufs, par mode de chaîne de traction dans le scénario Green Constraint.....	17
Annexe 4 : Répartition des ventes de véhicules utilitaires légers neufs, par mode de chaîne de traction dans le scénario Green Constraint	18
Annexe 5 : Répartition des ventes de véhicules légers neufs par mode de chaîne de traction en 2030 et 2035 dans les 4 scénarios	19
Annexe 6 : Répartition des ventes de véhicules légers neufs par mode de chaîne de traction en France	19
Annexe 7 : Répartition des ventes des PL neufs, par mode de chaîne de traction dans le scénario Green Constraint.....	20
Annexe 8 : Répartition des ventes de PL neufs par mode de chaîne de traction en 2030 et 2035 dans les 4 scénarios	21
Annexe 9 : Répartition des ventes de véhicules légers neufs Fuel Cell selon les prix de l'hydrogène à la pompe	22
Annexe 10 : Mix powertrain européens optimaux pour atteindre différentes cibles CAPE en 2030 à partir du scénario Green Constraint	23
Annexe 11 : Demande en carburant et en électricité par zone des VL et PL, scénario Green Constraint.....	25

Contexte et motivations

Dans la poursuite des décisions de la COP21, la plupart des Etats dans le monde se sont engagés à limiter leurs émissions de gaz à effet de serre afin de lutter contre le réchauffement climatique. Les transports routiers (véhicules particuliers, véhicules utilitaires légers et poids lourds) sont en 2015 à l'origine de 18%¹ des émissions de CO₂ contre 15% en 1990. Ce secteur est donc mis à contribution pour atteindre les objectifs définis à Paris lors de la COP21. A l'échelle européenne, le paquet énergie-climat a fixé des objectifs ambitieux pour l'Europe qui ont servi de base à ses engagements internationaux. Dans le domaine des transports l'UE s'est fixée comme objectif 10% d'énergie d'origine renouvelable en 2020, et pourrait se diriger vers un objectif de 14% en 2030².

L'efficacité énergétique des véhicules vendus a déjà été considérablement améliorée (26% de gains d'efficacité en moyenne en Europe par véhicule neuf entre 2005 et 2016³) grâce à des gains sur les moteurs thermiques, au développement et à la commercialisation de nouveaux systèmes de chaîne de traction (hybrides, véhicules électriques) et des gains sur les véhicules (masse, aérodynamique, résistance au roulement). Mais parallèlement, le parc et l'usage automobile continuent de croître, tirés par le développement d'une classe moyenne dans les marchés encore émergents (Chine, Amérique du Sud, ASEAN...) et par l'attrait de plus en plus croissant des modèles automobiles types SUV. Face à une réglementation de plus en plus exigeante, l'Industrie Automobile devra donc proposer de nouveaux gains d'efficacité d'ici 2035.

En 2015 et 2016 la filière automobile française a initié un programme de travail afin **d'évaluer la contribution du transport routier à la réduction de la demande énergétique et des émissions de CO₂ à l'échelle mondiale**. Les objectifs de l'étude réalisée sont multiples :

- Dresser le panorama de la demande en énergie par zone et par type de véhicules à horizon 2035, avec une analyse de risques et d'opportunités sur les variables
- Se doter d'une vision argumentée et indépendante de l'avenir énergétique des transports routiers et de leurs impacts en termes d'émissions de CO₂
- Mutualiser et coordonner les efforts de recherche des industriels pour des technologies d'avenir dans le domaine des chaînes de tractions

Afin de réaliser cette étude, la filière a sollicité Le BIPE, cabinet d'étude et de conseil, afin de construire une vision rationnelle et indépendante sur l'évolution des parcs automobiles, leur vitesse de renouvellement, leur segmentation et leur répartition par type d'énergie-chaîne de traction. De même, l'évolution du mix de production des différentes énergies a été analysée par zone et pour certains pays. Ainsi un modèle de projection de la demande totale en énergie a pu être construit; les émissions de CO₂ totales en ont été déduites.

¹ Source: IEA, CO₂ Emissions from Fuel Combustion Highlights 2017. Les émissions de CO₂ du transport routier représentent 5 792 Mt CO₂ en 2013, les émissions totales étant de 32 294 Mt CO₂.

² GAIN USDA 2018, EU Biofuels Annual 2018

³ Source : ICCT, CO₂ emissions from new passenger cars in the EU: Car manufacturers' performance in 2016, July 2017. La consommation moyenne est passé de 6,9 l/100km en 2005 à 5,1 l/100km en 2016.

Méthodologie et Scénarios

Le modèle prend en compte 15 plaques géographiques composant la totalité des marchés mondiaux et 46 segments de marché (7 en VP, 4 en VUL, 35 en PL⁴). 15 modes de chaîne de traction sont analysés : moteurs thermiques essence et diesel (incluant les start/stop et micro-hybrides), l'ensemble des combinaisons d'hybridation (mild faible voltage, 12V et 48V, full, plug-in, range-extend), les véhicules à zéro-émission (électrique et pile à combustible), les véhicules au gaz (GNV, GPL). L'étude porte sur la période 2017-2035 pour l'ensemble des segments de véhicules étudiés (légers et lourds).

Le principe général de la méthodologie est explicité sur la Figure 1 ci-dessous.

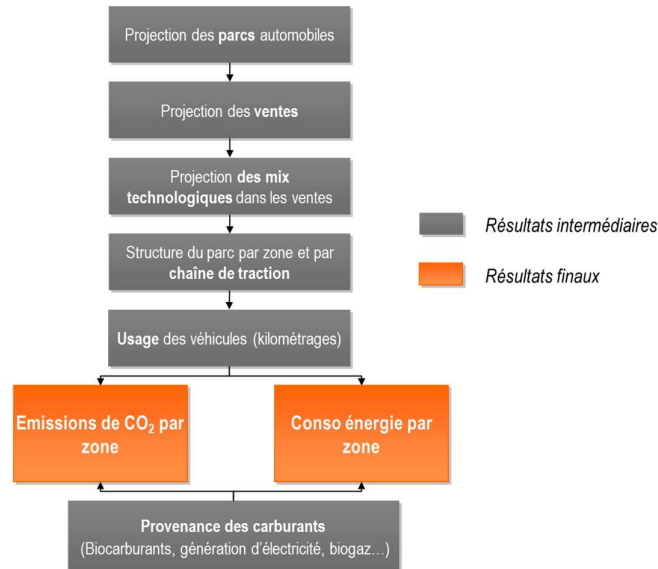


Figure 1 Schéma général de la démarche de projection

Le taux de motorisation (nombre de véhicules pour 1000 habitants) en fonction du PIB par habitant est une courbe en S paramétrable par un taux de saturation, un PIB de décollage, et une vitesse de décollage spécifiques pour chaque zone (voir Figure 2). Le taux d'équipement est très faible pour des PIB par habitant peu élevés, puis à partir d'un seuil commence à décoller pour évoluer 2 fois plus rapidement que le PIB. Sa hausse ralentit pour atteindre un seuil et le taux n'évoluera plus à la même vitesse que le PIB, ou pourra même diminuer. Grâce aux hypothèses de croissance on peut, donc, déduire par zone et scénario le taux de motorisation, et donc de parc à horizon 2035. Le volume d'immatriculations et la structure du parc par âge sont ensuite déterminés au travers d'une loi de mise à la casse.

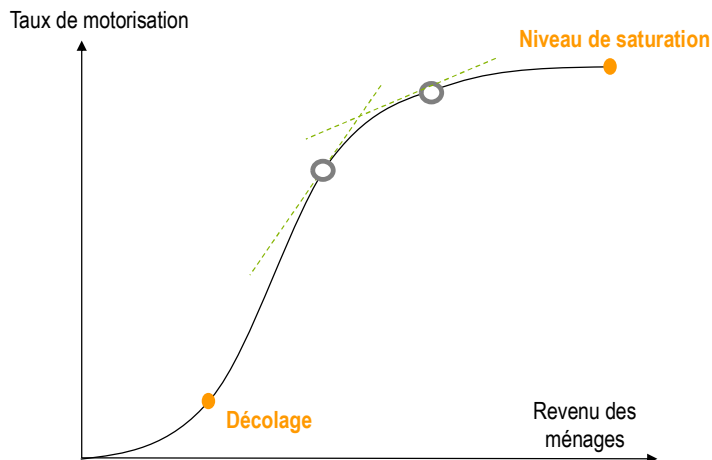


Figure 2 Courbe en S pour le calcul des parcs

⁴ Voir l'annexe 1 pour la définition des segments de véhicules

Après inventaires précis et exhaustifs des coûts à l'achat et à l'usage des différentes chaînes de traction (TCO – Total Cost of Ownership), les modèles du BIPE s'appuient sur la formalisation des arbitrages à l'achat des clients. Prédicatifs, les modèles s'alimentent de variables explicatives (technologiques, fiscales, macro-économiques, habitudes de mobilité...) pour projeter ventes et parcs structurés par chaîne de traction. De la projection des parcs conjugués aux usages (kilométrages) et aux consommations unitaires découlent demande en carburant et émissions de CO₂.

Afin d'apprécier les impacts des incertitudes liées au contexte (évolution macro-économique, réglementation...), 4 scénarios prospectifs ont été construits. Chacun des scénarios renvoyant à des hypothèses différenciées et cohérentes sur les évolutions possibles de l'environnement global et des sous-jacents des marchés automobiles (cf. Figure 3).

