

## *Vers une mobilité automobile durable ?*

*Suivi des immatriculations  
et des parcs*

*Analyses et évaluations*

*Pistes pour une mobilité  
individuelle « durable »*



**Collection « La Revue » du Service de l'Économie, de l'Évaluation et de l'Intégration du Développement Durable (SEEIDD) du Commissariat Général au Développement Durable (CGDD)**

Titre du document : Vers une mobilité automobile durable ?

Directeur de la publication : Jean Paul **Albertini**

Coordination éditoriale Vincent **Breteau\***

Rédaction en chef : Laurence **Demeulenaere**

Auteurs : Ont contribué à la rédaction de ce numéro : Laurent **Hivert** et Jean Loup **Madre** (Ifsttar), Fabien **Leurent** (LVMT), et pour le MEDDE : Yannick **Souchet**, Yves **Lemaire** et Vivien **Isoard** (DGEC), Adrien **Friez**, Lise **Dervieux**, Frédéric **Ouradou** et Florine **Wong** du SOeS, Vincent **Breteau\***, Michèle **Léglise\***, Hervé **Bilot\***, Stéphanie **Depoorter\*** et Willy **Breda**, du Seeidd, Bertrand **Theys** de la DRI, qu'ils en soient tous remerciés.

(\*) poste occupé au moment de la rédaction des articles

Date de publication : Juin 2013

*Remerciements*

Nous remercions particulièrement Laurent **Hivert** et Jean Loup **Madre** de Ifsttar pour leur relecture attentive des articles et leurs conseils avisés.

Ce document n'engage que ses auteurs et non les institutions auxquelles ils appartiennent. L'objet de cette diffusion est de stimuler le débat et d'appeler des commentaires et des critiques.

## Sommaire

<b>Edito</b> .....	<b>3</b>
<b>La nécessaire révolution énergétique et écologique de la circulation automobile</b>	
<b>Introduction</b> .....	<b>5</b>
<b>Véhicules légers, énergie et émissions : une brève histoire des trois dernières décennies</b> <i>Laurent Hivert et Jean Loup Madre, Ifsttar</i>	
<b>I- Suivi des immatriculations et des parcs de véhicules légers</b> .....	<b>13</b>
<b>Un répertoire statistique des véhicules routiers pour mieux connaître le parc roulant et ses usages</b> <i>Adrien Friez et Lise Dervieux, CGDD, SOeS</i>	
<b>Les immatriculations de véhicules équipés de motorisations alternatives : un développement soutenu par la prime à la casse et le bonus écologique</b> <i>Florine Wong, CGDD, SOeS</i>	
<b>La réduction des émissions de CO<sub>2</sub> des véhicules utilitaires légers – Analyse de l'enquête 2011</b> <i>Michèle Léglise et Vincent Breteau, CGDD Seeidd</i>	
<b>II- Analyses et évaluations</b> .....	<b>47</b>
<b>Quels effets d'un changement de taxation des carburants sur la diésélisation du parc et les émissions de polluants ?</b> <i>Hervé Bilot, Vincent Breteau et Simon Weber, CGDD Seeidd</i>	
<b>Voiture électrique ou hybride : quels coûts, quels bénéfices, à court et moyen termes ?</b> <i>Stéphanie Depoorter, CGDD Seeidd, Willy Breda, DGEC</i>	
<b>III- Pistes pour une mobilité individuelle « durable »</b> .....	<b>67</b>
<b>Les conditions économiques, matérielles et sociales de l'équipement des ménages en voiture électrique</b> <i>Fabien Leurent, LVMT</i>	
<b>Vers la diversification des modes de propulsion des véhicules : les apports de la recherche</b> <i>Bertrand Theys, CGDD Dri</i>	
<b>- Annexe</b> .....	<b>85</b>
<b>Réglementation européenne en matière de réduction des émissions polluantes et des gaz à effet de serre des véhicules routiers</b> <i>Y. Souchet, Y Lemaire et Vivien Isoard, DGEC</i>	
<b>Bibliographie générale</b> .....	<b>88</b>



## Edito

### La nécessaire révolution énergétique et écologique de la mobilité automobile

Jean Paul Albertini

*Commissaire général au développement durable*

La transition énergétique et écologique doit permettre à la France de tenir ses engagements européens dans le prolongement du protocole de Kyoto, et du facteur 4 à l'horizon 2050.

Le secteur des transports qui contribue pour un quart des émissions françaises de gaz à effet de serre devra participer de manière importante à cette réduction.

Cette participation des transports à la transition énergétique et écologique passera par une évolution technique sur les moteurs et les véhicules mais devra être complétée par des évolutions de comportement de mobilité et de détention des véhicules. La première orientation est déjà impulsée par les dispositifs incitatifs et réglementaires existant qui devront sans doute être complétés, les secondes restent en grande partie à « construire ».

#### L'action déterminante sur les véhicules légers

Les véhicules légers réalisent l'essentiel des circulations routières (75,7 % pour les voitures particulières et 16,1 % pour les utilitaires) et constituent donc, au sein des transports, un enjeu primordial de la maîtrise des émissions de gaz à effet de serre et de polluants. Les poids lourds, de leur côté, sont soumis aux normes euro limitant leur pollution et un projet de fiscalité spécifique (éco-taxe PL) est en cours de mise en œuvre. Leur problématique a déjà été abordée dans un précédent numéro sur les « Transport et logistique durables » (voir les Notes de synthèse du Sesp n° 168, mars 2008).

Compte tenu de la particularité des impacts environnementaux, les pouvoirs publics ont un rôle déterminant en matière de régulation, à travers des mesures incitatives et réglementaires notamment pour orienter les choix de véhicule (taxe sur les carburants, dispositif de bonus malus). Par ailleurs, le suivi des politiques mises en œuvre ainsi que leur évaluation nécessitent la mise en place d'un recueil d'information performant sur l'évolution du parc, des consommations de carburants et des émissions.

L'ambition de ce numéro, qui poursuit la réflexion entamée dans un précédent numéro de la Revue, portant sur « La tarification, un instrument économique pour des transports durables », est de fournir des éléments de réflexion sur les divers outils incitatifs, des analyses sur l'évolution à court ou moyen terme du parc des véhicules légers et des émissions de CO<sub>2</sub> et de polluants de l'air.

Dans cet objectif, il présente les évolutions du parc et les outils statistiques de suivi, l'analyse de pistes pour orienter les motorisations vers davantage de sobriété, et à plus long terme vers de nouveaux modes de propulsion (amélioration des modes thermiques/développement des modes alternatifs) en analysant notamment les conditions économiques, matérielles et sociales de l'équipement des ménages en véhicules électriques.



## Introduction

### Véhicules légers, énergie et émissions : une brève histoire des trois dernières décennies

Laurent Hivert, Jean-Loup Madre

Université Paris-Est, Ifsttar-Ame-Dest,

Cité Descartes - 77447 Marne-la-Vallée Cedex 2

Après une période de baisse du prix du pétrole (1985-2000) au cours de laquelle la circulation automobile a sans cesse augmenté (de près de 3 % par an), une nouvelle période s'ouvre autour de 2000 avec la remontée du prix du pétrole. Les incidences sur le parc automobile et les comportements d'usage sont marquées : accélération de la diésélisation, descente en gamme du parc, allongement de la longévité des véhicules et augmentation du nombre de véhicules d'occasion. Depuis 2004, les trafics automobiles stagnent France entière, en lien avec la baisse des circulations dans les grands pôles urbains. En parallèle, les préoccupations liées au changement climatique et à la réduction des émissions de gaz à effet de serre se sont accrues alors que les objectifs de réduction des émissions de polluants locaux restent prégnants.

Face à ces préoccupations, ce numéro de la Revue, propose un point des évolutions récentes et des actions publiques pour favoriser l'émergence d'alternatives automobiles et d'automobilités plus économes, afin de transformer la structure du parc en termes de motorisation, et d'usage en termes de consommation d'énergie et d'émissions de CO<sub>2</sub>. Il fait un panorama des grandes tendances actuelles et des perspectives ouvertes par la recherche, il présente des évaluations à court et moyen termes.

En quelques décennies, le secteur des transports est devenu l'un des plus sensibles, du point de vue de ses impacts énergétiques et environnementaux, de plus en plus élevés et non maîtrisés, du fait de la progression de tous les trafics, tous modes mais en particulier automobiles. C'est dire si les enjeux du système « *pétrole-bagnole* » sont de taille et méritent attention, analyse et action.

Pourtant, de récentes améliorations technologiques sur les moteurs et sur les carburants devraient sans doute pouvoir atténuer prochainement *au moins* une partie de ces effets négatifs<sup>1</sup>. Comment les moteurs et voitures « *high-tech* » amélioreront-ils la situation ? Mais, et peut-être surtout, même si le sujet n'est pas nécessairement évoqué ici, à quelle vitesse ces innovations technologiques en rupture vont-elles pénétrer le parc des voitures particulières et des utilitaires légers, afin qu'on en mesure des conséquences tangibles et significatives ?

Avant d'envisager ces développements récents, remontons le cours du temps sur quelque trois décennies, c'est à dire en se projetant au milieu des années 80, date des premières enquêtes « *Parc Auto* »<sup>2</sup>, pour indiquer sommairement comment ces enjeux environnementaux se sont progressivement imposés.

#### Une histoire qui s'écrit avec le cours du baril...

En entrant dans les années 80, l'économie mondiale sort tout juste de deux chocs pétroliers qui ont marqué le 20<sup>e</sup> siècle, en 1973 et 1979, tandis qu'à partir de septembre 1980, le conflit Iran Irak renchérit encore le baril. Suite à ces phénomènes, les hausses de prix ont été brutales et plutôt inattendues ; elles ont des conséquences notables, notamment parce qu'il faut dès lors penser en termes d'économies d'énergie : l'Agence pour les économies d'énergie (AEE) est créée dès 1974

<sup>1</sup> Nous ne parlerons pas ici, ni dans ce texte ni dans l'ensemble du numéro de la revue, de phénomènes liés à des évolutions de comportements des individus et à de nouveaux services de mobilité.

<sup>2</sup> De TNS-Sofres pour Ifsttar-Ademe-CCFA-DSCR.

après le premier choc<sup>3</sup>, on chasse le gaspi et les spots publicitaires d'une France qui n'a pas de pétrole mais qui a des idées incitent déjà à une conduite plus douce ou apaisée... Et dans ces années 1970, le diesel ne compte encore quasiment pour rien dans le parc automobile des Français. Les deux décennies 1970-1980 se symbolisent sommairement comme des décennies « *chocs de l'énergie* ».

Pourtant, un contre-choc survient en 1985 ; s'en suit une chute vertigineuse où le cours de 1986, en monnaie constante, est divisé par deux par rapport à celui de 1980. Ce milieu des années 80, ouvre une période de pétrole bon marché qui, malgré la guerre du Golfe de 1990-1991, dure jusqu'à la fin des années 90. Durant cette période, la tendance à un moindre coût du carburant est renforcée par la diésélisation – très dynamique<sup>4</sup> - du parc, le gazole étant significativement moins taxé que l'essence<sup>5</sup>. L'attention se tourne alors vers un autre problème crucial, celui des pollutions locales (émission de gaz nocifs à l'échappement, mais aussi à l'évaporation), et la décennie 90 peut être considérée comme une décennie « *émissions polluantes et qualité de l'air* ».

Ainsi, pour ne citer que quelques exemples :

- l'essence sans plomb apparaît dès 1989 ;
- du milieu des années 80 jusqu'en 2000, les voitures neuves (et parfois même des utilitaires) sont concernées par des normes environnementales de plus en plus sévères ; on peut citer la succession des règlements de l'Union Européenne fixant les limites maximales de rejets polluants des véhicules au kilomètre, de ECE 1503 à 1506, puis Euro1, Euro2 et quasiment Euro3, puisque les nouveaux types de véhicules sont concernés dès janvier 2000 ;
- avant la fin des années 90, les catalyseurs deviennent obligatoires pour les moteurs essence et/ou diesel dans de nombreux pays (le pot catalytique trois voies s'est généralisé en France depuis 1993) ;
- de 1994 à 1996, deux programmes de prime à la casse (Balladurette puis Jupette, du nom des Premiers Ministres de l'époque) sont instaurés afin de remédier temporairement à la crise du marché automobile en accélérant le renouvellement du parc par l'introduction de véhicules plus propres et moins gourmands (cette expérience sera renouvelée avec « l'aide à l'acquisition des véhicules propres » de 2009-2010) ;
- en 1996, la LAURE (Loi sur l'Air et l'Utilisation Rationnelle de l'Energie) inscrit un objectif de diminution du trafic automobile, et instaure, pour les grandes agglomérations, le caractère obligatoire des PDU (Plans de Déplacements Urbains<sup>6</sup>) qui doivent comporter un volet environnemental, ainsi que les PRQA (Plans Régionaux de la Qualité de l'Air) ;
- en 1998, l'ACEA (Association des Constructeurs Européens d'Automobiles) s'engage dans un « accord volontaire » auprès de la Commission Européenne visant, pour tous les nouveaux véhicules mis sur le marché, la réduction de la quantité de CO<sub>2</sub> émise au kilomètre (à 140 g/km à l'horizon 2008 et 120 g/km à l'horizon 2012<sup>7</sup>) ;
- en 2000, l'essence plombée est supprimée et remplacée par le Super ARS, etc.

A partir des années 2000, c'est un changement fondamental avec la décennie de nouvelles flambées importantes du prix du pétrole et des carburants, rendant plus prégnantes encore les questions d'économies d'énergie et d'alternatives aux énergies fossiles pour les moteurs : après un premier « avertissement » en 1999-2001 (hausse subite puis redescende), les prix connaissent une hausse quasiment continue après 2003 et jusqu'en 2007, débouchant sur de nouvelles flambées à partir de 2008, année également marquée par la crise économique, que d'aucuns qualifient de « troisième choc » alors que d'autres l'interprètent comme le moment du *peak-oil*.

<sup>3</sup> Fusionnant en 1982 avec le commissariat à l'énergie solaire, la mission chaleur et le comité géothermie, elle deviendra l'Agence Française pour la Maîtrise de l'Énergie (AFME), avant de devenir en 1990 l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME), par deux nouvelles fusions avec l'agence nationale de récupération et d'élimination des déchets et l'agence pour la qualité de l'air.

<sup>4</sup> Avec un accroissement de plus de 13 % par an sur cette période d'une quinzaine d'années.

<sup>5</sup> D'où un prix final à la pompe qui s'affiche environ 30 % plus bas que celui de l'essence, différentiel à peu près constant sur toute cette période.

<sup>6</sup> PDU qui avaient été formalisés pour la première fois dans la LOTI (Loi d'Orientation sur les Transports Intérieurs) de 1982, et dont le rôle sera encore renforcé en 2000 dans la Loi SRU (relative à la Solidarité et au Renouvellement Urbains).

<sup>7</sup> Objectifs non atteints et qui seront plusieurs fois révisés par le Parlement Européen (avec des propositions de 130 g seulement en 2015, puis pour 2012).

Un peu avant la fin des années 90<sup>8</sup> et au début des années 2000, il reste pourtant également à faire face à un autre problème redoutable : après les efforts importants précédemment fournis pour réduire les consommations et émissions nocives, apparaît plus crucial le problème des émissions de CO<sub>2</sub> et des gaz à effet de serre. Avec un pétrole de plus en plus cher, cette décennie est aussi celle des « **années effet de serre et climat** ».

Les défis sont dès lors multiples : à cause de sa raréfaction et de diverses crises géopolitiques, on sait qu'il va désormais falloir s'habituer à un pétrole cher, réduire à la fois les consommations et toutes les émissions locales et globales, afin de tenter aussi de limiter les changements climatiques en cours et à venir<sup>9</sup>. Du point de vue des conséquences et des mesures mises en place, c'est aussi tout à la fois la décennie de l'avènement des plans climat et des bilans carbone, le durcissement des normes d'émissions (Euro 4, puis 5 et bientôt 6), mais aussi le processus du Grenelle Environnement, engagé depuis 2007, la création du bonus-malus écologique et le retour de la prime à la casse vers la fin de la décennie...

Au total, les deux périodes distinctes de cette histoire, 1985-2000 et 2000-2012, présentent des différences très marquées, qui vont avoir de fortes incidences sur le parc automobile et ses comportements d'usage.

### ... qui a changé le parc en profondeur...

Pour compléter ce panorama, il faut remarquer que, sur l'ensemble des trois décennies, les évolutions de contexte et les politiques entreprises ont aussi profondément transformé l'offre des constructeurs et la structure du parc automobile à disposition des ménages. En effet, du milieu des années 80 à nos jours :

- le taux de diesel dans le parc est passé de 7,5 % à 60 %, même si l'accroissement s'est sensiblement ralenti dans la seconde période<sup>10</sup> ;
- la part des véhicules de moins de 6 CV dans le parc a progressé de 39 à plus de 44 % (tandis que la part des 6-7 CV baissait de près de 47 à 42 %) ;
- et la descente en gamme corrobore ce résultat, le bas de gamme passant de 37 à 47 %, le milieu de gamme inférieur de 20 à 31 %<sup>11</sup> ;
- l'âge moyen des véhicules détenus par les ménages s'est notablement allongé, puisqu'il a pris 2 ans en 25 ans, atteignant un peu plus de 8 ans aujourd'hui ; les durées de détention se sont également allongées de 3,8 ans à 5 ans ; le développement des diesels, présentant une plus grande longévité car aussi plus robustes, n'est pas étranger à ce vieillissement du parc ;
- la part des véhicules d'occasion dans ce parc est passée de 49 à 59 %. La plupart de nos voitures ont donc désormais plusieurs vies, passant désormais dans les mains de deux ou trois possesseurs, parfois plus.

### ... et qui a aussi des conséquences notables sur l'automobilité

Comme pour tous les biens durables, la diffusion de l'automobile (qu'il s'agisse du parc ou de la circulation) a, depuis un passé plus lointain, comporté schématiquement trois phases :

- le décollage, jusqu'aux années 70, où la croissance est exponentielle (on la mesurait alors par un taux de croissance que l'on considérait comme fixe au cours du temps),
- une phase de croisière dans les années 80 et 90, où la croissance est assez linéaire, au voisinage de l'inflexion,
- et l'infléchissement vers une possible saturation dans les années 2000 (phénomène du « *peak car* »), qu'illustre notamment le fait que les jeunes adultes sont désormais moins motorisés que ceux de la génération précédente.

<sup>8</sup> Les pays participants de la convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) se rencontrent une fois par an depuis 1995, et la Conférence de Kyoto ratifiant le fameux protocole date de fin 1997. Il vise une réduction à l'horizon 2012 de 5,2 % des émissions de six gaz à effet de serre par rapport à leur niveau de 1990.

<sup>9</sup> Et bien évidemment, les constantes de temps des différents phénomènes ne laissent pas beaucoup de temps pour une réaction vigoureuse, et en outre ne permettent pas réellement d'envisager des « compensations favorables » : les mesures à prendre pour le climat le sont dès à présent, alors que les prix pratiqués pour le pétrole et les carburants permettent encore en partie d'en consommer sans trop se limiter...

<sup>10</sup> 13 % par an sur 1985-2000, contre un peu plus de 6 % par an sur 2000-2010.

<sup>11</sup> Tandis que le milieu supérieur baissait de 25 à 12 % et le haut de gamme de 9 à 5 % (hors 4\*4 et utilitaires des ménages).

Cette approche démographique, qui peut s'appliquer aux automobilistes comme aux véhicules, montre au vu de la croissance de la circulation France entière que de fortes innovations technologiques sont déjà nécessaires - mais sans doute pas suffisantes - pour respecter les Accords de Kyoto, dont le renouvellement vient d'être décidé.

De fait, si l'on regarde de plus près la période (1985-2000) qui correspond à la phase de croisière où la croissance est linéaire, on peut schématiquement observer que le nombre de ménages a augmenté de 1 % par an, le volume du parc à leur disposition a augmenté de 2 % par an, et, par suite, que la circulation automobile a augmenté de 3 % par an, pour atteindre quasiment 400 milliards de km au début de la décennie 2000 (et y rester jusqu'à nous jours), alors qu'elle n'était « que » de 300 milliards de km en 1990, années de référence pour Kyoto.

Au vu de ces évolutions de trafic, si le secteur de la circulation automobile avait dû respecter à lui seul les engagements du protocole de Kyoto, il aurait fallu que la consommation moyenne du parc automobile, encore essentiellement thermique, baisse d'un tiers, ce qui aurait représenté un saut technologique considérable et ce qui ne s'est pas produit<sup>12</sup>. D'où la nécessité d'orienter les politiques incitatives vers la pénétration forte de motorisations alternatives et d'innovations technologiques pour des véhicules plus propres et moins énergivores (GPL/GNV, hybride léger, *full hybrid*, via essence, diesel ou gaz, hybride rechargeable, 100 % électrique avec ou sans prolongateur d'autonomie, hydrogène etc.).

Depuis 2004 précisément, le Bilan de la Circulation établi pour la Commission des Comptes Transport de la Nation montre une stagnation des trafics automobiles, pour la seconde partie de l'histoire. Cette rupture de la tendance à la croissance linéaire a été corroborée et illustrée également par les résultats de mobilités quotidiennes à partir des Enquêtes-Ménages-Déplacements (EMD) de Lille et Lyon en 2006, puis de Rouen, Reims, Rennes, Strasbourg, etc. ainsi que par l'Enquête Nationale Transport et Déplacements (ENTD 2007-2008) qui permet de l'imputer essentiellement aux habitants des grands pôles urbains et de la resituer dans une vision d'ensemble de la mobilité : les déplacements sont devenus moins fréquents (journée continue) et moins exclusivement automobiles (comportements multimodaux des jeunes adultes), la motorisation des ménages décroît au cœur de l'agglomération parisienne, comme d'ailleurs de celle de Londres, de Bruxelles...

Ces récentes inflexions à la progression des circulations sont également liées à la crise économique en 2008, mais elles ne réduisent que de très peu les impacts négatifs de la mobilité.

Ce plafonnement de la circulation traduit-il l'approche de la saturation (découplage entre équipement et usage, mais peut-être aussi découplage entre évolutions des trafics et des revenus dans les régions les plus denses, ou au-delà d'un certain niveau de vie) ou plutôt la superposition d'évolutions contraires ? Au vu d'observations plus récentes, il semble néanmoins que les kilométrages parcourus par les habitants des zones peu denses aient eux aussi tendance à plafonner, mais plus tard et à des niveaux plus élevés qu'au cœur des agglomérations.

## Et maintenant ?

Face à ces enjeux, ce numéro de la Revue, consacré aux véhicules légers et à la question énergétique, propose de faire le point sur les évolutions les plus récentes. Il étudie aussi les lois, réglementations nationales ou européennes, dissuasives ou incitatives, s'appliquant aux voitures particulières et aux utilitaires légers, visant à favoriser l'émergence d'alternatives automobiles et d'automobilités plus économes, afin de transformer progressivement mais durablement la structure du parc et l'usage.

*Les trois premiers articles de cette revue dressent un panorama sur les grandes tendances actuelles des parcs et des immatriculations de véhicules neufs. Les recueils de données jouent ici un rôle*

<sup>12</sup> En réalité, sur la période couverte par les engagements de Kyoto (marquée par la forte diésélisation du parc, par les efforts et accords volontaires des constructeurs mais aussi par les étapes successives de sévèrisation des normes d'émissions), la consommation moyenne du parc automobile français a baissé de 12 % (de 7,6 à 6,7 litres aux cent entre 1990 et 2012, et une bonne part de cette baisse apparente est liée au passage au diesel, qui, en litres - mais pas en équivalent-pétrole -, consomme environ un litre de moins aux cent). C'est dire qu'on reste loin du compte avec les seuls moteurs thermiques.

crucial. Ces diagnostics de la situation actuelle constituent indubitablement un point initial essentiel pour aborder l'évaluation et le suivi des politiques publiques du transport routier.

Adrien **Friez** et Lise **Dervieux** décrivent tout d'abord le dispositif du répertoire statistique des véhicules routiers (RSVERO), en cours de mise au point, qui permet de suivre l'ensemble des véhicules du parc. Les points forts de ce nouveau système, succédant au FCA (Fichier Central des Automobiles), résident d'une part dans le recensement exhaustif des véhicules et d'autre part dans le suivi individualisé de chacun d'entre eux, tout au long de sa vie depuis sa première immatriculation jusqu'à sa sortie du parc. Grâce à la fusion avec d'autres recueils (contrôles techniques, données de panel utilisées pour les bilans de la circulation, prise en compte des normes d'émission), le système pourra à terme apporter une meilleure connaissance sur les trafics, puis consommations et émissions. Il devrait s'appuyer sur une directive européenne en cours d'élaboration.

Florine **Wong**, dans le deuxième article, rend compte du développement actuel, jusqu'à la fin des années 2010, des parcs équipés de motorisations alternatives, qu'il s'agisse de GPL, d'hybrides ou de tout électrique. Cette analyse statistique détaillée, permise grâce à l'exhaustivité du dispositif RSVERO, montre comment, quoiqu'encore marginaux, ces marchés se développent peu à peu, soutenus par l'introduction de mesures gouvernementales visant à favoriser l'achat de véhicules économes et peu émetteurs (bonus-malus écologique puis prime à la casse notamment), mais aussi par une fiscalité spécifique (TVA, TICPE (Taxe Intérieure de Consommation sur les Produits Energétiques, remplaçant la TIPP depuis 2012), taxe sur la consommation de gaz naturel et fiscalité sur la vente d'électricité). Un des points notables est que ce sont surtout les ménages qui ont acheté les véhicules au gaz, tandis que les entreprises se sont d'ores et déjà tournées vers les véhicules hybrides ou électriques.

Dans le troisième article de ce constat actuel, Michèle **Léglise** et Vincent **Breteau** mènent une incursion dans le champ spécifique et très majoritairement diésélisé des véhicules utilitaires légers (VUL), en appuyant leur analyse sur les évolutions survenues entre les deux dernières enquêtes VUL de 2005 et 2010. L'enjeu n'est pas à négliger, puisque ce parc représente en 2010 un effectif proche de 6 millions de véhicules, contre 31 millions pour les voitures particulières, avec des parcours moyens annuels supérieurs de 10 à 15 %, d'où des valeurs notables en matière de consommation et d'émissions. Si le volume du parc est resté quasiment constant, le gabarit des véhicules a augmenté, de même que les distances qu'ils parcourent, d'où une circulation toujours croissante alors que celle des voitures particulières stagne. Toutefois, leurs consommations, et par suite leurs émissions de CO<sub>2</sub>, ont significativement diminué. Les analyses sont détaillées selon les utilisateurs, professionnels ou non, et en fonction des espaces fréquentés. Les émissions de CO<sub>2</sub> de ces véhicules sont encore appelées à se réduire, puisqu'un nouveau règlement européen, poussant les constructeurs à améliorer leurs performances, limite ces émissions pour les VUL neufs à 175 g/km à partir de 2017.

Les deux articles suivants retracent deux études centrées sur des évaluations à court et moyen terme : quels sont les effets, mais aussi les coûts et bénéfices sur l'évolution du parc et d'une mobilité automobile moins émettrice de CO<sub>2</sub>, de mesures, actuelles ou actuellement envisagées, taxant le gazole ou incitant au développement des véhicules hybrides et électriques ?

Hervé **Bilot**, Vincent **Breteau** et Simon **Weber** abordent ici la question brûlante d'actualité, d'une augmentation de la taxation du carburant diesel, dans le contexte d'un projet de réforme de la directive européenne sur la taxation de l'énergie. Avec 6 voitures sur 10 dans le parc, et plus de 7 immatriculations neuves sur 10, le parc diesel représente effectivement un enjeu majeur, et c'est une taxation restée depuis longtemps fortement favorable au gazole qui explique en grande partie la diésélisation du parc, en France et dans quelques autres pays européens, car elle permet une économie substantielle sur le poste carburant malgré le surcoût à l'achat : passer au diesel a effectivement permis à nombre de ménages de contourner la hausse du prix des carburants pour pouvoir continuer à rouler autant (après avoir permis de rouler plus en dépensant moins, avant les hausses des années 2000). Selon la modélisation effectuée, incluant plusieurs scénarios de taxation, l'effet d'un relèvement de la fiscalité sur le gazole serait immédiat sur les immatriculations, mais bien évidemment différé sur le parc dans son ensemble. L'outil fiscal sur le carburant représente donc un levier important pour limiter, infléchir ou même inverser la croissance du parc diesel. Sous réserve de ne pas baisser la fiscalité sur l'essence, le bilan coûts-avantages d'une augmentation de la taxation du gazole serait positif pour la collectivité.

S'appuyant sur le plan national pour le développement des véhicules électriques (VE) et hybrides, Stéphanie **Depoorter** et Willy **Breda** montrent que la diffusion de ces nouvelles technologies de véhicules pourrait s'insérer à court ou moyen terme dans un système d'automobilité plus durable. Les

économies d'énergie et gains environnementaux compensant les surcoûts (batterie notamment), les coûts et avantages pour la société par rapport au véhicule à moteur thermique débouchent sur un bilan proche de l'équilibre à l'horizon 2020. Un réseau de bornes de recharges s'avère essentiel pour assurer le décollage du VE, qu'il soit ou non doté de prolongateur d'autonomie : la recharge lente à domicile reste à privilégier, même si l'implantation de bornes de recharge sur le domaine public semble incontournable. Le marché du véhicule hybride devrait quant à lui pouvoir être développé à plus court terme, son bilan coûts-avantages étant plus favorable.

La troisième partie de la revue se tourne enfin vers des perspectives ouvertes sans doute à plus long terme par la recherche, sur certaines de ces innovations technologiques pour lesquelles l'intérêt de l'ensemble des acteurs du système ne se dément pas, en vue d'une mobilité individuelle plus durable.

Dans le sixième article du numéro, Fabien **Leurent**, Shadi **Sadeghian**, Mariane **Thébert** et Elisabeth **Windisch** retracent leurs travaux de recherche sur l'attractivité de la voiture électrique. Les contraintes financières (coût nécessitant un parcours annuel élevé) et matérielles (autonomie de la batterie), ainsi que les conditions sociales d'émergence d'un système de mobilité électrique, sont ici traitées sous l'angle de leurs effets sur la demande potentielle des ménages en équipement de VE, mais aussi sur l'économie productive et les finances publiques. Afin de mieux cerner le potentiel de demande, notamment en Ile-de-France, les auteurs dessinent également certains profils spécifiques de ménages, candidats idéaux pour se tourner vers cet équipement. Ils montrent alors que l'équipement en VE devrait correspondre à une clientèle limitée et très ciblée, c'est à dire à des cas de figure d'usages et d'usagers bien particuliers (exemple d'une VP dédiée aux trajets domicile-travail d'un actif, en grande couronne parisienne, sous contrainte d'autonomie), plutôt que de se concevoir comme substitut complet de tout véhicule thermique. Une revue internationale des politiques publiques en faveur du VE complète leur article, qui se conclut en soulignant enfin, s'il en était encore nécessaire, la nécessité des stimulations des pouvoirs publics pour faire du VE un véhicule d'avenir.

Bertrand **Theys**, dans le septième article, s'appuyant notamment sur les programmes successifs du Prédit, dresse enfin un panorama sur l'ensemble des recherches en cours et de leurs apports, afin d'entrevoir les différents modes de propulsion alternatifs et types de véhicules qui devraient circuler d'ici une à deux décennies. A cet horizon, même si les alternatives se diversifient, le moteur thermique jouera encore sûrement un rôle déterminant, avec des consommations et émissions notablement réduites. On peut d'ailleurs penser que si les choix stratégiques de certains constructeurs ont d'ores et déjà conduit à optimiser la motorisation diesel, des marges de manœuvre restent sans doute encore à explorer pour certaines catégories de véhicules à essence. Mais c'est indubitablement en se tournant vers l'hybridation, couplant un moteur électrique au moteur thermique, que se trouveront les gains les plus forts de rendement global, le tout électrique restant quant à lui encore à améliorer par les efforts de la recherche, vu ses contraintes en termes de capacité de stockage d'énergie (et réciproquement de systèmes pas trop contraignants ni coûteux de recharge).

Au delà de ces différents articles, une annexe rappelle les dernières réglementations européennes en vigueur (et compléments à venir prochainement), pour l'ensemble des moteurs, carburants et véhicules routiers, en matière de réduction des émissions. Ces réglementations sont variées puisqu'elles traitent des normes concernant les seuils maximaux d'émissions de polluants locaux et particules, des dispositifs de post-traitement, mais également des émissions moyennes de CO<sub>2</sub> des véhicules neufs mis sur le marché chaque année dans l'UE. L'annexe évoque également le plan national d'action qui en découle pour atteindre ces objectifs. Le numéro de la revue s'achève par une bibliographie générale sur la thématique traitée ici. Elle dresse un panorama des différentes publications, rapports ou articles, que l'on peut consulter au « Centre de ressources documentaires du développement durable » du MEDDE.

## La technologie ne peut pas tout

A l'issue de ce numéro, plusieurs éléments complémentaires méritent à nouveau d'être soulignés, même s'ils peuvent paraître un peu évidents. « La technologie ne peut pas tout » : le truisme essentiel tient en peu de mots, mais il recouvre pourtant plusieurs réalités à rappeler ici.