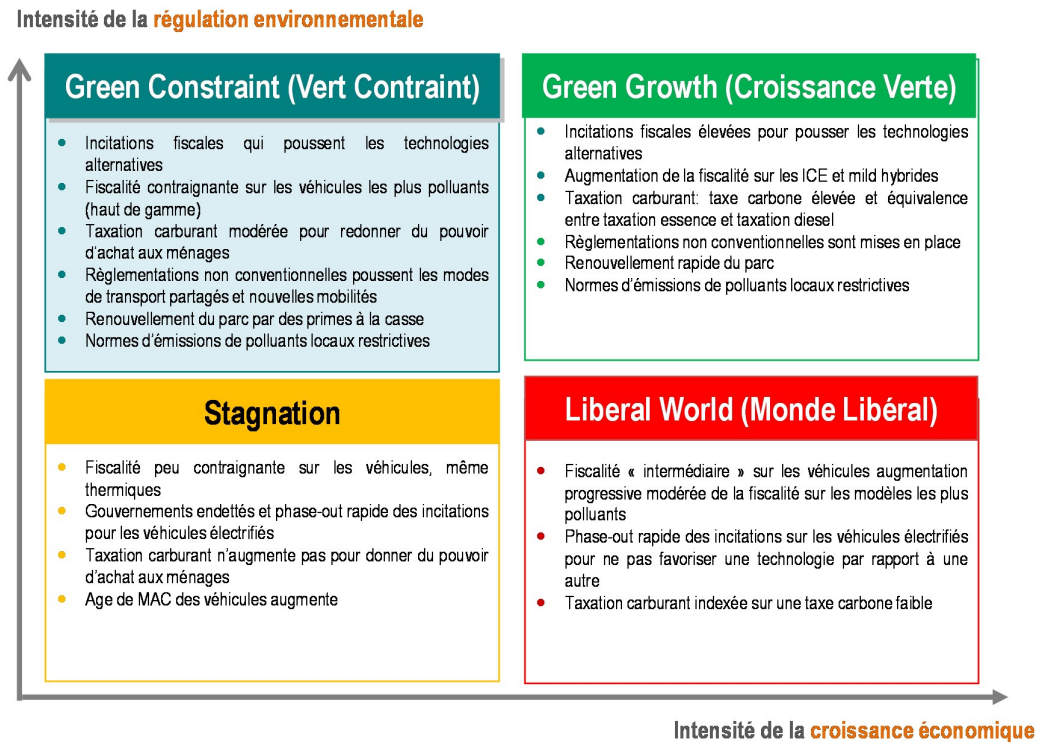


Figure 3: Scénarios de projection

Les résultats de mix technologique et de demande totale en énergie ont été projetés dans chacun de ces scénarios, ce qui permettra de déterminer les mesures les plus efficaces à moyen et long-terme pour limiter puis réduire les émissions de CO₂. Le scénario de référence est le scénario **Green Constraint**, à faible croissance économique et forte réglementation environnementale. En effet, depuis la crise économique la croissance mondiale reste fragile (3% par an environ par rapport aux 4-5% d'avant-crise, avec un fort ralentissement des BRICS) et dans le même temps des conférences environnementales comme la COP21 parviennent à réunir et à accorder la plupart des puissances mondiales.

Résultats

Demande de mobilité

La demande de mobilité représente un résultat essentiel du modèle (cf. Figure 4 et Figure 5). **Dans les marchés automobiles matures, le parc automobile a atteint un niveau de saturation** (500 VP pour 1000 habitants en Europe, 800 aux Etats-Unis) qui dépend des spécificités de chaque pays (e.g. organisation urbaine, transports en commun, géographie) et les évolutions du parc automobile et des usages (kilométrages unitaires) ne sont désormais plus corrélés avec la croissance économique dans ces zones. De plus les demandes de mobilité (personnes et marchandises) y font l'objet d'une optimisation drastique dans un contexte de forte volatilité des prix des énergies.

Au contraire, **dans les pays émergents** (e.g. Chine, Inde, Brésil, Russie), on observe une **forte dépendance entre croissance économique et croissance de la demande en mobilité** totale. Dans un 1^{er} temps la croissance économique s'accompagne d'un boom du parc de véhicules utilitaires (légers et lourds) qui permettent au tissu industriel et à l'économie en général de se développer, puis la croissance des revenus s'accompagne de l'émergence d'une classe moyenne qui achète des véhicules particuliers.

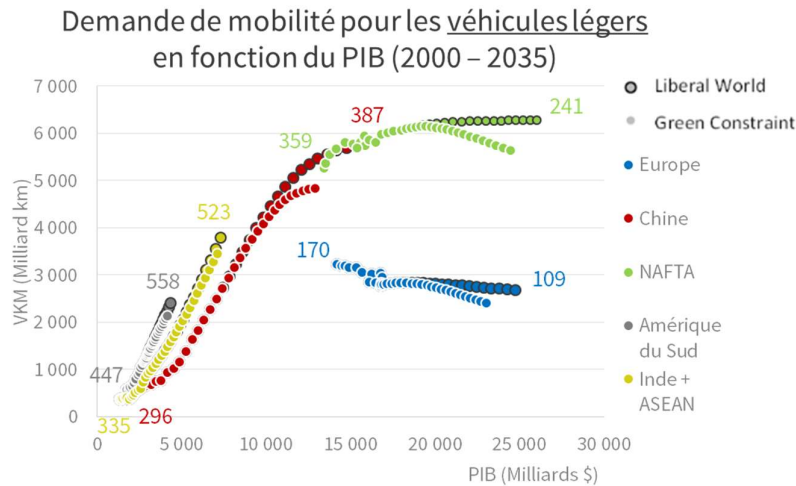


Figure 4 Demande de mobilité pour les VL par zone dans les scénarios **Green Constraint** et **Liberal World**

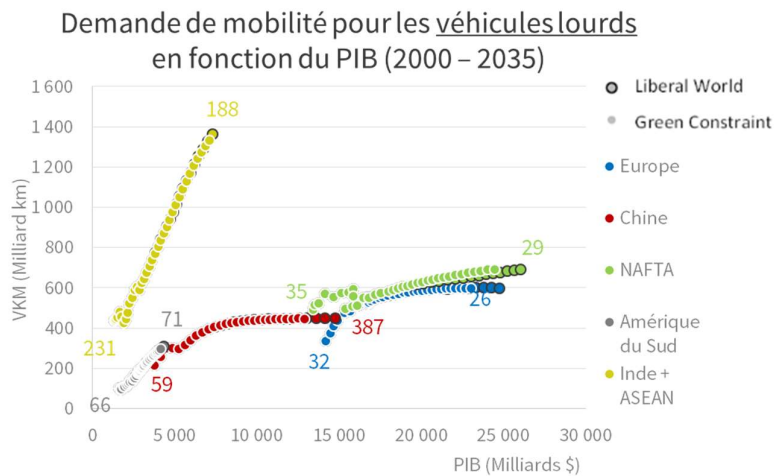


Figure 5 Demande de mobilité pour les PL par zone dans les scénarios **Green Constraint** et **Liberal World**

Les scénarios sont donc très différenciés (cf. Figure 6) : dans les scénarios à forte croissance le parc automobile VL (Véhicules Légers) total est proche de 2,1 milliards de véhicules (par rapport à 1,2 milliards à ce jour) avec des marchés de plus de **150 millions de ventes de neuf par an en 2035** (par rapport à 95 millions en 2017) ; dans les scénarios Stagnation et **Green Constraint** le parc mondial est proche de 1,9 milliards de véhicules, avec **un marché proche de 130 millions en 2035**. Dans ces scénarios, la croissance mondiale est fortement tempérée et la demande totale en mobilité en pâtit. Les impacts des nouvelles mobilités (e.g. auto partage, covoiturage) sont intégrés (réduction du parc automobile d'environ 10% à horizon 2035), avec une réduction du parc dans les zones matures (Europe, Japon) et stable aux Etats-Unis. Ces réductions des émissions sont d'autant plus fortes que les réglementations gouvernementales sont poussées, comme dans les scénarios verts.

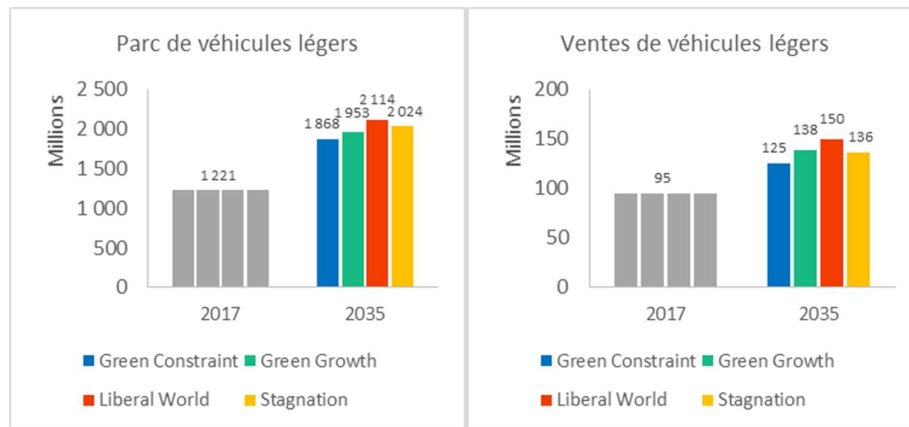


Figure 6 Parc et ventes annuelles de VL (VP + VUL) en 2035

Mix des ventes de véhicules légers par technologie et par zone

Le Tableau 1 et l'Annexe 2 présentent l'évolution du split chaîne de traction dans les **ventes de véhicules légers neufs** à l'échelle mondiale dans le scénario **Green Constraint** à horizon 2035.

- Dans ce scénario, la part des véhicules électrifiés (e.g. BEV, hybrides) représente la majorité du marché mondial à 2035. La part de marché des Mild hybrides 12V et 48V est ainsi respectivement de 20% et 13%, et de 2% pour les Full hybrides. On compte de même près de 8% de PHEV et 12% de véhicules électriques.
- La part des véhicules 100% thermiques purs chute grandement, et atteint 38%, dont 3% de diesel en 2035 dans le monde.
- Le diesel (dont hybrides) s'effrite dans l'ensemble des zones mondiales (5% du marché en 2035 contre 17% en 2017 et près de 20% avant le « Diesel Gate ») : normes de dépollution drastiques et réglementations en zone urbaine qui viennent pénaliser la valeur résiduelle en Europe, dérégulation des prix des carburants en Inde, croissance des petits segments en ASEAN.
- Le gaz se développe significativement en Europe, passant de moins de 1% à plus de 10% entre 2017 et 2035. Néanmoins, cette part de marché est soumise à l'hypothèse d'une fin de l'offre des véhicules 100% thermiques en Europe qui n'affecterait pas les véhicules CNG. Sur la même période, il se développe plus modérément sur certains marchés en croissance, notamment en Inde, passant de 5% à près de 10%, et au niveau mondial, le CNG progressera de 1 à 4%.
- Du côté de l'électrification, les moteurs à faible hybridation (mild hybrides) percent et se positionnent comme l'évolution naturelle des systèmes start/stops. Ils représentent 32% du marché mondial en 2035. Les Full hybrides sont stables et occuperont 2% du marché dans 18 ans, grâce notamment aux marchés américains et japonais.
- Enfin les véhicules fortement électrifiés (Véhicules Electriques et hybrides rechargeables) se développent dans les zones imposant une réglementation sévère sur les émissions de CO₂ des véhicules neufs (Europe, USA, Chine, Japon). **L'électro mobilité (véhicules électriques et hybrides rechargeables) représentera dans le scénario de référence 20% des ventes à**

horizon 2035. Au total les PHEV prennent 8% du marché, portés par les Etats-Unis et l'Europe, alors que les VE se positionnent fortement en Chine (20%) et en Europe (24%). Ceux-ci profitent notamment de l'évolution des réglementations (e.g. politiques de retrait des véhicules 100% thermiques en Europe aux horizons 2030, durcissement des normes d'émissions de CO₂). La part des VE au niveau mondial atteint 12% en 2035. Les VE seront encore limités par un certain nombre de freins, notamment la perception par les consommateurs du temps de recharge des véhicules pour certaines zones géographiques, néanmoins ceux-ci devraient progressivement se dissiper d'ici à 2035 du fait des évolutions positives sur l'autonomie, le temps de charge, et le coût des batteries.

- En Europe, l'anticipation du durcissement des réglementations CAFE après 2025 engendre un retrait progressif des véhicules 100% thermiques essence et diesel tandis que sont mises en place, à partir de 2020, des restrictions d'accès en centre-ville pour les véhicules les plus polluants. Ces deux mécanismes ont pour effets une accélération de la chute des parts de marché du diesel sur la zone ainsi qu'un regain d'intérêt pour les technologies gaz sur les segments VL qui pourraient satisfaire les consommateurs les plus sensibles au prix d'achat et dont les usages sont moins compatibles avec le VE.
- Les résultats des parts de marché du CNG, qui sont de 11,7% en 2035 en Europe, sont établis en considérant que cette technologie ne serait pas affectée par les futures restrictions sur les véhicules thermiques.

Technologie	Monde		Chine		Europe		NAFTA		Inde	
	2017	2035	2017	2035	2017	2035	2017	2035	2017	2035
Essence 100% Thermique	76,3%	35,8%	87,4%	29,9%	45,6%	0,0%	92,0%	25,6%	51,0%	50,7%
Essence Electrifié*	3,4%	41,4%	3,0%	47,0%	3,0%	57,2%	4,4%	60,3%	0,0%	24,1%
Diesel 100% Thermique	17,2%	2,5%	8,0%	0,8%	49,8%	0,0%	1,5%	2,3%	43,1%	3,2%
Diesel Electrifié*	0,3%	2,6%	0,4%	2,2%	0,1%	5,4%	0,2%	3,4%	0,0%	2,4%
CNG	1,2%	4,0%	0,0%	0,0%	0,5%	11,7%	0,6%	0,5%	5,2%	8,7%
LPG	0,9%	1,7%	0,0%	0,0%	0,6%	1,1%	0,5%	0,2%	0,5%	1,9%
BEV	0,6%	11,9%	1,2%	20,1%	0,5%	24,4%	0,8%	7,6%	0,0%	9,1%
Hydrogène	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	0,0%	0,1%	0,0%	0,1%

Tableau 1 Mix des chaînes de traction des ventes VL (VP+VUL) monde dans le scénario **Green Constraint**

* Inclus les technologies à faibles hybridation (mild hybrides 12V et 48V) ainsi que les full hybrides et les hybrides rechargeables. Le détail des résultats est disponible en Annexe 2.

Bilan énergétique et d'émissions CO₂ : « du puits à la roue »⁵

Dans les scénarios Stagnation et Liberal World, la demande mondiale en énergie en 2035 augmente respectivement de 13% et 17% (base 2017, cf. Figure 7). Dans les scénarios Green Growth et Green Constraint la demande baisse de 3%. Du côté des émissions de CO₂ liées à l'utilisation d'énergie par le transport routier (cf. Figure 8, hors bilan de production des véhicules), celles-ci augmentent de plus de 10% dans les scénarios Stagnation et Liberal World, se stabilisent dans le scénario Green Constraint et baissent de 3% dans le scénario Green Growth. **L'introduction de véhicules électrifiés et le développement des véhicules au gaz permettent d'infléchir la courbe des émissions dans les scénarios verts, mais ne compensent pas suffisamment l'augmentation importante du parc mondial dans les deux autres scénarios.** Ceci traduit 2 effets opposés : forte croissance du parc automobile dans les pays émergents compensée en partie par les efforts réalisés sur l'efficacité des véhicules thermiques et l'introduction de véhicules à faibles émissions. Néanmoins ces progrès prennent du temps à se diffuser et à modifier la consommation d'un parc automobile qui ne se renouvelle que tous les 17 ans en moyenne. Il est donc normal que les efforts importants réalisés par les constructeurs dès 2000 ne portent leurs fruits que plusieurs années après.

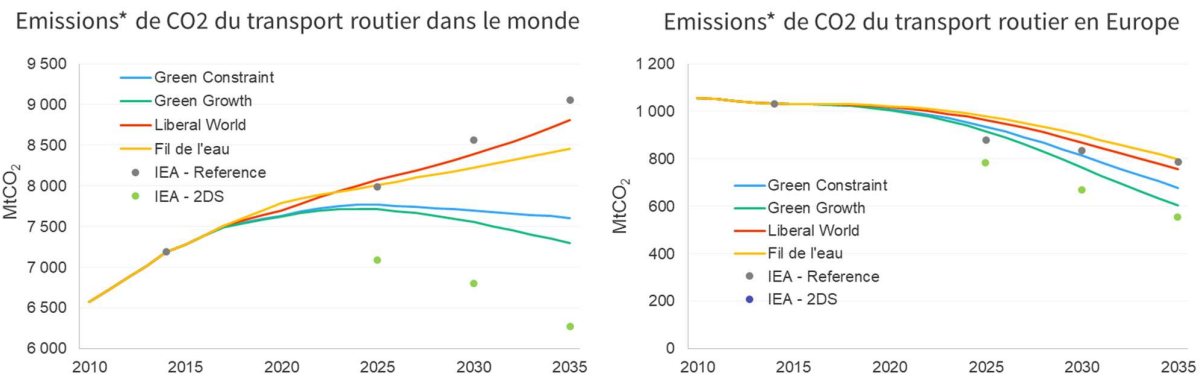


Figure 7: Emissions* de CO₂ du transport routier dans le monde et en Europe (* : excluant le bilan de production des véhicules)

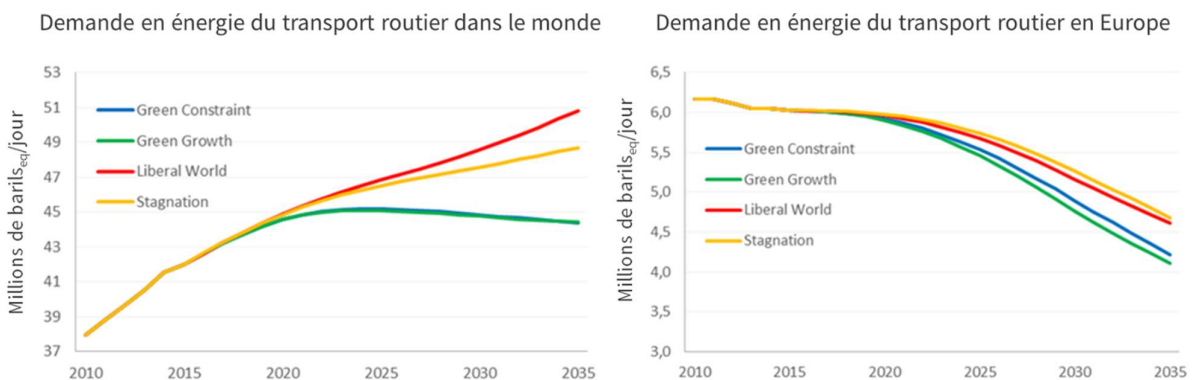


Figure 8: Demande en énergie du transport routier dans le monde et en Europe

Le constat sur les émissions mondiales de CO₂ est différencié par catégorie de véhicules (cf. Figure 9):

- Hausse des émissions pour les véhicules lourds (17-19% de croissance en 2035 par rapport à 2017) due à une demande de mobilité croissante,
- Dans les scénarios « verts », les émissions pour les véhicules légers (VL) diminuent (entre 8% pour Green Constraint et 13% pour Green Growth). Les émissions VL augmentent de 7% à 15% respectivement dans les scénarios Stagnation et Liberal World.

En Europe, les émissions de CO₂ émanant des transports routiers chutent dans les quatre scénarios étudiés (de -23% à -40% sur la période 2017-2035, cf. Figure 8). Sur cette zone, la maturité du parc de VL et le fort potentiel d'électrification des parcs VL et PL, permettent de largement compenser l'augmentation de la demande en mobilité issue des PL et donc une amélioration plus que notable des émissions du secteur du transport routier.

⁵ On exclut du bilan la production des véhicules

La différenciation des effets présentée dans les figures suivantes permet de comparer les postes de gains d'émissions de CO₂ entre deux années d'un même scénario ou entre deux scénarios pour une même année. On retrouve donc plus bas la contribution à l'évolution des émissions pour quatre types d'effets :

- Evolution du parc : Pour une même structure de parc de véhicules, on mesure l'effet du changement des volumes et des kilométrages
- Efficacité ICE et électrification : Pour un parc de même volume et de mêmes usages, on mesure l'effet combiné de l'amélioration des consommations unitaires des véhicules ainsi que du changement de mix par chaîne de traction.
- Incorporation de biocarburants : Pour une même demande en énergie, on mesure l'effet d'une plus ou moins grande incorporation de biocarburants
- Effet intensité carbone : Pour une même consommation de carburant, on mesure l'effet de l'évolution du contenu carbone de ceux-ci (e.g. décarbonation du mix énergétique liée à la production d'électricité)

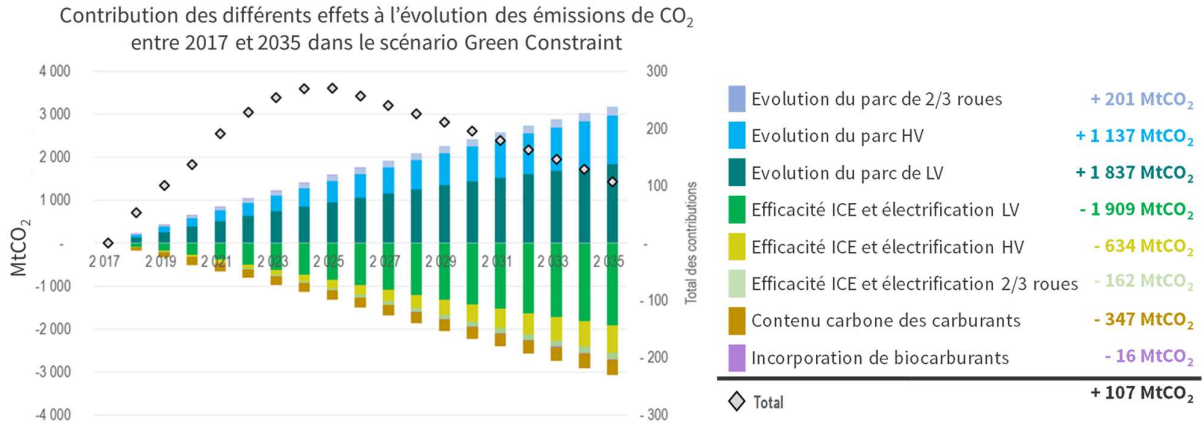


Figure 9 Contribution des différents effets sur les émissions de CO₂ liées au transport routier entre 2017 et 2035 dans le scénario **Green Constraint**

Les biocarburants (1G+2G) représentent 10% de la consommation mondiale de carburant en énergie en 2035, contre 6% en 2017 (cf. Annexe 10).