\* La pénétration de ces nouvelles technologies ne peut correspondre à un développement réel que si les automobilistes, individus ou ménages s'en emparent, c'est à dire les achètent, au lieu d'acheter des véhicules thermiques, en y trouvant leur intérêt ;

\* Les parcs actuels (mais aussi les développements technologiques) ont « naturellement » une grande inertie : il n'est plus rare de voir des durées de vie de véhicules atteindre ou dépasser les 15-20 ans (et les innovations pénétrer dans le parc en quasiment 25 ans). L'inertie du rythme de renouvellement des véhicules fera, *modulo* l'intensité des mesures incitatives, l'inertie des améliorations sur le plan environnemental. Cette inertie du renouvellement s'avère particulièrement sensible en période de crise, et a sans doute aussi des effets notables, dès lors que l'on a choisi de doper un marché du neuf jugé insuffisamment dynamique (il faut ainsi penser que les petits véhicules à essence - par exemple mais ce ne sont pas les seuls - qui viennent d'être acquis grâce au bonus-malus puis à la prime à la casse seront peut-être encore présents d'ici 15 à 20 ans, sans même que leurs acquéreurs aient pu envisager de se tourner vers des motorisations alternatives encore en cours de développement) ;

\* Le contexte et les conditions d'acceptabilité s'avèrent cruciaux, au delà des mesures incitatives ou dissuasives. On peut observer que les valeurs et évolutions des prix finaux des carburants à la pompe conditionnent, pour l'heure, le succès des motorisations alternatives : tant que les consommateurs trouvent encore un avantage économique au diesel ou même à l'essence, les marchés des véhicules hybrides et électriques ne décolleront sans doute pas (comme on l'observe en Europe, Etats-Unis, Japon...). Cela suggère que l'ensemble des mesures doit être pensé de façon coordonnée, par exemple inciter à l'achat de véhicules d'autres propulsions tout en adaptant la fiscalité sur les véhicules et les carburants fossiles ;

\* Toutefois, la sévèrisation des normes environnementales (en grammes de CO<sub>2</sub> par kilomètre) joue un rôle fondamental si elle pousse les constructeurs à orienter leurs offres vers de nouvelles technologies : ce pourrait sûrement être le cas à moyen terme pour une hybridation se généralisant en série, la demande n'ayant finalement plus qu'à suivre l'offre... Mais il n'est pas simple de prédire si et dans combien de temps les hybrides s'imposeront, ou s'ils ne représentent qu'une transition vers le tout-électrique ; ainsi, orienter l'offre afin d'orienter la demande est important, au delà des incitations financières ou des mesures isolées destinées à promouvoir tel ou tel type de nouvelle motorisation ;

\* L'un des points à rappeler est également que ces « nouvelles voitures » ne seront vraisemblablement pas des substituts parfaits des anciennes ; certaines façonneront leurs usages et leurs niches spécifiques : on peut sûrement imaginer les tout-électriques plus citadines, et les hybrides - en leur supposant des moteurs thermiques mieux optimisés - pouvant encore servir sur le créneau « grandes routières » (hybrides pétrole, voire hydrogène comme certains constructeurs l'annoncent pour bientôt ?).

Enfin, précisons-le une dernière fois, « *la technologie ne peut pas tout* » signifie également que des gisements à ne pas négliger semblent encore et toujours à rechercher du côté d'évolutions vers de nouveaux comportements individuels et services de mobilité, plus partagés, plus multimodaux, et donc sûrement plus durables.



## **I – Suivi des immatriculations et des parcs de véhicules légers**



## Un répertoire statistique des véhicules routiers pour mieux connaître le parc roulant et ses usages

Adrien Friez et Lise Dervieux  
Commissariat Général au développement durable  
Service de l'observation et des statistiques

**Le répertoire statistique des véhicules routiers est une base de données individuelle sur l'ensemble des véhicules routiers à moteur. Issu des certificats d'immatriculation, il vise à retracer une vision simplifiée de leur histoire, depuis leur première immatriculation en France jusqu'à leur sortie du parc par destruction ou sortie du territoire. En phase de mise au point, il permettra à terme un meilleur suivi de l'évolution des parcs. Complété avec les données recueillies à l'occasion des contrôles techniques, il fournira une meilleure connaissance des circulations et, indirectement, des consommations de carburants. Multi sources, il devrait aussi être complété par des informations sur les normes d'émissions Euro de façon à mieux estimer les émissions de polluants locaux. Un de ses objectifs est de permettre le suivi de politiques publiques en matière de transport routier.**

Le système d'immatriculation à vie des véhicules routiers a été mis en place à partir du 15 avril 2009 pour l'immatriculation des véhicules neufs et du 15 octobre 2009 pour les autres opérations sur le certificat d'immatriculation (la carte grise).

A cette occasion, le ministère de l'intérieur a constitué un système d'information décisionnel du système d'immatriculation des véhicules (SID-SIV), géré par l'agence nationale des titres sécurisés (ANTS). Le Service de l'Observation et des Statistiques (SOeS) du MEDDE a créé un système qui lui est lié à des fins statistiques. Au total, ce nouveau dispositif, le répertoire statistique des véhicules routiers, a remplacé le fichier central des automobiles (FCA) qui existait auparavant : le MEDDE déléguait alors la constitution, la gestion et l'exploitation du FCA à l'association auxiliaire de l'automobile (AAA) et l'utilisait comme base de sondage ou pour l'élaboration de statistiques.

### **Un nouveau système d'information statistique adossé au système d'immatriculation du ministère de l'Intérieur**

Le SOeS est donc maintenant destinataire des fichiers quotidiens de l'ANTS issus de SID-SIV, qui retracent les événements ou « opérations » de la vie d'un véhicule : immatriculation, changement de titulaire, déclarations d'achat ou de cession, modification de l'adresse du titulaire, des caractéristiques techniques du véhicule, sortie du territoire, destruction du véhicule. Le répertoire statistique des véhicules routiers (RSVERO) a été créé pour gérer directement une base de données à vocation purement statistique alimentée par ces mouvements journaliers. Il permettra à terme de produire des statistiques sur les immatriculations et le parc de véhicules routiers (tableau 1) et donnera une meilleure maîtrise des données dans le contexte du développement des politiques environnementales, avec notamment le suivi du dispositif du bonus/malus. Depuis 2010, le répertoire a pris le relais de l'outil de l'AAA mais est encore en phase de mise au point.

Le répertoire a été initialisé à partir d'un stock de 57 millions de véhicules présents dans la base AAA au jour du basculement dans le nouveau système d'immatriculation et est alimenté quotidiennement par les opérations sur les véhicules enregistrées au ministère de l'intérieur.

### **Un fichier comportant la quasi-totalité des véhicules terrestres à moteur**

Les véhicules présents dans le répertoire sont la quasi totalité des véhicules terrestres à moteur. Il s'agit tout à la fois de :

- (a) ceux effectuant du transport de personnes : voitures particulières, voitures, motocyclettes (tricycles et quadricycles à moteur compris), cyclomoteurs, autobus-autocars ;

(b) des véhicules utilitaires : camionnettes, camions, tracteurs routiers, VASP (véhicules automoteurs spécialisés : bennes à ordures ménagères, véhicules pour travaux publics ou industriels, mais aussi ambulances et camping-cars) ;

(c) des véhicules agricoles : tracteurs agricoles, divers véhicules agricoles ;

(d) certains véhicules non motorisés : les remorques et semi-remorques.

La catégorisation des véhicules par genre permet d'utiliser ce fichier comme base de sondage pour les enquêtes sur l'utilisation de véhicules : les poids lourds pour le transport routier de marchandises, les véhicules utilitaires (dans l'enquête, sont considérées comme VUL les camionnettes de moins de 3,5 tonnes, y compris les dérivés de VP), les deux roues motorisées, par exemple. Les opérations concernées sont celles effectuées sur les véhicules en territoire français, y compris les DOM avec Mayotte depuis 2010.

### Un fichier multi sources

Les données participant à l'alimentation du système d'information sont issues de sources multiples : le répertoire a été initialisé avec un parc FCA de 57 millions de véhicules. Ce chiffre est bien supérieur à l'estimation du parc en circulation, qui est d'environ 41 millions d'après le bilan de la circulation en 2011, estimé par le CCFA à partir des immatriculations neuves et de tables de taux de survie. A défaut d'une élimination correcte des véhicules détruits ou sortis du territoire, et afin de disposer d'une estimation de parc ventilé selon des catégories plus fines, on dénombre dans le répertoire, 42 millions de véhicules en 2009 (y compris les deux roues motorisées), d'âge inférieur ou égal à 10 ans, 15 ans ou 20 ans selon les genres. En effet, l'information sur la destruction ou la sortie du territoire des véhicules n'est pas systématiquement connue, ce qui conduit à garder dans le fichier environ 15 millions de véhicules âgés, qui n'existent vraisemblablement plus ou roulent très peu. L'utilisation des fichiers du contrôle technique (voir paragraphe suivant) ou certains retours d'enquêtes sur l'utilisation des véhicules permettront de diminuer ce nombre et de calculer une probabilité de rouler, attribuée à chaque véhicule.

La mise à jour du répertoire est quotidienne et s'effectue avec les fichiers transmis par le ministère de l'Intérieur via l'ANTS et contenant les opérations saisies la veille dans le SID-SIV.

L'UTAC-OTC, organisme technique de contrôle, transmet les caractéristiques techniques des véhicules en réception européenne pour contrôler les données SIV et intégrer des données complémentaires comme l'existence de filtres à particules. Il transmet également les données de contrôle technique afin d'établir la probabilité de rouler des véhicules qui conduira à une meilleure estimation du parc et permettra de calculer les kilomètres parcourus (voir le paragraphe sur la circulation routière).

L'INSEE fournit les codes d'activité économique (APEN et APET) et les identifiants SIREN et SIRET des entreprises propriétaires de véhicules. Ces données seront ensuite utilisées dans l'exploitation d'enquête, comme l'enquête européenne sur les transports routiers (TRM).

### Un fichier complet des informations contenues sur le certificat d'immatriculation...

Les informations contenues dans le système sont celles figurant sur le certificat d'immatriculation du véhicule (carte grise) :

- l'identification du véhicule : son numéro d'immatriculation, son numéro dans l'ancien système s'il y a lieu, sa date de première mise en circulation, son numéro de série VIN (*vehicle identification number*) ;
- le type d'opération : première immatriculation, changement de titulaire, destruction, etc., avec la date de l'opération ;
- les caractéristiques du titulaire et du locataire de longue durée (nom, adresse), la raison sociale et le numéro SIREN s'il s'agit d'une personne morale ;
- les caractéristiques techniques du véhicule : son genre (voiture particulière, motocyclette, camionnette, camion ...), sa marque, son modèle, son type de carrosserie, sa cylindrée (en cm<sup>3</sup>), sa puissance nette maximale (en KW), sa puissance administrative nationale ou puissance fiscale, le poids total autorisé en charge (PTAC), le poids total roulant autorisé, le poids à vide, des informations techniques intéressant la connaissance des impacts

environnementaux des véhicules, telles que l'énergie (essence, gazole, GPL, gaz naturel, électricité, bicarburant...), le CO<sub>2</sub> (en g/km), la classe environnementale de réception CE ;

- des données calculées à partir des données initiales : âge, code série (en fonction des mentions spécifiques relatives aux usages ou caractéristiques techniques particulières du véhicule), tranches (par exemple de PTAC, de puissance fiscale), calcul de variables comme la charge utile (PTAC – poids à vide - 75 kg), regroupement de certaines modalités pour le genre par exemple, code commune obtenu à partir d'une table, etc. ;

- des données complémentaires issues d'enrichissement à des fins statistiques : activité économique de la personne morale propriétaire du véhicule, probabilité de rouler du véhicule.

- des données techniques issues d'enrichissement à partir de données fournies par l'UTAC : la présence de filtre à particule, le type de propulsion, la vitesse du moteur, la consommation mixte.

**Tableau 1 : la composition du répertoire statistique des véhicules routiers par genre de véhicules**

Genre du véhicule	Nombre de véhicules		Immatriculations neuves (France métropolitaine)						
	Au 15/10/ 2009	Au 01/10/2012	1990	1995	2000	2005	2009	2010	2011
Autobus et autocar	132 525	150 615	4 210	3 981	5 187	5 442	7 434	5 864	6 787
Camionnettes **	7 706 769	8 628 908	406 386	301 610	394 454	392 272	348 097	388 975	401 715
Camions	473 930	667 158	n.d	17 984	25 164	23 163	16 035	13 095	17 405
Cyclomoteurs ***	956 384	1 783 611	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	147 258	148 599
Divers agricoles	25 595	45 330	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Motocycles	2 184 428	6 220 141	125 225	85 639	180 536	241 023	254 067	231 020	215 309
Remorques	623 937	990 727	53 918	44 541	53 562	61 246	59 059	60 003	66 082
Semi-remorques	390 754	433 916	19 481	15 428	21 265	19 069	12 711	11 789	15 916
Tracteurs agricoles	452 546	747 324	37 232	32 235	37 965	42 784	39 765	31 239	38 192
Tracteurs routiers	352 847	411 696	22 154	21 743	29 809	28 892	16 325	18 059	26 665
VASP	549 857	651 992	14 233	12 458	22 590	30 353	28 299	28 268	28 974
Voitures particulières	43 480 710	50 318 497	2 309 130	1 930 504	2 133 884	2 067 789	2 269 011	2 210 186	2 160 928
Voiturettes	111 994	296 556	n.d	7 807	8 977	13 247	14 715	14 943	14 142
<b>Ensemble</b>	<b>57 442 276</b>	<b>71 346 471</b>	<b>2 991 969</b>	<b>2 473 930</b>	<b>2 913 393</b>	<b>2 925 280</b>	<b>3 065 518</b>	<b>3 160 699</b>	<b>3 140 714</b>

\* Le nombre de véhicules dans le répertoire est le nombre de véhicules présumé en service à la date indiquée, après déduction des véhicules détruits ou sortis du territoire, y compris les véhicules âgés qui ne sont pas comptabilisés dans le parc roulant. Depuis 2009, le parc AAA a été complété, d'abord par les flux d'immatriculations neuves de fin 2009, des années 2010, 2011 et jusqu'au 1<sup>er</sup> octobre 2012, soit environ 9,4 millions de nouveaux véhicules et aussi par des véhicules non présents dans la base lors de l'initialisation, qui ont été insérés par la suite (4,6 millions de véhicules, dont 3,3 millions de motos).

\*\* Les immatriculations de 1990 comprennent camionnettes et camions

\*\*\* L'immatriculation des cyclomoteurs neufs a été rendu obligatoire en 2004. Depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2011 tous les cyclomoteurs mis en circulation doivent être immatriculés.

### ... à compléter avec les niveaux de pollution

La norme européenne d'émission, dite norme Euro, attribuée à chaque véhicule, sur la base de règlements successifs de l'[Union européenne](#), fixe les limites maximales de rejets polluants pour les véhicules roulants. Cette norme est devenue de plus en plus sévère et s'applique aux véhicules neufs. Son objectif est de réduire progressivement la [pollution atmosphérique](#) due au [transport](#) routier en imposant d'être de plus en plus « propres » aux véhicules qui entrent dans le parc. La norme euro n'est pas clairement renseignée dans la carte grise : en effet, elle peut être mentionnée dans le champ « classe environnementale », dit V9, qui est rempli seulement pour les véhicules les plus récents faisant l'objet d'une réception communautaire, mais elle est difficilement exploitable en l'état. Afin d'introduire la norme Euro utilisable dans le répertoire, un travail est entrepris par le SOeS avec l'aide de la DGEC et de l'OTC pour attribuer la meilleure estimation possible de la norme Euro véhicule par véhicule : une table de correspondance entre champ V9 et norme Euro est en cours d'élaboration.

### Exemple de table de correspondance

CL_ENVIRONN_PRF	Correspondance estimée
70220 0376	70/220*2003/76EURO3
0001/1A	70/220*2001/1EURO3
2002/76B	70/220*2003/76EURO4
2003/80A	70/220*2002/80EURO3
71507*69208	715/2007*692/2008EURO5
83R11.05	70/220*2001/100EURO4
10220 0376B	70/220*2003/76EURO4

Les premiers travaux effectués sur les véhicules particuliers permettent d'attribuer une norme euro à l'aide de ces tables de correspondance à près de 40 % d'entre eux.

Pour les 60 % restants, la norme euro sera estimée en croisant date de première mise en circulation et modèle. En effet, les normes euros se sont succédées dans le temps : par exemple pour les véhicules légers, euro 1 depuis 1992, euro2 depuis 1996, euro 3 depuis 2000, euro 4 depuis 2005, euro 5 depuis 2009 et euro 6 officiellement à partir de 2014. Des mesures similaires sont mises en œuvre pour les véhicules lourds. Leur application varie en fonction des caractéristiques des véhicules. On constate toutefois que les véhicules neufs commercialisés devancent parfois l'application de la dernière norme euro.

#### Un objectif d'outil statistique pour le suivi des politiques publiques

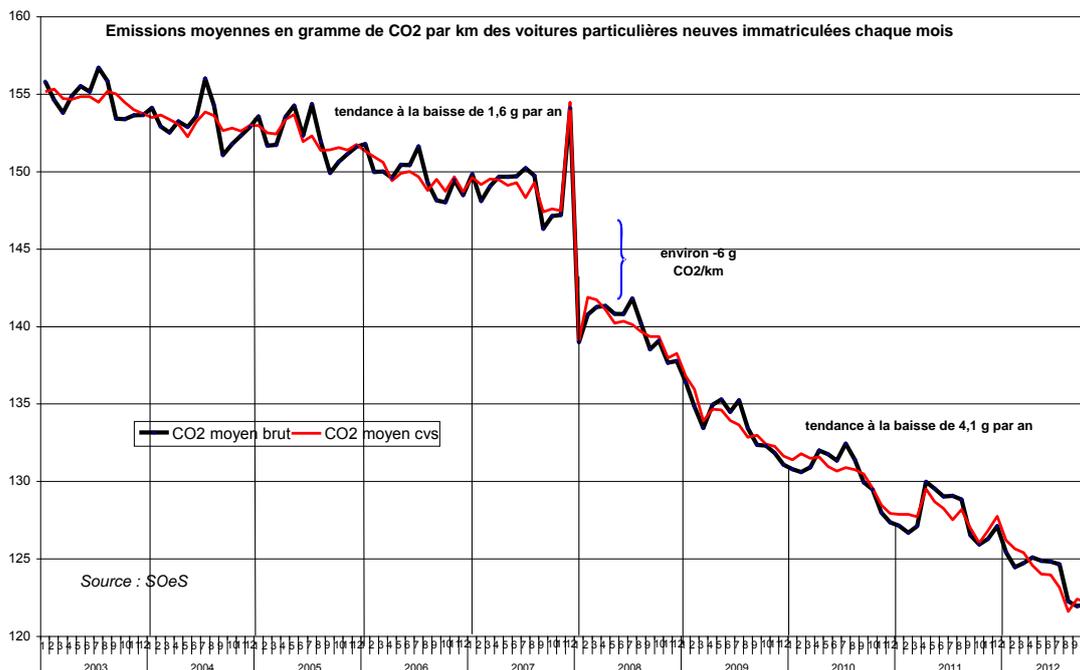
Le répertoire statistique des véhicules routiers a comme objectif d'être un outil statistique et de permettre le suivi de politiques publiques. Il permet ainsi de publier des séries de données, d'alimenter les publications conjoncturelles comme le « chiffres et statistiques » sur les immatriculations de véhicules ou de publications plus ponctuelles comme les articles *Le Point Sur* : la prime à la casse, la mise en place du bonus-malus (y compris les émissions moyennes de CO<sub>2</sub>), les immatriculations de véhicules équipés de motorisations alternatives. Il permet également un suivi statistique interne à l'administration, en particulier pour ce qui concerne le bonus/malus automobile (*graphiques 1 et 2*).

#### Un outil au service des statisticiens

Le répertoire statistique des véhicules routiers joue un rôle de base de sondage pour le tirage d'échantillons de véhicules pour des enquêtes comme le transport routier de marchandises (TRM), ou des enquêtes sur l'utilisation d'autres types de véhicules (deux roues motorisées, bus et car par exemple).

Il permet de mettre à disposition des internautes des tableaux détaillés, présentant des séries régionales et départementales d'immatriculations neuves et d'occasion, ainsi que prochainement des parcs de véhicules, DOM compris, par genre, par carrosserie, poids, puissance, énergie, également par régions et départements. La base de données en ligne présente des données d'immatriculations neuves et d'occasions depuis 2003, mensuelles et annuelles par régions et départements, avec des données communales pour les véhicules particuliers.

**Graphique 1 : Exemple d'exploitation du répertoire statistique des véhicules routiers : la moyenne des émissions de CO2 en g/km des voitures particulières neuves immatriculées chaque mois**

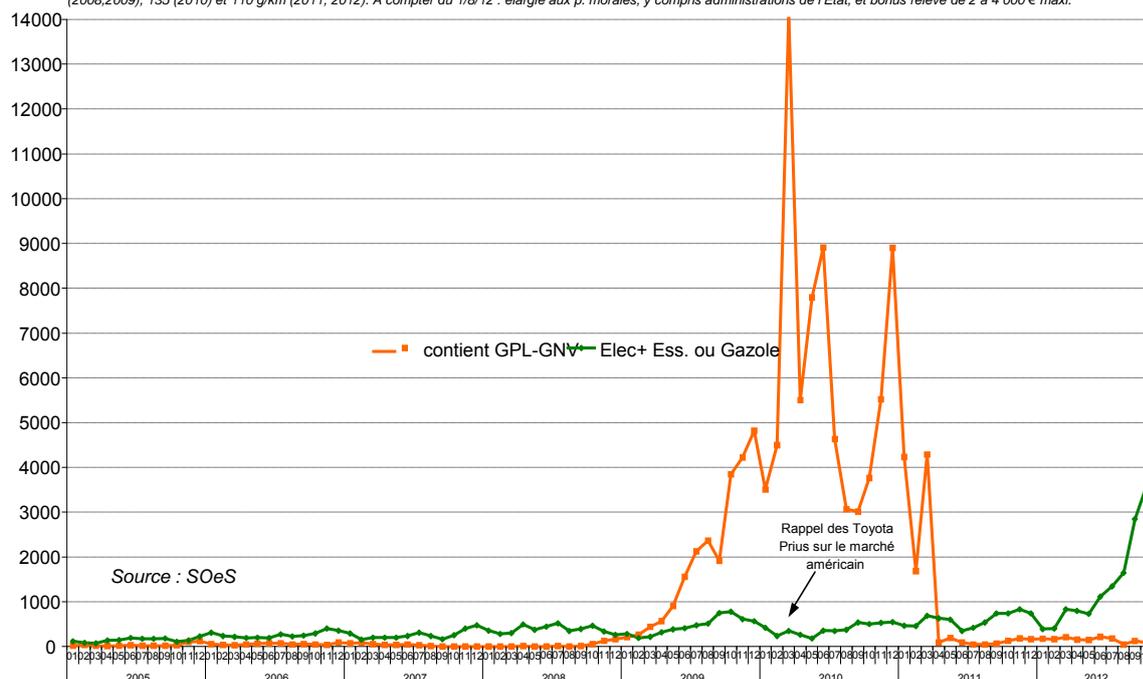


Note de lecture : Le dispositif de bonus malus automobile a été initialisé en deux temps le 5 décembre 2007 avec la mise en place du bonus écologique puis, du malus en janvier 2010. La mise en place de ce dispositif a entraîné une hausse ponctuelle des immatriculations de véhicules fortement émetteurs au mois de décembre 2007 en anticipation du malus. *A contrario*, à partir de janvier le dispositif joue pleinement son rôle avec une rupture en niveau estimée à 6 gCO<sub>2</sub>/km et en tendance avec une accélération de la baisse par rapport à la période précédente.

**Graphique 2 : Exemple d'exploitation du répertoire statistique des véhicules routiers : immatriculations mensuelles des voitures particulières hybrides neuves bénéficiant d'un bonus écologique à l'achat**

**VP neuves hybrides bonussées**

*jusqu'au 31/7/12 : détenues par p. phys., combinant élec. et ess. ou gazole ou fonctionnant en tout ou partie au GPL ou GNV (exclu en 2011 : mis pour info avec Co<sub>2</sub> <= 135 g/km) et Co<sub>2</sub> <= 140 (2008,2009), 135 (2010) et 110 g/km (2011, 2012). A compter du 1/8/12 : élargie aux p. morales, y compris administrations de l'Etat, et bonus relevé de 2 à 4 000 € maxi.*



### **Une utilisation conjointe avec les données des contrôles techniques pour l'estimation des parcs roulants et de la circulation**

L'exploitation des fichiers successifs des contrôles techniques (*encadré*) permettra à terme de déterminer si un véhicule est utilisé ou non et d'estimer son kilométrage annuel moyen. Les données qui en ressortent sont actuellement testées pour aboutir au calcul d'une probabilité de rouler pour chaque véhicule enregistré au répertoire, ainsi que pour fournir le kilométrage moyen annuel de chaque véhicule qui a subi le contrôle technique. Cela devrait permettre de constituer un parc roulant, dont seraient éliminés des véhicules anciens qui ne roulent plus, voire même des véhicules qui n'existent plus mais dont on n'a pas eu connaissance de la destruction.

Un fichier historique des contrôles techniques est en cours de constitution : les contrôles techniques qu'a subis un même véhicule, ainsi que ses kilométrages sont stockés sur un même enregistrement, avec les dates des contrôles, dès lors que l'on arrive à retrouver ce véhicule lors de contrôles successifs. Pour ce faire, on dispose d'un fichier UTAC historique portant sur les années 2005-2009, puis de fichiers annuels. Pour regrouper les contrôles techniques d'un même véhicule, il est nécessaire de faire des recherches de doubles sur plusieurs identifiants : le numéro d'immatriculation, le numéro d'identification du véhicule (VIN) et sa date de mise en circulation.

Ce fichier constitué (et alimenté annuellement en régime courant) est ensuite apparié avec le répertoire, successivement sur plusieurs identifiants : le numéro d'immatriculation, le numéro d'immatriculation précédent en ancien format FNI pour les véhicules immatriculés avant le 15 avril 2009, le numéro d'identification du véhicule et sa date de première mise en circulation. Les véhicules appariés se voient attribuer une probabilité de rouler à une date donnée égale à un. Il en est de même des véhicules récents qui n'ont pas encore fait l'objet d'un contrôle technique. Pour les véhicules du répertoire non retrouvés ou non à jour de leur contrôle technique, une probabilité sera calculée, qui tiendra compte de leur date de mise en circulation et du dépassement de la date attendue de leur dernier contrôle technique.

A terme, cette exploitation permettra un suivi longitudinal des véhicules de la première immatriculation aux contrôles techniques successifs, elle pourra être utilisée pour mieux asseoir les évaluations environnementales et alimenter d'autres travaux, comme le bilan de la circulation présenté plus loin.

#### **Encadré - Périodicité des contrôles techniques selon la catégorie de véhicule**

Les contrôles techniques sont obligatoires pour les véhicules roulant(s) selon des périodicités différentes : pour les bus et cars les visites ont lieu tous les six mois, pour les poids lourds, y compris les véhicules automobiles spécialisés (VASP) lourds tous les ans, pour les véhicules utilitaires légers (camionnettes et VASP de masse inférieure ou égale à 3,5 tonnes) et les VASP, à partir de la 4ème année, tous les deux ans avec un contrôle complémentaire (anti-pollution) l'année suivante, et pour les voitures particulières, à partir de la 4ème année également tous les deux ans.

Le champ des contrôles techniques exclut les deux-roues motorisés, les tracteurs agricoles, les véhicules de l'État, dont militaires.

### **Une estimation détaillée des circulations et des consommations**

L'utilisation des informations du contrôle technique permettra une estimation de la circulation annuelle par catégorie de véhicules, en termes de véhicules-kilomètres, à partir des kilométrages au compteur obtenus en appariant deux contrôles techniques successifs.

Pour les véhicules légers de moins de 4 ans pour lesquels on n'a pas d'information directe à partir des contrôles techniques, une probabilité de rouler de un sera affectée aux véhicules non détruits ou sortis du territoire. L'affectation d'un kilométrage annuel à ces véhicules sera estimée en fonction des kilométrages moyens par âge du véhicule obtenus à partir de sources externes, comme le panel carburant de Kantar ou des résultats d'enquêtes d'utilisation des véhicules.

Donnons ici un exemple de l'estimation du parc roulant pour les bus et cars : les kilométrages annuels ont été calculés en tenant compte des kilométrages disponibles lors des points successifs de contrôle technique et de la date de mise en circulation. L'estimation de la ventilation du parc par norme Euro s'appuie sur les dates de mise en circulation (*tableau 2*).

**Tableau 2 : Exemple de données sur le parc roulant des bus et cars sur la base des données croisées du répertoire des véhicules routiers et du contrôle technique**

Type de carrosserie	Parc au 01/01/2012	Km annuels (millions)	Km annuel moyen par véhicule	Répartition des km annuels parcourus selon les normes euros (en %) (estimées à partir de la date de mise en circulation)					
				Norme Euro 0 (véhicules mis en service avant octobre 1993)	Norme Euro 1 (véhicules mis en service avant octobre 1996)	Norme Euro 2 (véhicules mis en service avant octobre 2001)	Norme Euro 3 (véhicules mis en service avant octobre 2006)	Norme Euro 4 (véhicules mis en service avant octobre 2009)	Norme Euro 5 (véhicules mis en service avant janvier 2014)
Autobus (hors RATP)	20 566	813	39 530	1,9	4,8	18,8	29,7	25,4	19,4
Autobus de la RATP	4 564	169	37 000	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Autocars	65 382	2 072	31 690	2,4	3,7	15,6	29,3	28,0	21,1
Ensemble*	90 512	3 054	33 730	2,2	4,0	16,5	29,4	27,3	20,6

Sources : SOeS et UTAC ; RATP

\* : la répartition de l'ensemble des km annuels par norme euro n'inclut pas les autobus de la RATP

nd : non disponible

Par ailleurs, le bilan de la circulation, réalisé pour le rapport annuel de la Commission des Comptes des Transports de la Nation, évalue chaque année la circulation routière sur le territoire métropolitain en véhicules kilomètres (veh\*km), par type de véhicule, type de carburant (essence/diesel) et type de réseau routier grâce aux comptages et estimations sur les routes nationales et autoroutes, ainsi que la consommation de carburants afférente (tableaux 3 et 4). Cette évaluation repose sur une approche multi sources, le répertoire statistique des véhicules routiers et le CCFA pour le parc de véhicules, le Sétra pour la mesure de la circulation routière sur le réseau routier national, l'ASFA pour la circulation sur le réseau national concédé, le CPDP pour les livraisons de carburants, Panel carburant de Kantar Worldpanel et Parc Auto de la Sofres pour les consommations unitaires et les kilométrages moyens, et assure la cohérence avec les statistiques de livraisons de carburant<sup>13</sup>.

### Un projet d'approfondissement pour des connaissances détaillées

Le projet sur la circulation routière, mené actuellement en liaison avec les évolutions du répertoire, vise à ventiler la circulation par type de véhicules (selon leur genre, l'énergie qu'ils utilisent), par type de route (autoroutes, routes nationales, départementales, communales), par zone géographique (département) et par nature du déplacement (longue distance, mobilité locale ou déplacements pendulaires). Pour arriver à ce résultat, de multiples informations complémentaires seront nécessaires qui ne sont pas toutes disponibles à ce stade. Pour la décomposition géographique, la connaissance des réseaux routiers départementaux et de la circulation qu'ils supportent est nécessaire.

Actuellement, des données de comptage et un indice de circulation routière sont produits par le SETRA pour le réseau routier national. La connaissance de la circulation sur le réseau routier départemental et dans les agglomérations a été décentralisée à l'image du réseau : l'information est donc à collecter auprès des conseils généraux et municipalités et à rassembler de manière à la rendre exploitable dans le cadre plus général d'un bilan de la circulation. De même, pour la nature du déplacement, les données issues du recensement sur la population ou d'enquêtes, comme le suivi de la demande touristique, devront être utilisées.

<sup>13</sup> Panel carburant est un panel de 3 300 véhicules représentatif du parc automobile français de voitures particulières, renouvelé annuellement de 20 %. Le suivi de ce panel, effectué depuis 25 ans par Kantar world panel repose sur un carnet de bord complété par le propriétaire sur le volume de carburant et le kilométrage au compteur à chaque passage à la pompe. Il permet ainsi de mesurer la consommation unitaire aux 100 km et le kilométrage moyen, selon différents critères. Parc auto est une enquête annuelle menée par la Sofres depuis 1984 auprès de 10 000 ménages qui a pour objectif de connaître l'équipement et l'usage automobile des ménages (pour plus d'information sur le bilan de la circulation, voir le rapport CCTN de juin 2012).

**Tableau 3 : Circulations routières selon les catégories de véhicules et le réseau (en milliards de véhicules km)**

	1990	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
<b>Voitures particulières</b>	<b>311</b>	<b>376</b>	<b>392</b>	<b>395</b>	<b>399</b>	<b>399</b>	<b>394</b>	<b>393</b>	<b>396</b>	<b>392</b>	<b>395</b>	<b>398</b>	<b>399</b>
dont essence	236	195	192	185	177	168	158	146	138	130	122	117	110
dont Diesel	75	181	200	210	222	231	236	247	258	262	273	281	289
<b>Véhicules utilitaires légers</b>	<b>62</b>	<b>79</b>	<b>81</b>	<b>83</b>	<b>85</b>	<b>86</b>	<b>87</b>	<b>88</b>	<b>88</b>	<b>87</b>	<b>88</b>	<b>91</b>	<b>93</b>
dont essence	23	11	10	10	9	9	8	7	7	6	5	5	4
dont Diesel	39	68	71	74	76	78	79	80	81	81	82	86	89
<b>Véhicules lourds</b>	<b>21</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>26</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>24</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>23</b>
dont poids lourds	19	23	23	23	22	23	23	23	24	21	19	19	20
dont bus et cars	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3
<b>VP et VUL étrangers</b>	<b>16</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>26</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>26</b>
dont essence	14	17	17	18	18	18	18	17	17	16	15	16	16
dont Diesel	2	5	5	6	6	7	8	9	11	11	10	11	11
<b>Véhicules lourds étrangers</b>	<b>3</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>9</b>
dont poids lourds	3	7	7	8	8	9	9	9	10	9	9	9	9
dont bus et cars	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Motocycles	6	10	11	12	12	12	13	13	13	13	14	14	14
<b>Ensemble des véhicules</b>	<b>420</b>	<b>518</b>	<b>539</b>	<b>548</b>	<b>553</b>	<b>557</b>	<b>554</b>	<b>555</b>	<b>562</b>	<b>553</b>	<b>552</b>	<b>560</b>	<b>565</b>
Total autoroutes (1)	87	139	145	150	152	157	157	161	165	162	164	168	171
Autoroutes concédées	42	66	69	73	74	76	77	79	82	81	82	84	85
Autoroutes non concédées (1)	44	73	76	77	78	80	80	81	83	81	82	84	86
Routes 'nationales'	19	22	23	23	23	23	23	23	24	23	24	23	23
<b>Total réseau 'national' (2)</b>	<b>106</b>	<b>161</b>	<b>167</b>	<b>173</b>	<b>175</b>	<b>180</b>	<b>181</b>	<b>184</b>	<b>189</b>	<b>185</b>	<b>188</b>	<b>191</b>	<b>195</b>
Autres routes (3)	314	357	371	375	377	377	374	371	373	367	364	369	370
<b>Ensemble des réseaux</b>	<b>420</b>	<b>518</b>	<b>539</b>	<b>548</b>	<b>553</b>	<b>557</b>	<b>554</b>	<b>555</b>	<b>562</b>	<b>553</b>	<b>552</b>	<b>560</b>	<b>565</b>

Source : SOeS - Commission des comptes des transports de la Nation, bilan de la circulation d'après les données SOeS, CCFA, Setra, Asfa, Kantar-Worldpanel, TNS-Sofres, CPDP

L'ensemble des séries constitutives du bilan de la circulation a été rebasé en 2011. Voir annexe du 48ème rapport à la CCTN (tome 1).