Ainsi, malgré la forte émergence d'une classe moyenne au sein de certains pays, tirant les volumes de parcs à la hausse, les efforts réalisés par l'ensemble de la chaîne de valeur pour les VL portent leurs fruits pour les deux scénarios « verts ». Les améliorations sensibles de la consommation des moteurs thermiques, couplées à l'évolution du mix powertrain du parc, contrebalancent la croissance du parc de véhicules légers (cf. Figure 10), ce qui n'est pas le cas pour les scénarios Liberal World et Stagnation.

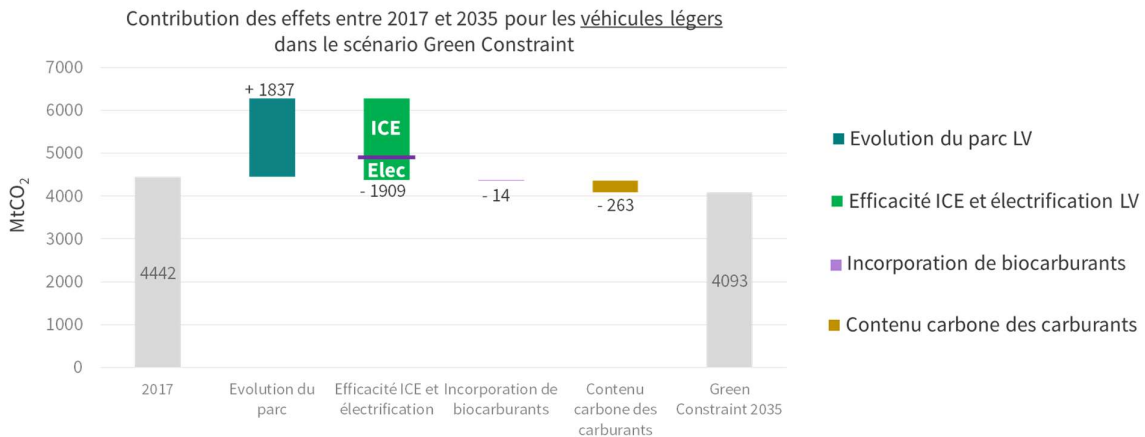


Figure 10 Contribution des différents effets sur les émissions de CO₂ pour les véhicules légers entre 2017 et 2035 dans le scénario **Green Constraint**

Ainsi, dans les zones OCDE où les parcs sont relativement stables, **l'électrification des véhicules et l'amélioration de l'efficacité des moteurs thermiques sont les principaux leviers de la réduction des émissions.**

Cela n'est pas le cas pour les véhicules lourds où les plus faibles progrès réalisés sur l'efficacité des véhicules neufs ne permettent pas de compenser la forte augmentation du parc (cf. Figure 11). En effet, à l'inverse du VL où les progrès technologiques permettent de réduire les émissions malgré la croissance du parc, les gains réalisés sur les PL ne permettent d'absorber qu'environ 56% de la croissance des émissions liée à l'augmentation du nombre de PL en circulation, et ce malgré une forte émergence de l'électrique sur certains segments de PL tels que les bus.

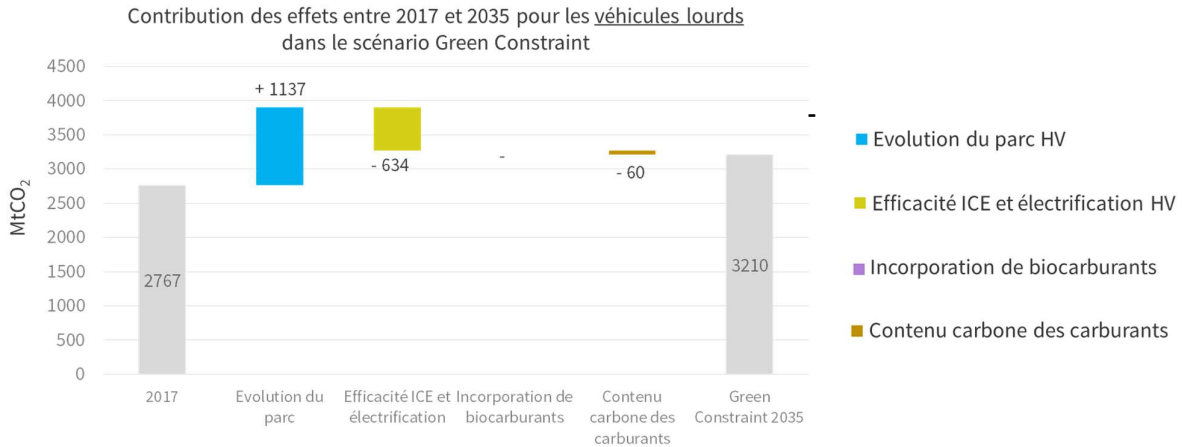


Figure 11 Contribution des différents effets sur les émissions de CO₂ pour les véhicules lourds entre 2017 et 2035 dans le scénario **Green Constraint**

Dans les pays en développement et émergents, l'augmentation du parc n'est pas compensée, mais au niveau mondial les gros efforts réalisés en Europe et en Amérique du Nord permettent d'infléchir la courbe des émissions globales dès lors que la dynamique de croissance du parc VL s'estompe en Chine (cf. Figure 12) dans les deux scénarios « verts ». Les réductions des émissions sont localisées dans les pays de l'OCDE qui représentent aujourd'hui 49% des émissions totales. L'augmentation du parc permise par la croissance économique dans les pays émergents est la source de l'augmentation des émissions entre 2017 et 2035. Ceux-ci seront les sources de près de 60% des émissions globales de CO₂ en 2035.

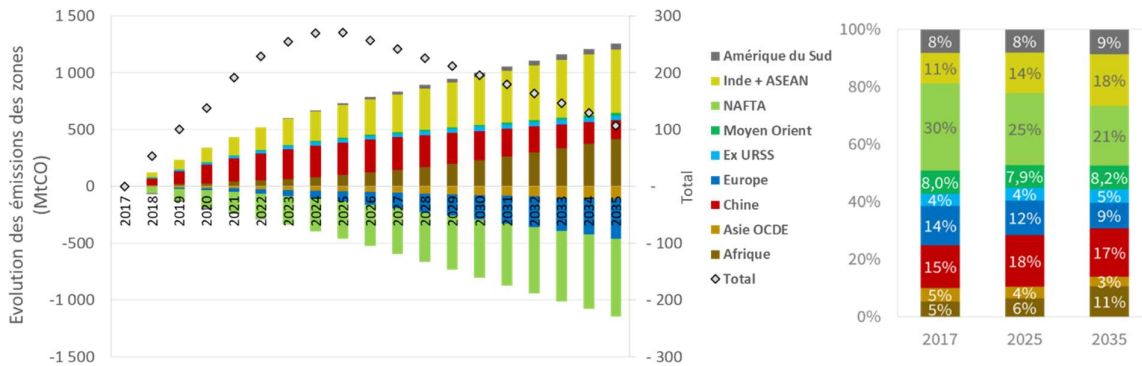


Figure 12 Evolution des émissions de CO₂ liées au transport routier par zone entre 2017 et 2035, et part de la zone dans les émissions de CO₂ dans le scénario **Green Constraint**

Evolution des émissions de CO₂ à horizon 2035

Comme le montre la partie précédente, améliorer l'efficacité énergétique des moteurs et promouvoir les chaînes de tractions électrifiées sont parmi les principales mesures pour réduire les émissions de CO₂ liées au transport. Cette dynamique a été mise en place pour les véhicules légers. Pour les poids lourds, les bus de ville, par exemple, connaissent également une évolution importante du mix powertrain dans les ventes s'orientant vers le tout électrique dans le monde.

On peut aussi mesurer les effets de politiques mises en place à moyen terme pour réduire les émissions de CO₂ en comparant deux scénarios à croissance égale, un « vert » et un non « vert ». Dans les deux scénarios l'impact des efforts des constructeurs pour réduire la consommation des moteurs thermiques est le même, et seul le taux d'électrification change les résultats de façon importante sur la période 2017 – 2035.

La décarbonation des sources d'énergie alternatives (biocarburant, électricité, biométhane et hydrogène), le développement de nouvelles offres de mobilité (e.g. auto partage, covoiturage), et les mesures de restrictions d'accès sont en 2035 beaucoup plus efficaces pour infléchir la courbe des émissions que le durcissement des normes d'émissions CO₂ (cf. Figure 13).