(1) les voies rapides urbaines et les routes nationales interurbaines à caractéristiques autoroutières sont incluses dans les autoroutes non concédées

(2) ventilation de la circulation en tenant compte du nouveau réseau routier national : le réseau transféré aux collectivités locales en 2006 est inclus dans les "autres routes" depuis 1990 (série homogène sur toute la période)

(3) routes départementales et réseau local, calcul par solde

Tableau 4 : Evolution des consommations de carburants sur le territoire français (en %)

**ESSENCE + GAZOLE**

	91/90	00/99	01/00	02/01	03/02	04/03	05/04	06/05	07/06	08/07	09/08	10/09	11/10
Total VP françaises	-0,1	-1,2	3,1	0,1	-0,5	-1,4	-1,9	-1,3	0,6	-0,9	0,1	0,5	-1,9
Total VUL français	5,8	0,9	2,7	2,2	1,1	0,5	0,3	-0,6	0,5	-0,6	1,3	3,6	1,3

**ESSENCE**

Motocycles	0,5	10,6	9,8	10,3	0,3	6,8	3,0	0,6	4,1	6,6	5,6	0,0	0,1
Voitures particulières	-3,3	-4,9	-2,0	-4,1	-5,9	-6,4	-6,0	-8,3	-5,8	-5,3	-6,3	-3,4	-7,4
Véhicules utilitaires légers	-5,7	-6,9	-6,3	-6,8	-8,1	-6,3	-9,1	-9,3	-8,4	-11,4	-11,3	-9,4	-16,6
<b>Total véhicules légers français</b>	<b>-3,5</b>	<b>-4,7</b>	<b>-2,0</b>	<b>-3,9</b>	<b>-5,8</b>	<b>-6,0</b>	<b>-5,8</b>	<b>-8,0</b>	<b>-5,5</b>	<b>-5,0</b>	<b>-5,8</b>	<b>-3,4</b>	<b>-7,2</b>
VP et VUL étrangers	-0,1	0,6	2,7	2,4	-3,4	-0,5	-1,4	-2,9	-1,4	-7,8	-2,5	3,6	-1,4
<b>Total consommation routière sur le territoire</b>	<b>-3,3</b>	<b>-4,3</b>	<b>-1,6</b>	<b>-3,4</b>	<b>-5,6</b>	<b>-5,5</b>	<b>-5,4</b>	<b>-7,5</b>	<b>-5,1</b>	<b>-5,3</b>	<b>-5,5</b>	<b>-2,7</b>	<b>-6,6</b>
Divers : consommation non routière	1,8	-0,5	1,0	5,4	0,3	1,8	-2,2	0,3	0,3	3,6	1,3	0,0	2,4
Vente sous douane	140,0	-38,0	31,0	-48,3	4,0	-10,4	14,8	20,9	-1,7	-16,4	6,1	17,7	19,6
Solde aux frontières / ajustement stat. (1)	-0,8	-4,9	-5,4	-6,0	-6,3	-5,7	-6,8	-5,3	-4,9	-8,6	-7,4	-9,3	-9,1
<b>Livraisons CPDP</b>	<b>-2,8</b>	<b>-4,8</b>	<b>-2,0</b>	<b>-3,8</b>	<b>-5,7</b>	<b>-4,7</b>	<b>-6,2</b>	<b>-6,0</b>	<b>-4,5</b>	<b>-8,2</b>	<b>-4,2</b>	<b>-4,2</b>	<b>-6,0</b>

**GAZOLE**

Voitures particulières	13,1	4,2	9,7	4,9	5,2	3,4	1,6	4,3	5,1	1,8	3,9	2,6	0,9
Véhicules utilitaires légers	12,2	2,2	4,0	3,4	2,3	1,3	1,3	0,2	1,3	0,3	2,1	4,4	2,2
<b>Total véhicules légers français</b>	<b>12,7</b>	<b>3,5</b>	<b>7,7</b>	<b>4,4</b>	<b>4,2</b>	<b>2,7</b>	<b>1,5</b>	<b>3,0</b>	<b>3,9</b>	<b>1,3</b>	<b>3,3</b>	<b>3,1</b>	<b>1,3</b>
Poids lourds	3,1	0,3	0,8	0,3	-3,0	4,0	-1,3	0,4	2,5	-13,2	-11,9	4,4	3,2
Bus et cars	7,3	4,0	-0,9	-1,1	2,1	3,1	3,5	1,7	4,5	6,2	1,4	2,7	1,5
<b>Total véhicules lourds français</b>	<b>3,5</b>	<b>0,6</b>	<b>0,6</b>	<b>0,1</b>	<b>-2,5</b>	<b>4,0</b>	<b>-0,9</b>	<b>0,5</b>	<b>2,6</b>	<b>-11,4</b>	<b>-10,3</b>	<b>4,2</b>	<b>3,0</b>
VP et VUL étrangers	-0,1	11,7	12,7	11,7	7,4	6,6	15,4	16,6	18,9	-6,8	-2,1	4,2	-1,0
Véhicules lourds étrangers	10,4	6,0	3,0	3,8	1,2	10,5	4,2	2,5	2,1	-5,4	-7,4	5,5	-0,4
<b>Total consommation routière sur le territoire</b>	<b>8,5</b>	<b>2,9</b>	<b>5,3</b>	<b>3,2</b>	<b>2,2</b>	<b>3,7</b>	<b>1,3</b>	<b>2,5</b>	<b>3,7</b>	<b>-2,6</b>	<b>-0,8</b>	<b>3,6</b>	<b>1,4</b>
Divers : consommation non routière	1,8	-33,6	30,8	3,7	8,1	5,3	-6,2	249,5	40,8	-2,4	-6,5	-1,0	-74,4
Vente sous douane	5,1	-4,8	7,4	-1,2	1,3	-9,1	-2,9	-9,9	-9,2	-7,4	2,7	-3,3	-2,9
Solde aux frontières / ajustement stat. (1)	9,3	3,1	2,6	2,2	2,4	1,1	1,0	0,8	0,0	1,7	2,9	3,1	2,9
<b>Livraisons CPDP</b>	<b>7,2</b>	<b>2,0</b>	<b>4,8</b>	<b>2,8</b>	<b>2,4</b>	<b>2,2</b>	<b>1,1</b>	<b>2,6</b>	<b>2,8</b>	<b>-0,9</b>	<b>0,4</b>	<b>3,7</b>	<b>0,7</b>

**ESSENCE + GAZOLE**

<b>Livraisons CPDP tous carburants</b>	<b>1,8</b>	<b>-0,5</b>	<b>2,3</b>	<b>0,5</b>	<b>-0,3</b>	<b>0,0</b>	<b>-1,1</b>	<b>0,2</b>	<b>0,9</b>	<b>-2,8</b>	<b>-0,7</b>	<b>1,9</b>	<b>-0,7</b>
--	------------	-------------	------------	------------	-------------	------------	-------------	------------	------------	-------------	-------------	------------	-------------

Source : SOeS-Bilan de la circulation d'après SOeS, CCFA, Setra, Asfa, Kantar-Worldpanel, TNS-sofres, CPDP

(\*) L'ensemble des séries constitutives du bilan de la circulation a été rebasé en 2011. Voir annexe du 48ème rapport à la CCTN (tome 1).

(1) niveau, en % des livraisons

## Annexe 1 : Les sigles

SIV	<p>Système d'immatriculation des véhicules</p> <p>Il remplace l'ancien fichier national des immatriculations (FNI) depuis avril 2009.</p> <p>Le SIV est le traitement automatisé de gestion de toutes les pièces et de toutes les opérations administratives liées au droit de circuler des véhicules sur les voies publiques.</p> <p>Il attribue un numéro d'immatriculation à vie pour chaque nouveau véhicule mis en circulation</p> <p>Il est géré par l'agence nationale des titres sécurisés (ANTS)</p> <p>Le Ministère de l'intérieur est responsable de ce fichier.</p>
SID-SIV	<p>Système d'information décisionnel du système d'immatriculation des véhicules</p> <p>Il est constitué à partir d'une extraction quotidienne des informations contenues dans le SIV, permet de réaliser des statistiques et études et de transmettre à d'autres ministères ou organismes des informations sur l'immatriculation des véhicules.</p> <p>Il est géré par l'agence nationale des titres sécurisés (ANTS)</p> <p>Le Ministère de l'intérieur est responsable de ce fichier.</p>
AAA	Association auxiliaire automobile. Elle gère le fichier FCA pour le compte du ministère des Transports
FCA	Fichier central des automobiles, fichier national informatisé des véhicules immatriculés sur le territoire français, créé en 1983. L'association auxiliaire automobile (AAA) gère ce fichier pour le compte du ministère des Transports.
FNI	Fichier national des immatriculations, créé en 1994, sous la responsabilité du ministère de l'intérieur, pour généraliser et harmoniser le traitement des cartes grises. Les données du FNI, remplacé en 2009 par le SIV, étaient utilisées par le FCA.
ANTS	Agence nationale des titres sécurisés, établissement public administratif, placé sous tutelle du ministère de l'Intérieur. Il a été créé par un décret le 22 février 2007 et a pour mission de répondre aux besoins des administrations de l'Etat en matière de titres sécurisés : le certificat d'immatriculation (communément appelée carte grise), le passeport biométrique, le permis de conduire, la carte nationale d'identité électronique (CNIE) et le titre de séjour électronique (TSE).
UTAC - OTC	<p>l'UTAC (Union Technique de l'Automobile du motocycle et du Cycle) est l'organisme technique central (OTC) chargé, pour le compte du ministère des Transports, qui a pour rôle :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• de recueillir et d'analyser les résultats des contrôles afin de surveiller le fonctionnement des installations, de s'assurer de l'homogénéité des contrôles et de collecter les informations sur l'état du parc automobile national;</li> <li>• de tenir à jour les éléments permettant d'adapter au progrès technique les équipements et les méthodes de contrôle, ainsi que l'information et la formation des contrôleurs;</li> <li>• de fournir une assistance technique pour la vérification de la qualité des prestations fournies par les installations de contrôle. Cet organisme remplit ces missions dans le cadre d'une convention avec l'Etat approuvée par décret</li> <li>• d'effectuer toutes les opérations liées à l'attribution du code national d'identification du type (CNIT) délivré aux véhicules réceptionnés par type, à leur communication aux autorités en charge de l'immatriculation, à la constitution et la maintenance de la banque de données de réception des types de ces véhicules, et à la surveillance de l'évolution des caractéristiques techniques et des performances de ces véhicules.</li> </ul>
CCFA	Comité des Constructeurs Français d'Automobiles
ASFA	Association des sociétés françaises d'autoroutes
CPDP	Comité professionnel du pétrole

## Bibliographie

### Les immatriculations de véhicules routiers

Les immatriculations de voitures particulières neuves, B. Mathieu : SOeS, Chiffres & statistiques (mensuel et trimestriel), <http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/transports/s/immatriculations.html>

Données en ligne : les immatriculations 2010 et 2011,

[http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/transports/r/immatriculations.html?tx\\_ttnews\[tt\\_news\]=22655&cHash=8f2d9a833372658c493a365fe2d941b2](http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/transports/r/immatriculations.html?tx_ttnews[tt_news]=22655&cHash=8f2d9a833372658c493a365fe2d941b2)

Les immatriculations de véhicules équipés de motorisations alternatives, F. Wong : SOeS, Le point sur n° 148 - octobre 2012,

<http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/publications/p/1939/1080/immatriculations-vehicules-equipés-motorisations.html>

### Les transports de voyageurs

Le transport collectif routier de voyageurs en 2011 : en progression depuis deux ans, V. Coutant : SOeS, Chiffres & statistiques n° 324 - juin 2012

### Le bilan de la circulation

Les comptes des transports en 2010, Annexe 1 – Nouvelle base (2007) du Bilan de la circulation, SOeS, RéférenceS - juillet 2011

<http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/publications/p/1811/873/comptes-transports-2010.html>

Les comptes des transports en 2011 – Partie C, le bilan de la circulation, SOeS, Références – juin 2012

<http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/publications/p/1938/873/comptes-transports-2011.html>

Les comptes des transports en 2011 – Séries longues – partie C, le bilan de la circulation, SOeS

<http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/publications/p/references/comptes-transports-2011.html>

### La mobilité

Un habitant de pôle urbain émet deux fois moins de CO<sub>2</sub> que la moyenne pour se rendre à son lieu de travail ou d'études, D. Levy, T Le Jeannic : SOeS, Le point sur n° 87 - juin 2011

<http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/publications/p/1810/873/habitant-pole-urbain-emet-deux-fois-moins-co2-que-moyenne.html>

### Les dispositifs de politique publique

La prime à la casse : un tiers des immatriculations de voitures neuves des ménages en 2009, A Friez, T Le Jeannic : SOeS, Le point sur n° 52 - mai 2010

[http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/fileadmin/documents/Produits\\_editoriaux/Publications/Le\\_Point\\_Sur/2010/lepointsur\\_52\\_cle016ec8.pdf](http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/fileadmin/documents/Produits_editoriaux/Publications/Le_Point_Sur/2010/lepointsur_52_cle016ec8.pdf)

## Les immatriculations de véhicules équipés de motorisations alternatives : un développement soutenu par la prime à la casse et le bonus écologique

Florine Wong

Commissariat Général au développement durable  
Service de l'observation et des statistiques

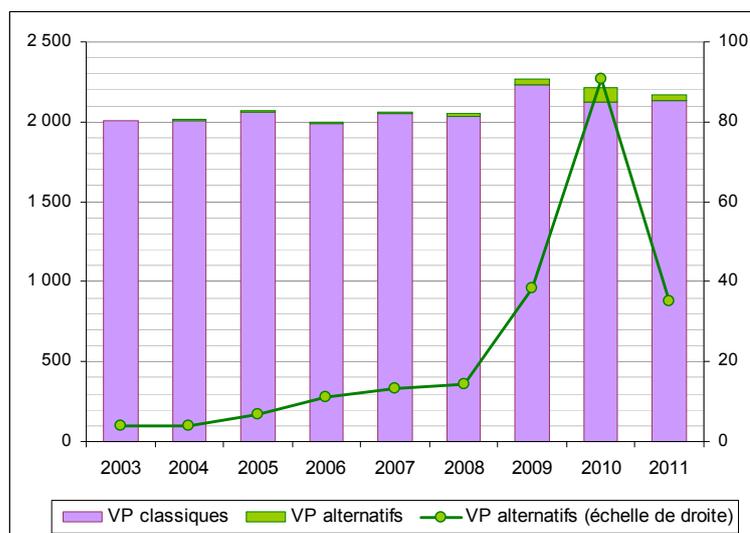
Les ventes de véhicules particuliers (VP) équipés de motorisations alternatives ont été en croissance régulière entre 2003 et 2010, avant de diminuer nettement en 2011. Cette croissance a été particulièrement soutenue en 2009 et 2010, en raison de l'introduction de mesures favorisant l'achat de véhicules peu émetteurs de dioxyde de carbone. Les VP fonctionnant au gaz de pétrole liquéfié carburant sont ainsi passés de 0,1 % des nouvelles immatriculations en 2008 à 3,4 % en 2010. Ce sont surtout les ménages qui les ont achetés, incités par le bonus écologique. Les entreprises, moins sensibles à ces mesures incitatives, ont plutôt choisi des motorisations tout électriques ou hybrides. En 2010, la part des véhicules alternatifs dans les nouvelles immatriculations variait d'un rapport de 1 à 4 selon les régions : 1,5 % en Picardie mais 6,4 % dans le Nord – Pas-de-Calais.

En 2010, 4 % des VP neufs sont équipés de motorisations alternatives, soit 90 700 immatriculations. Leur nombre a ainsi doublé en 2009 puis en 2010 (*graphique 1*), avec la mise en place du bonus-malus écologique fin 2007 puis de la prime à la casse fin 2008 (*encadré 1*). Toutefois, en 2011, le nombre d'immatriculations de ces véhicules est retombé juste en dessous de son niveau de 2009 avec la diminution progressive puis la disparition du montant de la prime à la casse.

Les véhicules équipés d'une « motorisation alternative », dite aussi « nouvelle motorisation », utilisent du gaz de pétrole liquéfié carburant (GPL-c), de l'électricité, du superéthanol (E85) ou du gaz naturel pour véhicules (GNV), soit exclusivement, soit de façon hybride avec de l'essence ou du gazole (*encadré 2*).

**Graphique 1 – Immatriculations annuelles de VP neufs « classiques » et de VP neufs « alternatifs »**

En milliers sur les deux échelles



Source : SOeS

Lecture : En 2011, 2 132 milliers de VP neufs classiques et 35 milliers de VP neufs alternatifs ont été immatriculés.

## Des ventes de véhicules particuliers « alternatifs » en hausse régulière entre 2003 et 2010

Toutes les motorisations n'ont pas contribué de la même manière à la hausse des ventes (graphique 2).

Les ventes de véhicules roulant au GPL-c ont stagné entre 2003 et 2008 avant de s'envoler : de 2 300 en 2008, les immatriculations ont atteint 24 800 unités en 2009 puis 75 500 en 2010, soit 3,4 % des immatriculations neuves de l'année. Elles sont ensuite retombées à 11 900 en 2011, soit 0,6 %.

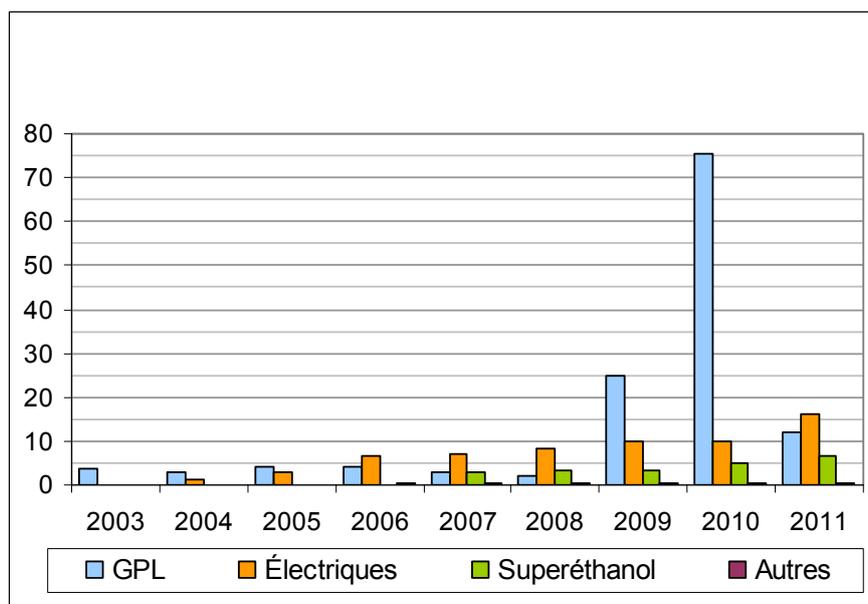
La progression des véhicules fonctionnant partiellement ou en totalité à l'électricité a été lente mais régulière : introduits en 2004, ils étaient de 2006 à 2008 la principale motorisation alternative, puis le sont redevenus en 2011, avec 16 300 véhicules vendus.

Les véhicules à carburant modulable (VCM), utilisant du super-éthanol, ont représenté 21 % des achats de véhicules alternatifs en 2007, première année de leur commercialisation. Leur progression a ensuite été constante, même s'ils ne totalisent encore que 6 500 immatriculations neuves en 2011.

Enfin, 170 véhicules fonctionnant au gaz naturel pour véhicules (GNV) ont été immatriculés en 2011, moins que les 250 immatriculations en 2006, année de leur première commercialisation.

### Graphique 2 – Immatriculations annuelles de VP alternatifs par motorisation

En milliers



Source : SOeS

### Les véhicules GPL grands bénéficiaires du bonus écologique

Entre 2003 et 2008, le volume total des immatriculations annuelles est resté stable, autour de deux millions de VP en moyenne. Dans le cadre du plan de relance économique, l'instauration de la prime à la casse fin 2008 a permis une hausse globale des ventes. Ainsi entre 2009 et 2011, la moyenne annuelle des immatriculations s'est élevée à 2 200 000 unités, soit 9 % de plus que sur la période 2003-2008. Les véhicules alternatifs ont contribué pour 2,2 points à cette progression alors qu'ils ne représentaient que 0,7 % des ventes en 2008.

Les véhicules fonctionnant au GPL-c constituent la grande majorité des ventes de motorisations alternatives entre 2009 et début 2011. Toutefois, les fluctuations de ces ventes ont été très

importantes, surtout en comparaison de celles des immatriculations de VP neufs à motorisation classique (*graphique 3*).

L'évolution du bonus-malus écologique explique largement ces variations. Ainsi, la réduction de la prime à la casse de 1 000 à 700 € au 1er avril 2010 a entraîné un pic des ventes de véhicules GPL en mars 2010. Le phénomène s'est reproduit à chaque fois que ce dispositif est devenu moins généreux : en juin 2010 et en décembre 2010. Les immatriculations se sont effondrées après le 31 mars 2011, date limite de facturation des véhicules éligibles non seulement à la prime à la casse, mais surtout au bonus écologique de 2 000 € pour les véhicules roulant au GPL-c, au GNV ou à l'électricité. Entre avril et décembre 2011, seulement 1 500 véhicules GPL ont été immatriculés, soit 35 fois moins que sur la même période de 2010.

En revanche, pour les autres types de nouvelles motorisations, l'impact du bonus écologique semble plus limité. Certaines immatriculations ont même augmenté entre avril et décembre 2011 par rapport à la même période de 2010 : 12 500 contre 7 500 pour les véhicules électriques – les ventes de véhicules hybrides ayant repris après la fin de l'effet du rappel des Toyota Prius, intervenu à l'automne 2009 puis début 2010 – et 5 500 contre 3 800 pour les véhicules fonctionnant au super-éthanol. En effet, le taux d'émission de CO<sub>2</sub> des VCM est en moyenne plus élevé que celui des motorisations classiques, si bien que ces véhicules ne sont généralement pas éligibles au bonus écologique. Quant aux véhicules fonctionnant à l'électricité, c'est la mise sur le marché de nouveaux modèles par les grands constructeurs qui a entraîné la hausse récente de leurs immatriculations.

**Tableau 1 – Structure des immatriculations au regard des modalités d'attribution du bonus écologique**

	Taux d'émission de CO <sub>2</sub> (en g/km)	Parts des immatriculations annuelles (en %)			
		2008	2009	2010	2011
Tous véhicules	taux ≤ 60	ε	ε	0,1	0,1
Véhicules hybrides, acquis par des particuliers	60 < taux ≤ 110	0,2	0,2	0,2	0,3
	110 < taux ≤ 135	ε	ε	0,03	0,01
	135 < taux ≤ 140	ε	ε	ε	ε
Véhicules utilisant, exclusivement ou non, du GPL-c ou du GNV, acquis par des particuliers	60 < taux ≤ 135	0,02	1,0	3,3	0,5
	135 < taux ≤ 140	ε	ε	ε	ε
Tous autres véhicules	60 < taux ≤ 90	0,04	0,1	0,1	0,5
	90 < taux ≤ 95	ε	0,04	0,2	1,0
	95 < taux ≤ 100	0,04	0,2	1,1	2,7
	100 < taux ≤ 110	4,3	9,3	15,4	27,2
	110 < taux ≤ 115	5,6	7,9	20,1	6,2
	115 < taux ≤ 120	25,1	29,9	9,4	7,8
	120 < taux ≤ 125	3,8	2,4	2,6	4,1
	125 < taux ≤ 130	5,7	5,5	5,9	7,5
Autres non bonussés		55,3	43,5	41,7	41,9
<b>Nombre total d'immatriculations</b>		<b>2 050 592</b>	<b>2 269 011</b>	<b>2 215 033</b>	<b>2 166 755</b>

À partir de 2009, les véhicules commandés avant le 31 décembre de l'année N bénéficient des dispositions de l'année N tant que leur facturation intervient avant le 31 mars de l'année N + 1

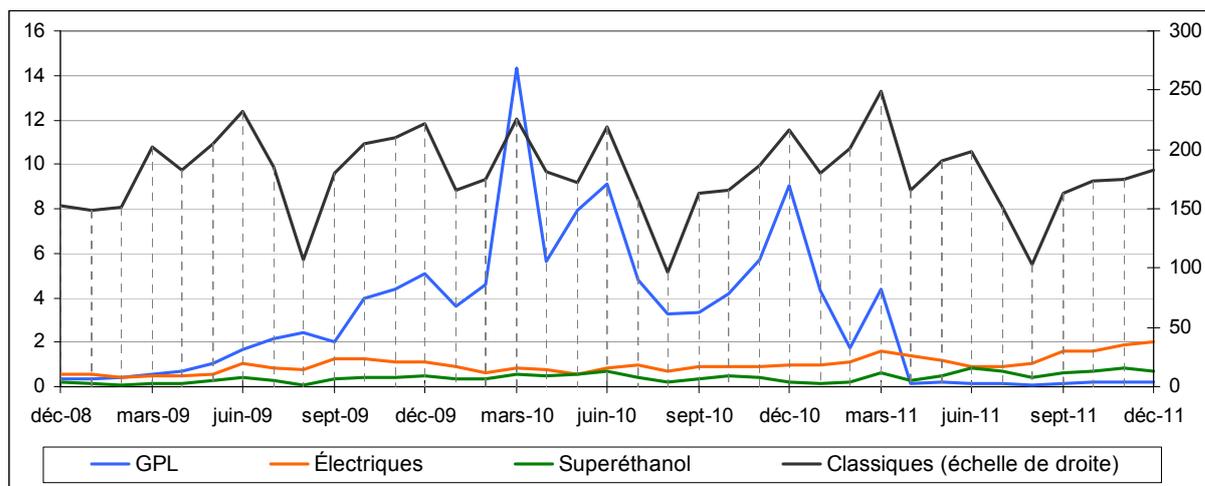
Lecture : ε signifie inférieur à 0,005 %

Montant du bonus :	5 000 €
	2 000 €
	1 000 € jusqu'en 2010 et 800 € en 2011
	700 € jusqu'en 2009, 500 € en 2010 et 400 € en 2011
	200 € jusqu'en 2009 et 100 € en 2010
	0 €

Source : SOeS

### Graphique 3 – Immatriculations mensuelles de VP alternatifs par motorisation

En milliers sur les deux échelles



Source : SOeS

#### Les ménages attirés par les véhicules GPL

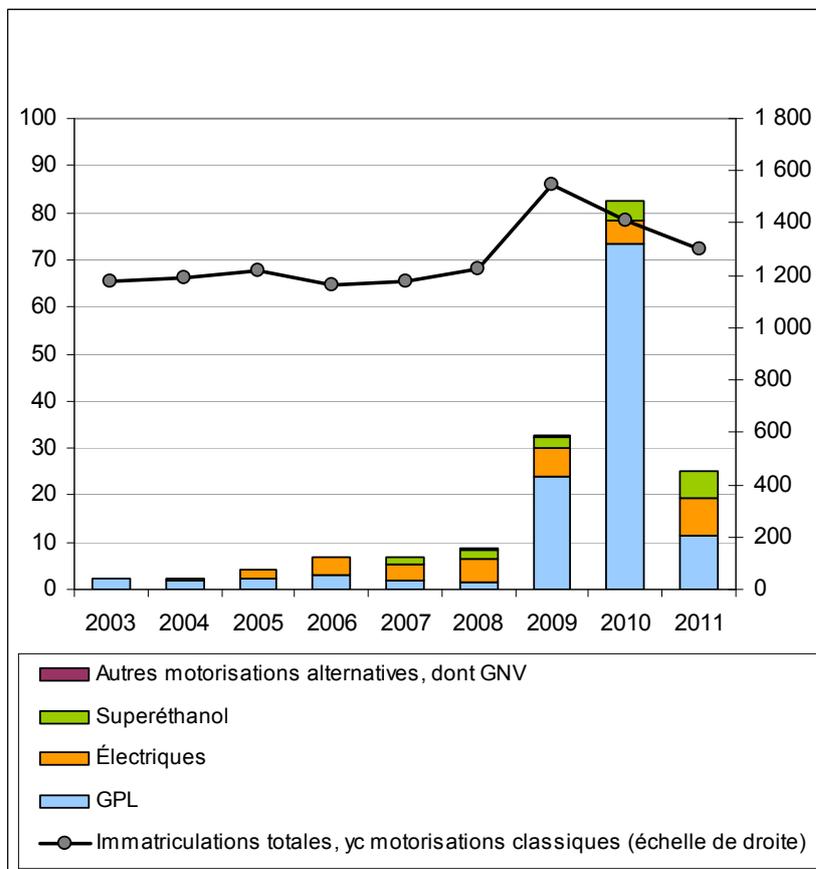
Entre avril 2009 et mars 2011, période d'application conjointe de la prime à la casse et du bonus écologique, 97 % des 109 400 véhicules GPL immatriculés ont été achetés par des ménages, contre 62 % pour les autres véhicules alternatifs (*graphique 4*). Un véhicule GPL est plus cher à l'achat qu'un véhicule essence de même cylindrée, mais il bénéficie d'un taux réduit de taxe intérieure de consommation sur les produits énergétiques (TICPE) par rapport aux autres carburants, ce qui le rend moins cher à l'utilisation (*encadré 3*). Le bonus écologique spécifique de 2 000 € et la prime à la casse de 500 à 1 000 € ont permis aux ménages de réduire le surcoût à l'achat d'un véhicule GPL par rapport à son équivalent à motorisation classique. À la disparition de ces dispositifs, les ventes de véhicules GPL se sont effondrées de 6 300 unités par mois en moyenne en 2010 à 1 000 en 2011.

L'utilisation d'un véhicule à motorisation alternative implique certaines contraintes d'alimentation en carburant ou de recharge. Les véhicules à bicarburation GPL-c/essence sont relativement peu contraignants car le territoire métropolitain disposait de 1 700 stations-service distribuant du GPL-c en juillet 2012. C'est peu par rapport aux 10 000 stations-service fournissant du gazole, mais c'est beaucoup plus que les 300 stations environ fournissant du super-éthanol. De plus, la bicarburation allège la contrainte d'approvisionnement en GPL-c.

En revanche, malgré le bonus spécifique de 5 000 €, le coût élevé des batteries et le problème de la recharge ont freiné l'achat par les ménages de véhicules « tout électriques » : seulement 87 immatriculations en 2011. Pourtant, avec une recharge la nuit, ces motorisations pourraient répondre aux déplacements quotidiens de la plupart des ménages. Mais les bornes publiques de recharge sont actuellement trop rares pour garantir des recharges partielles à tout moment. L'installation de plus de 10 000 bornes était prévue en 2012, 75 000 d'ici 2015. Par ailleurs, depuis juillet 2012, toutes les constructions d'immeubles disposant d'un parking collectif doivent s'équiper de prises de recharge pour les véhicules électriques.

### Graphique 4 – Immatriculations annuelles de VP alternatifs des ménages, par motorisation

En milliers



Source : SOeS

#### Les entreprises préfèrent davantage les motorisations électriques

Le nombre de véhicules immatriculés neufs par des entreprises est relativement stable depuis 2003, autour de 850 000 par an, avec un creux en 2009-2010 lié à la crise économique et un retour au niveau tendanciel ensuite. Les immatriculations de véhicules équipés de motorisations alternatives ont progressé, passant de 1 600 unités en 2003 à 8 100 en 2010 et 10 000 en 2011, soit 1,1 % des immatriculations totales (graphique 5).

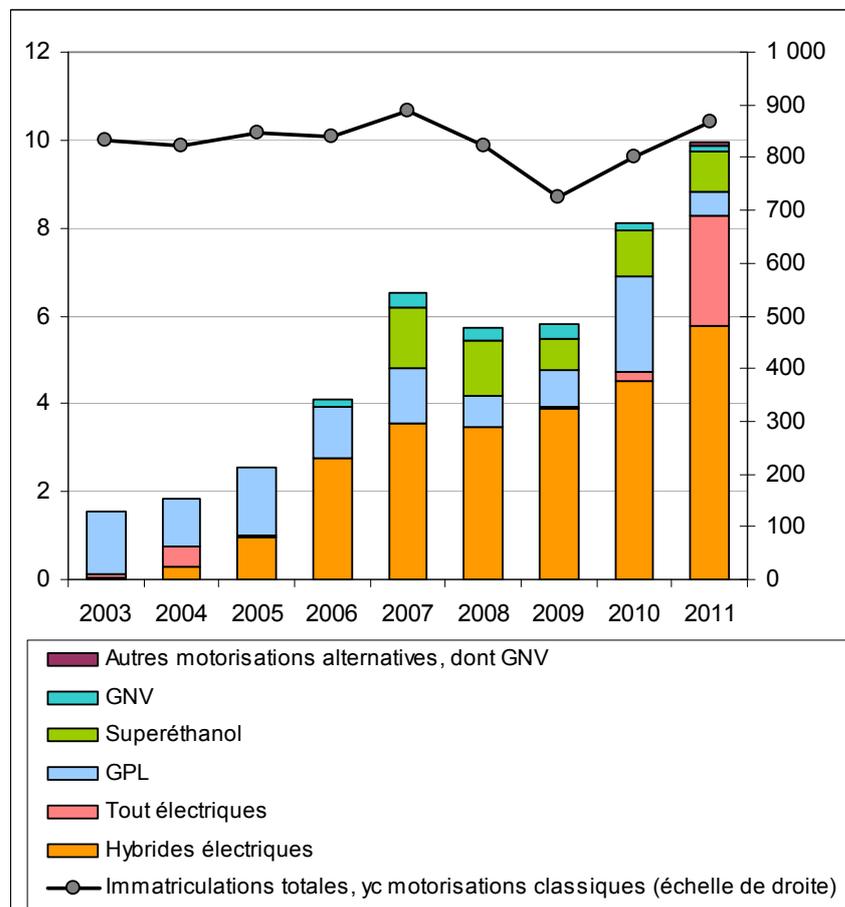
Contrairement aux ménages, le comportement d'achat des entreprises semble plus dicté par la conjoncture économique que par les évolutions des dispositifs de soutien. Ainsi, leurs achats de véhicules alternatifs ont augmenté en 2011 malgré la fin de la prime à la casse : leurs flottes souvent plutôt récentes ne permettaient guère d'en bénéficier. L'indexation en janvier 2006 de la taxe sur les véhicules de société (TVS) sur le taux d'émission de CO<sub>2</sub> des VP a été plus incitative. Son montant est de l'ordre de 1 000 € par an et par VP, mais, jusqu'en octobre 2011, les véhicules hybrides, fonctionnant au GNV, au GPL-c ou à l'E85 ont bénéficié d'une exonération totale, et les véhicules à bicarburant essence-GPL, d'une exonération de 50 % sur une période de deux ans. Le seuil d'exonération totale a été abaissé de 100 à 50 g CO<sub>2</sub>/km le 1<sup>er</sup> octobre 2011, si bien que seuls les véhicules électriques en bénéficient aujourd'hui. L'effet de ce changement a été net sur les ventes des véhicules GPL : 510 en 2011 contre 2 190 en 2010. La hausse du prix à la consommation des carburants depuis 2010 améliore également la compétitivité des véhicules électriques.

Ce sont donc ces derniers qui ont le plus de succès auprès des entreprises. Depuis 2006, les véhicules hybrides y ont toujours représenté au moins 55 % des immatriculations de VP alternatifs. Les ventes de véhicules électriques ont décollé en 2011 : 2 540 véhicules ont été immatriculés, dont 400 « Bluecar » destinés à la flotte du service d'auto-partage Autolib' à Paris, contre 180 en 2010.

Ces véhicules donnent droit au bonus écologique maximal, soit 5 000 € en 2011, contre au plus 800 € pour les véhicules hybrides.

### Graphique 5 – Immatriculations annuelles de VP alternatifs des entreprises, par motorisation

En milliers



Source : SOeS

Le succès des motorisations alternatives auprès des entreprises s'explique aussi par le bénéfice tiré en termes d'image. De plus, contrairement à un ménage, une entreprise peut se doter de sa propre infrastructure d'approvisionnement : station-service de GPL-c, de GNV ou d'E85, borne de recharge électrique. D'ailleurs, la quasi-totalité des stations de GNV sont privées, ce qui restreint l'usage de cette motorisation aux entreprises. Enfin, l'usage des flottes professionnelles est beaucoup plus adapté aux contraintes que pose le rechargement en électricité, notamment dans les grandes agglomérations : des déplacements quotidiens avec de faibles kilométrages.

#### Succès des véhicules GPL dans le Nord – Pas-de-Calais

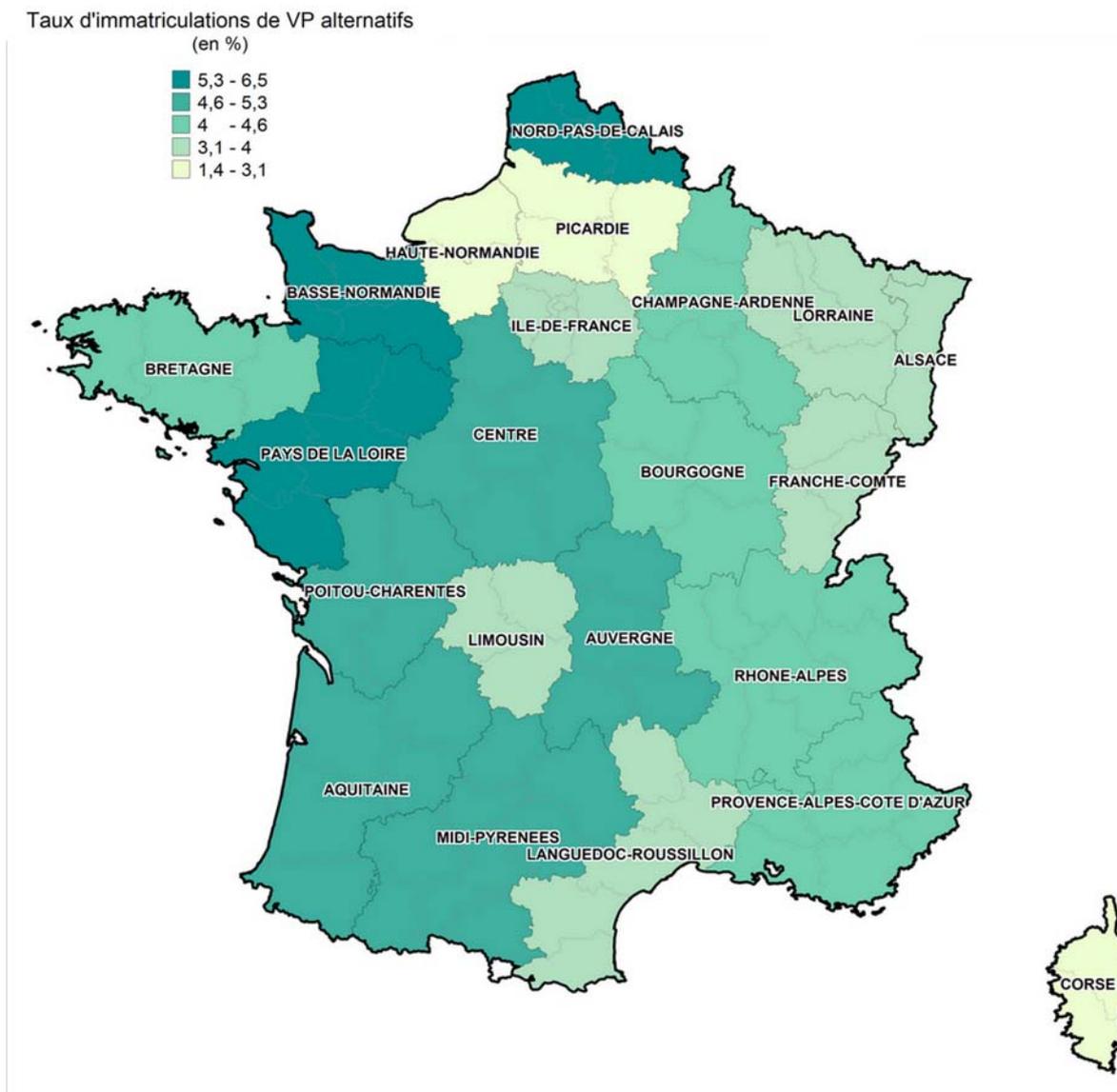
On s'intéresse à nouveau aux immatriculations de tous les agents, ménages et entreprises.

En 2010, les motorisations alternatives ont représenté 4,1 % des immatriculations de véhicules neufs en moyenne en France métropolitaine, mais les disparités régionales sont fortes (carte 1).

C'est dans le Nord – Pas-de-Calais que ce taux a été le plus important : 6,4 % ; 8 000 véhicules GPL y ont été immatriculés (*graphique 6*). Viennent ensuite les Pays de la Loire et la Basse-Normandie, avec respectivement 5,8 % et 5,4 %. À l'opposé, ce taux n'était que de 1,5 % en Picardie, de 2,0 % en Haute-Normandie et de 2,1 % en Corse.

Les véhicules GPL ont représenté au moins 70 % des immatriculations de VP alternatifs dans toutes les régions, sauf en Corse (37 %). Le taux maximum est atteint dans le Nord – Pas-de-Calais, avec 91 %, contre 83 % en moyenne.

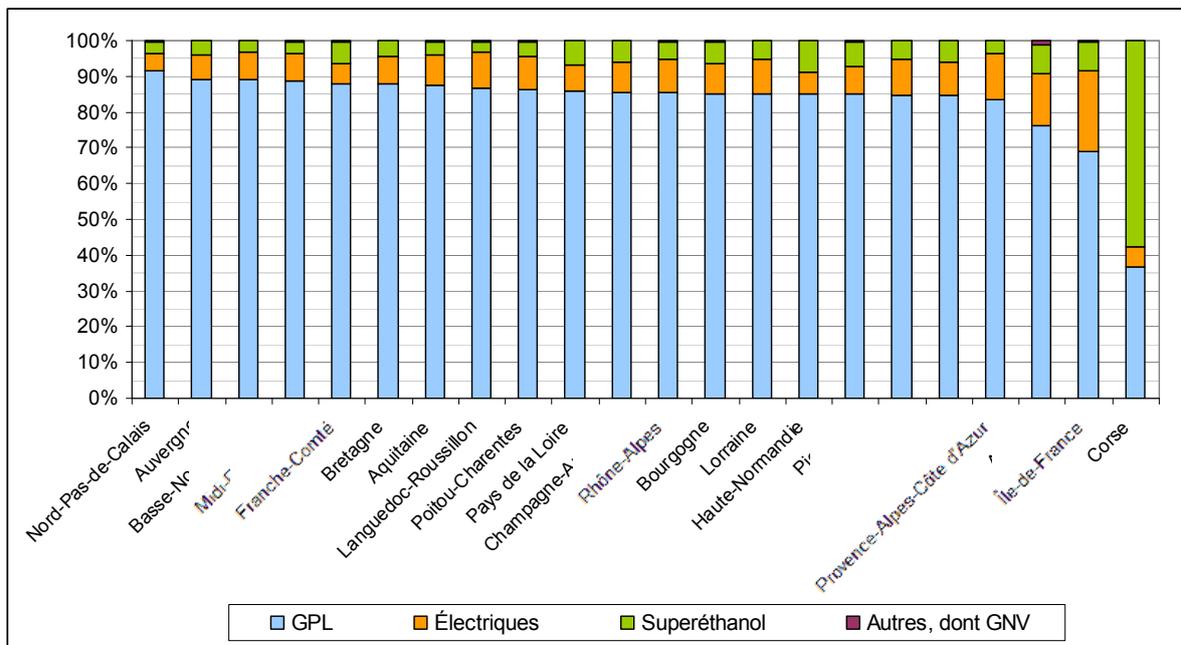
### Carte 1 – Part des motorisations alternatives dans les immatriculations de VP neufs en 2010



Les véhicules électriques ont été moins largement plébiscités en 2010. Les hybrides électriques ont tout de même représenté 11 % des immatriculations de motorisations alternatives en moyenne en France ; les véhicules tout électriques, en phase de démarrage, seulement 0,2 %. La région Ile-de-France se démarque nettement pour ces véhicules, avec des taux de 22 % et 1,1 % respectivement, alors que, dans les autres régions, ces taux sont presque toujours inférieurs à 10 % et 0,1 % respectivement. Pour les véhicules tout électriques, cela provient notamment du dispositif Autolib. Les motorisations au super-éthanol n'ont qu'un succès relatif. Elles ne représentent jamais plus de 0,4 % des immatriculations totales, à part en Corse, 1,2 %. Ainsi, en 2010, 305 VCM y ont été immatriculés, soit 6 % des immatriculations nationales de VCM, alors que seulement 1 % des immatriculations nationales ont été effectuées en Corse.

Les autres motorisations alternatives, pour l'essentiel des véhicules roulant au GNV, restent très marginales avec 0,3 % des immatriculations de VP alternatifs. Ce taux dépasse 1 % uniquement en Alsace. En 2010, les motorisations fonctionnant au GNV y ont représenté 1,2 % des ventes de VP alternatifs, soit 0,4 % des ventes totales de VP dans la région.

**Graphique 6 – Part des immatriculations de VP alternatifs en 2010, par motorisation selon les régions**



Source : SOeS

### L'équipement des stations-service en GPL-c a peu d'influence sur le succès de ces véhicules

La disponibilité de stations-service en carburant dans une région influence-t-elle sur le succès des véhicules utilisant ce carburant ? Le coefficient de corrélation entre le taux d'immatriculations 2010 et le taux de stations-services distribuant du GPL au 1er janvier 2010 est égal à 0,46, ce qui suggère l'existence d'un lien faible de cause à effet.

Les Pays de la Loire étaient en 2010 la région qui possédait le taux le plus élevé de stations-service délivrant du GPL-c : 24 %, contre 18 % en moyenne pour l'ensemble de la France (tableau 2). C'était aussi la deuxième région ayant le plus fort taux d'immatriculation de véhicules GPL en 2010 (5,0 %). Cependant, le Nord – Pas-de-Calais détenait le taux record d'immatriculations de véhicules GPL (5,9 %), malgré un taux d'équipement des stations en GPL-c de 16 %, chiffre légèrement inférieur à la moyenne nationale

Réciproquement, le succès des véhicules GPL a-t-il un effet sur la fourniture de GPL-c par les stations-service ? Le coefficient de corrélation de ces variables est légèrement négatif (- 0,10), ce qui semble indiquer l'absence de lien de cause à effet.

D'ailleurs, dans les six régions qui présentent en 2010 les taux les plus élevés d'immatriculations de motorisations au GPL, la part des stations-service proposant du GPL-c a reculé entre le 1<sup>er</sup> janvier 2010 et le 1<sup>er</sup> janvier 2012 en moyenne de - 0,6 point, contre seulement - 0,1 point à l'échelle nationale.

Pour le super-éthanol, le taux d'équipement des stations-service est le plus élevé en Picardie (7,5 %), probablement en raison d'une importante production locale de bio-éthanol à partir de betterave. Pourtant, le taux d'immatriculations de VCM y est aussi le plus bas, 0,1 %. À l'inverse, le taux

d'immatriculation de VCM est le plus élevé en Corse (1,2 %), bien que cette région possède le taux d'équipement en super-éthanol des stations-service le plus faible de France, 2,4 %.

La Corse est quand même la seule région où le taux de stations-service fournissant du super-éthanol a progressé entre le 1<sup>er</sup> janvier 2010 et le 1<sup>er</sup> janvier 2012 : + 0,8 point, certainement en réponse à la forte demande. Dans les autres régions, la faiblesse du taux d'immatriculations de VCM (0,2 % en moyenne) peut expliquer la baisse généralisée du taux d'équipement des stations-service (- 1,6 point en moyenne). Le coefficient de corrélation correspondant, 0,40, semble confirmer l'existence d'un léger lien de cause à effet. Toutefois, si on supprime la région Corse du calcul, ce coefficient devient négatif. Il semble en définitive que le nombre de véhicules VCM immatriculés n'ait pas eu d'impact sur l'évolution du nombre de stations-service distribuant du super-éthanol, hormis en Corse.

**Tableau 2 – Immatriculations de VP roulant au GPL-c et au super-éthanol et stations service distribuant ces carburants, par région**

	Immatriculations en 2010			Stations-service au 1er janvier 2010			Évolution du taux de stations-service entre le 1er janvier 2010 et le 1er janvier 2012 (en point)	
	Nombre	Véhicules fonctionnant au GPL-c (en %)	Véhicules fonctionnant au superéthanol (en %)	Nombre	Distribuant du GPL-c (en %)	Distribuant du superéthanol (en %)	Distribuant du GPL-c	Distribuant du superéthanol
Alsace	64 341	2,7	0,3	293	15,0	6,5	- 0,5	- 0,5
Aquitaine	103 036	4,3	0,2	638	19,4	4,7	- 0,9	- 2,2
Auvergne	40 710	4,2	0,2	295	11,9	1,0	+ 0,2	- 0,7
Basse-Normandie	43 493	4,8	0,2	300	19,0	4,3	- 0,6	- 1,9
Bourgogne	52 078	3,7	0,3	395	15,7	3,0	+ 1,3	- 1,8
Bretagne	97 424	3,8	0,2	576	16,3	4,3	+ 0,2	- 1,7
Centre	76 858	4,0	0,3	470	19,1	6,0	+ 0,4	- 1,9
Champagne-Ardenne	43 971	3,5	0,2	260	21,5	5,4	- 1,0	+ 0,0
Corse	25 244	0,8	1,2	125	8,0	2,4	0,0	+ 0,8
Franche-Comté	52 050	2,8	0,2	250	14,0	2,8	- 1,6	- 0,4
Haute-Normandie	108 762	1,7	0,2	294	15,0	6,5	+ 0,4	- 1,9
Île-de-France	389 604	2,7	0,3	1 057	18,6	6,9	+ 1,0	- 2,5
Languedoc-Roussillon	83 326	3,3	0,1	487	18,9	4,5	+ 0,8	- 1,0
Limousin	23 190	3,1	0,2	179	10,6	5,0	- 1,2	- 4,4
Lorraine	80 608	3,0	0,2	374	17,4	4,0	+ 0,3	- 1,4
Midi-Pyrénées	89 839	4,4	0,2	616	18,0	5,0	- 0,0	- 1,3
Nord-Pas-de-Calais	135 916	5,9	0,2	528	16,3	6,6	- 1,0	- 2,3
Pays de la Loire	99 987	5,0	0,4	555	24,0	4,9	- 0,7	- 2,3
Picardie	172 475	1,3	0,1	322	18,9	7,5	- 1,1	- 0,4
Poitou-Charentes	49 795	4,3	0,2	360	20,0	5,0	- 0,5	- 0,9
Provence-Alpes-Côte d'Azur	174 276	3,6	0,2	823	17,9	5,6	- 0,3	- 1,4
Rhône-Alpes	208 050	3,8	0,2	1 021	16,6	5,0	+ 0,1	- 2,4
<b>France métropolitaine</b>	<b>2 215 033</b>	<b>3,4</b>	<b>0,2</b>	<b>10 218</b>	<b>17,6</b>	<b>5,1</b>	<b>- 0,1</b>	<b>- 1,7</b>

Source : ministère de l'Économie et des Finances (stations-service) et SOeS (immatriculations)

## Données et méthodologie

Les données sur les immatriculations proviennent du répertoire statistique sur les véhicules routiers, élaboré au Service de l'Observation et des Statistiques (SOeS) du ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (MEDDE) à partir des informations transmises par l'Agence nationale des titres sécurisés (ANTS). Elles portent sur les immatriculations de véhicules particuliers neufs en France métropolitaine par les ménages et les entreprises. Les véhicules utilitaires légers (VUL) ne sont pas dans le champ de cette étude. On trouvera des précisions sur le répertoire statistique des véhicules routiers dans le premier article de ce numéro de la Revue.

Les données sur les stations-service proviennent de la base de données du prix des carburants en France, gérée par le ministère de l'Économie et des Finances. Les gestionnaires de réseaux et les gérants des points de vente y déclarent le prix des carburants qu'ils distribuent dès lors que leurs ventes annuelles dépassent 500 m<sup>3</sup> tous carburants confondus.

Le coefficient de corrélation linéaire est un indicateur qui mesure le degré de liaison linéaire entre deux variables. Compris entre - 1 et + 1, il est nul si aucune relation de type linéaire n'existe entre les deux variables. Plus il est proche de 1 en valeur absolue, plus les variables sont liées linéairement, avec des évolutions dans le même sens si le coefficient est positif, et de sens contraire s'il est négatif. Attention cependant car corrélation ne signifie pas causalité, et deux phénomènes peuvent être liés sans pour autant que l'un n'explique l'autre.

### Encadré 1 - Le bonus-malus écologique

Instauré en décembre 2007, le dispositif du « bonus-malus écologique » comporte deux volets.

D'une part, il incite les acheteurs de véhicules neufs à privilégier les moins émetteurs de CO<sub>2</sub> : son barème est fonction du niveau d'émission de CO<sub>2</sub> par kilomètre du véhicule. L'acheteur d'un véhicule faiblement émetteur de CO<sub>2</sub> bénéficie d'une subvention de l'État : le « bonus » ; en revanche, l'acheteur dont le véhicule est fortement émetteur doit s'acquitter d'un « malus ». Le montant du bonus ou du malus dépend des dates de commande et de facturation, du type de motorisation, du taux d'émission du véhicule et du type d'acheteur.

Hormis les administrations de l'État, toutes les personnes physiques ou morales sont éligibles à ce dispositif. En 2010, le bonus était compris entre 200 et 5 000 € et le malus entre 200 et 2 600 €. L'acquisition d'un véhicule électrique donnait droit au bonus de 5 000 €, dans la limite de 20 % du prix d'achat. Par ailleurs, pour les véhicules hybrides ou fonctionnant au GPL-c ou au GNV acquis par des particuliers, le bonus pouvait s'élever à 2 000 € (tableau 1). Le barème comporte une tranche intermédiaire, dite « neutre », pour laquelle les véhicules ne sont ni subventionnés ni taxés. En 2011, hormis pour les véhicules à carburant modulable (VCM), cette tranche neutre était comprise entre 110 et 150 g CO<sub>2</sub>/km.

D'autre part, un « super-bonus » permet de favoriser le renouvellement des véhicules anciens par des véhicules neufs moins polluants. Il prévoit une aide supplémentaire de 300 € pour l'achat d'un véhicule éligible au bonus, s'il s'accompagne de la mise à la casse d'un véhicule âgé de plus de 15 ans. En 2009 et 2010, dans le cadre du plan de relance, le super-bonus a été remplacé temporairement par la « prime à la casse », d'un montant de 1 000 € et attribué de façon plus souple. En particulier, l'achat d'un véhicule neuf appartenant à la tranche neutre pouvait y donner droit.

Dans le cadre du plan de soutien au secteur automobile présenté le 25 juillet 2012, le Gouvernement a renforcé le bonus par une modification du barème à compter du 1er août 2012.

### Encadré 2 - Les sources d'énergie des nouvelles motorisations

Le GPL-c est un mélange de propane et de butane en proportions à peu près égales, qui est à l'état gazeux à température ambiante. Il doit être comprimé jusqu'à liquéfaction pour être stocké et utilisé comme carburant. La grande majorité des véhicules alimentés au GPL-c roulent en bicarburation, essence et GPL-c, grâce à un kit d'injection et à un réservoir spécifiques.

Les véhicules « tout électriques » disposent d'un seul moteur électrique, tandis que les véhicules « hybrides » combinent un moteur thermique et un moteur électrique. Dans ce cas, le carburant utilisé est majoritairement l'essence. Dans cet article, les « véhicules électriques » regroupent ces deux types de motorisations.

L'E85 est un mélange de bioéthanol, à hauteur de 65 % à 85 %, et d'essence. Autorisé à la vente en France depuis janvier 2007, il est utilisable uniquement par les véhicules à carburant modulable (VCM), également appelés « *flex fuel* ». Ces véhicules peuvent être alimentés indifféremment avec de l'E85, de l'essence ou un mélange des deux.

Les autres motorisations alternatives restent plus rares. Il s'agit majoritairement de véhicules utilisant du GNV. Le GNV est du gaz naturel qui, comme le GPL-c, nécessite d'être liquéfié pour servir de carburant. Cependant, alors qu'une pression d'environ 5 bars suffit pour liquéfier du GPL, le GNV requiert une pression de 200 bars.

### **Encadré 3 - La fiscalité sur les véhicules équipés de nouvelles motorisations**

La fiscalité des produits pétroliers se compose, d'une part, de la taxe intérieure de consommation sur les produits énergétiques (TICPE), et, d'autre part, de la taxe sur la valeur ajoutée (TVA). La TICPE dont les montants figurent aux articles 265 et suivants du code des douanes est perçue sur les volumes et s'exprime en euros par litre mis à la consommation. La TVA s'applique sur le prix hors taxe du produit augmenté de la TICPE.

En 2012, le GPL-c bénéficie d'une TICPE de 5,99 c€/l contre 60,69 c€/l sur les supercarburants (SP95, SP95-E10, SP98) et 42,84 c€/l sur le gazole, hors modulation régionale introduite en 2007 et hors baisse de 3 c€/l pendant trois mois, décidée le 28 août 2012 par le Gouvernement. Enfin, la TICPE est de 17,29 c€/l pour l'E85.

Le GNV utilisé comme carburant est exonéré de la taxe intérieure sur la consommation de gaz naturel (TICGN).

Enfin, les véhicules électriques sont assujettis à la fiscalité en vigueur sur la vente d'électricité, à savoir, la contribution tarifaire d'acheminement (CTA), la contribution au service public de l'électricité (CSPE) et la taxe sur la consommation finale d'électricité (TCFE). La CTA est assise sur la part fixe hors taxe du tarif d'utilisation des réseaux de transport et de distribution d'électricité. La CSPE et la TCFE sont proportionnelles au volume d'électricité consommée.

Le taux de TVA sur la consommation de produits pétroliers, de gaz naturel et d'électricité correspond au taux normal, soit 19,6 %. En Corse, le taux de TVA est de 13 % sur les produits pétroliers et le gaz naturel, et de 8 % sur l'électricité basse tension.

## La réduction des émissions de CO<sub>2</sub> des véhicules utilitaires légers – Analyse de l'enquête 2011

Vincent Breteau\* et Michèle Léglise\*

*Commissariat Général au développement durable*

*Service de l'économie, de l'évaluation et de l'intégration du développement durable*

Le parc des véhicules utilitaires légers (VUL) représente 15 % de l'ensemble des véhicules immatriculés en France hors deux-roues (Source CCTN). Il s'est stabilisé après une forte progression de 1990 à 2005. L'analyse de la dernière enquête VUL portant sur 2010 et sa comparaison avec l'enquête précédente de 2005 montre en effet un nombre de véhicules à peu près constant, une croissance modérée des distances parcourues et une diminution des consommations de carburant malgré l'augmentation de gabarit des véhicules. Il en résulte une baisse des émissions de CO<sub>2</sub>, à la fois unitaire et globale. La moitié des émissions ont lieu en agglomération et les trois quarts sont le fait des utilisateurs professionnels, compte tenu de leur nombre important, des distances plus élevées qu'ils parcourent et du plus grand gabarit de leurs véhicules.

Les VUL ne sont pas inclus dans le dispositif de bonus-malus automobile, mais ils seront concernés par un nouveau règlement européen qui limite les émissions de CO<sub>2</sub> des VUL neufs à 175 g / km à partir de 2017. Ce règlement devrait ainsi contribuer à réduire encore les émissions dues à cette catégorie de véhicules, en incitant les constructeurs à améliorer leurs performances énergétiques. Par rapport à cet objectif qui concerne les véhicules neufs, le parc français en circulation semble avoir déjà atteint l'objectif, pour la majorité des gabarits de véhicules.

Le Conseil de l'Union européenne a adopté le 11 mai 2011 un règlement limitant les émissions de CO<sub>2</sub> par les véhicules utilitaires légers (VUL) neufs à une moyenne de 175 g/km à partir de 2017.

Afin de situer le parc français de VUL par rapport à cet objectif, les émissions de CO<sub>2</sub> de ces véhicules ont été évaluées à la fois globalement et suivant différentes segmentations. Leur évolution a ensuite été comparée avec celles des voitures particulières et des poids lourds.

L'analyse proposée se fonde sur une enquête réalisée tous les 5 ans par le service de l'observation et des statistiques (SOeS) du CGDD sur les véhicules utilitaires légers (VUL). L'enquête 2011, la plus récente<sup>14</sup> porte sur le parc en service en 2010, les caractéristiques de ces véhicules et leur utilisation. Elle a porté sur un échantillon de 15 000 véhicules.

Une mise en perspective par rapport à l'ensemble du trafic routier national est ensuite proposée, à partir des comptes de la Commission des comptes transport de la nation (CCTN).

### **Le parc des VUL se stabilise, leur gabarit augmente...**

L'appellation « véhicules utilitaires légers », au sens de l'enquête du SOeS regroupe les camionnettes et camions de poids total autorisé en charge (PTAC) inférieur ou égal à 3,5 tonnes, immatriculés en France. Les moins de 1,5 tonne correspondent souvent à des fourgonnettes dérivées de voitures

(\*) postes occupés au moment de la rédaction de l'article.

<sup>14</sup> Les premiers résultats de cette enquête ont fait l'objet d'une publication du service statistique du CGDD Les véhicules utilitaires légers au 1er janvier 2011, Chiffres et Statistiques, n°310, avril 2012, SOeS, CGDD et les données détaillées ont été mises en ligne en juillet 2012 sur le site du Ministère :

<http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/transports/s/utilisation-vehicules.html>.

La précédente enquête avait été réalisée en 2006, sur le parc 2005, et une analyse en a été réalisée en 2011 : Etudes & documents n°51, septembre 2011, les émissions de CO<sub>2</sub> des véhicules utilitaires légers.

particulières. Le parc ainsi défini est constitué de 5,6 millions de véhicules effectivement utilisés, avec une forte dominante de motorisation diesel (90 % du parc). La moitié de ce parc diesel a un PTAC compris entre 1,5 et 2,5 tonnes alors que 70 % des véhicules à essence (9 % du parc) ont un gabarit inférieur à 1,5 tonne.

Le parc des véhicules en circulation de moins de 20 ans (périmètre de l'enquête de 2005) est resté stable en nombre de véhicules entre 2005 et 2010 (Tableau 1). Sa diésélisation s'est poursuivie. Le gabarit des véhicules a augmenté. En particulier, les véhicules de 2,6 à 3,4 tonnes progressent d'un tiers, tandis que le nombre de véhicules de moins de 1,5 tonne diminue de 40 %.

**Tableau 1 : Répartition du parc VUL en 2010 selon le PTAC et la nature du carburant utilisé**

Classes de PTAC	Ensemble du parc <sup>(2)</sup>	VUL en circulation <sup>(1)</sup>						
		Nature de carburant			Total <sup>(4)</sup>	Véhicules moins de 20 ans		
		Gazole	Essence	Autres <sup>(3)</sup>		2010	2005	% 2010/2005
< 1,5 t	1 062	650	350	11	1 011	744	1 222	<b>-39%</b>
1,5 à 2,5 t	2 740	2 523	118	21	2 663	2 501	2 380	<b>5%</b>
2,6 à 3,4 t	1 241	1 184	18	5	1 206	1 132	862	<b>31%</b>
3,5 t	742	704	13	2	719	634	621	<b>2%</b>
<b>Total</b>	<b>5 785</b>	<b>5 061</b>	<b>499</b>	<b>38</b>	<b>5 598</b>	<b>5 011</b>	<b>5 085</b>	<b>-1%</b>

Source : Enquêtes VUL 2006 et 2011, calculs CGDD

Unité : millier de véhicules

(1) Désigne les VUL effectivement utilisés

(2) Y compris véhicules non utilisés

(3) GPL, GNV, électricité, bicarburant et autres

(4) Ensemble des VUL en circulation en 2010, y compris ceux de plus de 20 ans (11 % du parc).

Le champ de l'enquête 2011 est plus vaste que celui de 2006 car il comprend l'ensemble des véhicules immatriculés et pas uniquement les véhicules de moins de 20 ans. Dans toute la suite de l'article et sauf mention contraire, les informations apportées par la dernière enquête sont des moyennes concernant l'ensemble des véhicules.

Ces données 2010 ne sont donc pas entièrement comparables avec celles de 2005. Toutefois, si les véhicules de plus de 20 ans (hors champ de l'enquête 2006) représentent 10 % des véhicules immatriculés, ils ne représentent que 3 % des distances parcourues. De plus, l'utilisation de données portant sur l'ensemble des véhicules utilisés permet de faire une estimation plus complète des émissions en CO<sub>2</sub> de ces véhicules.

### Le kilométrage moyen des VUL augmente peu...

Le kilométrage moyen des VUL est de 14 100 km en 2010, moyenne qui recouvre de grandes disparités selon le carburant utilisé, la catégorie et l'âge du véhicule (cf. encadré). Ainsi, les véhicules diesel parcourent en moyenne une distance presque triple de celle des véhicules à essence (respectivement 15 000 km et 5 400 km). Les véhicules diesel de petit gabarit roulent moins et les véhicules anciens roulent peu. Au total, les VUL ont parcouru 79 milliards de kilomètres en 2010, dont 96 % par des véhicules diesel (tableau 2). Cette valeur est sensiblement plus faible que celle indiquée par la CCTN pour les véhicules utilitaires légers en 2010 (91 Mds km). Deux éléments peuvent expliquer cet écart : le champ de la CCTN comprend les véhicules automobiles spécialisés (VASP), et le dernier bilan de la circulation ne prend pas encore en compte les données issues de l'enquête VUL de 2011.

**Tableau 2 : Kilométrage des VUL en 2010****Kilométrage moyen**

VUL	Gazole	Essence	Total	dont VUL < 20 ans	2010/2005
< 1,5 t	10,5	5,4	8,7	10,2	4%
1,5 à 2,5 t	15,4	5,7	15	15,8	-5%
2,6 à 3,4 t	16,3	4,7	16,1	17,1	-1%
3,5 t	15,4	-	15,2	17,0	-2%
Total	15	5,4	14,1	15,4	1%

**Kilométrage total  
(Parc VUL x kilométrage moyen)**

VUL	Gazole	Essence	Autres	Total	dont VUL < 20 ans	2010/2005
< 1,5 t	6,8	1,9	0,1	8,8	7,6	-37%
1,5 à 2,5 t	38,9	0,7	0,4	39,9	39,5	0%
2,6 à 3,4 t	19,3	0,1	0,03	19,4	19,4	30%
3,5 t	10,8	-	-	10,9	10,8	1%
Total	75,8	2,6	0,6	79,1	77,2	0%

Source : Enquête VUL

Unité : milliers de km

Source : Enquête VUL, calculs CGDD Unité : milliards de km

**... et les consommations unitaires de carburants diminuent**

Entre 2005 et 2010, la consommation unitaire baisse sensiblement dans chaque catégorie de PTAC, il en résulte une diminution de 6 % pour l'ensemble du parc sur la période, malgré l'augmentation du gabarit des véhicules. Les véhicules essence consomment plus que les véhicules diesel mais sont peu nombreux dans le parc. Globalement, la consommation unitaire moyenne en 2010 a été de 8,2 litres aux 100 kilomètres (tableau 3).

**Tableau 3 : Consommation de carburants en 2010****Consommation moyenne**

VUL	Gazole	Essence	Total	dont VUL < 20 ans	2010/2005
< 1,5 t	6,4	7,4	6,8	6,6	-6%
1,5 à 2,5 t	7	9,1	7,1	7,0	-8%
2,6 à 3,4 t	9,7	13	9,7	9,7	-7%
3,5 t	11,4	14,7	11,4	11,4	-4%
Total	8,2	8,2	8,2	8,1	-6%

**Consommation totale****(kilométrage total x consommation moyenne)**

VUL	Gazole	Essence	Autres	Total	dont VUL < 20 ans	2010/2005
< 1,5 t	436	140	22	598	516	-38%
1,5 à 2,5 t	2 720	61	55	2 836	2806	-8%
2,6 à 3,4 t	1 872	11	-	1 883	1878	21%
3,5 t	1 236	-	-	1 246	1229	-3%
Total	6 265	-	-	6 563	6328	-5%

Source : SoeS, Enquête VUL

Unité : litres/100 km

Source : Enquête VUL, calculs CGDD

Unité : millions litres

**Des émissions unitaires de CO<sub>2</sub> proches des objectifs du règlement européen**

L'annexe 1 du règlement n° 510/2011 adopté le 11 mai 2011 par le Conseil de l'Union européenne, et qui limite les émissions de CO<sub>2</sub> par les VUL neufs à une moyenne de 175 g de CO<sub>2</sub> / km à partir de 2017, fixe également des objectifs indicatifs, pour la période 2014 à 2017, liés à la masse des véhicules (Tableau 6). Cette exigence pour les constructeurs s'appliquera progressivement entre 2014 et 2017. Il s'agit d'une moyenne concernant les (immatriculations de) VUL neufs, laissant aux constructeurs une marge de manœuvre selon le gabarit du véhicule. Les immatriculations neuves de VUL représentent chaque année environ 6 à 7 % du parc. En cas de dépassement, une pénalité pour émission excédentaire sera à verser.