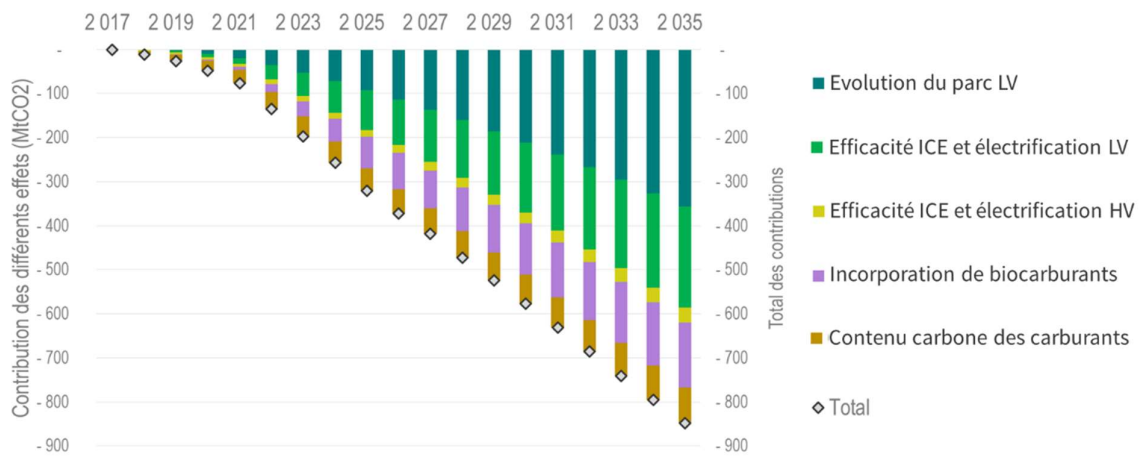


Figure 13 Contribution des différents effets à la baisse des émissions de CO₂ liées au transport routier entre 2017 et 2035 entre les scénarios **Green Constraint** et **Stagnation**

32% de l'écart des émissions des véhicules légers entre le scénario Stagnation et le scénario Green Constraint, soit une différence de 229 tonnes, provient des différences de pénétration de véhicules plus efficaces (faible hybridation) et fortement électrifiés (cf. Figure 14).

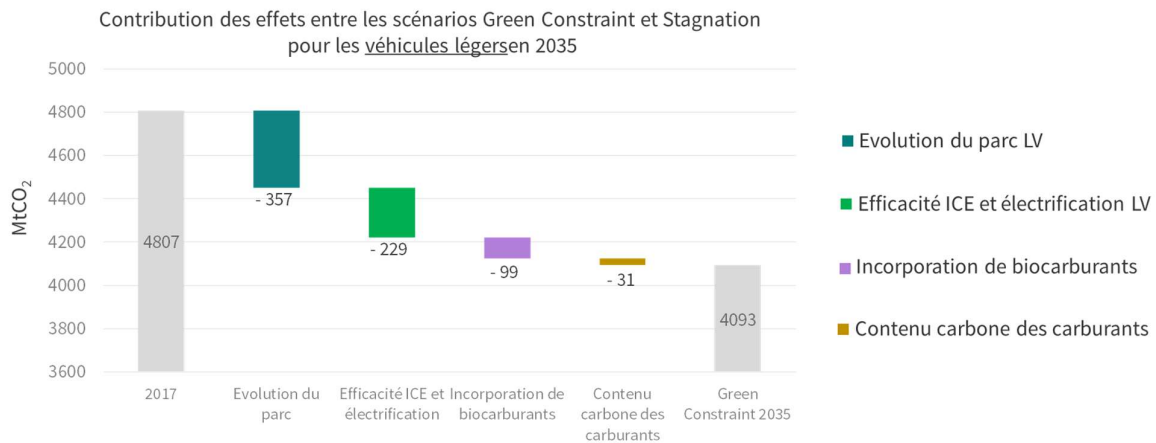


Figure 14 Comparaison des émissions de CO₂ du transport routier des scénarios **Green Constraint** et **Stagnation** en 2035, par type d'effets.

Les technologies électrifiées seront les principales contributrices de la réduction des émissions de CO₂ dans la période 2030-2040. Ces technologies n'ont des parts de marché suffisamment élevées que dans les scénarios où des leviers incitatifs sont maintenus ou mis en place entre 2020 et 2030. De plus, la mise en place de normes CAFE très sévères après 2025 rendrait l'atteinte de ces cibles très dépendante du développement à court et moyen terme de l'infrastructure de recharge adéquate pour que le marché accepte rapidement et à grande échelle les véhicules à très faibles émissions. Ceci supposerait également des percées significatives en termes de recherche et développement concernant les technologies de batterie afin de rendre l'électrification accessible économiquement (hypothèse du scénario « Green Growth » pour lequel les CAFE sont les plus faibles en 2035, cf. Figure 15).

Emissions moyennes des ventes de VP obtenues dans chacun des scénarios en 2030 et 2035

Zone	Année	Liberal World	Green Growth	Stagnation	Green Constraint	Unité
Europe	2017	118				gCO ₂ /km, NEDC
	2021 (cible)	95				
	2030	81 / -15%	61 / -36%	89 / -6%	72 / -25%	gCO ₂ /km, NEDC / Evolution par rapport à la cible 2021 en %
	2035	75 / -21%	53 / -44%	83 / -13%	62 / -35%	

Figure 15 CAFE obtenu dans chacun des scénarios pour la zone Europe (NEDC, gCO₂/km)

Conclusions de l'étude

1. L'inflexion de la courbe des émissions de CO₂ du secteur des transports routiers au niveau mondial est permise d'une part, par la progression de l'électrification des chaînes de traction des véhicules légers (VL), et d'autre part par le ralentissement attendu de la dynamique de croissance du parc VL en Chine. Ces deux effets combinés permettront, après 2023, de compenser l'effet de l'augmentation importante des parcs de VL et de Poids Lourds (PL) au niveau mondial.
2. Sur la période 2017-2035, l'Europe et l'Amérique du nord concentrent 90% de la réduction des émissions de CO₂, l'Afrique et l'Asie l'essentiel de l'augmentation.
3. Les technologies électrifiées seront les principales contributrices de la réduction des émissions de CO₂ après 2025. Ces technologies n'ont des parts de marché suffisamment élevées que dans les scénarios où des leviers incitatifs sont maintenus ou mis en place entre 2020 et 2035.
4. La décarbonation des sources d'énergie alternatives (biocarburant, électricité, biométhane et hydrogène), le développement de nouvelles offres de mobilité (car-sharing, ride-sharing), les mesures de restrictions d'accès, et l'arrêt progressif de la vente de véhicules 100% thermique en Europe sont en 2035 beaucoup plus efficaces pour infléchir la courbe des émissions que le durcissement des normes d'émissions CO₂.
5. En 2030 et 2035, la part de l'électro mobilité des véhicules légers est estimée à respectivement 17% et 20 % de BEV et PHEV au niveau mondial (dont 7% et 8% de PHEV) et à 29% et 35% en Europe (dont 9% et 10% de PHEV en 2030 et 2035).

Annexes

Annexe 1 : Segmentation véhicules prise en compte dans l'étude

Véhicules légers : 11 segments de véhicules

Véhicules Particuliers 7 segments	Big SUV	SUV de segment D et E (ex : VW Touareg)
	Compact SUV	SUV de segment B et C (ex : Peugeot 2008, Renault Kadjar)
	Luxury Car	Véhicules haut de gamme (ex : BMW Serie-5, Audi A8)
	Large Car	Berlines ou MPV de segment D et E (ex : Renault Espace, Peugeot 508)
	Medium Car	Berlines ou MPV de segment C (ex : Renault Megane, Peugeot 308)
	Small Car	Berlines ou MPV de segment B (ex : Renault Clio, Peugeot 208)
	Extra Small Car	Berlines ou MPV de segment A (ex : Renault Twingo, Peugeot 108)
Véhicules utilitaires légers 4 segments	Minivans	VUL « low-cost » développés pour les marchés émergents (ex : Wuling Hongguang)
	Commercial Vehicle	VUL du segment C (ex: Renault Kangoo, Peugeot Partner)
	Medium Van	Vans de masse inférieure à 3.5 tonnes (ex : Renault Traffic, Peugeot Boxer)
	Heavy Van	Vans de masse comprise entre 3.5 tonnes et 5 tonnes (ex : Renault Master, Peugeot Boxer)

Véhicules lourds : 30 segments de véhicules

6 usages : Construction, Fret Longue Distance, Livraisons Régionales, Livraisons Urbaines, Bus, Cars.

x

5 Catégorie de Tonnage/Puissance : <125kW, <225kw, <325kW, <425kW, >425kW

Usage & Tonnage /Puissance	<125kW	<225kW	<325kW	<425kW	> 425kW
Construction					
Fret longue distance					
Livraisons régionales					
Livraisons urbaines					
Bus					
Car					

Annexe 2 : Répartition des ventes de véhicules légers neufs, par mode de chaîne de traction dans le scénario Green Constraint

VL	Monde					Europe					Chine					USA				
	2017	2020	2025	2030	2035	2017	2020	2025	2030	2035	2017	2020	2025	2030	2035	2017	2020	2025	2030	2035
Gasoline	76,3	65,2	44,7	35,7	35,8	45,6	47,0	35,6	3,0	0,0	87,4	71,0	42,1	32,4	29,9	91,4	69,4	39,4	27,0	22,8
Gasoline Mild (12V)	0,5	8,7	19,5	21,9	20,1	0,0	6,0	17,7	31,5	28,8	1,8	10,7	21,8	22,8	20,9	0,0	10,3	24,3	24,1	20,8
Gasoline Mild (48V)	0,2	4,8	11,1	12,6	11,5	0,0	2,9	9,6	17,9	17,2	0,8	5,4	12,7	14,9	14,8	0,0	8,3	20,5	21,6	19,4
Gasoline Full	2,1	1,5	1,8	1,9	2,0	2,3	1,2	1,0	1,2	1,2	0,0	0,4	0,8	1,0	1,1	3,2	2,7	3,9	4,9	5,0
Gasoline PHEV	0,4	1,8	4,0	5,8	6,7	0,6	2,6	4,4	8,0	9,2	0,2	1,6	5,1	6,7	8,1	1,0	3,0	4,9	11,1	16,0
Gasoline EREV	0,2	0,4	0,7	0,9	1,1	0,1	0,3	0,5	0,7	0,8	0,2	0,4	1,3	1,9	2,1	0,5	0,9	0,8	1,6	2,5
Diesel	17,2	11,5	4,9	2,9	2,5	49,8	32,9	11,6	0,7	0,0	8,0	6,0	1,7	1,0	0,8	1,6	1,2	1,4	1,6	1,4
Diesel Mild (48V)	0,1	0,9	1,8	2,0	1,6	0,0	2,0	4,1	5,4	4,4	0,2	0,8	1,1	0,9	0,8	0,0	0,2	1,0	1,5	1,4
Diesel PHEV	0,2	0,5	0,9	1,1	1,0	0,1	0,4	0,7	1,1	1,0	0,2	0,7	1,3	1,7	1,4	0,2	0,4	0,7	1,3	1,7
CNG	1,2	1,5	2,3	3,4	4,0	0,5	0,9	4,3	9,4	11,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,5	0,4	0,4	0,4
LPG	0,9	1,0	1,2	1,5	1,7	0,6	0,9	1,1	1,2	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,3	0,2	0,2	0,1
EV Low Range	0,6	1,9	5,3	7,8	9,1	0,5	2,6	8,2	16,6	19,5	1,2	2,1	8,1	12,1	15,1	0,9	2,7	2,2	3,5	5,9
EV High Range	0,0	0,3	1,7	2,4	2,8	0,0	0,2	1,3	3,5	4,9	0,0	0,8	4,0	4,6	5,0	0,0	0,1	0,5	1,2	2,4
Fuel Cell	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1

VL	Japon					Inde					Brésil					Russie				
	2017	2020	2025	2030	2035	2017	2020	2025	2030	2035	2017	2020	2025	2030	2035	2017	2020	2025	2030	2035
Gasoline	65,1	57,6	32,9	23,5	19,8	51,0	56,8	50,7	51,0	50,7	96,2	82,5	72,9	67,6	68,5	85,6	67,6	44,6	40,4	42,2
Gasoline Mild (12V)	0,0	6,6	15,8	19,7	16,2	0,0	6,3	18,2	18,8	18,7	0,0	9,9	14,8	13,9	13,6	0,0	9,7	23,7	26,5	26,9
Gasoline Mild (48V)	0,0	4,5	13,3	13,7	11,7	0,0	0,8	2,3	2,7	2,6	0,0	2,6	4,2	4,3	3,8	0,0	4,4	9,6	10,6	10,5
Gasoline Full	18,9	11,0	6,3	4,4	4,2	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,4	0,4	0,7	0,8	0,7	0,4	0,5	1,3	1,7	1,9
Gasoline PHEV	0,6	1,8	4,1	5,0	5,8	0,0	1,0	3,4	3,1	2,7	0,1	1,0	2,1	2,9	2,7	0,3	0,9	2,2	2,9	3,2
Gasoline EREV	0,1	0,3	0,8	0,8	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,3	0,3	0,1	0,2	0,4	0,5	0,6
Diesel	13,9	10,3	5,5	4,4	3,6	43,1	23,3	7,3	4,4	3,2	2,2	2,1	1,4	1,2	1,2	12,1	12,8	9,7	7,8	6,3
Diesel Mild (48V)	0,0	1,0	3,2	3,8	3,3	0,0	0,8	1,5	1,5	1,1	0,0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,0	1,5	3,7	3,7	2,9
Diesel PHEV	0,2	0,4	0,7	1,0	1,0	0,0	0,6	1,6	1,5	1,3	0,0	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,6	0,7	0,5
CNG	0,5	1,2	1,6	2,3	1,7	5,2	7,6	7,3	8,1	8,7	0,5	0,4	0,4	0,4	0,2	0,7	0,5	0,2	0,1	0,1
LPG	0,6	0,9	1,1	1,2	1,2	0,5	0,8	1,0	1,4	1,9	0,5	0,5	0,5	0,4	0,8	0,6	0,4	0,4	0,4	0,4
EV Low Range	0,2	3,8	12,1	15,0	20,8	0,0	1,9	5,7	6,0	7,3	0,0	0,3	2,2	6,9	6,8	0,0	1,1	2,8	3,4	3,4
EV High Range	0,0	0,5	2,6	5,1	9,1	0,0	0,1	0,9	1,4	1,8	0,0	0,0	0,3	1,0	1,0	0,0	0,2	0,9	1,2	1,2
Fuel Cell	0,0	0,2	0,0	0,1	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Annexe 3 : Répartition des ventes de véhicules particuliers neufs, par mode de chaîne de traction dans le scénario Green Constraint

VP	Monde					Europe					Chine					USA				
	2017	2020	2025	2030	2035	2017	2020	2025	2030	2035	2017	2020	2025	2030	2035	2017	2020	2025	2030	2035
Gasoline	79,9	68,5	47,4	37,8	33,8	50,7	51,3	37,9	3,2	0,0	94,8	77,1	46,3	35,6	32,5	92,7	70,3	39,8	27,3	23,1
Gasoline Mild (12V)	0,5	8,9	20,3	22,9	20,9	0,0	6,3	18,4	33,0	30,2	1,9	11,6	23,8	24,8	22,6	0,0	10,3	24,4	24,3	21,0
Gasoline Mild (48V)	0,2	5,0	11,7	13,1	11,9	0,0	3,1	10,0	18,9	18,1	0,9	6,0	14,1	16,3	15,9	0,0	8,3	20,5	21,7	19,6
Gasoline Full	2,4	1,7	1,9	2,0	2,0	2,6	1,4	1,1	1,3	1,4	0,0	0,4	0,9	1,1	1,2	3,2	2,7	3,8	4,8	5,0
Gasoline PHEV	0,5	1,7	3,9	5,8	6,7	0,6	2,6	4,5	8,2	9,5	0,3	1,4	5,0	7,0	8,5	1,0	3,0	4,8	11,1	16,0
Gasoline EREV	0,2	0,4	0,7	1,0	1,2	0,1	0,4	0,6	0,8	0,9	0,2	0,6	1,6	2,2	2,4	0,5	0,9	0,8	1,7	2,6
Diesel	13,3	8,5	3,9	2,4	2,1	44,2	28,3	9,6	0,6	0,0	0,4	0,5	0,6	0,5	0,5	0,2	0,5	1,2	1,4	1,3
Diesel Mild (48V)	0,0	0,5	1,3	1,6	1,2	0,0	1,6	3,2	4,2	3,4	0,0	0,1	0,3	0,4	0,4	0,0	0,1	0,8	1,4	1,3
Diesel PHEV	0,1	0,1	0,3	0,4	0,4	0,1	0,2	0,3	0,4	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,3	0,7	1,2	1,6
CNG	1,4	1,7	2,5	3,6	4,1	0,6	1,0	4,4	9,2	11,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,5	0,4	0,4	0,4
LPG	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	0,7	1,0	1,2	1,3	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,3	0,2	0,2	0,1
EV Low Range	0,7	1,8	4,3	6,6	8,0	0,5	2,6	7,9	16,3	19,4	1,5	2,3	6,6	10,3	13,5	1,0	2,7	2,1	3,4	5,6
EV High Range	0,0	0,1	0,6	1,3	1,9	0,0	0,2	0,9	2,8	4,0	0,0	0,1	0,8	1,8	2,5	0,0	0,1	0,5	1,2	2,3
Fuel Cell	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1

VP	Japon					Inde					Brésil					Russie				
	2017	2020	2025	2030	2035	2017	2020	2025	2030	2035	2017	2020	2025	2030	2035	2017	2020	2025	2030	2035
Gasoline	62,1	57,8	35,0	25,3	21,3	50,3	59,2	55,7	56,3	56,1	98,4	84,8	74,7	69,3	70,5	86,9	71,0	47,4	42,7	43,7
Gasoline Mild (12V)	0,0	6,5	16,3	21,0	17,2	0,0	6,3	18,8	19,4	19,5	0,0	10,0	15,0	14,2	13,9	0,0	9,5	24,7	27,6	27,5
Gasoline Mild (48V)	0,0	4,2	13,7	14,4	12,2	0,0	0,6	2,1	2,5	2,4	0,0	2,6	4,1	4,2	3,7	0,0	3,9	9,5	10,7	10,5
Gasoline Full	21,3	12,6	6,9	4,6	4,3	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,4	0,4	0,7	0,8	0,7	0,4	0,5	1,1	1,5	1,7
Gasoline PHEV	0,5	1,7	4,1	4,8	5,6	0,0	0,7	2,6	2,4	1,8	0,1	1,0	2,0	2,8	2,6	0,2	0,9	2,0	2,6	3,0
Gasoline EREV	0,1	0,4	0,9	0,9	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,3	0,3	0,1	0,2	0,4	0,6	0,6
Diesel	14,6	10,8	5,1	3,7	3,1	42,9	22,0	6,5	3,5	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,9	11,4	9,1	7,5	6,2
Diesel Mild (48V)	0,0	0,9	2,9	3,3	2,8	0,0	0,6	1,2	1,2	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	3,1	3,3	2,7
Diesel PHEV	0,1	0,2	0,4	0,5	0,5	0,0	0,3	1,0	0,8	0,6	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,3
CNG	0,6	1,4	1,9	2,7	2,0	6,2	8,9	8,7	9,5	10,2	0,5	0,4	0,4	0,4	0,2	0,7	0,5	0,2	0,1	0,1
LPG	0,6	0,9	1,2	1,3	1,4	0,5	0,8	1,1	1,6	2,1	0,5	0,5	0,5	0,4	0,8	0,6	0,4	0,4	0,4	0,4
EV Low Range	0,2	2,2	9,8	13,4	19,8	0,0	0,4	1,8	2,1	3,0	0,0	0,2	2,1	6,6	6,4	0,0	0,4	1,3	2,1	2,6
EV High Range	0,0	0,2	1,7	4,2	8,0	0,0	0,0	0,3	0,6	0,8	0,0	0,0	0,3	0,9	0,8	0,0	0,1	0,3	0,6	0,8
Fuel Cell	0,0	0,0	0,0	0,1	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Annexe 4 : Répartition des ventes de véhicules utilitaires légers neufs, par mode de chaîne de traction dans le scénario Green Constraint