A défaut d'éléments sur les émissions des véhicules neufs, les niveaux d'émissions du parc actuel (tableau 5) apparaissent, en moyenne<sup>15</sup> sensiblement supérieurs aux objectifs de la période 2014-2017. Le parc de véhicules de PTAC élevés est plus proche de l'objectif que le parc des véhicules les plus légers. Les véhicules de moins 1,5 tonne de PTAC, qui représentent aujourd'hui 18 % du parc, ne constituent que 3 % des immatriculations depuis 2003. De plus, la comparaison avec l'enquête précédente<sup>16</sup> indique une baisse sensible des émissions unitaires de ces véhicules de petit gabarit entre 2005 et 2010.

<sup>15</sup> A partir de l'estimation du poids moyen au sein de chaque classe de PTAC dans le parc de 2010.

<sup>16</sup> Cf. Etudes & documents n°51, septembre 2011, les émissions de CO<sub>2</sub> des véhicules utilitaires légers.

A plus long terme, pour 2020, le règlement fixe un objectif de 147g de CO<sub>2</sub>/km, sous réserve de la faisabilité d'un tel objectif qui doit être examinée en 2013, avec révision éventuelle du règlement et définition des modalités.

**Tableau 5 : Emissions unitaires de CO<sub>2</sub> en 2010**

Classes de PTAC	Gazole	Essence	Moyenne
moins de 1,5 t	170	179	173
1,5 à 2,5 t	186	220	188
2,6 à 3,4 t	258	315	259
3,5 t	303		304
<b>Total</b>	<b>218</b>	<b>198</b>	<b>216</b>

Unité : gramme de CO<sub>2</sub> / km

Source : Enquête VUL, ADEME, calculs CGDD

**Tableau 6 : Objectifs spécifiques du règlement européen pour les plafonds d'émission de CO<sub>2</sub> des VUL**

Masse moyenne des classes	Objectif indicatif	Ecart du parc à l'objectif
0,8 tonne	95	82%
1,2 tonne	124	51%
1,8 tonne	183	41%
2,3 tonnes	226	34%
<b>Total</b>	<b>175</b>	<b>24%</b>

Conformément au règlement européen, la masse est obtenue comme différence entre le PTAC et la charge utile.

Unité : gramme de CO<sub>2</sub> / km

Source : Règlement européen n° 510/2011 du 11 mai 2011

## Il en résulte des émissions globales de CO<sub>2</sub> en baisse

**Tableau 4 : Emissions de CO<sub>2</sub> des VUL en 2010**

Classe PTAC	Gazole	Essence	Total	Dont VUL < 20 ans	2010/2005
< 1,5 t	1,2	0,3	1,5	1,3	-14 %
1,5 à 2,5 t	7,2	0,1	7,4	7,2	-3 %
2,6 à 3,4 t	5,0	-	5,0	5,0	0
3,5 t	3,3	-	3,3	3,2	-3 %
<b>Total</b>	<b>16,7</b>	<b>0,5</b>	<b>17,2</b>	<b>16,6</b>	<b>-3 %</b>

Source : Enquête VUL, ADEME, calculs CGDD      Unité : million de tonnes

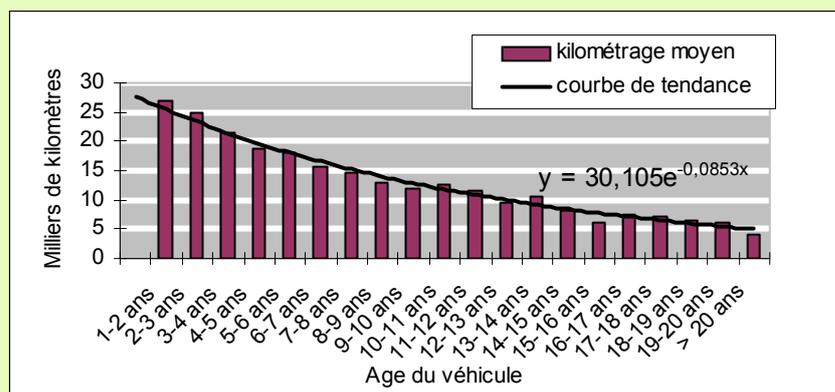
Les émissions de CO<sub>2</sub> du parc sont estimées à 17,2 millions de tonnes pour l'année 2010 (tableau 4), sur la base du contenu CO<sub>2</sub> des carburants (2,66 kgCO<sub>2</sub>/L pour le gazole, 2,42 kgCO<sub>2</sub>/L pour l'essence<sup>17</sup>). Ce niveau est en baisse par rapport à celui de 2005 (17,7 Mt) qui concernait un champ plus réduit (excluant les véhicules de plus de 20 ans) ; sur le même champ (des véhicules de moins de 20 ans), les émissions de 2010 sont estimées à 16,6 millions de tonnes, en baisse de 3 % par rapport à 2005. 97 % des émissions proviennent des véhicules diesel, dont 91 % par ceux dont le PTAC est supérieur à 1,5 tonne. L'estimation des taux d'émission de CO<sub>2</sub> moyens selon le gabarit des véhicules et le carburant utilisé s'en déduisent (tableau 5).

<sup>17</sup> Source : Guide des facteurs d'émission (janvier 2007) de l'ADEME

### Encadré : Les distances parcourues diminuent avec l'âge du véhicule

Les distances parcourues diminuent avec l'âge du véhicule (Graphique 1). Ainsi, les véhicules de 1 à 2 ans parcourent les plus grandes distances une moyenne de 27 000 km en 2010, alors que la moyenne est seulement de 4 000 km pour les véhicules de plus de 20 ans.

#### Graphique 1 : Kilométrage annuel moyen selon l'âge du véhicule en 2010



Source : Enquête VUL 2010, calculs CGDD

Fin 2010, l'âge moyen des véhicules est de 9 ans. Pour les véhicules de moins de 20 ans, il est passé de 8 ans en 2006 à 7,7 ans (5,9 pour les professionnels et 10,7 pour les particuliers), soit une légère diminution, liée à l'augmentation du nombre des immatriculations neuves.

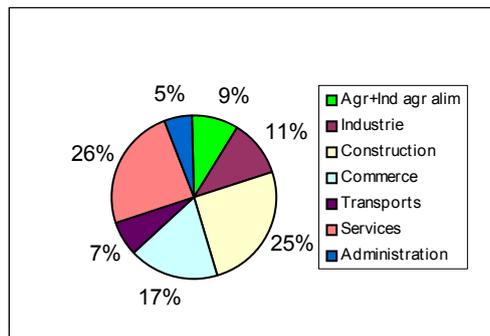
#### Les professionnels, principaux utilisateurs de VUL ...

Si 40 % des utilisateurs de VUL sont des particuliers, les principaux utilisateurs restent les professionnels (60 % du parc, 74 % des distances parcourues). Parmi eux, 47 % ont des véhicules de 1,5 à 2,5 tonnes. Ils exercent principalement dans les activités de service ainsi que dans les secteurs de la construction et du commerce, à respectivement 26 %, 25 % et 17 % (Graphique 2).

Le secteur transport représente 11 % des utilisateurs professionnels, en forte augmentation par rapport à la précédente enquête (4 %). Mais les professionnels du transport ne sont pas les seuls à transporter des marchandises. C'est en effet un motif de déplacement pour 42 % des professionnels, notamment ceux appartenant aux secteurs du commerce, des industries agro-alimentaires et des biens de consommation.

Les véhicules de professionnels, avec une moyenne de 17 500 km en 2010, roulent davantage que ceux des particuliers, et parmi eux, les véhicules des professionnels du secteur des transports parcourent les plus grandes distances (moyenne de 22 400 km). 10 % des véhicules des professionnels du transport parcourent même plus de 50 000 km par an, quasiment les seuls utilisateurs de VUL pour cette classe de distance.

**Graphique 2 : Répartition des utilisateurs professionnels de VUL en 2010**



Source : d'après Enquête VUL

**Tableau 7 : Kilométrage moyen des particuliers et des professionnels, par secteur**

Utilisateurs VUL	Kilométrage moyen
Particuliers	9,2
Professionnels	17,5
Moyenne générale	14,1

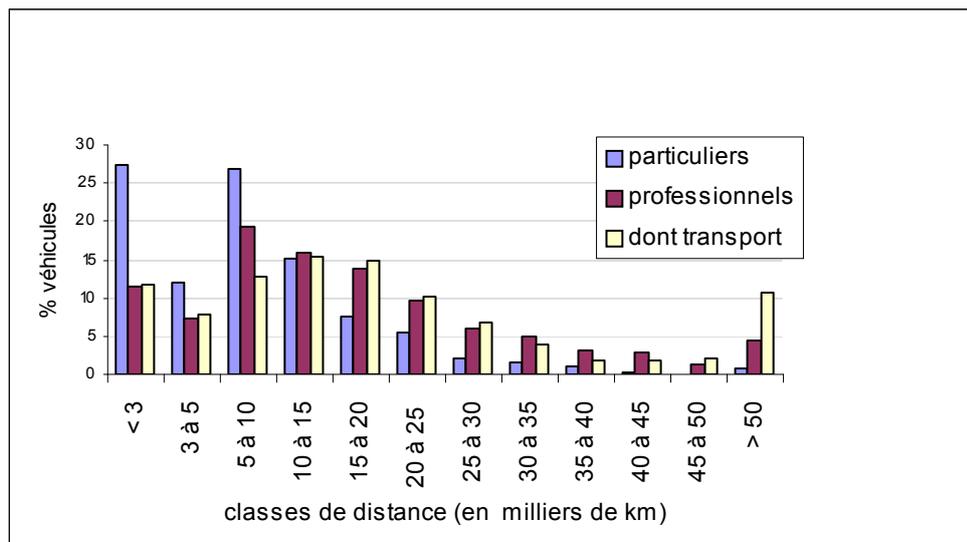
Source Enquête VUL Unité :milliers de km

Secteurs prof.	Km moyen
Agr, sylv, pêche	11,2
Industrie	19
Construction	18,9
Commerce	19,3
Transports	22,4
Services	de 13 à 20
Administration	9
<b>TOTAL</b>	<b>17,5</b>

Source Enquête VUL milliers de km

42 % des particuliers et 35 % des professionnels ont parcouru entre 5 000 et 15 000 km en 2010 (cf. graphique 3) mais 39 % des particuliers ont parcouru moins de 5 000 km dans l'année.

**Graphique 3 : Répartition du parc entre utilisateurs selon la distance annuelle parcouru**



Source : Enquête VUL

### ... et émetteurs de CO<sub>2</sub>

Les professionnels, qui représentent 60 % des utilisateurs, sont responsables de 75 % des rejets de CO<sub>2</sub> car ils ont en moyenne des véhicules de plus grand gabarit et parcourent des distances supérieures (tableau 8).

**Tableau 8 : Estimation de la répartition des émissions en CO<sub>2</sub> selon les utilisateurs en 2010**

	Nb véhicules (en milliers)	% diesel	Kilométrage annuel moyen (milliers)	Conso. Moy. (litres/100km)	Kilométrage total (Mds km)	Conso. totale (Mds de litres)	Emission CO <sub>2</sub> (M tonnes)	% Emissions CO <sub>2</sub>
<b>Particuliers</b>	<b>2 260</b>	<b>85%</b>	<b>9,2</b>	<b>7,8</b>	<b>20,8</b>	<b>1,6</b>	<b>4,3</b>	<b>25%</b>
<b>Professionnels</b>	<b>3 299</b>	<b>94%</b>	<b>17,5</b>	<b>8,6</b>	<b>57,7</b>	<b>4,9</b>	<b>12,8</b>	<b>75%</b>
(dont transport)	236	98%	22,4	8,6	5,3	0,4	1,2	7%
<b>Total</b>	<b>5 559</b>	<b>90%</b>	<b>14,1</b>	<b>8,2</b>	<b>78,5</b>	<b>6,5</b>	<b>17,1</b>	<b>100%</b>

Note : seuls les véhicules diesel et essence ont été considérés

Source : Enquête VUL, ADEME, calculs CGDD

### ... avec des trajets locaux pour la plupart, et des distances parcourues pour près de la moitié en ville...

Les trajets sont essentiellement locaux (moins de 150 km), pour 93 % des véhicules appartenant à des professionnels et 95 % de ceux appartenant à des particuliers.

45 % des distances sont parcourues sur route, 10 % sur autoroute et 42 % en agglomération, la circulation en site fermé se limitant à 2 % du total. Les véhicules de petit gabarit circulent davantage en agglomération (45 % des distances parcourues pour les véhicules de moins de 1,5 tonne de PTAC, contre 38 à 42 % pour les autres véhicules.

### ... ce qui impacte les émissions de CO<sub>2</sub>

En supposant une consommation urbaine plus élevée que la consommation interurbaine conformément à ce qui est observé pour les voitures particulières (9,9 L/100 km contre 7,1 L/100 km), 50 % des émissions ont lieu en ville, ce qui souligne l'importance des VUL dans la circulation urbaine.

**Tableau 9 : Emissions de CO<sub>2</sub> des VUL selon le PTAC et la nature de trajet\***

classes de PTAC	Hypothèses de consommation de carburant				Total
	N°1 : identique		N°2 : plus élevée en ville		
	Agglomération	Route ou autoroute	Agglomération (9,9 L/100 km)	Route ou autoroute (7,1 L/100 km)	
moins de 1,5 t	0,7	0,8	0,9	0,7	<b>1,5</b>
1,5 à 2,5 t	3,1	4,1	3,8	3,5	<b>7,3</b>
2,6 à 3,4 t	1,9	3,0	2,3	2,5	<b>4,9</b>
3,5 t	1,3	1,8	1,6	1,5	<b>3,1</b>
<b>Total</b>	<b>7,0</b>	<b>9,7</b>	<b>8,6</b>	<b>8,2</b>	<b>16,8</b>

Unité : million de tonnes

Note : La circulation en site fermé (2 % du total) a été exclue de ce calcul, ce qui explique que le total de 16,8 soit légèrement inférieur au total de 17,2 trouvé précédemment.

Source : Enquête VUL, ADEME, calculs CGDD

(\*) Hypothèses de calcul retenues :

Hypothèse n°1 : consommation de carburant identique en ville et sur route.

Hypothèse n°2 : sur-consommation de carburant en ville, à partir des valeurs de l'ADEME pour les voitures particulières de grosse cylindrée (consommation urbaine de 9,4 L/100 km et interurbaine de 6,7 L/100 km), adaptées aux véhicules utilitaires légers par l'intermédiaire de la consommation globale de carburant et des distances parcourues en ville et sur route : les moyennes de 9,9 L/100 km en ville et 7,1 L/100 km sur route et autoroute ont ainsi été retenues pour évaluer la consommation de carburant et en conséquence les émissions de CO<sub>2</sub> sur ces deux types de trajet. La répartition selon le gabarit des véhicules a été ensuite établie au prorata des trafics par type d'espace.

### Les VUL émettent 20 % du CO<sub>2</sub> produit par le trafic routier national

Par rapport à l'ensemble (hors deux-roues<sup>18</sup>) des émissions en CO<sub>2</sub> du transport routier, la part des VUL était de 19 % en 2010, une proportion correspondant sensiblement à celle des distances qu'ils parcourent (18 %), mais supérieure à leur part dans le parc dit « statique » (15 %).

**Tableau 10 : Circulation et émissions de CO<sub>2</sub> du trafic routier national (pavillon français) en 2010**

Catégories de véhicules	Véhicules immatriculés en France (en milliers)	%	Parcours annuels moyens (km)	Distances parcourues (Mds véh.km)	%	CO <sub>2</sub> (M tonnes)	%
Voitures particulières	31 175	83 %	12 769	398	78 %	71	63 %
Véhicules utilitaires légers	5 810	15 %	15 588	91	18 %	21	19 %
Poids lourds*	640	2 %	35 391	23	4 %	21	19 %
Ensemble	37 625	100 %		511	100 %	113	100 %

*Note : les données de la CCTN regroupent les VUL et les VASP (véhicules automobiles spécialisés) dans la même catégorie. De plus, les données CCTN 2011 ne prennent pas en compte les résultats de l'enquête VUL 2011. Par conséquent, l'estimation des émissions de 2010 a été obtenue en appliquant le taux de croissance des émissions entre les enquêtes 2006 et 2011 à la valeur 2005 de la CCTN. Sans cette correction, on obtiendrait un chiffre de 22,8 Mt.*

*\* y c. bus et cars (0,2 % de l'ensemble des véhicules routiers et 0,5 % des distances parcourues)*

*Source : CCTN, Enquêtes VUL 2006 et 2011, calculs CGDD*

La responsabilité des VUL dans les émissions de CO<sub>2</sub> est donc importante et semblable à celle des poids lourds qui émettent aussi 19 % des émissions de CO<sub>2</sub> du trafic routier, avec 2 % de véhicules et 4 % des distances parcourues. Les voitures particulières émettent 63 % du CO<sub>2</sub>, mais représentent 83 % du parc et 78 % des circulations (tableau 10).

Une distinction peut aussi être faite globalement entre professionnels et particuliers. Pour les professionnels, il faudrait donc regrouper l'ensemble des émissions des PL, 75 % des émissions des VUL et une partie des émissions des VP. En ne retenant que les PL et les VUL professionnels, cela représente déjà un tiers des émissions totales. En ce qui concerne les émissions des VP à mettre sur le compte des professionnels, elles sont plus difficiles à évaluer. Une exploitation<sup>19</sup> de l'ENTD fournit une indication : la mobilité professionnelle (incluant les déplacements domicile-travail) représentait, en 2008, 57 % des émissions de CO<sub>2</sub> des déplacements locaux des jours de semaine et 13 % des émissions des déplacements à longue distance. Par ailleurs, les sociétés possèdent environ 8 % du parc des VP, et ce parc d'entreprise est composé de véhicules plutôt récents effectuant des parcours annuels supérieurs à la moyenne. Toutefois, ces éléments d'information sur l'utilisation des VP par les professionnels ne permettent pas de conclure sur la part des émissions de CO<sub>2</sub> représentée par ces véhicules.

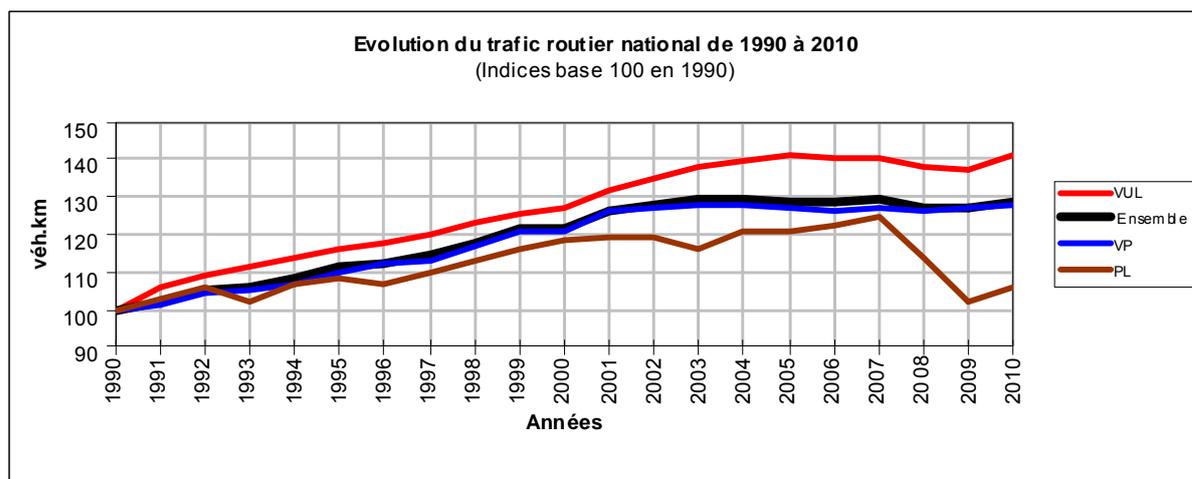
### Un trafic des VUL en hausse plus rapide que celui des autres catégories de véhicules...

L'évolution sur longue période de la circulation des VUL comparée à celle des autres véhicules routiers est possible à partir des données de la CCTN (graphique 5).

Sur vingt ans, les distances parcourues par les VUL se sont accrues de 44 %, une progression nettement supérieure à celle des voitures particulières (+28 %) qui se ralentit depuis 2001 et semble même plafonner depuis 2003-2004, en France, comme dans la plupart des pays industrialisés (phénomène de *peak car*). Pour les poids lourds, la progression a été de +25 % sur la période 1990-2007, suivie d'une forte baisse de plus de 18 % de 2007 à 2009, conséquence de la crise économique. Pour leur part, les VUL n'ont connu qu'un léger repli de 1 % en 2008 (graphique 5).

<sup>18</sup> Les deux-roues ont représenté, en 2011, environ 2 % des circulations et 1 % des émissions de CO<sub>2</sub>.

<sup>19</sup> Longuar, Z., Nicolas, J.-P. et Verry, D. Chaque Français émet en moyenne deux tonnes de CO<sub>2</sub> par pour effectuer ses déplacements. In *La mobilité des Français*, La Revue du CGDD, CGDD/SOeS, décembre 2010.

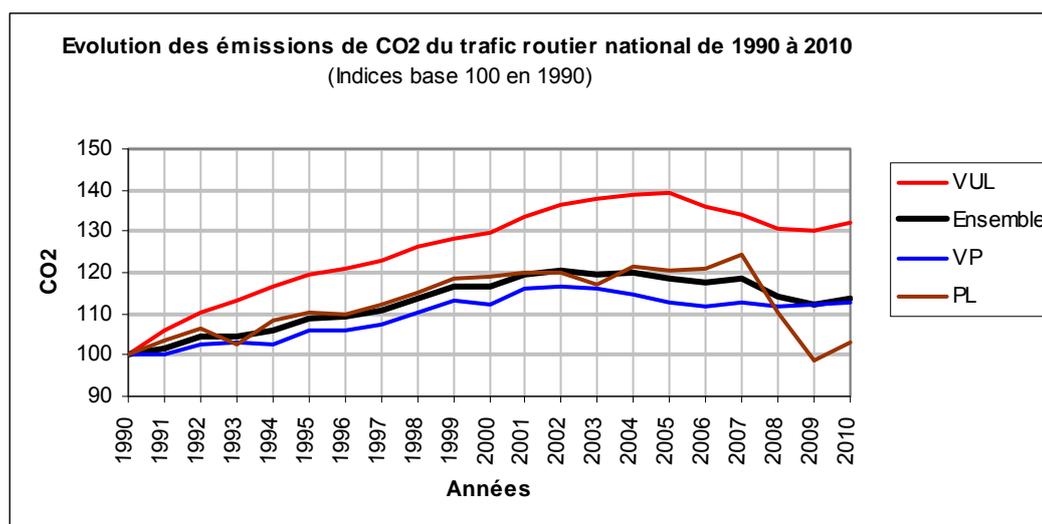
**Graphique 4 : Evolution du trafic routier national entre 1990 et 2010**

Note : les données CCTN 2010 ne prennent pas en compte les résultats de l'enquête VUL 2011. Comme pour le tableau 10, l'évolution du trafic de VUL entre 2005 et 2010 a été obtenue à partir des données CCTN en les ajustant pour tenir compte de la croissance observée entre 2005 et 2010 dans les enquêtes VUL.  
Source : CCTN, Enquêtes VUL 2006 et 2011, calculs CGDD

### ... mais aussi des émissions de CO<sub>2</sub> en baisse plus marquée

La stabilisation du trafic des VUL associée à la baisse de leurs consommations unitaires aboutit à une baisse des émissions de CO<sub>2</sub> de cette catégorie de véhicules entre 2005 et 2010, alors que celles des VP ont repris leur progression à partir de 2006 (Graphique 5).

Ce décalage se remarque surtout dans les dernières années. Ainsi, sur la période précédente de 1990-2005, alors que le trafic avait augmenté de 41 %, les émissions s'étaient accrues de 39 % ; sur la période 2005-2010 en revanche, la croissance du trafic a été de 2 %, tandis que les émissions ont baissé de 4 %. Ce relatif découplage entre les trafics et les émissions de CO<sub>2</sub> est générale à l'ensemble des catégories de véhicules mais est beaucoup plus marquée pour les VUL.

**Graphique 5 : Evolution des émissions de CO<sub>2</sub> du trafic routier national entre 1990 et 2010**

Note : cf. Note sous le tableau 10.

Source : CCTN, Enquêtes VUL 2006 et 2011, ADEME, calculs CGDD

### Encadré : Les enquêtes sur les VUL en Europe

Malgré le dynamisme de leur trafic et leur part croissante dans les émissions de CO<sub>2</sub>, les VUL sont mal couverts par les enquêtes sur les véhicules réalisées dans les différents pays d'Europe comme le montre l'action COST « Shanti » (sur l'harmonisation des enquêtes impulsée par les nouvelles technologies).

En effet, ils se situent à la charnière entre :

- les enquêtes TRM sur les poids-lourds harmonisées par EUROSTAT ;
- les enquêtes transport et déplacements réalisées avec des méthodes spécifiques dans la plupart des pays d'Europe, qui fournissent donc des résultats difficilement comparables.

La difficulté des enquêtes sur les VUL est qu'elles doivent s'adresser à la fois aux entreprises et aux ménages, pour un large éventail d'activités allant du transport de marchandises en ville aux voyages en camping-car. La Grande Bretagne (avec deux enquêtes distinctes), l'Allemagne et la France sont les seuls pays qui ont réalisé une telle enquête avec description des trajets effectués sur quelques jours. Une enquête plus simple existe en Norvège et en Grande Bretagne. Il s'agit d'enquêtes postales, avec parfois une option internet comme en France.

*D'après Equipe Ifsttar à l'action COST Shanti, et Gaëlle Jaillet, Certu.*

### Références

JLASSI Mahmoud.

*Les véhicules utilitaires légers au 1er janvier 2011*

Chiffres & statistiques n°310, CGDD/SOeS, avril 2012

LEGLISE Michèle.

*Les émissions de CO<sub>2</sub> des véhicules utilitaires légers*

Etudes et documents n°51, CGDD/SEEIDD, septembre 2011

<http://www.developpement-durable.gouv.fr/Les-emissions-de-CO2-des-vehicules.html>

LONGUAR Zahia, NICOLAS Jean-Pierre et VERRY Damien.

*Chaque Français émet en moyenne deux tonnes de CO<sub>2</sub> par an pour effectuer ses déplacements,*  
in La mobilité des Français, La Revue du CGDD, CGDD/SOeS, décembre 2010

Les comptes des transports en 2010, 48ème rapport à la Commission des Comptes des transports de la Nation,

CGDD/SOeS, juillet 2011

<http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/publications/publication/references/comptes-transports-2010.html>

Résultats 2006 de l'enquête sur l'utilisation des VUL – Résultats détaillés, CGDD/SOeS, 2009

Résultats 2011 de l'enquête sur l'utilisation des VUL – Résultats détaillés, CGDD/SOeS, 2012

<http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/transports/s/utilisation-vehicules.html>

Règlement (UE) du Parlement Européen et du Conseil n°510/2011 du 11 mai 2011

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:145:0001:0018:FR:PDF>

## II – Analyses et évaluations



## Quels effets d'un changement de taxation des carburants sur la diésélisation du parc automobile et les émissions de polluants ?

Hervé Bilot\*, Vincent Breteau\* et Simon Weber\*\*  
Commissariat Général au développement durable

*Service de l'économie, de l'évaluation et de l'intégration du développement durable*

La moindre taxation, en France, du gazole explique en grande partie la large domination des motorisations diesel dans le parc et les immatriculations neuves (60 % et 75 %, respectivement). En effet, elle constitue une économie importante sur le poste carburant face aux surcoûts d'achat, d'assurance et d'entretien des véhicules diesel. Au-delà d'une baisse tendancielle des consommations unitaires qui pourrait ralentir ce phénomène, une modification de la fiscalité des carburants, pourrait inverser cette tendance. D'après la modélisation effectuée, qui intègre la réaction en prix des constructeurs automobiles, une augmentation de la fiscalité sur le gazole entraînerait une baisse des immatriculations neuves en motorisation diesel, la baisse de la diésélisation du parc n'apparaissant qu'à plus long terme du fait de son inertie. Cette baisse serait principalement le fait des voitures citadines et polyvalentes qui représentent la moitié des ventes neuves. Selon le scénario de taxation retenu, la part des véhicules diesel dans le parc se situerait en 2030 entre 46 % à fiscalité inchangée et 28 % selon un scénario incluant dans la taxe la couverture complète des externalités environnementales. Le bilan des coûts et des avantages d'un relèvement de la taxation du gazole serait positif pour la collectivité dans tous les scénarios.

Cette étude analyse les effets de plusieurs scénarios de fiscalité des carburants fossiles dans les transports et particulièrement les effets d'une hausse des taxes portant sur le gazole sur la diésélisation du parc automobile et sur le bilan économique, pour la collectivité, de cette hausse. Elle contribue aussi aux réflexions sur la fiscalité des carburants, tant au niveau national qu'europpéen (projet de réforme sur la fiscalité de l'énergie).

### **La fiscalité actuelle, favorable au gazole, a des effets négatifs en matière de pollution atmosphérique**

Les recettes de la taxe intérieure de consommation appliquée au gazole et à l'essence (TICPE, anciennement TIPP) s'élevaient en France, à 24 milliards d'euros en 2011. La TIC est plus élevée pour l'essence que pour le gazole : 60,69 €/hl pour le supercarburant et 42,84 €/hl pour le gazole à destination des particuliers.

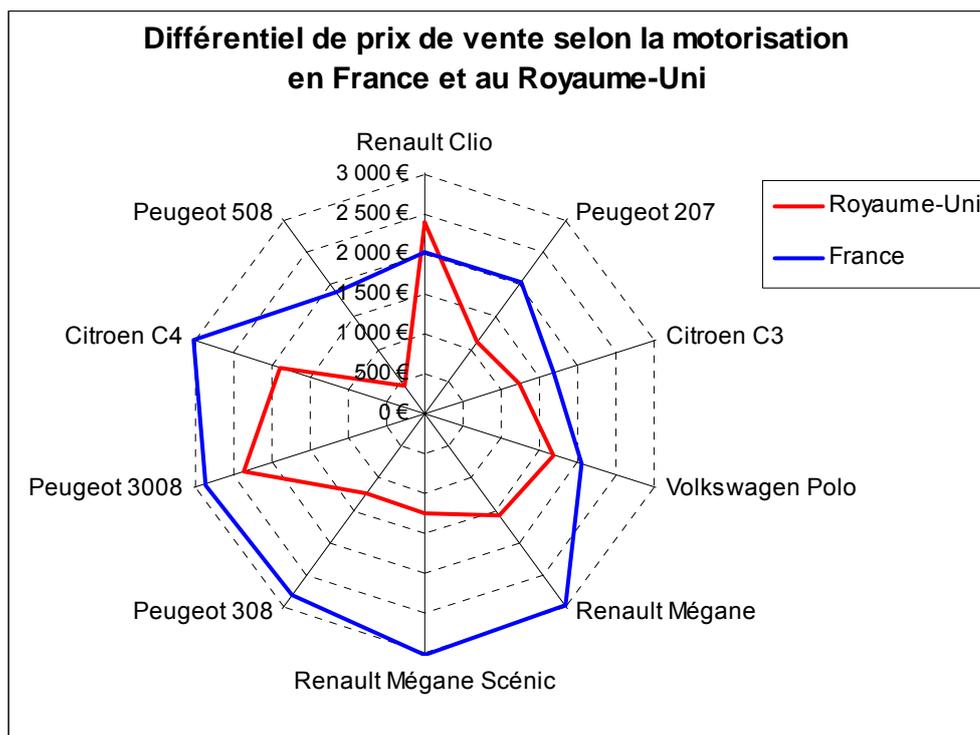
Dans le prolongement des décennies précédentes, la fiscalité sur le gazole est ainsi plus avantageuse que celle de l'essence et favorise l'acquisition de motorisations diesel alors que ce carburant est davantage émetteur de polluants très nocifs en particulier les particules fines. La diésélisation du parc automobile résultant de cette fiscalité a ainsi conduit, malgré la mise en place de limites réglementaires d'émissions de plus en plus contraignantes (normes Euro), à une augmentation des émissions de ces polluants. Pour les entreprises, les avantages fiscaux du gazole portent également sur la TVA qui est déductible à hauteur de 80 % pour les véhicules de tourisme (contre 0 % pour l'essence) et sur la Taxe sur les véhicules de société (TVS) indexée sur le taux d'émission de CO<sub>2</sub>, favorisant ainsi la technologie diesel. Cet avantage fiscal de la motorisation diesel entre donc en conflit avec les objectifs de qualité de l'air particulièrement en ville. Pour diminuer cet impact et réorienter la structure du parc automobile vers des véhicules moins polluants, la fiscalité sur les carburants peut constituer un instrument pour internaliser les coûts des nuisances liées aux circulations des véhicules routiers, au-delà des nouvelles normes euros (5 et 6).

(\*) postes occupés au moment de la rédaction de l'article ; (\*\*) lors d'un stage effectué au CGDD

### L'influence de la fiscalité sur les pratiques commerciales

Cet avantage fiscal du gazole fournit aux constructeurs automobiles une plus grande marge dans la fixation des prix de vente des motorisations diesel qui sont le plus souvent majorés au-delà du surcoût généré par cette technologie. Au sein de l'Union européenne, seul le Royaume-Uni taxe le gazole au même niveau que l'essence et les différentiels de prix de vente entre les motorisations essence et diesel y sont inférieurs à ceux pratiqués en France (graphique 1).

**Graphique 1 : Différentiel de prix de vente de certains modèles selon la motorisation en France et au Royaume-Uni**



Source : Sites Internet des constructeurs automobiles

Dans ce contexte, la Commission européenne a engagé, en 2011, un processus visant à réformer la directive 2003/96/CE sur la taxation des produits énergétiques et de l'électricité. Les taux minimaux des taxes sur l'énergie seraient fondés sur deux composantes : le contenu CO<sub>2</sub> et le contenu énergétique. En conséquence la taxation du gazole (dont le contenu en CO<sub>2</sub> par litre et le contenu énergétique sont plus élevés que ceux de l'essence) devrait être supérieure à celle de l'essence.

### Scénarios de taxation de l'essence et du gazole

En vue d'évaluer les effets d'un changement des niveaux de taxation des deux énergies concernées sur la diésélisation du parc, plusieurs scénarios de taxation ont été étudiés. Certains se fondent sur les options actuelles du projet de directive, d'autres reposent sur une couverture des externalités des circulations routières :

1. Fixation des taux sur la base d'une couverture des externalités des circulations routières :
  - a. Couverture complète des externalités environnementales<sup>20</sup> (scénario 1) ;
  - b. Couverture des externalités hors congestion (scénario 2). Dans ce cas, la taxation de l'essence est abaissée ;

<sup>20</sup> Les valeurs monétarisées des externalités des circulations routières utilisées dans cette étude proviennent des dossiers d'analyse économique de la Commission des comptes des transports de la nation : *Les transports en 2011*, Tome 2, CCTN, MEDDE/SEEIDD, 2013.

- c. Couverture des externalités hors congestion urbaine (scénario 3).
2. Application du projet de directive européenne :
- a. Relèvement du taux appliqué au gazole au-delà du taux actuel de l'essence qui reste inchangé (scénario 4) ;
- b. Changement des taux permettant d'assurer la neutralité budgétaire pour l'Etat, c'est-à-dire le maintien du niveau des recettes, le taux du gazole étant supérieur à celui de l'essence (scénario 5).

Compte tenu du poids important de la congestion dans les externalités (près de 40 %) et du fait que des instruments de type péage urbain sont bien plus adaptés à ce coût externe, les scénarios 2 et 3 constituent des alternatives excluant totalement ou partiellement (en ville seulement) la congestion, ce qui a pour effet de limiter la hausse de la TIC.

Ces scénarios sont ensuite comparés, par étapes de 5 ans jusqu'en 2030, à une situation de référence, correspondant à l'absence de modification des taux de taxation. L'évolution des taux de TIC est supposée mise en œuvre progressivement de 2015 à 2017.

**Tableau 1 : Scénarios de taxation de l'essence et du gazole en 2017\***

	Référence		Scénarios « externalités »						Scénarios « directive européenne »			
			Scénario 1 – Couverture des externalités		Scénario 2 – Couverture des externalités hors congestion		Scénario 3 – Couverture des externalités hors congestion urbaine		Scénario 4 – Directive européenne		Scénario 5 – Neutralité budgétaire	
	Taux de TIC (€/hl)	Prix d'1 plein de 50 l (€)	Taux de TIC (€/hl)	Prix d'1 plein de 50 l (€)	Taux de TIC (€/hl)	Prix d'1 plein de 50 l (€)	Taux de TIC (€/hl)	Prix d'1 plein de 50 l (€)	Taux de TIC (€/hl)	Prix d'1 plein de 50 l (€)	Taux de TIC (€/hl)	Prix d'1 plein de 50 l (€)
Essence	60,69	76,61	117,66	110,87	48,32	69,41	67,66	80,97	60,69	76,81	43,20	66,35
Gazole	42,84	69,58	149,56	133,40	65,32	83,03	90,18	97,89	68,15	84,72	48,47	72,95

(\*) Le prix d'un plein est évalué sur la base d'un prix HT du carburant de 0,67 €/l pour l'essence et de 0,72 €/l pour le gazole à l'issue de la hausse de fiscalité en 2017.

### Evolution de la structure du parc automobile d'ici 2030 selon les scénarios

#### La baisse attendue du taux de diésélisation des immatriculations neuves serait accentuée par une hausse de la taxation du gazole

Quel que soit le scénario, même celui de référence qui préserve l'avantage fiscal du gazole, le taux de diésélisation des immatriculations neuves devrait, selon les résultats du modèle, baisser régulièrement à l'avenir. Deux facteurs fondamentaux sont à l'origine de cette tendance : d'une part la baisse tendancielle du kilométrage moyen parcouru annuellement par les véhicules (en moyenne - 0,6 % par an depuis 1995) due notamment à la multi-motorisation croissante des ménages et, d'autre part, la baisse régulière des consommations unitaires qui diminue les économies permises par le gazole sur le poste carburant et ainsi sur le coût global réduisant l'avantage du diesel sur l'essence.

#### La diésélisation du parc à son sommet entre 2015 et 2020 selon les scénarios

Cependant les effets de cette baisse du taux de diésélisation<sup>21</sup> des immatriculations neuves n'infléchiront la courbe de diésélisation du parc que dans plusieurs années, du fait de l'inertie dans le renouvellement du parc et de la disparition prochaine d'un grand nombre de véhicules essence anciens encore en circulation en 2011, remplacés en majorité par des véhicules diesel. Ainsi, en situation de référence (à fiscalité inchangée), la diésélisation du parc devrait culminer en 2016 à 65 % contre 59 % actuellement. Pour les autres scénarios, ce maximum devrait être observé en 2015 ou 2016, à 64,5 %.

<sup>21</sup> Le parc diesel inclut les véhicules hybrides diesel.

L'inertie du parc automobile est élevée et augmente du fait de la croissance du kilométrage des véhicules sur l'ensemble de leur durée de vie (fiabilisation accrue) et de la diminution du parcours moyen annuel. L'étude estime que près de la moitié des véhicules immatriculés en 2015 circuleront encore en 2030 (les véhicules de 1984 ont circulé en moyenne 8,6 ans, ceux de 1996 10,7 ans, ceux de 2008 devraient circuler en moyenne pendant 13,2 ans). La longévité croissante des véhicules est du reste un facteur favorable au diesel puisqu'il permet d'amortir le surcoût à l'achat sur une période plus importante.

### **Une baisse tendancielle des immatriculations diesel plus rapide pour les ménages que pour les entreprises**

En 2030, dans le scénario de référence, la part du diesel dans les immatriculations neuves ne sera plus que de 17 % chez les ménages mais sera encore de 48 % parmi les entreprises. Les véhicules des entreprises circulent en effet en moyenne deux fois plus que ceux des ménages, facteur auquel s'ajoutent les autres avantages fiscaux réservés aux professionnels et qui entraînent une différence sensible dans les taux de diésélisation (85 % en 2011 contre 65 % pour les ménages) et une résistance plus importante du diesel aux modifications fiscales testées.

### **Une quasi absence d'immatriculations diesel pour les petites cylindrées à partir de 2018**

La sensibilité aux conditions fiscales est élevée pour les « citadines » et « polyvalentes » et décroît avec la montée en gamme qui correspond à des consommations unitaires croissantes.

La gamme B (« citadines » et « polyvalentes », par ex : Peugeot 208, Renault Clio), qui représentait plus de la moitié des immatriculations neuves en 2011, se montre particulièrement sensible à une augmentation de la fiscalité, surtout chez les ménages. Dans tous les scénarios où la fiscalité évolue, le diesel dans cette gamme cesserait d'intéresser les particuliers dès 2018, même en tenant compte d'une réaction des constructeurs automobiles qui ajusteraient les prix de vente. Cette diminution des prix serait en effet limitée d'une part, par la forte concurrence qui comprime les marges et, d'autre part, par le poids du surcoût technique de la motorisation diesel rapporté au coût total du véhicule. Pour les entreprises, le diesel de cette gamme resterait intéressant, du fait du barème de la taxe sur les véhicules de société, TVS dont les taux sont moins élevés pour le gazole permettant de maintenir un avantage gazole ; en revanche, il reculerait fortement pour les véhicules non assujettis à la TVS (par ex., location de courte durée).

La gamme M1 (« compactes », par ex : Renault Mégane), qui représentait 30 % des immatriculations neuves en 2011, est moins sensible car ce sont des véhicules qui roulent généralement davantage que ceux de la gamme B, ce qui permet un gain potentiel sur le poste carburant plus élevé. La capacité de réaction des constructeurs est également plus importante, car les marges sont plus grandes et le surcoût technique est proportionnellement moins lourd. Dans les trois scénarios portant sur la couverture des externalités, le diesel n'intéresserait plus que très peu de ménages (moins de 1%) dès 2018 contre respectivement 40 % en situation de référence et entre 5 et 7 % dans les scénarios basés sur la directive européenne. Pour les entreprises, sous le double effet des avantages fiscaux accordés au gazole et de la capacité d'adaptation des constructeurs, le taux de diésélisation serait encore compris entre 27 et 40 % à l'horizon 2030 selon les scénarios.

Les gammes M2 (« familiales », par ex : Citroën C5) et H1 (« routières », par ex : Mercedes Classe E ou Renault Espace, le luxe étant exclu de l'étude) se montrent moins sensibles aux divers scénarios. Le niveau élevé des consommations unitaires et l'importance des kilométrages moyens annuels permettent en effet de maintenir des gains significatifs sur le poste carburant. De plus les marges des constructeurs y sont plus élevées et leur permettent de réagir davantage. Les segments « luxe » et « véhicules tous-terrains » sont exclus de l'étude du fait d'une offre souvent limitée à une seule motorisation, et parce que les comportements d'achat de ces véhicules répondent vraisemblablement à des logiques différentes, les acheteurs de ce type de véhicules particulièrement onéreux étant également moins sensibles au prix des carburants.

### **Une modification significative de la structure du parc**

La structure du parc automobile évoluerait de façon assez proche par famille de scénarios – d'une part les 1, 2 et 3 fondés sur la couverture des externalités et d'autre part les 4 et 5, fondés sur le projet

de directive européenne –, mais les kilométrages moyens annuels parcourus par les VP diffèrent sensiblement d'un scénario à l'autre, et donc les émissions de polluants, selon le niveau de taxation des carburants.

En 2030, le parc thermique est supposé représenter 90 % du parc automobile, compte tenu du développement des véhicules électriques (voir l'article La voiture électrique ou hybride : quels coûts, quels bénéfices, à court et moyen termes, dans ce numéro)<sup>22</sup>.

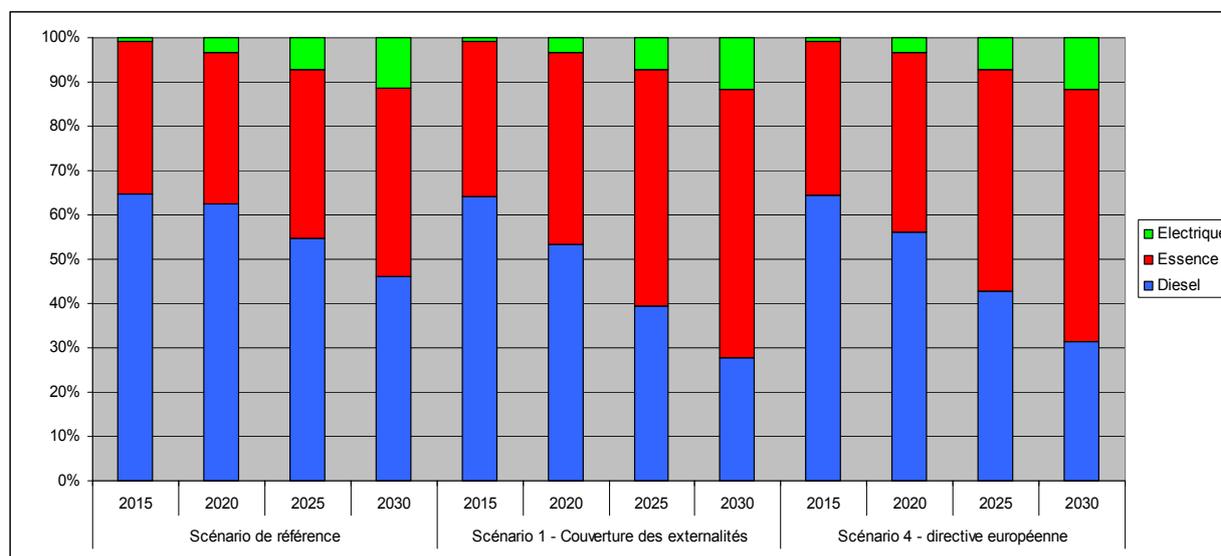
En situation de référence, en 2030, les véhicules diesel (y compris les hybrides diesel) représenteraient 46 % du parc de véhicules (en baisse sensible par rapport aux 59 % actuels<sup>23</sup>), soit 15,7 millions de véhicules, tandis que les véhicules essence (y compris hybrides) représenteraient 42,5 % (14,5 millions), le solde de 11,5 % étant constitué de véhicules électriques (4 millions, chiffre supposé identique pour tous les scénarios étudiés).

Si la réforme de la TIC se fondait sur la couverture des externalités environnementales, l'impact sur le parc de véhicules diesel serait très important puisque le taux de diésélisation chuterait, d'après le scénario 1, à 28 % (26 % pour les scénarios 2 et 3). Les motorisations essence et hybrides essence deviendraient majoritaires à 60,5 % du parc total.

Une restructuration de la TIC conformément au projet de directive européenne conduirait à un parc diésélisé à hauteur de 31,4 % selon le scénario 4 (30,6 % dans le scénario 5), soit une baisse de 5 millions de véhicules par rapport au scénario de référence.

Sur le long terme, toute réforme de la taxation des carburants modifierait donc significativement la structure du parc (graphique 2). C'est principalement son impact sur la gamme B, majoritaire dans le parc et qui s'avère particulièrement sensible au prix du gazole, qui explique les évolutions. La principale différence entre les deux catégories de scénarios se situe au niveau de la réaction des ménages acquéreurs de véhicules de la gamme M1 et dans une moindre mesure de la gamme M2.

**Graphique 2 : Evolution de la structure du parc automobile selon le scénario**



Source : calculs CGDD

<sup>22</sup> La part des nouvelles motorisations (électriques et hybrides) dans les immatriculations neuves a été estimée par la DGEC à 10 % pour les véhicules électriques et 10 % pour les véhicules hybrides. Nous avons supposé d'une part que la progression était linéaire et se poursuivait au même rythme après 2020 et d'autre part que le taux de diésélisation des véhicules hybrides neufs était celui des véhicules thermiques neufs.

<sup>23</sup> La diésélisation du parc passe, en scénario de référence, par un point haut à 65 % en 2015, et baisse ensuite, du fait de la diminution des immatriculations de véhicules diesel.

## Bilan socio-économique

La modification de la taxation des carburants aurait plusieurs effets sur le comportement des ménages et des entreprises (choix du type de véhicule et usage) ainsi que sur la stratégie des constructeurs (évolution de l'offre et des marges). Ces différents effets sont à l'origine de coûts et d'avantages pour la collectivité, au niveau environnemental, en termes de pollution et de sécurité routière, et au niveau économique, en termes de coûts d'usage des véhicules et des infrastructures, de recettes fiscales, etc. (cf. tableau 1). Les bilans mettent en regard les externalités des circulations routières et les impacts pour les automobilistes, pour les contribuables et pour les autres opérateurs (constructeurs automobiles, gestionnaires d'infrastructures...). Ils sont calculés sur le parc roulant de véhicules particuliers sur une période de 20 ans (2011-2030). Bien que les modifications de fiscalité soient considérées comme mises en œuvre progressivement à partir de 2015, les projections débutent en 2011 afin de tenir compte de l'évolution du parc à partir de cette date. Le nombre annuel d'immatriculations est supposé constant sur toute la période, à 2,1 millions<sup>24</sup> par an, correspondant aux immatriculations de 2011.

Dans le scénario 1 où les externalités sont entièrement couvertes, le bilan environnemental (pollution locale, émission de CO<sub>2</sub> et bruit) est très positif (16 Mds€), tout comme le bilan total (78 Mds€) malgré une forte baisse de la mobilité (-20% en 2030) qui entraîne une perte de satisfaction sensible. Le kilométrage du parc de véhicules essence baisse légèrement pendant la transition fiscale (car le barème évolue progressivement entre 2015 et 2017) puis progresse nettement (+21% en 2020 et +84% en 2030). Le kilométrage du parc de véhicules diesel chute fortement (-36 % en 2020 et jusqu'à -62 % en 2030 principalement du fait de la disparition progressive des véhicules diesel de la gamme B).

Le scénario 2 qui vise à couvrir les externalités hors congestion présente un bilan environnemental positif (3,2 Mds€) et un bilan total positif à 21,8 Mds€. Les impacts sur la mobilité totale et sur la satisfaction globale des automobilistes sont très faibles et se font sentir principalement en début de période. Pour les ménages, les différences en termes de mobilité sont cependant sensibles selon la motorisation de leur(s) véhicule(s) : ceux ne possédant que des véhicules diesel seraient pénalisés, tandis que les détenteurs de véhicules essence verraient leur situation s'améliorer grâce à la baisse du prix de l'essence.

Le scénario 3 constitue un intermédiaire entre les deux précédents scénarios : son bilan environnemental est positif (6,7 Mds€), le bilan global également (43,6 Mds€) et l'impact sur la mobilité totale reste limité (-8 % en 2030). Le kilométrage cumulé des véhicules essence progresse de 46 % de 2011 à 2030 tandis que celui des véhicules diesel baisse de 25 %. Comme les deux précédents scénarios, les recettes fiscales progressent sur l'ensemble de la période, essentiellement grâce à la hausse de la TICPE.

Dans le cas de l'alignement de la TIC du gazole sur celle de l'essence conformément au projet de directive européenne (scénario 4), le bilan socio-économique est lui aussi positif (30 Mds€). L'impact sur la mobilité totale est limité mais permet des bénéfices environnementaux de 3,6 Mds€.

Le scénario 5, conçu selon ce projet de directive européenne mais dans une optique de neutralité budgétaire, présente un bilan environnemental positif (762 M€) marqué cependant par une légère augmentation des émissions de CO<sub>2</sub>. L'impact de l'ajustement de la fiscalité sur le kilométrage parcouru par l'ensemble du parc en 2030 est très faible (environ -0,6 %). La neutralité budgétaire, mesurée par le coût d'opportunité des fonds publics, conservé proche de zéro, tant sur la totalité de la période étudiée (14 M€ sur la période 2011-2030) qu'au niveau annuel (avec un écart de moins de 1 % par rapport au scénario de référence).

<sup>24</sup> L'étude porte sur la quasi-totalité des véhicules particuliers, excluant la gamme luxe H2 qui représente 2 % des immatriculations neuves et qui s'avère trop hétérogène pour être modélisée.

**Tableau 1 : Bilan coûts-avantages de la taxation de l'essence et du gazole selon plusieurs scénarios**

Montants cumulés sur 2011-2030 (actualisés à 4 %) En millions d'euros 2011		Comparaison des scénarios à la situation de référence				
		Scénario 1 Couverture des externalités	Scénario 2 Externalités hors congestion	Scénario 3 Externalités hors congestion urbaine	Scénario 4 Alignement TIC gazole selon directive européenne	Scénario 5 Neutralité budgétaire selon directive européenne
Recettes fiscales	TVA	6 540	903	3 707	1 847	- 987
	TICPE	122 658	21 754	58 566	34 221	46
	COFP*	36 797	6 526	17 570	10 266	14
	<b>Total contribuables</b>	<b>165 995</b>	<b>29 184</b>	<b>79 842</b>	<b>46 334</b>	<b>- 928</b>
Automobi- listes	Achat véhicules	16 607	17 546	17 574	14 186	14 664
	Surplus assurance et entretien	10 175	11 650	11 443	8 573	9 133
	Surplus de carburant	- 200 187	-54 250	-106 957	-60 288	-14 105
	Impact sur la mobilité	-33 761	-1 071	-5 898	-1601	-9
	<b>Total automobilistes</b>	<b>-207 167</b>	<b>-26 125</b>	<b>-83 838</b>	<b>-39 130</b>	<b>9 683</b>
Autres opérateurs	Coût d'entretien infrastructures	7 316	1 306	3 032	1 588	209
	Péages routiers	-1 459	-261	-605	-317	-42
	Ventes de véhicules	-16 607	-17 546	-17 574	-14 186	-14 664
	Coût fabrication véhicules	12 944	13 986	14 021	10 191	10 713
Tiers**	Pollution	3 797	1 533	2 208	1 345	841
	Emissions CO2	9 234	1 163	3 468	1 704	-153
	Bruit	2 587	462	1 072	561	74
	<b>Total environnement</b>	<b>15 618</b>	<b>3 157</b>	<b>6 747</b>	<b>3 610</b>	<b>762</b>
	Insécurité routière	35 724	6 375	14 802	7 752	1 019
	Congestion	65 630	11 718	27 201	14 242	1 875
	<b>Total externalités</b>	<b>116 970</b>	<b>21 250</b>	<b>48 750</b>	<b>25 603</b>	<b>3 657</b>
<b>Total</b>	<b>77 994</b>	<b>21 794</b>	<b>43 629</b>	<b>30 082</b>	<b>8 628</b>	

\*COFP : coût d'opportunité des fonds publics, c'est-à-dire le coût, pour la société, de l'effet distorsif, à l'échelle de l'économie nationale, des prélèvements obligatoires. Ce coût, évalué à 0,3 € par euro public, s'applique aux dépenses et aux recettes publiques (hors TVA).

\*\* Tiers : désigne par convention la population impactée par la mesure évaluée, et non directement responsable de l'impact. Les impacts correspondants sont les externalités (cf. CGDD, 2013). L'insécurité routière et la congestion sont rangés par convention dans cette catégorie, même si ces externalités sont en partie internes au système de transport.

## Méthodologie

### Le périmètre de l'étude, les données d'entrée et la caractérisation du scénario de référence

L'étude porte sur la quasi-totalité des véhicules particuliers, excluant seulement la gamme luxe (H2) qui représente 2 % des immatriculations neuves et qui s'avère trop hétérogène pour être modélisée.

Le modèle utilisé pour la réaliser (voir schéma) a été conçu sur la base des immatriculations neuves observées en 2011 et porte sur quatre gammes – bas de gamme (B), moyenne inférieure (M1), moyenne supérieure (M2) et haut de gamme (H1) – modélisées chacune à partir d'un échantillon de modèles représentatif de plus de 70 % des immatriculations neuves en 2011. Pour les années 2012 à 2030, il a été supposé que la structure par gamme des immatriculations neuves resterait identique à celle observée en 2011. Pour les véhicules antérieurs à 2011, l'étude s'est basée sur les statistiques globales du parc, sans distinction de gamme, et leur survie année par année a été estimée à partir de lois de Weibull mises en évidence dans une thèse effectuée à l'Ifsttar avec un financement de l'Ademe (Kolli 2012).

Afin d'évaluer l'impact d'une politique de modification de la taxation sur les carburants, il convient de définir un « scénario de référence » pour la période d'étude afin d'isoler l'effet propre de la politique de l'évolution qui serait intervenue dans une situation sans réforme :

- **fiscalité** : le niveau de taxation du scénario de référence correspond à la fiscalité actuelle, fixe dans le temps ;

- **prix du carburant** : les prix moyens s'établissaient en 2011 à 1,34 €/L pour le gazole et 1,51 €/L pour l'essence. Compte tenu des taux de TICPE et de TVA, les prix des carburants, hors taxes, sont estimés pour 2011 à 0,68 €/L pour le diesel et 0,65 €/L pour l'essence. Pour 2030, les prix des carburants sont estimés à 0,71 €/L pour l'essence et 0,83 €/L pour le diesel, soit une augmentation annuelle de 0,5 % pour l'essence et de 0,7 % pour le diesel, correspondant à un prix du baril de pétrole de 100 €<sub>2011</sub> en 2030 ;

- **prix des véhicules** : le prix des véhicules neufs diminue chaque année, à un taux de -0,6% par an, correspondant à l'évolution sur les dix dernières années de l'Indice des prix à la consommation (IPC) pour les prix de vente des véhicules neufs de l'INSEE. Un surcoût lié à l'application de la norme Euro 6 est appliqué sur les véhicules diesel à hauteur de 270 € à partir de 2016 ;

- **kilométrage annuel moyen** : on suppose une baisse du kilométrage annuel moyen de 0,6 % par an correspondant à la tendance historique observée ;

- **ventes** : le nombre d'immatriculations neuves annuelles est fixé à 2 millions d'unités jusqu'en 2030, volume correspondant au niveau des ventes observé ces 20 dernières années ;

- **consommations unitaires de carburant et émissions unitaires de CO<sub>2</sub>** : les objectifs européens d'émissions unitaires de CO<sub>2</sub> des véhicules neufs à l'horizon 2020, fixés à 95 gCO<sub>2</sub>/km, sont pris en compte : une baisse des consommations unitaires de 1,2 % et de 1,9 % par an est appliquée entre 2017 et 2020 pour respectivement les véhicules diesel et essence ;

- **émissions de polluants** : à l'horizon 2030, on suppose que l'ensemble des véhicules du parc auront atteint les limites d'émissions de polluants fixées par la norme européenne « euro 6 ».

## Les caractéristiques du modèle

En modifiant le coût d'usage des véhicules, l'évolution de la taxation sur les carburants gazole ou essence a un impact sur la structure du parc (taux de diésélisation) et l'usage des véhicules.

**Impacts sur la structure du parc** : les motorisations diesel sont plus chères à l'achat mais moins coûteuses à l'usage, du fait des moindres consommations unitaires et de la fiscalité avantageuse du gazole. A partir d'un certain nombre de kilomètres parcourus, les motorisations gazole sont donc plus rentables que les motorisations essence, les économies à l'usage compensant le surcoût à l'achat. En théorie, une modification de la fiscalité peut donc modifier cet équilibre et conduire à une rentabilité accrue des véhicules essence et, in fine, une baisse du taux de diésélisation du parc automobile. En pratique, cet effet est minimisé par l'adaptation des constructeurs automobiles qui, vraisemblablement, adopteront une nouvelle répartition de leurs marges entre véhicules essence et diesel.

Deux modélisations ont ainsi été élaborées pour mesurer l'impact de la fiscalité des carburants sur la structure du parc : un modèle décrivant la demande des ménages pour les deux types de motorisation (modèle de choix discret) et un modèle représentant la stratégie des constructeurs automobiles (concurrence oligopolistique).

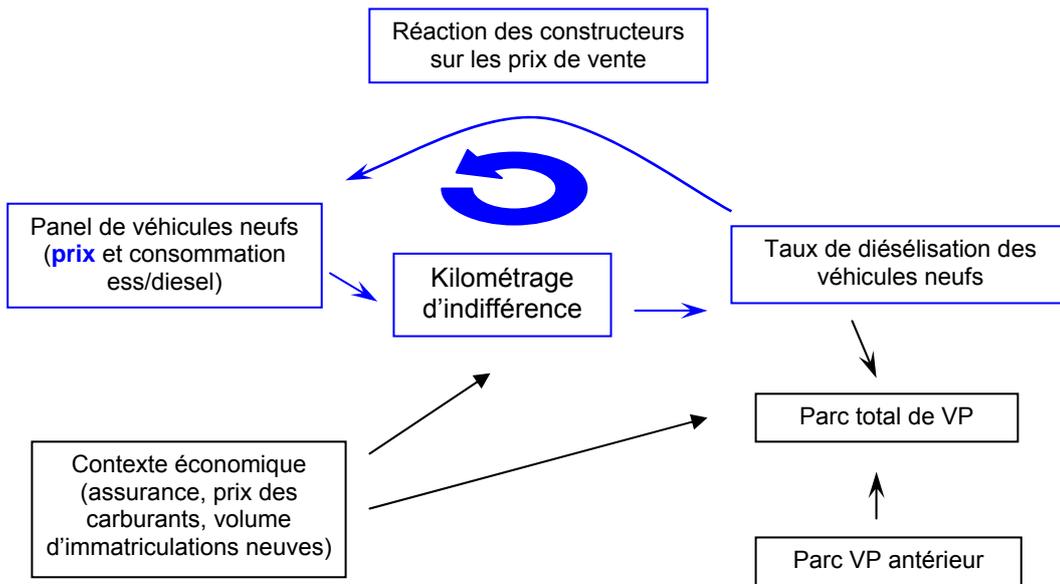
Le modèle global ainsi conçu comprend quatre étapes de calcul (voir schéma) :

1. Sur la base de l'échantillon de véhicules neufs et à partir des conditions économiques, la première étape consiste à calculer le kilométrage d'indifférence entre des motorisations essence et diesel. Pour chaque gamme, trois estimations sont réalisées, pour représenter les véhicules acquis par les ménages, ceux acquis par les entreprises mais non-soumis à la TVS et ceux acquis par les entreprises et soumis à cette TVS ;
2. Le taux de diésélisation est obtenu en calculant la part des automobiles parcourant chaque année une distance supérieure à ce kilométrage d'indifférence. Ce calcul est réalisé à partir de la distribution des kilométrages de la population de véhicules du panel ParcAuto de TNS-Sofres (pour Ifsttar-Ademe-CCFA-MEDDE), cette distribution suivant une loi de Gumbel ;
3. Le taux de diésélisation ainsi déterminé peut impacter négativement les profits des constructeurs, la rente de situation conférée par la fiscalité du gazole étant remise en cause. Les constructeurs peuvent alors chercher à maximiser leurs profits et modifier à cette fin les prix de vente. En prenant comme hypothèse l'existence d'un oligopole sur le marché automobile et d'une concurrence « à la Cournot », le modèle intègre cette réaction, via une évolution du pouvoir de marché des constructeurs sur les véhicules diesel suite à une modification de la TIC. Le modèle reprend alors à l'étape 1 ;
4. Sur la base de projections des volumes d'immatriculations neuves attendus, dont le volume global est supposé constant, une part croissante correspondant à des véhicules hybrides et électriques, et après

avoir estimé la part des véhicules des générations précédentes encore en circulation, le calcul de la composition du parc est réalisé.

**Sur l'usage des véhicules :** une modification du prix des carburants produit des effets sur les consommations de carburant et donc sur les distances parcourues ; ainsi, une baisse de prix entraîne une hausse du trafic tandis qu'une augmentation de prix produit l'effet inverse. Dans l'étude, pour éviter que les effets de composition du parc jouent sur les élasticités au prix du carburant, une valeur moyenne de -0,37 pour les deux motorisations est utilisée<sup>25</sup>. Cela signifie qu'une augmentation du prix du carburant de 1 % entraînerait une baisse de la consommation de 0,4 %.

**Figure 1 : Schéma illustrant le fonctionnement du modèle**



## Références

Zehir Kolli, 2012, « Dynamique de renouvellement du parc automobile, projection et impact environnemental », thèse pour le doctorat en Sciences économiques, Univ. Paris 1 Panthéon Sorbonne, Ademe, Ifsttar.

CGDD, 2012, Rapport de la Commission des comptes et de l'économie de l'environnement, « Santé et qualité de l'air »

CGDD, 2013, « Les externalités des différents modes de transport : identification et évaluation » in Dossiers d'analyse économique des politiques publiques des transports, Les comptes transports en 2011, Tome 2

Hivert L., 2013, « Short-term break in the French love for diesel ? », in special Issue 'Decades of Diesel', Energy Policy, Vol. 54, march 2013, pp. 11-22, Elsevier Ltd.

Breteau V., Weber, S., 2013, « Reconsidering the choice between gasoline and diesel cars: modeling both demand and automakers reaction », Transportation Research Record.

<sup>25</sup> Collet, R., de Lapparent, M., and Hivert, L. (2010). *Addiction to car use and dynamic elasticity measures in France*, 12th WCTR, Lisbon, Portugal.

## Voiture électrique ou hybride : quels coûts, quels bénéfices, à court et moyen termes ?

Stéphanie Depoorter\*

Commissariat Général au développement durable

Service de l'économie, de l'évaluation et de l'intégration du développement durable

Willy Breda

Direction générale de l'énergie et du climat

Le secteur des transports, responsable de plus du tiers des émissions françaises de CO<sub>2</sub>, est un secteur clé dans une stratégie de type facteur 4. La plupart des études prospectives mettent en évidence le rôle déterminant de la technologie pour limiter les émissions du transport, notamment de voyageurs, compte tenu de la difficulté de peser sur la demande de mobilité et de la place limitée des modes alternatifs pour certains types de déplacements.

L'étude menée par le CGDD montre que la diffusion, en France, des voitures électriques constitue une option possible, à moyen terme, pour une mobilité automobile des ménages plus durable. En effet, pour un usage comparable, lorsque l'on met en regard les coûts et les avantages pour la collectivité d'un véhicule électrique face à un véhicule « classique » à motorisation thermique, le bilan est proche de l'équilibre à l'horizon 2020. Les gains environnementaux et les moindres consommations d'énergie compensent les surcoûts, liés principalement à l'achat de la batterie. Le bilan plus favorable de la voiture hybride rechargeable, lié au moindre coût de la batterie, ouvre des perspectives pour un développement du marché à plus court terme.

Le développement des véhicules électriques nécessitera, par ailleurs, le déploiement de bornes de recharge. Ces bornes seront en majorité implantées dans le domaine privé ; celles du domaine public, plus coûteuses, seront toutefois nécessaires pour la fiabilité du dispositif. Pour limiter les coûts et les émissions de CO<sub>2</sub>, la recharge lente aux heures creuses, faisant appel, en France, à une production électrique peu émettrice de gaz à effet de serre, est à privilégier.

Aujourd'hui, le parc de véhicules particuliers et d'utilitaires légers tout électrique français est le premier européen (15 000 unités) et le troisième mondial derrière ceux des Etats-Unis et du Japon mais les ventes restent faibles (environ 2 500 véhicules tout électrique, et 13 000 véhicules hybrides<sup>26</sup>, en 2011). Près de 50 modèles de véhicules électriques sont désormais homologués ou engagés dans les processus d'homologation. Le tout électrique se positionne essentiellement sur les segments de marché A (urbaines, mini et petites citadines, micro voitures) et Véhicule Utilitaire Léger ; les hybrides rechargeables et extenseurs d'autonomie<sup>27</sup>, qui vont arriver sur le marché, se concurrenceront essentiellement sur les autres segments.

Le plan national pour le développement des véhicules électriques et hybrides rechargeables, lancé en octobre 2009 et vise un objectif de 2 millions de véhicules électriques en circulation à l'horizon 2020, soit 5 % du parc de véhicules particuliers (VP) et de véhicules utilitaires légers (VUL) (encadré 1).

La présente évaluation porte sur deux types de motorisation pour les voitures particulières utilisées par les ménages :

- la **voiture tout électrique** qui fonctionne uniquement à partir d'une batterie rechargeable sur le secteur et ayant une autonomie de 100 à 150 kilomètres ;
- la voiture **hybride rechargeable** qui dispose de deux énergies de propulsion : une batterie rechargeable sur le secteur (de plus faible capacité que celle du tout électrique) et un moteur thermique diesel traditionnel.

(\*) poste occupé au moment de la rédaction de l'article

<sup>26</sup> Véhicules hybrides électriques non rechargeables sur le secteur.

<sup>27</sup> Véhicule électrique doté d'un prolongateur d'autonomie thermique.

L'étude réalise un bilan socio-économique (cf. encadré 2 pour la méthode) qui met en regard, en 2010 et à l'horizon 2020, l'ensemble des coûts et des avantages estimés de la mise sur le marché de voitures électriques, en remplacement des voitures à motorisation « classique ». Le bilan porte sur le coût de possession (acquisition et usage)<sup>28</sup> de la voiture pour l'utilisateur et les coûts environnementaux pour la collectivité. Il inclut également les coûts de financement des subventions à l'achat des véhicules électriques ainsi que les pertes de recettes de taxe intérieure à la consommation (TIC) liées à la moindre consommation de carburant.

Pour permettre une comparaison, les usages de véhicules sont supposés équivalents<sup>29</sup>. On considère ainsi que la voiture tout électrique est une alternative à la voiture essence ou diesel à usage « urbain » et que la voiture hybride diesel rechargeable présente une alternative à une voiture diesel de type routier ou multiusage. Les déplacements de type « urbains » regroupent les trajets en ville (ville centre et banlieue) mais surtout les déplacements effectués dans le périurbain où l'usage de la voiture particulière est plus développé et les transports collectifs moins performants.