VUL	Monde					Europe					Chine					USA				
	2017	2020	2025	2030	2035	2017	2020	2025	2030	2035	2017	2020	2025	2030	2035	2017	2020	2025	2030	2035
%																				
Gasoline	49,3	42,0	24,7	18,6	18,3	8,5	14,6	18,6	2,0	0,0	56,4	46,7	21,7	13,7	11,4	36,8	33,2	23,0	15,5	11,7
Gasoline Mild (12V)	0,6	7,3	13,2	14,2	13,3	0,0	3,3	12,1	20,	18,0	1,4	7,1	11,9	10,1	8,7	0,0	11,3	18,8	16,2	12,5
Gasoline Mild (48V)	0,2	3,8	7,3	8,3	8,2	0,0	1,7	6,4	10,9	10,3	0,5	2,8	5,7	6,3	6,4	0,0	10,9	19,3	17,8	14,2
Gasoline Full	0,1	0,4	1,1	1,5	1,7	0,0	0,1	0,2	0,3	0,3	0,0	0,2	0,4	0,4	0,4	0,8	2,0	5,5	7,7	7,1
Gasoline PHEV	0,3	2,4	4,9	5,9	6,8	0,5	2,4	4,0	6,7	7,5	0,0	2,6	5,4	4,9	5,4	0,9	4,1	6,2	12,0	15,9
Gasoline EREV	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Diesel	47,0	31,9	12,3	6,8	6,2	90,1	67,3	26,0	1,6	0,0	39,5	28,2	7,3	3,6	3,2	59,7	30,6	11,1	6,4	5,1
Diesel Mild (48V)	0,5	3,7	5,8	5,9	4,9	0,0	4,9	10,4	14,	11,6	1,1	3,9	5,0	3,9	3,4	0,0	3,7	7,1	7,0	6,0
Diesel PHEV	0,9	2,7	5,2	6,8	6,2	0,4	2,1	4,1	6,1	6,1	1,0	3,5	7,8	11,9	11,7	0,8	2,1	3,0	4,8	6,4
CNG	0,2	0,3	1,1	2,5	3,1	0,0	0,3	3,2	10,6	14,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6
LPG	0,7	0,8	1,1	1,4	1,7	0,1	0,2	0,4	0,6	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,4	0,3	0,2	0,2
EV Low Range	0,1	2,8	13,2	17,3	18,7	0,3	2,5	10,7	18,6	20,3	0,0	1,5	15,4	22,9	26,3	0,0	1,2	4,4	9,3	15,1
EV High Range	0,0	2,0	10,1	10,9	10,9	0,0	0,4	3,9	8,6	10,8	0,0	3,5	19,4	21,8	23,0	0,0	0,1	0,8	2,6	5,2
Fuel Cell	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1

VUL	Japon					Inde					Brésil					Russie				
	2017	2020	2025	2030	2035	2017	2020	2025	2030	2035	2017	2020	2025	2030	2035	2017	2020	2025	2030	2035
%																				
Gasoline	88,1	56,2	20,1	12,3	10,1	54,4	44,8	24,8	23,5	21,6	31,2	30,7	32,8	30,2	28,9	66,5	40,6	19,7	15,9	16,3
Gasoline Mild (12V)	0,0	7,4	12,9	11,7	9,7	0,0	6,6	14,9	15,7	14,5	0,0	8,1	8,9	8,2	7,6	0,0	10,9	15,6	15,3	15,5
Gasoline Mild (48V)	0,0	6,2	10,5	9,2	8,2	0,0	1,4	3,1	3,5	3,3	0,0	4,4	5,1	5,1	4,9	0,0	7,9	10,6	10,5	10,8
Gasoline Full	0,7	1,6	2,4	3,2	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,6	0,7	2,7	4,2	4,8
Gasoline PHEV	0,8	2,2	4,1	6,3	7,4	0,0	2,4	7,4	6,9	7,3	0,4	1,0	3,2	5,0	5,5	0,7	0,9	3,6	6,2	7,2
Gasoline EREV	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Diesel	8,5	7,3	7,7	8,9	7,0	44,1	29,9	11,6	9,0	6,9	67,2	49,0	34,0	25,9	24,4	29,6	23,6	14,5	10,7	8,5
Diesel Mild (48V)	0,0	1,6	4,9	7,3	6,3	0,0	1,5	3,0	3,2	2,7	0,0	3,6	4,5	4,4	4,3	0,0	5,1	8,7	8,0	6,4
Diesel PHEV	0,9	1,6	2,6	4,0	4,2	0,0	1,8	5,1	4,8	4,9	0,4	0,9	2,4	3,3	3,5	0,7	0,9	3,0	4,2	4,0
CNG	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,9	0,6	0,5	0,4	0,4	0,6	0,8	0,7	0,6	1,3	0,5	0,1	0,0	0,0
LPG	0,6	0,6	0,3	0,2	0,3	0,5	0,5	0,4	0,6	0,7	0,3	0,5	0,7	0,7	0,8	0,6	0,3	0,2	0,2	0,2
EV Low Range	0,4	13,2	26,6	25,6	27,4	0,2	9,6	25,4	26,5	30,1	0,0	1,0	5,9	13,0	14,7	0,0	7,2	15,7	17,1	17,6
EV High Range	0,0	2,2	7,9	11,1	16,2	0,0	0,7	3,7	5,9	7,6	0,0	0,2	1,7	3,4	4,7	0,0	1,4	5,6	7,7	8,6
Fuel Cell	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Annexe 5 : Répartition des ventes de véhicules légers neufs par mode de chaîne de traction en 2030 et 2035 dans les 4 scénarios

VL %	Monde 2030				Monde 2035			
	Liberal World	Stagnation	Green Growth	Green Constraint	Liberal World	Stagnation	Green Growth	Green Constraint
Gasoline	34,3	39,2	28,5	35,7	33,5	40,1	28,6	35,8
Gasoline Mild (12V)	22,2	25,2	16,4	21,9	20,1	24,2	14,9	20,1
Gasoline Mild (48V)	13,9	14,3	10,1	12,6	12,9	13,8	8,9	11,5
Gasoline Full	2,2	2,0	1,9	1,9	2,3	2,2	1,7	2,0
Gasoline PHEV	5,8	3,5	8,6	5,8	7,3	3,9	9,1	6,7
Gasoline EREV	0,8	0,4	1,8	0,9	1,0	0,4	1,9	1,1
Diesel	3,5	3,4	2,7	2,9	3,6	3,0	2,6	2,5
Diesel Mild (48V)	2,6	2,6	1,7	2,0	2,4	2,2	1,4	1,6
Diesel PHEV	1,3	0,9	1,3	1,1	1,4	0,8	1,2	1,0
CNG	4,0	2,6	4,6	3,4	4,2	2,8	4,6	4,0
LPG	1,9	1,3	1,9	1,5	2,1	1,4	1,9	1,7
EV Low Range	5,7	3,3	13,5	7,8	7,0	4,0	15,5	9,1
EV High Range	1,7	0,9	5,4	2,4	2,2	1,0	7,5	2,8
Fuel Cell	0,0	0,0	0,2	0,0	0,1	0,0	0,2	0,1

Annexe 6 : Répartition des ventes de véhicules légers neufs par mode de chaîne de traction en France

%	France - VUL					France - VP					France - VL				
	2017	2020	2025	2030	2035	2017	2020	2025	2030	2035	2017	2020	2025	2030	2035
Gasoline	5,3	13,3	18,1	1,9	0,0	44,3	37,4	23,3	1,4	0,0	38,8	34,0	22,6	1,5	0,0
Gasoline Mild (12V)	0,0	3,3	13,5	21,6	18,9	0,0	4,8	11,8	19,8	17,1	0,0	4,6	12,0	20,1	17,3
Gasoline Mild (48V)	0,0	1,5	6,8	11,5	11,0	0,0	2,3	7,5	13,8	12,6	0,0	2,2	7,4	13,5	12,3
Gasoline Full	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	2,7	1,4	0,8	0,6	0,5	2,3	1,2	0,7	0,5	0,5
Gasoline PHEV	0,4	1,6	3,4	5,9	7,3	0,8	5,0	11,8	18,5	20,7	0,8	4,5	10,6	16,8	18,8
Gasoline EREV	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,7	1,2	1,1	1,0	0,1	0,6	1,0	1,0	0,9
Diesel	92,6	71,1	26,0	1,3	0,0	49,9	38,7	17,3	0,7	0,0	55,9	43,2	18,5	0,7	0,0
Diesel Mild (48V)	0,0	4,5	11,2	13,2	9,8	0,0	2,3	4,9	5,6	3,9	0,0	2,6	5,8	6,6	4,8
Diesel PHEV	0,4	1,5	4,0	5,6	5,8	0,1	0,2	0,4	0,4	0,3	0,1	0,4	0,9	1,1	1,1
CNG	0,0	0,2	2,7	9,8	13,1	0,2	0,6	3,5	8,3	9,7	0,2	0,5	3,4	8,5	10,2
LPG	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
EV Low Range	1,3	2,5	10,5	20,1	22,0	1,8	6,4	16,0	26,3	29,2	1,8	5,8	15,2	25,4	28,2
EV High Range	0,0	0,5	3,7	9,0	11,9	0,0	0,3	1,6	3,4	4,6	0,0	0,4	1,9	4,2	5,6

Annexe 7 : Répartition des ventes des PL neufs, par mode de chaîne de traction dans le scénario Green Constraint

PL	Monde					Europe					Chine					USA				
	2017	2020	2025	2030	2035	2017	2020	2025	2030	2035	2017	2020	2025	2030	2035	2017	2020	2025	2030	2035
%	99,9	99,0	95,3	87,2	83,1	99,3	91,5	67,2	5,9	0,0	99,3	91,5	67,2	5,9	0,0	99,9	99,7	96,4	84,6	74,2
Diesel	99,9	99,0	95,3	87,2	83,1	99,3	91,5	67,2	5,9	0,0	99,3	91,5	67,2	5,9	0,0	99,9	99,7	96,4	84,6	74,2
Diesel Full Hybrid Series	0,0	0,0	0,3	0,7	0,8	0,0	0,1	0,6	1,7	2,3	0,0	0,1	0,6	1,7	2,3	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
Diesel Full Hybrid Parallel	0,0	0,2	0,8	4,9	4,6	0,0	1,4	5,7	49,1	48,9	0,0	1,4	5,7	49,1	48,9	0,0	0,0	0,4	0,8	1,1
Diesel Plug-in Hybrid Parallel	0,0	0,0	0,1	0,3	0,4	0,0	0,1	0,8	2,2	3,2	0,0	0,1	0,8	2,2	3,2	0,0	0,0	0,0	0,2	0,3
CNG	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,3	0,7	1,5	0,0	0,0	0,3	0,7	1,5	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
LNG	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,0	0,0	0,3	0,8	1,9	0,0	0,0	0,3	0,8	1,9	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1
BEV	0,1	0,8	3,4	6,8	10,7	0,6	6,9	25,2	39,6	42,1	0,6	6,9	25,2	39,6	42,1	0,0	0,2	3,1	14,2	24,0
Fuel Cell	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

PL	Japon					Inde					Brésil					Russie				
	2017	2020	2025	2030	2035	2017	2020	2025	2030	2035	2017	2020	2025	2030	2035	2017	2020	2025	2030	2035
%	100,0	99,8	96,8	91,2	87,0	100,0	100,0	99,6	97,3	91,5	100,0	100,0	99,9	98,8	96,3	100,0	99,8	99,1	96,0	91,0
Diesel	100,0	99,8	96,8	91,2	87,0	100,0	100,0	99,6	97,3	91,5	100,0	100,0	99,9	98,8	96,3	100,0	99,8	99,1	96,0	91,0
Diesel Full Hybrid Series	0,0	0,0	1,2	3,1	3,8	0,0	0,0	0,1	0,9	2,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	0,0	0,0	0,0	0,2	0,3
Diesel Full Hybrid Parallel	0,0	0,1	1,4	3,2	3,8	0,0	0,0	0,0	0,2	0,3	0,0	0,0	0,1	0,4	1,1	0,0	0,0	0,0	0,2	0,4
Diesel Plug-in Hybrid Parallel	0,0	0,0	0,1	0,2	0,4	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CNG	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1
LNG	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,4	0,6	0,7
BEV	0,0	0,0	0,5	2,3	5,1	0,0	0,0	0,2	1,6	6,0	0,0	0,0	0,1	0,6	2,4	0,0	0,0	0,4	2,8	7,5
Fuel Cell	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Annexe 8 : Répartition des ventes de PL neufs par mode de chaîne de traction en 2030 et 2035 dans les 4 scénarios

PL	Monde 2030				Monde 2035			
	Liberal World	Stagnation	Green Growth	Green Constraint	Liberal World	Stagnation	Green Growth	Green Constraint
%								
Diesel	87,9	90,1	79,2	87,2	82,5	88,6	66,2	83,1
Diesel Full Hybrid Series	0,7	0,5	0,9	0,7	0,9	0,7	1,1	0,8
Diesel Full Hybrid Parallel	4,4	5,4	3,8	4,9	3,3	5,0	2,4	4,6
Diesel Plug-in Hybrid Parallel	0,3	0,2	0,3	0,3	0,4	0,3	0,5	0,4
CNG	0,5	0,0	1,1	0,1	1,1	0,0	2,1	0,1
LNG	0,2	0,0	0,4	0,1	0,5	0,1	0,7	0,2
BEV	5,9	3,7	14,4	6,8	11,1	5,3	26,6	10,7
Fuel Cell	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,4	0,0

Annexe 9 : Répartition des ventes de véhicules légers neufs Fuel Cell selon les prix de l'hydrogène à la pompe

A partir du scénario Green Constraint, différents prix du kg d'hydrogène à la pompe, atteints dans le modèle en 2030, ont été testés :

- Green Constraint – Scénario de référence
- « GC 7€ » - Green Constraint – 7 euros/kg(H₂)
- « GC 6€ » - Green Constraint – 6 euros/kg(H₂)
- « GC 5€ » - Green Constraint – 5 euros/kg(H₂)
- « GC 4€ » - Green Constraint – 4 euros/kg(H₂)

VL	Monde		Europe		Chine		NAFTA		Japon + Corée du Sud	
	2030	2035	2030	2035	2030	2035	2030	2035	2030	2035
%										
Green Constraint	<0,1	0,1	<0,1	0,2	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	0,4
GC 7€	<0,1	0,3	0,1	1,0	<0,1	0,1	<0,1	0,1	0,1	1,0
GC 6€	0,1	0,5	0,2	2,0	<0,1	0,1	<0,1	0,2	0,1	1,7
GC 5€	0,2	1,1	0,6	4,7	<0,1	0,3	<0,1	0,7	0,3	3,6
GC 4€	0,2	1,8	1,0	6,9	0,1	0,7	0,1	1,2	0,5	5,2

Annexe 10 : Mix powertrain européens optimaux pour atteindre différentes cibles CAFE en 2030 à partir du scénario Green Constraint

A partir des prévisions du scénario Green Constraint, une méthodologie a été développée pour évaluer les mix permettant d'atteindre de manière optimale des cibles d'émissions moyennes plus contraignantes en 2030. Cette optimalité est définie en calculant étape par étape la stratégie du marché qui permet la plus grande baisse des émissions moyennes de CO₂ avec le moins de différence de coût par rapport au cas de base du scénario de référence (ici le scénario Green Constraint).

Powertrain	Parts de marché (VP)					
	2021	2030 – Green Constraint	2030 – Target -30%	2030 – Target -35%	2030 – Target -40%	2030 – Target -45%
Gasoline	50,1%	3,2%	3,0%	2,7%	2,5%	2,2%
Gasoline Mild (12V)	8,9%	33,0%	29,4%	26,4%	23,4%	20,5%
Gasoline Mild (48V)	4,4%	18,9%	17,5%	16,1%	14,5%	12,6%
Gasoline Full	1,3%	1,3%	1,0%	1,0%	0,9%	0,8%
Gasoline PHEV	3,0%	8,2%	9,1%	10,1%	12,3%	15,2%
Gasoline EREV	0,4%	0,8%	0,7%	0,7%	0,8%	0,8%
Diesel	23,2%	0,6%	0,5%	0,5%	0,4%	0,4%
Diesel Mild (48V)	2,1%	4,2%	4,0%	3,8%	3,4%	3,0%
Diesel PHEV	0,2%	0,4%	0,4%	0,5%	0,6%	0,7%
CNG	1,4%	9,2%	8,2%	7,9%	7,4%	7,0%
LPG	1,1%	1,3%	1,1%	1,0%	1,0%	0,9%
BEV	3,7%	16,3%	19,8%	22,5%	25,3%	27,8%
BEV300	0,3%	2,8%	5,2%	6,7%	7,3%	8,1%
Fuel Cell	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
Emissions moyennes (WLTP – g/km)	121,9	79,2	73,0	68,2	63,1	57,6

Powertrain	Parts de marché (VUL)					
	2021	2030 – Base Case	2030 – Target -30%	2030 – Target -35%	2030 – Target -40%	2030 – Target -45%
Gasoline	16,9%	2,0%	2,02%	2,02%	2,02%	2,02%
Gasoline Mild (12V)	5,0%	20,0%	19,96%	19,96%	19,96%	19,96%
Gasoline Mild (48V)	2,5%	10,9%	10,88%	10,88%	10,88%	10,88%
Gasoline Full	0,1%	0,3%	0,30%	0,30%	0,30%	0,30%
Gasoline PHEV	2,8%	6,7%	6,67%	6,67%	6,67%	6,67%
Gasoline EREV	0,0%	0,0%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Diesel	58,2%	1,6%	1,57%	1,57%	1,57%	1,57%
Diesel Mild (48V)	6,3%	14,0%	14,00%	14,00%	14,00%	14,00%
Diesel PHEV	2,6%	6,1%	6,15%	6,15%	6,15%	6,15%
CNG	0,6%	10,6%	10,64%	10,64%	10,64%	10,64%
LPG	0,2%	0,6%	0,58%	0,58%	0,58%	0,58%
BEV	3,9%	18,6%	18,62%	18,62%	18,62%	18,62%
BEV300	0,9%	8,6%	8,63%	8,63%	8,63%	8,63%
Fuel Cell	0,0%	0,0%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Emissions moyennes (WLTP – g/km)	153,5	85,6	85,6	85,6	85,6	85,6

Annexe 11 : Demande en carburant et en électricité par zone des VL et PL, scénario Green Constraint

VL et PL	Monde					Europe					Chine					USA				
En Mt (hors électricité en TWh)	2017	2020	2025	2030	2035	2017	2020	2025	2030	2035	2017	2020	2025	2030	2035	2017	2020	2025	2030	2035
Gasoline (Mt)	931,4	945,0	927,9	878,7	825,2	49,9	44,4	41,8	38,4	32,5	150,9	176,2	192,9	182,0	160,0	288,4	257,2	217,7	181,3	151,6
Diesel (Mt)	968,3	1006,6	1020,9	1010,4	994,4	226,8	227,5	206,5	169,6	132,4	142,7	156,8	158,7	146,8	131,6	144,2	142,6	141,3	138,5	132,9
Bioethanol (Mt)	95,7	101,0	110,3	121,7	129,0	3,8	4,0	5,1	6,9	7,9	6,4	10,6	17,7	24,5	28,8	51,8	62,6	75,4	82,5	81,2
Biodiesel (Mt)	32,2	37,3	44,8	51,7	58,4	13,9	14,7	14,6	13,0	10,9	0,6	1,0	1,8	2,3	2,7	3,7	4,9	6,8	8,6	9,7
CNG (Mt)	22,8	21,9	20,7	21,5	24,6	0,5	0,5	1,1	2,8	4,9	1,3	1,1	0,7	0,3	<0,1	1,6	1,6	1,4	1,0	0,7
LNG (Mt)	0,3	0,3	0,4	0,7	1,9	<0,1	<0,1	<0,1	0,5	1,8	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,3	0,3	0,2	0,1	0,1
LPG (Mt)	23,2	25,4	30,3	35,5	39,6	1,7	1,4	1,2	1,0	1,0	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	2,1	2,1	1,8	1,3	0,8
Hydrogène (Mt)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Electricité (TWh)	43,2	89,2	275,9	555,8	881,5	0,9	6,1	41,9	112,7	186,7	25,6	36,5	92,4	175,2	253,4	1,6	6,5	17,0	35,7	71,8

VL et PL	Japon					Inde					Brésil					Russie				
En Mt (hors électricité en TWh)	2017	2020	2025	2030	2035	2017	2020	2025	2030	2035	2017	2020	2025	2030	2035	2017	2020	2025	2030	2035
Gasoline (Mt)	26,6	23,7	19,1	15,1	11,6	21,3	26,0	29,5	31,7	36,0	21,3	26,0	29,5	31,7	36,0	41,5	41,4	41,7	42,4	42,3
Diesel (Mt)	22,1	21,9	20,8	19,3	17,7	65,2	74,6	87,4	100,7	108,4	65,2	74,6	87,4	100,7	108,4	14,1	14,7	15,8	16,5	16,3
Bioethanol (Mt)	0,3	0,5	0,7	0,8	0,8	0,9	1,7	3,0	4,5	6,1	0,9	1,7	3,0	4,5	6,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Biodiesel (Mt)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	2,0	4,6	9,7	16,2	21,7	2,0	4,6	9,7	16,2	21,7	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
CNG (Mt)	<0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	1,3	1,3	1,4	1,6	2,1	1,3	1,3	1,4	1,6	2,1	<0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
LNG (Mt)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
LPG (Mt)	0,9	0,6	0,5	0,5	0,5	1,2	1,0	0,9	0,9	1,4	1,2	1,0	0,9	0,9	1,4	6,3	5,8	5,0	4,2	2,6
Hydrogène (Mt)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Electricité (TWh)	0,3	0,9	5,5	11,1	17,6	2,1	7,0	28,5	58,4	93,7	2,1	7,0	28,5	58,4	93,7	<0,1	0,2	1,8	4,6	8,1