### Un bilan équilibré à terme pour les voitures électriques

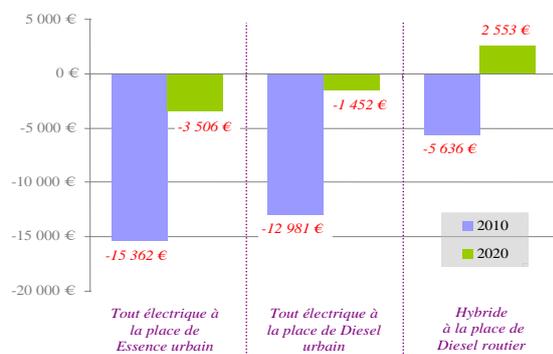
A l'horizon 2020, le bilan du remplacement d'une voiture thermique par une voiture électrique serait proche de l'équilibre, alors qu'il était négatif en 2010 (figure 1).

Pour la voiture hybride, le bilan est plus favorable, avec en 2020 un avantage, sur la durée de vie de la voiture, de 2 553 € par rapport à la voiture diesel de type routier, compte tenu de la moindre consommation d'énergie et de l'avantage environnemental.

Le bilan est encore négatif en fin de période pour les voitures tout électrique à cause d'un surcoût par rapport à leurs équivalents thermiques, principalement lié à la batterie. L'écart est moins marqué vis à vis du diesel urbain davantage émetteur que l'essence de particules fines.

Cette estimation concerne l'acquisition et l'utilisation par les ménages. Les véhicules tout électrique pourraient néanmoins être plus compétitifs pour des usages spécifiques, non étudiés ici, qui permettent d'optimiser leur utilisation, tels que les flottes d'entreprises qui effectuent des trajets courts mais fréquents<sup>30</sup>.

**Figure 1 : Bilans coûts-avantages d'une voiture électrique remplaçant une voiture thermique, sur la durée de vie du véhicule en 2010 et en 2020 (en €)**



Source : calculs CGDD

<sup>28</sup> Dans l'étude, le coût de possession fait référence au concept de TCO, « Total Costs of Ownership ».

<sup>29</sup> Dans la réalité, les usages des véhicules électriques et des véhicules thermiques ne seront pas nécessairement identiques mais plutôt complémentaires, compte tenu de l'autonomie limitée de la batterie des véhicules électriques. Pour plus d'informations sur les systèmes de mobilité, se référer à l'article de F Leurent « Les conditions économiques, matérielles et sociales de l'équipement des ménages en voitures électriques », dans ce numéro.

<sup>30</sup> Le groupe La Poste a d'ailleurs piloté une opération d'achat groupé visant à constituer une puissance d'achat suffisamment importante pour obtenir des fournisseurs des véhicules à un coût total de possession (bonus écologique compris) inférieur ou égal à celui des véhicules thermiques équivalents. L'UGAP (centrale d'achat public), qui a assuré la coordination de ce projet, a annoncé le 28 octobre 2011 la commande sur 4 ans aux constructeurs automobiles de 15 637 véhicules utilitaires légers d'un volume d'environ 3 m<sup>3</sup> de type Renault Kangoo ZE et de 3 074 véhicules compacts deux places d'un volume d'environ 1 m<sup>3</sup> de type Peugeot Ion.

### Les coûts de possession sont plus élevés en 2010 pour les voitures électriques ...

Le coût de possession sur la durée de vie de la voiture tout électrique présente en 2010 un surcoût de 10 000 € (soit 6 c€/km) par rapport aux voitures thermiques « urbains » (figure 2). Le coût de la batterie pèse pour le tiers dans le coût total de la voiture électrique. Le surcoût du véhicule hybride par rapport au diesel routier est moindre (4 000 €). Dans ce cas, le surcoût à l'achat est partiellement compensé par une moindre consommation énergétique.

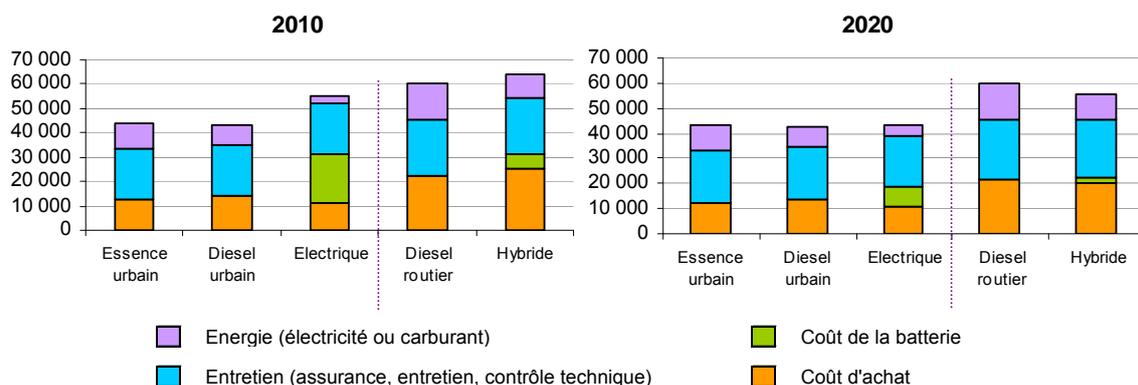
Aussi, en attendant le décollage de la filière et la baisse du coût de la batterie qui en résultera, le bonus écologique atténue le surcoût des véhicules électriques (Voir encadré dans l'article sur les immatriculations de véhicules équipés de motorisations alternatives du SOeS).

### ... mais ils deviennent compétitifs à l'horizon 2020

En 2020, malgré l'amélioration des performances techniques des véhicules à motorisation classique, les voitures électriques sont compétitifs, voire avantageux pour la voiture hybride (5 000 € d'économies).

Cette compétitivité résulte, d'une part, de la baisse du coût de la batterie et, d'autre part, d'une hausse supposée plus rapide du prix des carburants que de l'électricité.

Figure 2 : Coûts de possession des voitures, en 2010 et en 2020 (hors bonus écologique) (€)



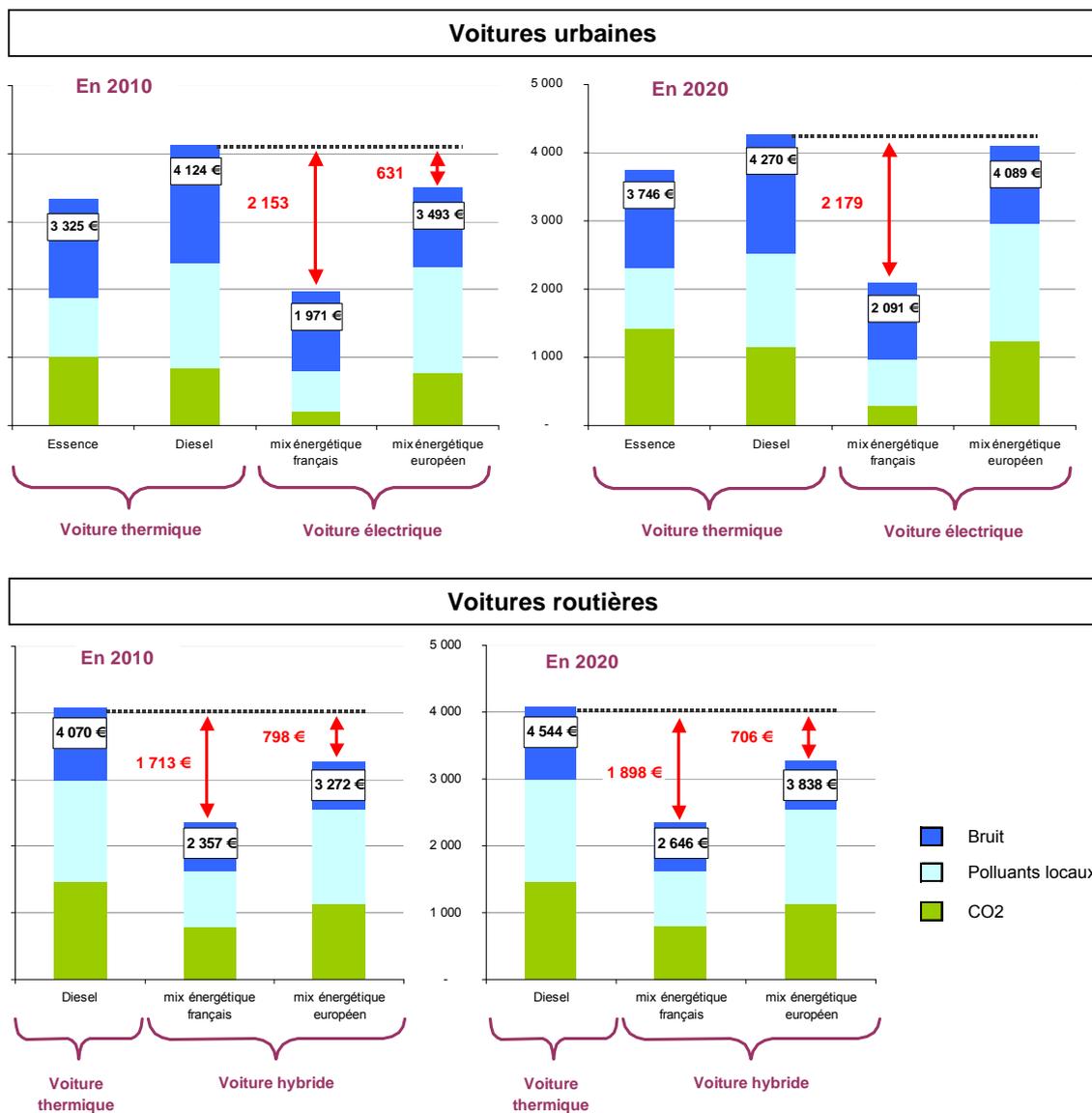
Source : Données constructeurs, calculs CGDD

### Des bénéfices environnementaux sont enregistrés dès 2010...

Dès 2010, l'avantage environnemental (moindres émissions de CO<sub>2</sub>, de polluants locaux et de bruit) est important : le remplacement d'une voiture diesel par une voiture électrique permet de réduire de moitié le coût environnemental. Pour une voiture essence, l'avantage n'existe que dans le cas d'un mix électrique français. Les bénéfices sont du même ordre de grandeur pour le tout électrique ou pour l'hybride (figure 3) : ils sont compris entre 500 € et 2 000 € pour le premier et entre 800 € et 1 700 € pour le second, selon le mode de production électrique.

Dans chaque cas, la valeur haute correspond au mix de production français peu émetteur de CO<sub>2</sub> auquel il est recouru en période creuse ; la valeur basse correspond au mix énergétique européen davantage émetteur de CO<sub>2</sub>, auquel il est recouru en période de pointe. Le recours au mix européen réduit sensiblement l'avantage de la voiture électrique en termes d'émission de CO<sub>2</sub>.

Figure 3 : Coûts environnementaux des différents types de voitures en 2010 et 2020 (€)



### ... et augmentent à l'horizon 2020

Les avantages environnementaux s'accroissent en 2020. L'augmentation est principalement liée à la valorisation monétaire croissante du CO<sub>2</sub> ; elle est comprise entre 200 € et 300 € selon le type de voiture.

A l'échelle des 2 millions de véhicules du plan gouvernemental, les émissions de CO<sub>2</sub> évitées pourraient ainsi représenter 2 millions de tonnes pour l'année 2020, à comparer aux 65 Mt de CO<sub>2</sub> émises en 2010 par le parc français de voitures particulières.

Les gains relatifs au bruit sont assez stables sur la période (entre 300 € et 600 € selon le type de voiture).

En revanche, les gains liés aux émissions de polluants locaux (oxyde d'azote, dioxyde de soufre, monoxyde de carbone, particules, hydrocarbures) sont en baisse, du fait de l'amélioration prévue des performances techniques des véhicules thermiques (mise en place des dispositifs anti-pollution nécessaires au respect des limites européennes d'émissions de polluants de plus en plus contraignantes).

### **D'autres impacts environnementaux ne sont pas pris en compte**

Les émissions de polluants sont calculées pour les étapes de la durée de vie des véhicules pour lesquelles les données sont disponibles : production de carburant ou d'électricité, production des batteries et circulation du véhicule. La construction du véhicule n'a pas été prise en compte, elle est toutefois assez semblable d'un véhicule à l'autre.

Pour les émissions relatives à la fabrication des batteries, l'analyse s'est appuyée sur les quelques études existantes mais reste à approfondir, notamment sur la filière émergente des batteries lithium-ion. Les batteries sont supposées recyclées, ou certains éléments réutilisés, en fin de vie, mais les pollutions liées à ce recyclage n'ont pas été considérées. L'extraction des matières premières et des métaux rares constituant les batteries n'est pas non plus prise en compte, les différentes études disponibles concluant à des résultats divergents.

Les externalités liées à la production électrique nucléaire nécessaire à la recharge des batteries sont supposées intégrées dans le tarif de l'électricité.

### **La mise en place nécessaire d'un réseau de recharge des véhicules**

Le développement de véhicules électriques nécessite le déploiement d'un réseau d'infrastructures de recharge des batteries, qu'il s'agisse de prises privées ou de bornes accessibles au public. L'essentiel des bornes sera implanté dans le domaine privé, cependant, des bornes publiques en parking ou en voirie offriront une garantie aux utilisateurs et une fiabilité de l'ensemble du système. Le plan gouvernemental pour le développement des véhicules électriques et hybrides pose, au travers d'un Livre vert, un cadre pour le déploiement de ces infrastructures du domaine public (*encadré 1*).

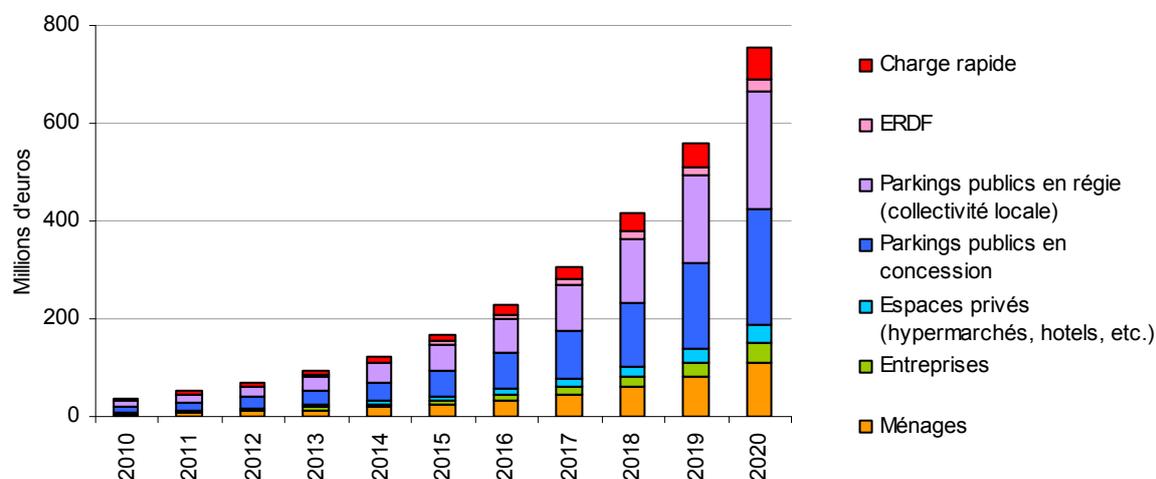
Le développement des infrastructures de charge est fondé sur un scénario de déploiement de la flotte de véhicules électriques et d'un nombre de points de charge affectés à chaque véhicule. Un point de charge principal est affecté à tout véhicule pour une recharge quotidienne, en période de base de la production électrique, et quelques points de charges secondaires et partagés sont disponibles avec des charges « normales », des charges « accélérées » et quelques bornes « rapides ». Les prises ou bornes dites normales permettent une recharge complète d'une batterie de 25 kWh en 8 heures ; les bornes accélérées permettent une charge en moins de 2 heures et les bornes rapides en moins d'une heure. Au total, le scénario retient 1,1 point de charge disponible par véhicule électrique ou hybride rechargeable, pour un parc estimé à 2 millions de véhicules en 2020.

### **Les bornes publiques sont les plus coûteuses...**

De 2010 à 2020, le coût global cumulé des infrastructures est de 2,8 milliards d'euros (Md €). Les coûts des infrastructures incluent le coût d'investissement, le coût de génie civil, le coût de raccordement au réseau et les frais de maintenance et de renouvellement. On suppose une baisse du coût unitaire d'investissement de 5 % par an.

Bien que les bornes publiques représentent 30 % de l'ensemble, elles pèsent pour 70 % du coût total, soit 1,8 Md €. Le coût d'investissement est plus élevé (5 000 € pour une borne de charge normale en voirie) et l'utilisation collective des bornes implique des besoins en maintenance et en renouvellement plus importants. Le coût de raccordement à la charge d'ERDF (filiale d'EDF gestionnaire du réseau de distribution électrique) s'élève à 90 M€, hors renforcement important du réseau (*figure 5*).

La charge rapide représente un coût particulièrement élevé malgré le faible nombre de bornes mises en place dans le scénario : 250 M€ sur la période 2010-2020, soit un coût unitaire de 0,2 c€/véh.km en 2010 et de 0,1 c€ en 2020.

**Figure 4 : Coût annuel de développement d'infrastructures de recharge de 2010 à 2020 (en M€)**

Source : calculs CGDD

### ... impliquant une optimisation du déploiement des bornes et de la charge

Compte tenu de la différence des coûts d'infrastructures selon le type d'implantation ou de charge, le déploiement des infrastructures devrait suivre le marché des véhicules électriques, avec un déploiement majoritaire « à domicile » ou en entreprises pour un usage privatif et un développement parallèle plus progressif dans les parkings publics en charge normale ou accélérée.

De plus, la variabilité des émissions évitées selon le mix énergétique souligne l'importance d'une optimisation de la charge des véhicules électriques, qui doit se faire préférentiellement en période de base (la nuit) et doit être limitée en période de pic de consommation (en fin de journée). La charge normale dégageant les bénéfices environnementaux les plus élevés, un signal tarifaire incitatif serait utile pour favoriser l'optimisation du rechargement des batteries.

#### Encadré 1 :

##### **Le plan gouvernemental pour le développement des véhicules électriques et hybrides rechargeables**

Présenté le 1er octobre 2009 par le Gouvernement, le plan pour le développement des véhicules électriques et hybrides rechargeables a pour objectif de mettre en circulation 2 millions de véhicules de ce type d'ici 2020. Concrètement, le plan se déploie dans les différents domaines du véhicule électrique (batteries, véhicules, infrastructures de recharge, recherche, industrialisation, etc.).

Un réseau de 900 000 points de recharge privés et 75 000 points de recharge accessibles au public est prévu d'ici 2015, porté à 4 millions de points de recharge privés et 400 000 points de recharge publics en 2020. Treize agglomérations pilotes (14 avec Monaco) ont signé, fin 2010, la charte pour le déploiement d'infrastructures publiques de recharge de véhicules électriques et hybrides rechargeables : Bordeaux, Grenoble, Rennes, Nice, Angoulême, Aix-en-Provence, Orléans, Paris, Rouen, Strasbourg, le Havre, la Rochelle et le Grand Nancy.

Afin de faciliter le déploiement de ces infrastructures au niveau national, l'État a décrit le cadre conceptuel et organisationnel au travers d'un Livre Vert, publié en avril 2011. Ce document constitue un véritable guide pour assister les collectivités territoriales dans la mise en œuvre de leurs projets. La priorité est de déployer et de privilégier les prises de recharge lente et diffuse, facteur d'optimisation technique, économique et environnemental (la charge rapide n'étant destinée qu'à assurer une fonction d'appoint, pour la sécurité et le confort).

Dans le cadre des Investissements d'Avenir, l'Etat a confié à l'ADEME le rôle d'opérateur du programme « véhicule du futur », qui accompagne les collectivités pilotes s'engageant dans le déploiement des infrastructures de recharge pour véhicules hybrides ou électriques rechargeables. Les villes labellisées « EcoCités » peuvent également bénéficier de ce dispositif via la Caisse des Dépôts et Consignations, au titre du programme « Ville de demain ». Dans le cadre d'une mission lancée le 3 octobre 2012, les projets de déploiement à grande échelle de bornes de recharge des agglomérations de plus de 200 000 habitants, ou ceux portés par une région, seraient dorénavant éligibles. Afin d'accélérer le déploiement des bornes de recharge sur les autoroutes, dans les parkings de stationnement et ceux des grandes surfaces, certains projets pourraient également devenir éligibles.

Un budget total de 50 millions d'euros est alloué aux opérations soutenues dans le cadre de ces programmes, et l'appel à manifestations d'intérêt est ouvert jusqu'au 16 décembre 2013.

Au niveau réglementaire, des dispositions issues de la loi Grenelle 2 visent à rendre obligatoire dès 2012 l'intégration de prises de recharge dans les parkings des constructions d'immeubles (bureaux et habitations), puis, à compter de 2015, pour les immeubles de bureaux existants. Ces dispositions figurent dans le décret n°2011-873 du 25 juillet 2011 relatif aux installations dédiées à la recharge des véhicules électriques et hybrides rechargeables.

En matière de sécurité, le ministère en charge du développement durable a mandaté l'INERIS (Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques) et l'UTAC (Union Technique de l'Automobile, du motocycle et du Cycle) afin d'identifier les sources potentielles de risques liés au développement des véhicules électriques et hybrides rechargeables (risques associés à la charge chez les particuliers, à des incidents en milieu confiné, modalités d'intervention des services de secours). Des essais d'incendies sur batteries et véhicules complets (émanation de gaz toxiques, flux de chaleur, cinétique de combustion, etc.) ont conduit à des recommandations et des dispositions réglementaires. Le cahier des charges réglementaire du 2 février 2012 établi par la DGSCGC (Direction Générale de la Sécurité civile et de la Gestion des Crises), précise désormais les conditions d'implantation des points de charge isolés ou des stations de charge (pouvant regrouper jusqu'à dix véhicules) de véhicules électriques dans les parcs de stationnement couverts recevant du public ou intégrés à un immeuble de grande hauteur. Les essais ont par ailleurs mis en évidence la nécessité d'adapter les techniques d'intervention des sapeurs-pompiers en vue de maîtriser les feux de véhicules électriques. Les constructeurs automobiles français, les gestionnaires de parkings et le syndicat mixte Autolib ont donné leur accord pour mettre en place un retour d'expériences (les fiches d'accident seront disponibles sur le site Internet de la Direction générale de la prévention des risques, à l'adresse suivante : <http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/>)

Enfin, dans le cadre du plan automobile présenté le 25 juillet 2012, le Gouvernement a renforcé le dispositif de bonus-malus existant : l'aide à l'achat des véhicules hybrides est passée de 2 000 € à 10 % du coût d'acquisition toutes taxes comprises du véhicule (avec un minimum de 2 000 € et un maximum de 4 000 €), celle des véhicules électriques de 20 % à 30 % du coût d'acquisition toutes taxes comprises du véhicule, augmenté s'il y a lieu du coût des batteries si celles-ci sont prises en location, dans la limite de 7 000 € (contre 5 000 € auparavant). Ce dispositif d'aide à l'acquisition des véhicules les plus respectueux de l'environnement a également été étendu aux administrations de l'Etat, lesquelles se sont engagées à acquérir 25 % de voitures hybrides ou électriques, soit 1 500 exemplaires par an.

## Encadré 2 : La méthode d'évaluation utilisée

Les hypothèses s'appuient sur les données théoriques des constructeurs. Un progrès technique des véhicules thermiques est pris en compte entre 2010 et 2020, avec des véhicules moins consommateurs de carburant. Pour les véhicules électriques, on ne prend en compte l'amélioration des performances des véhicules que dans la baisse du coût de la batterie ; les performances kilométriques restent identiques à celles de 2010 (soit une batterie de 25 kWh autorisant une autonomie de 100-150 km pour le véhicule tout électrique et une batterie de 6 kWh autorisant une autonomie de 25 à 35 km pour le véhicule hybride rechargeable). Pour la voiture hybride rechargeable, on suppose une utilisation à part égale de l'énergie de propulsion des batteries et de la motorisation thermique (\*).

### Synthèse des hypothèses relatives à la performance des véhicules comparés

Performances		Essence urbain	Diesel urbain	Electrique	Diesel routier	Hybride rechargeable
2010	Consommation	4,8 L/100 km	4,2 L/100 km	0,2 kWh/km	5,8 L/100 km	5,8 L/100 km + batterie de 6 kWh
	Emissions de CO <sub>2</sub> en circulation (gCO <sub>2</sub> /km)	115	110	0	155	78
2020	Consommation	3,7 L/100 km	3,1 L/100 km	0,2 kWh/km	4,7 L/100 km	4,7 L/100 km + batterie de 6 kWh
	Emissions de CO <sub>2</sub> en circulation (gCO <sub>2</sub> /km)	90	85	0	125	63

Ces hypothèses ont fait l'objet d'une analyse de sensibilité. Il ressort que le bilan est plus favorable, à terme, aux véhicules électriques lorsque les hypothèses de consommations unitaires des véhicules thermiques sont plus élevées et la batterie est moins coûteuse.

Les coûts d'achat, d'entretien et d'assurance sont supposés identiques en 2010 et en 2020 et très proches entre voitures électriques et voitures thermiques.

Au niveau des externalités environnementales sont pris en compte :

- Les émissions de CO<sub>2</sub> : les émissions de CO<sub>2</sub> sont calculées « du puits à la roue » (de la production à la consommation d'énergie) sur la base du bouquet énergétique français (électricité d'origine nucléaire essentiellement) et du bouquet énergétique européen plus riche en carbone. Pour la valorisation économique, on utilise la valeur tutélaire du carbone fournie par le « Rapport Quinet » du Centre d'Analyse Stratégique [1], soit 32 €/t en 2010, avec un taux d'accroissement annuel du prix de la tonne constant de 5,8 % jusqu'en 2030.
- La pollution locale : les émissions de polluants sont estimées du « puits à la roue ». Les émissions en phase de circulation sont calculées sur la base des normes européennes d'émissions de polluants, « Euro 5 » pour les véhicules de 2010 et « Euro 6 » pour les véhicules de 2020. La valorisation monétaire de la pollution locale repose sur les valeurs de référence du Manuel de la Commission européenne [5].
- Le bruit : la valorisation économique du bruit s'appuie sur les valeurs de référence du Manuel de la Commission européenne [5]. Pour les véhicules thermiques, le manuel recommande d'appliquer une pondération du coût du bruit (x 1,2) pour les motorisations diesel par rapport aux motorisations essence en milieu urbain. Pour le véhicule électrique et le fonctionnement électrique de l'hybride, on considère un bruit moyen de 60 dB contre 65 dB pour les véhicules thermiques (ADEME et constructeurs automobiles).

Les autres externalités (coût d'usage de l'infrastructure routière, coût de l'insécurité routière ou coût de congestion) sont supposées indépendantes du mode de propulsion et n'interviennent donc pas dans le bilan comparatif des différents véhicules.

La valorisation économique des externalités est croissante dans le temps avec le PIB et la prise en compte de l'environnement.

Les calculs de coûts et d'avantages sont réalisés sur une durée de vie des véhicules de 15 ans. Ils sont rapportés à l'année d'achat en actualisant les montants annuels avec un taux de 4 % [4]. Les parcours annuels moyens sont de 13 000 km pour les voitures de type « urbain » et 16 000 km pour les

« routières ». Les valeurs des coûts et des avantages sont calculées pour 2010 et 2020 et sont exprimées en euros 2010.

#### **Coût d'opportunité des fonds publics**

Le besoin de subventionnement public est pris en compte dans les calculs à travers le coût d'opportunité des fonds publics. Ce coût s'interprète comme le coût économique des taxes et impôts qui pèsent sur l'activité économique. Il est estimé par les experts à 30 % du montant à financer [4]. Dans l'étude, il est appliqué à la fiscalité, bonus écologique et manque à gagner lié aux pertes de recettes de TIC, et au besoin de financement pour les infrastructures de recharge publique.

#### **Impacts macro-économiques**

Les impacts macro-économiques associés, sur la balance commerciale notamment, n'ont pas été évalués dans ce bilan, faute d'un modèle macro-économique et en raison de la complexité des phénomènes en jeu.

(\*) Cette hypothèse pourra être affinée en fonction des retours d'expériences sur les usages des véhicules hybrides rechargeables. Aujourd'hui, si l'on compare les données catalogue de la Volvo V60 hybride diesel rechargeable d'une puissance 218 chevaux et à celles de la Volvo V60 diesel de 215 chevaux, les émissions de CO<sub>2</sub>, mesurée sur cycle NEDC (New European Driving Cycle), sont 2,6 fois moindres pour l'hybride rechargeable.

### **Bibliographie**

[1] Centre d'Analyse Stratégique, 2008

#### **La valeur tutélaire du carbone**

Rapport du groupe d'experts présidé par A. Quinet

La Documentation française

[2] Commissariat Général au Développement Durable

#### **Les véhicules électriques en perspectives – Analyse coûts-avantages et demande potentielle**

Etudes et Documents n°41, mai 2011, <http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/ED41.pdf>

[3] Commissariat Général au Développement Durable

#### **Une évaluation prospective des véhicules électriques**

Le Point Sur n°86, mai 2011, <http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/LPS86.pdf>

[4] Commissariat Général du Plan, 2005

#### **Révision du taux d'actualisation des investissements publics**

Rapport du groupe d'experts présidé par D. Lebègue

La Documentation française

[5] Commission européenne, 2007

#### **Handbook on estimation of external cost in the transport sector, MCE**

[6] Ministère de l'écologie, du développement durable et du climat et Ministère de l'économie, des finances et de l'industrie, 2011

#### **Rapport sur l'industrie des énergies décarbonées en 2010**

[7] Nègre L., Legrand J.-L.

#### **Livre vert sur les infrastructures de recharge ouvertes au public pour les véhicules « décarbonés »**

La Documentation Française, 2011

<http://www.ladocumentationfrancaise.fr/var/storage/rapports-publics/114000233/0000.pdf>

### **III – Pistes pour une mobilité individuelle « durable »**



## Les conditions économiques, matérielles et sociales de l'équipement des ménages en voiture électrique

Fabien Laurent <sup>(31)</sup>, Shadi Sadeghian, Mariane Thébert, Elisabeth Windisch

Université Paris-Est, Laboratoire Ville Mobilité Transport,

Ecole des Ponts ParisTech, Ifsttar

**La voiture électrique émet moins de polluants et de bruit que la voiture à carburant, et moins de gaz à effet de serre avec le mix énergétique français. Mais pour l'automobiliste, son attractivité financière nécessite un parcours annuel élevé, et ce sous la contrainte d'autonomie de la batterie. De plus le type de véhicule et l'installation de l'équipement de recharge imposent des contraintes matérielles. L'article explore les effets de ces contraintes sur la demande potentielle des ménages en voitures électriques, ainsi que les conditions sociales d'émergence d'un système de mobilité électrique. En chemin, nous évaluons les impacts sur l'économie productive et sur les finances publiques dans le cas français.**

Depuis quelques années, la voiture électrique suscite l'intérêt fort et profond d'acteurs variés. Des acteurs industriels investissent dans la conception et le développement du produit en soi (une voiture à construire, à entretenir), avec ses accessoires (batterie électrique, borne de recharge) et ses fournitures (électricité). D'autre part, les collectivités territoriales projettent une substitution partielle de la voiture électrique (VE) à la Voiture à Carburant (VC), afin de réduire localement les émissions polluantes et le bruit de circulation, et aussi de réduire globalement les émissions de gaz à effet de serre. Les médias ont perçu l'attention de ces acteurs et s'en font les vecteurs auprès du grand public.

Cependant, si des VE existent déjà elles restent très rares, donc les intérêts et les débats se situent encore au plan du projet et de la communication : pour les concrétiser il faut que des automobilistes s'équipent en VE et les utilisent pour leur mobilité particulière. De fait, quel est le potentiel de clientèle pour des VE en tant que voitures particulières, en fonction de quelles caractéristiques financières, matérielles et juridiques ? La question est cruciale non seulement pour récolter des impacts substantiels sur l'environnement, mais déjà pour les conditions économiques de la VE face à la VC. Elle est centrale aussi pour l'activité économique liée à l'automobile, avec les incidences sur l'emploi et les revenus salariaux, ainsi que sur les finances publiques (taxes, subventions et cotisations sociales).

Cet article présente les éléments clefs du potentiel de demande pour la voiture électrique en tant que voiture particulière des ménages, assortis d'une quantification indicative pour l'Ile-de-France et d'une exploration des besoins de coopération entre acteurs pour faire émerger la mobilité électrique sur un territoire. Il est fondé sur des recherches socio-économiques menées par l'Ecole des Ponts ParisTech avec l'Ifsttar dans le cadre de l'Institut de la Mobilité Durable, en partenariat avec le Groupe Renault.

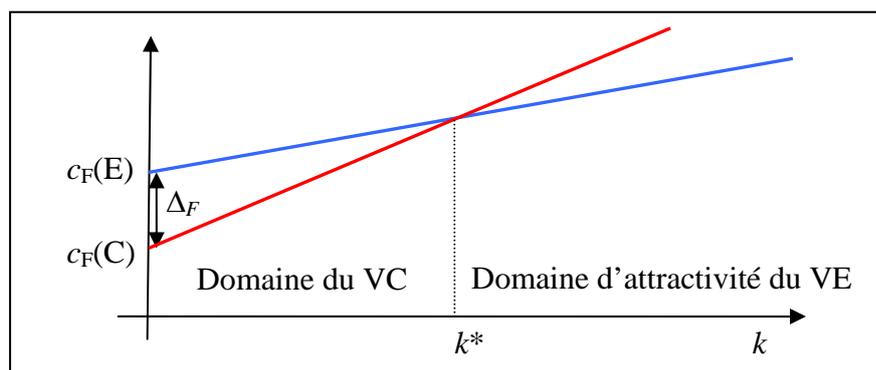
### Quelle opportunité au plan financier ?

Par analogie, on se réfère à une pratique de plus en plus courante pour les entreprises qui gèrent et optimisent leur parc automobile au moyen d'un modèle de coût global de détention et d'usage, en anglais de TCO pour « Total Cost of Ownership ». Le TCO incorpore le coût d'achat et la valeur de revente, ou le coût de location, les dépenses de maintenance et d'assurance, celles en énergie et autres consommables, ainsi que les taxes et subventions. Pour simuler l'attractivité pour un ménage de s'équiper d'une VE de préférence à une VC, nous avons modélisé leur TCO respectif selon les conditions particulières du ménage : sa disposition d'un parking, son parcours automobile par année et par journée de travail, en fonction des conditions locales (tarification du stationnement, taxation des carburants) et des conditions de marché (prix des carburants et énergie électrique, coûts d'entretien et de réparation, taux d'intérêt,...).

<sup>31</sup> Auteur correspondant : [fabien.leurent@enpc.fr](mailto:fabien.leurent@enpc.fr). Ecole des Ponts ParisTech, Laboratoire Ville Mobilité Transport, 6-8 avenue Blaise Pascal, Champs sur Marne 77455 Marne la Vallée Cedex

Il en ressort que la VE présente un « coût fixe » (charges annuelles de détention) qui dépasse celui de la VC, mais un coût marginal d'usage (frais d'énergie par kilomètre) nettement inférieur (dans le contexte français). Sur un cycle de vie, l'opportunité financière de la VE nécessite un parcours annuel important, supérieur à 15 000 km, donc en concurrence surtout avec des véhicules à moteur diesel. Cette valeur concerne une voiture du segment B2 des « citadines polyvalentes », de type Renault Clio côté VC et Renault ZOE côté VE : ici le constructeur est retenu pour sa stratégie commerciale volontariste de réduire autant que possible le prix d'achat de la VE. Un prix supérieur ne peut être amorti que pour un parcours annuel plus élevé, ce qui réduirait le potentiel de demande puisque la moyenne française se situe autour de 13 000 km par an.

**Figure 1: Coût kilométrique par genre de véhicule, en fonction du parcours annuel.**



### Contraintes financières et matérielles pour l'automobiliste

Pour un automobiliste, le bilan financier d'une voiture est un élément parmi d'autres dans la décision d'équipement, à côté des performances environnementales qu'il valorise selon sa propre sensibilité écologique, et des conditions concrètes de véhicule et d'usage, et le cas échéant d'installation d'équipement de recharge électrique. La contrainte de véhicule concerne la capacité d'emport, donc la taille, ce qui renvoie au segment de voiture et à la disponibilité d'une VE sur le segment désiré : parmi les constructeurs, Renault cherche à couvrir plusieurs segments, tandis que Tesla se concentre sur les coupés sportifs, Opel sur la voiture compacte et Toyota sur les mini-citadines.

Une autre contrainte concerne l'autonomie du véhicule, donc la capacité de la batterie : une capacité maximale nominale de 200 km permet en pratique d'en parcourir 100 ou 150 avant de recharger. Pour concilier la contrainte d'autonomie avec l'attractivité financière (au moins 15 000 km par an), l'usage cible idéal est un parcours quotidien de l'ordre de 60 à 150 km par jour ouvrable : cela peut convenir à des déplacements domicile-travail pour un éloignement de 30 à 75 km, ou jusqu'à 150 km s'il est possible de recharger la VE sur le lieu de travail. La limite d'autonomie remet en cause la polyvalence et la flexibilité attachées à l'automobile : elle peut s'avérer rédhibitoire pour des trajets interurbains longs, typiquement en vacances : c'est pourquoi certains constructeurs proposent en complément des services de location de VC, ou privilégient des véhicules hybrides qui lèvent la contrainte, mais à un prix plus élevé.

La recharge impose aussi des contraintes de temps et de lieu : selon la puissance de la borne de recharge, une charge complète nécessite environ 8 heures en régime lent (à 3 kVA), ou seulement 1 heure en régime rapide ou même 30 minutes en régime accéléré, mais l'équipement est beaucoup plus coûteux. Une telle durée contraint la disponibilité de la voiture ; la recharge idéale est une recharge nocturne au domicile. Le coût d'équipement peut aller de moins de 1 000 euros (borne lente en habitat individuel) à 20 ou 50 000 euros pour les modèles rapides ou accélérés, ce qui transforme la notion de station service et contraint aussi les investissements en infrastructure de recharge « en accès public » sur la voirie ou en parc de stationnement.

Enfin, l'installation même d'une borne peut poser des difficultés techniques, économiques et juridiques : pas en habitat individuel, mais en résidence collective pour déterminer un câblage commun qui supporte des raccordements individuels étalés dans le temps, pour financer l'équipement commun et les travaux d'installation, pour décider collectivement l'équipement.

Il y a donc un paradoxe de milieu géographique : la performance environnementale de la VE joue pleinement en milieu urbain dense, mais ce milieu est difficile à équiper en infrastructure de recharge car majoritairement constitué d'habitats collectifs. Un mode de voitures en libre service tel qu'Autolib' est, lui, bien adapté à ce milieu où il peut convenir à une diversité de motifs de déplacement, mais pas ou peu à des trajets domicile-travail qui sortiraient de la zone couverte par le dispositif.

### **Le potentiel de demande en Ile-de-France**

Le « cœur de cible » de la VE se situe à l'intersection des contraintes matérielles et de l'attractivité financière : parmi les ménages, le candidat idéal est un ménage habitant en maison individuelle et y disposant d'un stationnement, à au moins deux actifs et multimotorisé. Une VE peut alors être la voiture particulière dédiée aux trajets domicile-travail d'un actif.

Nous avons prospecté le potentiel d'équipement des ménages français à partir d'une description fine d'un échantillon de ménages, fourni par l'Enquête Nationale Transports et Déplacements de 2007. Pour la région Ile-de-France, aux conditions de 2011 incluant bonus à l'achat de 5 000 euros et leasing de la batterie, le potentiel représente environ 3 % des ménages motorisés soit 110 000 ménages. Il se contracte à 0,4 % en achat comptant de la batterie. Les clients se recruteraient surtout en grande couronne, en conformité avec l'analyse des contraintes.

Les autres régions françaises ressemblent à la grande couronne francilienne sous l'angle de la voiture électrique : le potentiel se situe ainsi entre 10 et 20 % des ménages motorisés, pour une attractivité évaluée sur un cycle de vie de l'automobile. Il y a là une autre limitation inhérente à nos hypothèses, car la majorité des automobiles ont une vie constituée de plusieurs étapes de détention aux conditions vraisemblablement hétérogènes, depuis l'achat neuf et en passant par des reventes sur le marché de l'occasion. Or, la polyvalence plus grande de la VC facilite une diversité des usages consécutifs.

### **Enjeux environnementaux, énergétiques et d'économie territoriale**

Ainsi, aux conditions courantes en 2011 en France, la VE a un potentiel de clientèle limité : cela détermine les impacts environnementaux vraisemblables, que nous allons qualifier selon leur portée spatiale, avant de traiter des enjeux énergétiques, industriels, territoriaux et financiers pour les acteurs et en particulier la collectivité.

Au plan énergétique, la VE est plus sobre que la VC grâce à la récupération d'énergie au ralentissement donc principalement en milieu urbain : sous la condition que la batterie ne surcharge pas excessivement la voiture. Cependant son impact énergétique et environnemental dépend surtout des sources de l'électricité consommée, de la place des énergies renouvelables (hydraulique, éolien, solaire, biocarburants gérés durablement) et du nucléaire, face aux carburants d'origine fossile. Le mix électrique français est très favorable à la VE pour une diffusion marginale, mais une diffusion importante nécessiterait d'accroître fortement la production d'électricité et sans doute de modifier les sources utilisées.

Le mix électrique détermine les émissions de gaz à effet de serre (GES). Sur un cycle de vie d'une durée conventionnelle de 10 ans, incluant la fabrication et l'usage, à raison de 15 000 km par an, une VE émettrait 5 tonnes de CO<sub>2</sub> soit 20 tonnes de moins que la VC équivalente (sur la base du mix français actuel) : l'économie en GES est importante.

Sur le territoire d'usage de la VE, les effets environnementaux d'ordre local concernent surtout le bruit et la pollution atmosphérique. Le moteur électrique fonctionne sans bruit ce qui avantage la VE face à la VC aux vitesses faibles, alors qu'aux vitesses élevées le bruit du roulement dépasse celui d'un moteur thermique. L'avantage de bruit se récolterait plutôt en milieu urbain, mais risque d'être imperceptible dans un flux de circulation où les VE seraient minoritaires (cet avantage est à nuancer par l'impact potentiel sur la sécurité des piétons habitués à entendre arriver les voitures, d'où des travaux actuels pour doter la VE d'un bruit artificiel). L'avantage de pollution atmosphérique locale est plus consistant : la VE évite toutes les émissions « en sortie de pot d'échappement » (mais l'usure du véhicule émet des particules, tandis que la circulation remet en suspension d'autres particules présentes antérieurement sur la chaussée). L'avantage se concrétiserait particulièrement lors des pics de pollution atmosphérique locale, où les VE pourraient continuer de circuler sans préjudice pour la collectivité.

En plus de l'enjeu environnemental, les aspects énergétiques présentent aussi des enjeux économiques pour la production et la distribution de l'électricité. Une diffusion importante de la VE nécessiterait d'augmenter fortement les capacités, de renforcer et moderniser les infrastructures et

idéalement de rationaliser l'organisation (concept de *smart grid*). La diversité des sources énergétiques pour la production d'électricité devrait réduire la dépendance stratégique des pays importateurs d'hydrocarbures, face aux aléas en prix et en quantité de la conjoncture internationale.

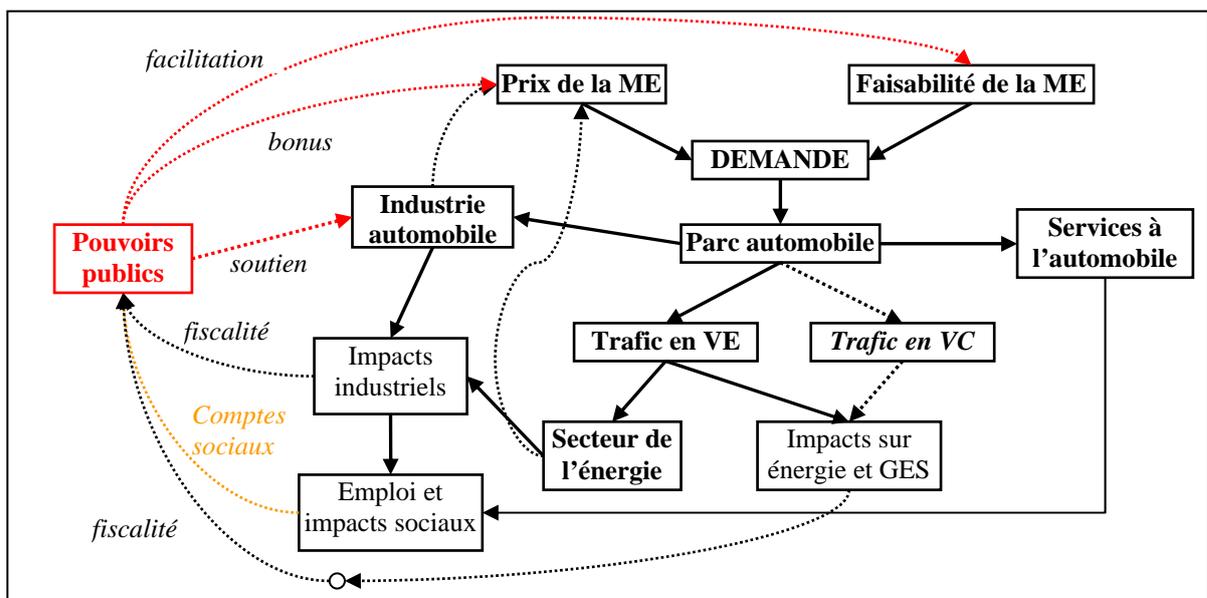
Plus largement, la substitution d'une VE à une VC devrait impacter l'activité de production économique, tant pour la fabrication du véhicule que pour son usage. Sur un cycle de vie automobile, la dépense finale du client-usager serait plus élevée pour la fabrication que pour l'usage. Or, dans la production, les effets d'entraînement sont plus forts du côté de la fabrication (concernant les constructeurs automobiles, les équipementiers, la métallurgie, la chimie, les plastiques et caoutchouc, etc.) que du côté de l'usage (énergie, maintenance, assurance). Il y a là un surplus économique lié à la production de la VE. Nous l'avons évalué à 10 % pour une circulation économique d'environ 100 000 euros HT dans le cycle de vie d'une automobile compacte. Ce surplus est à récolter dans les sites de fabrication et d'approvisionnement, tandis que l'activité économique locale liée à l'usage automobile (activité d'entretien, de réparation et de distribution de carburants) devrait se contracter.

Ainsi, l'impact économique total pour un territoire dépend de son appareil industriel. Les montants financiers en jeu sont très importants et conduiront tôt ou tard les divers constructeurs automobiles à offrir des VE, pour être compétitifs sur ce nouveau marché.

L'impact sur l'économie territoriale se concrétise bien sûr à travers des emplois et des revenus salariaux ; il entraîne aussi des recettes financières pour les pouvoirs publics, en termes de versements fiscaux (TVA, taxes sur les produits énergétiques et sur l'électricité, impôts sur la production) et de cotisations sociales assises sur les salaires côté employeur et côté employé. Dans le cas français, en incluant l'indemnisation du chômage aux comptes sociaux, l'effet de substituer une VE à une VC est à peu près neutre sur les finances publiques de la nation y compris la baisse de recettes de TICPE en cas de fabrication intérieure, hors bonus à l'achat. Mais la substitution d'une VE importée à une VC fabriquée dans le pays leur ferait perdre jusqu'à 25 000 euros pour une voiture compacte sur son cycle de vie. Le bonus à l'achat représente une dépense supplémentaire qui pèse sur les finances publiques.

Au total, la VE présente un bilan écologique qui est clairement positif au plan local, ainsi qu'au plan global dans le cas français. Le bilan économique quant à lui est subordonné à la capacité industrielle dans le périmètre de solidarité sociale du territoire, donc à l'échelle du pays. Les divers enjeux mettent en relation les acteurs à plusieurs échelons territoriaux, en renouvelant et en redistribuant les motifs d'intérêt pour l'automobile.

Figure 2 : Eléments et impacts de la Mobilité Electrique



### **Des pistes d'action concertée**

Dans le cas français aux conditions de 2011, extrapolées pour anticiper des effets de série dans la production, en présence d'une industrie automobile nationale compétitive pour fabriquer des VE, le bilan de la VE pour la collectivité nationale apparaît positif, hors bonus à l'achat. Pour récolter les bénéfices il faut concrétiser ces potentialités, et la concrétisation nécessite qu'interviennent conjointement tous les acteurs. Le cœur du problème est la décision d'équipement par les demandeurs potentiels. Les principaux déterminants en sont le facteur prix – donc les effets d'échelle dans la fabrication industrielle, la facilité d'accès à la recharge, ainsi que des avantages financiers ou en nature consentis par la collectivité.

Celle-ci peut subventionner l'achat, ce que divers pays dont la France proposent déjà durant une phase d'amorçage. L'aide publique à la R&D des constructeurs permet de mutualiser le risque industriel et commercial avec l'ensemble de la collectivité nationale. Les avantages « en nature » concernent la facilitation de l'usage et l'accès à la recharge : réduction des tarifs de circulation et de stationnement, fourniture de points de recharge en accès public qui soient suffisamment abondants et bien répartis dans l'espace afin d'assurer une proximité, stimulation d'un effet de club par l'offre d'informations précises sur les possibilités de recharge et leur occupation en temps réel, mise à disposition de cadres juridiques adaptés tant pour la fourniture d'énergie par tel acteur à tel endroit que pour l'installation d'une infrastructure de recharge dans un bâtiment à usage collectif.

### **Une revue internationale des politiques**

Nous avons examiné au plan international les politiques publiques en matière de mobilité électrique. Il ressort que les pays développés ont établi des scénarios de développement largement similaires, en quatre étapes respectivement (i) de préparation technologique et industrielle, jusqu'en 2012 ou 2014 ; (ii) de conquête de niches de marché que sont les flottes d'entreprise d'une part, les systèmes de véhicules en libre service d'autre part, d'ici à 2015 ; (iii) la consolidation dans les niches et d'essor auprès des ménages particuliers, à partir de 2014 ; (iv) la diffusion massive à partir de 2020 ou 2030.

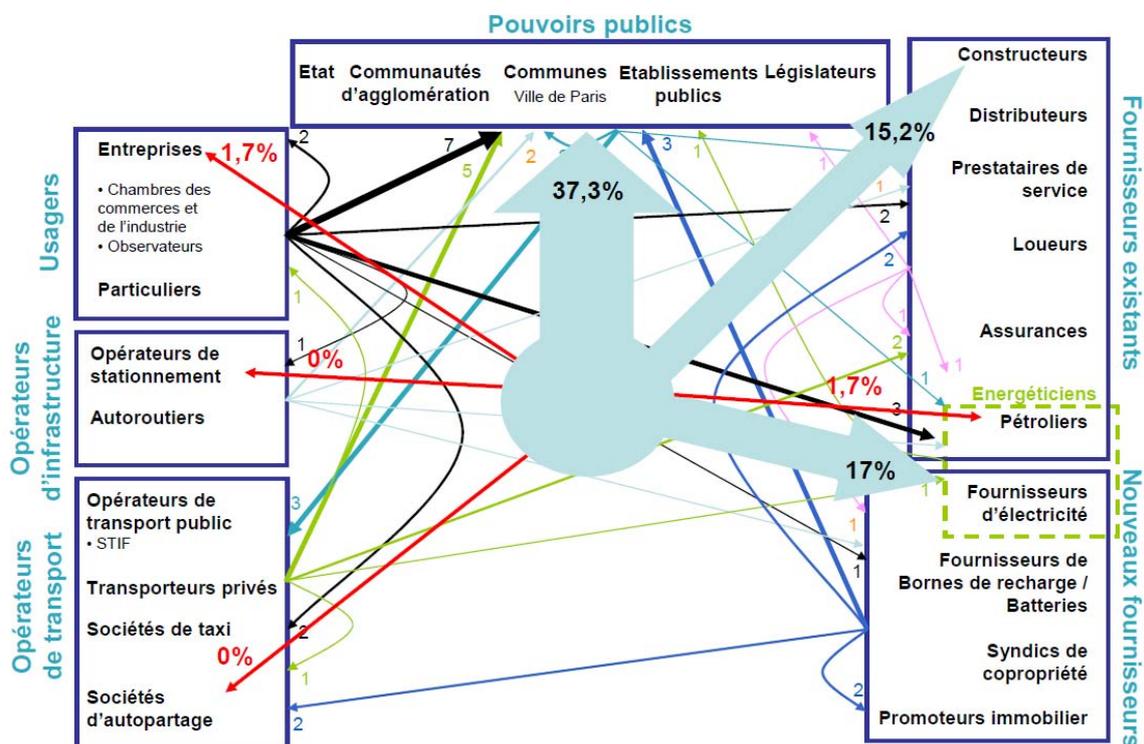
Les instruments politiques à l'échelon national sont largement utilisés : allant jusqu'à la réglementation des bâtiments. Cependant il y a des différences importantes entre les pays, par exemple la réglementation américaine pour l'installation dans une copropriété est plus directe et plus simple que celle stipulée en France par la loi Grenelle 2. Toujours au plan international, nous avons relevé des politiques ambitieuses à l'échelle régionale : en particulier le Grand Londres a conçu un schéma intégré d'infrastructure et de services pour la mobilité électrique, avec une implantation dense de points de recharge publique, une exonération des frais de stationnement et de péage urbain, et un site internet prodiguant conseils et information sur les possibilités en temps réel de recharge. Le cas français se singularise surtout par le volontarisme à l'échelon national, avec le bonus à l'achat et surtout la commande d'un groupement d'achat entre des grandes entreprises et des administrations, pour des véhicules utilitaires légers et des voitures particulières.

### **Quelle préparation des acteurs ?**

Fin 2010 nous avons mené une enquête sociologique de disposition envers la mobilité électrique, auprès d'une trentaine de grands acteurs implantés en Ile-de-France : entreprises fournisseuses de la mobilité électrique, opérateurs de transport, collectivités territoriales, associations de syndicats de copropriété. Il en ressort une grande diversité des positions stratégiques, entre des acteurs « engagés » pour lesquels le coût d'entrée dans le système est modéré et les opportunités commerciales sont intéressantes, des acteurs « opportunistes » qui interviendraient par réaction à des acteurs primordiaux, des acteurs « relais » d'information ou d'intermédiation, des acteurs « hésitants » qui ont conscience des enjeux mais n'ont pas encore arrêté de stratégie (notamment l'autorité organisatrice des transports collectifs, le STIF), des acteurs « attentistes » qui n'envisagent pas d'investir à court terme et des acteurs « sceptiques » quant aux gains éventuels pour eux, qui sont réticents ou même hostiles (développement d'arguments contraires).

De manière générale, il apparaît (i) que la diffusion du sujet dans le terrain social est encore limitée ; (ii) que l'information circule de manière anarchique ; (iii) que les stratégies dominantes sont l'observation et l'expérimentation ; (iv) que l'attention se focalise sur un triangle d'acteurs fondateurs formé par les pouvoirs publics, les constructeurs automobiles et les énergéticiens ; (v) que la mise en route du système de mobilité électrique nécessite certaines innovations relationnelles entre un ensemble élargi d'acteurs, par le développement de collaborations inédites. Au total, l'enquête a révélé les caractéristiques d'un système en émergence, qui actuellement passe du stade conceptuel au stade expérimental.

Figure 3 : Les acteurs de la mobilité électrique se focalisent sur un triangle fondateur



F : fournisseurs ; BR : bornes de recharge ; TC : transports collectifs ; CCI : chambres de commerce et d'industrie ; OIN : opération d'intérêt national.

### Un véhicule d'avenir sous réserve de stimulations des pouvoirs publics

Les avantages écologiques de la VE concernent sans réserve le milieu urbain, tandis que l'impact sur l'effet de serre est subordonné à une production décarbonée d'électricité. Au plan économique le bilan général est conditionnel à l'existence d'une industrie automobile compétitive dans le territoire de solidarité sociale.

Au total, la VE est un objet technique dont l'utilisation est moins polyvalente que celle de la VC, mais qui permet une meilleure adaptation aux contraintes environnementales du milieu urbain, donc probablement une meilleure adaptation de l'automobile à la ville.

La stimulation de la demande nécessite que les pouvoirs publics interviennent non seulement à l'échelon national, mais aussi au niveau de l'agglomération, du bassin de vie et d'emploi. Parmi les formes d'intervention, au côté des aides financières à l'achat pour réduire le surcoût initial dans la phase de décollage industriel, des aides « en nature » sont souhaitables : l'offre de points publics de recharge, ainsi qu'un soutien juridique et des services informationnels qui entraînent un effet de club.

### Références générales de nos travaux

Les éléments donnés dans le corps de l'article sont présentés plus en détail dans les articles cités ci-dessous. F. Leurent, S. Sadeghian, M. Thébert (2012), Actors' positions and inclinations towards the electromobility system in France. In Proceedings of conference TRA 2012. Elsevier Procedia Social and Behavioral Sciences.

F. Leurent, E. Windisch (2011), Triggering the development of electric mobility: A review of public policies, European Transport Research Review: Volume 3, Issue 4 (2011), Page 221-235 ou DOI : 10.1007/s12544-011-0064-3

F. Leurent, E. Windisch (2012), Avantages et coûts du véhicule électrique pour les finances publiques : modèle d'évaluation intégrée et application au territoire français. Congrès ATEC-ITS 1-2 Février, Versailles.

E. Windisch (2012), Electric vehicles demand of French households: A socio-economic estimation under specific policy packages, European Transport Conference 2012, 8-10 October 2012, Glasgow, Scotland, UK.

## Vers la diversification des modes de propulsion des véhicules : les apports de la recherche

**Bertrand Theys**

*Commissariat Général au développement durable*

*Direction de la recherche et de l'innovation*

**Pour réduire la consommation énergétique unitaire des véhicules routiers, et les émissions de CO<sub>2</sub> et de polluants afférents, des travaux de recherche sont engagés afin de surmonter les obstacles technologiques, rencontrés. Cet article présente les divers types de véhicules automobiles qui devraient circuler dans les 10 ou 20 prochaines années compte-tenu des résultats acquis par les chercheurs et ingénieurs. Il s'appuie notamment sur les travaux développés dans le cadre des programmes de recherche Prédit successifs<sup>32</sup>.**

**A cet horizon, le moteur thermique jouera encore un rôle déterminant même s'il perd sans doute son monopole actuel. Le potentiel d'amélioration de son rendement énergétique est relativement élevé et ses émissions de polluants locaux devraient être significativement réduites. Pour parfaire le rendement global de la chaîne de traction, ce moteur thermique pourra être couplé à un moteur électrique : c'est alors le véhicule « hybride », rechargeable ou pas. Quant à l'électrification totale des véhicules, elle se positionne comme un instrument potentiellement efficace d'un point de vue énergétique et environnemental mais la capacité encore réduite des systèmes de stockage d'énergie électrique embarquée est un enjeu de son développement. Cette question nécessite que des efforts de recherche conséquents lui soient consacrés.**

Le moteur (quel qu'en soit le type) a pour objet de transformer une énergie embarquée sous une certaine forme (carburants pétroliers, électricité, fluides comprimés...) en énergie cinétique afin d'assurer le mouvement du véhicule (*encadré 1*). Cet article présente, en se restreignant aux aspects technologiques de la motorisation<sup>33</sup>, des axes de recherche et des innovations qui ont pour but d'adapter les voitures particulières aux impératifs énergétiques et de réduire les émissions atmosphériques. Les transformations sont plus ou moins profondes, de l'amélioration incrémentale des véhicules thermiques à la mise au point de concepts nouveaux. Seules sont évoquées dans la suite les technologies dont le degré de maturité laisse entrevoir une diffusion à grande échelle à moyen terme (2020). Compte-tenu de cette échéance, la problématique de l'hydrogène n'est pas discutée, car, selon les experts, le déploiement du réseau de distribution et celui des piles à combustible ne seront pas encore suffisamment effectifs d'ici là.

La recherche sur les modes de propulsion porte sur l'amélioration des performances des moteurs thermiques et sur les apports potentiels de l'électrification, partielle ou totale, des groupes motopropulseurs. L'amélioration de l'autonomie des véhicules tout électriques est aussi un enjeu conséquent.

Cet article n'aborde pas les aspects socio-économiques (acceptation<sup>34</sup> des nouveaux modes de propulsion, nouvelles utilisations induites,...) qui font aussi l'objet de recherches par ailleurs.

### Un moteur thermique plus sobre et plus « propre »

Quel que soit le développement futur des véhicules électriques, la motorisation thermique restera largement répandue à court et moyen termes [1]. Des progrès ont déjà été réalisés pour améliorer ses performances énergétiques (*figure 1*) et environnementales mais de nouveaux progrès significatifs

<sup>32</sup> Le site internet du Predit peut être consulté à l'adresse : [www.predit.prd.fr](http://www.predit.prd.fr)

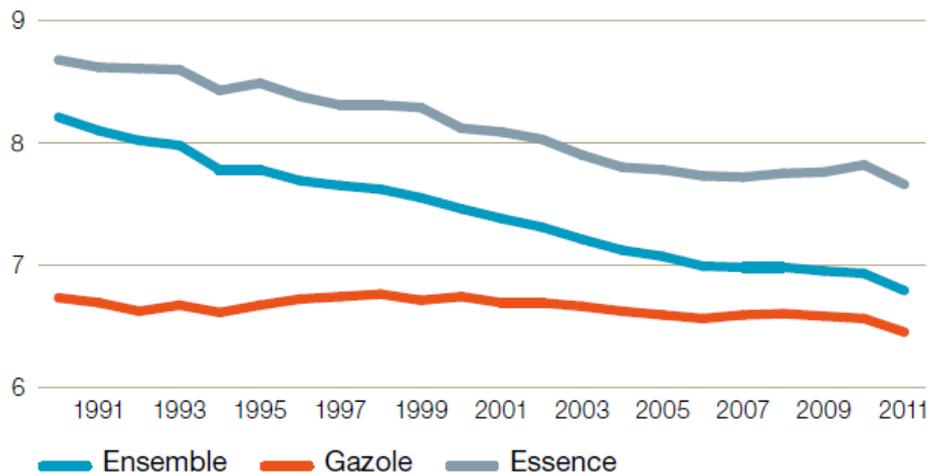
<sup>33</sup> Par ailleurs, la masse du véhicule et son aérodynamisme exercent une influence forte mais ne sont pas évoqués ici.

<sup>34</sup> Ces questions ont été l'objet d'un forum-citoyen dans le cadre du Predit, dont le rapport de synthèse et les conclusions peuvent être consultés sur le site du Predit, à l'adresse suivante : <http://www.predit.prd.fr/predit4/forum>

peuvent encore être obtenus [2]. Les spécialistes s'accordent pour affirmer qu'une réduction de l'ordre de 30 % de la consommation d'énergie peut être atteinte grâce à des progrès incrémentaux, sans nuire aux performances des véhicules, avec peut-être un potentiel plus important pour l'essence que pour le Diesel.

**Figure 1 : Consommation unitaire moyenne d'une voiture particulière en circulation**

Litres aux 100 km



Source : Bilan de la circulation

Plusieurs pistes sont explorées, et principalement celle de la maîtrise et de l'amélioration des conditions de la réaction de combustion dans les cylindres. L'injection directe est désormais privilégiée. Le défi consiste à maximiser le rendement énergétique et à élaborer des compromis afin de minimiser la formation de NOx (oxydes d'azote), éviter la formation de suies (particules, pour les moteurs Diesel) et de monoxyde de carbone (CO) et assurer la combustion la plus complète possible des hydrocarbures.

De nouvelles (et nombreuses) technologies sont mises au point afin de satisfaire au mieux ces diverses conditions et les évolutions sont relativement rapides.

### **De nouveaux outils et de nouveaux concepts pour des moteurs plus performants**

#### L'exploitation des technologies de l'information et de la communication (TIC)

Les TIC ont joué et jouent un rôle fondamental dans l'amélioration des performances énergétiques et environnementales des moteurs. Les progrès de l'électronique et de l'informatique ont permis d'élaborer des modèles de plus en plus complexes afin de mieux comprendre, pour mieux les maîtriser, les phénomènes qui influent sur les processus de combustion à l'intérieur d'un cylindre. L'amélioration des performances des moteurs est étroitement liée aux progrès de l'électronique embarquée. Le contrôle moteur permet désormais l'adaptation fine du fonctionnement du groupe motopropulseur aux conditions réelles de roulage grâce à la combinaison de capteurs et d'un système de contrôle-commande fiable et performant. Par ailleurs, la mécatronique, qui combine, dans un même dispositif, mécanique, électronique et informatique, permet d'assurer au plus près le contrôle des organes mécaniques.

#### La réduction des émissions de polluants à l'aide d'équipements additionnels

La minimisation de la formation des polluants à la source peut être obtenue en optimisant les conditions de combustion (voir ci-dessus) mais cette voie exploitée seule se révèle insuffisante pour rester sous les plafonds d'émissions, notamment ceux imposés par la sévèrisation progressive des normes « Euro ». L'adjonction de dispositifs complémentaires placés sur la ligne d'échappement s'avère alors nécessaire. Hormis le désormais bien connu pot d'échappement catalytique (obligatoire depuis 1993 pour tous les moteurs à essence et 1997 pour les Diesel), le plus couramment utilisé

jusqu'à présent sur les véhicules équipés d'un moteur Diesel est le filtre à particules (obligatoire depuis début 2011) qui a pour rôle d'éviter le rejet dans l'atmosphère des micro-particules formées au cours de la phase de combustion. D'autres dispositifs vont devoir équiper les véhicules dans les années qui viennent afin de diminuer l'émission des NOx, (par exemple l'oxydation catalytique sélective par l'urée). Ces dispositifs, outre les surcoûts dont ils sont à l'origine, présentent toutefois deux inconvénients potentiels majeurs : ils peuvent entraîner une surconsommation de carburant et certains peuvent également provoquer une aggravation de la dangerosité des rejets atmosphériques (par exemple, rapport des concentrations NO<sub>2</sub>/NOx plus élevé consécutivement à l'utilisation de certains catalyseurs d'oxydation). Des travaux complémentaires seront sans doute nécessaires pour en améliorer l'efficacité et en réduire les effets indésirables.

### Concevoir et développer de nouvelles architectures de moteurs

Des avancées significatives ont été obtenues date en réduisant, à puissance équivalente, la cylindrée des moteurs tout en ayant recours à l'injection directe de carburant et à la suralimentation (compression des gaz avant leur admission dans le cylindre). Cette technique, aujourd'hui commercialisée, connue sous le terme anglo-saxon de « *downsizing* », permet des gains en rendement du fait d'une réduction des frottements internes au moteur dont la taille des pièces est réduite, d'une diminution de l'inertie des pièces en mouvement et d'un gain sur la masse du groupe moto-propulseur et donc sur la masse totale du véhicule. Elle permet aussi, par la combinaison de l'injection directe de carburant et de la suralimentation de créer dans le cylindre des conditions favorables à l'optimisation de la combustion. Des travaux de recherche sont aussi engagés sur la réduction de la vitesse de rotation du moteur (ou « *downspeeding* »). Des résultats significatifs devraient être obtenus, car les frottements varient comme le carré de cette vitesse de rotation ; la durée de vie du moteur s'en trouve également prolongée du fait d'une réduction de l'usure. Ces deux techniques, exploitées simultanément, devraient ainsi permettre le cumul de leurs bénéfices respectifs.

Les progrès technologiques ont déjà permis d'intervenir finement sur l'injection du carburant dans la chambre de combustion. La pression d'injection, la quantité injectée, le nombre et la séquence de ces injections influencent directement le fonctionnement du moteur. Jouer sur ces paramètres permet de contrôler divers facteurs, des nuisances sonores aux émissions atmosphériques, en passant par le rendement. Les technologies de commande de soupapes évoluent également et le pilotage électronique associé à des dispositifs élaborés, tels des actionneurs piézoélectriques, rend possible l'élaboration et la mise en pratique de cycles d'ouverture/fermeture sophistiqués afin de contribuer à l'optimisation de la combustion tout en minimisant les effets indésirables.

Une autre technique favorable à l'amélioration du rendement global des moteurs est celle du taux de compression variable. Elle permet d'ajuster ce taux de compression en fonction de la charge du moteur afin d'optimiser la combustion pour toutes les conditions de fonctionnement [3]. Elle est maintenant accessible grâce aux progrès réalisés dans les divers savoir-faire nécessaires à la conception et la réalisation de tels moteurs. Elle devrait permettre d'obtenir sur des moteurs à essence des rendements identiques à ceux des moteurs Diesel.

D'autres technologies font également l'objet d'études de faisabilité et ne devraient pas déboucher sur des développements industriels à court ou moyen terme. Parmi celles-ci, le moteur « 2 temps » dont le rendement potentiel est plus élevé que celui d'un moteur à 4 temps mais dont les performances en termes d'émissions atmosphériques sont encore assez décevantes, le moteur à cycle de Rankine, basé sur le cycle de la machine à vapeur, ou bien encore le moteur Stirling à combustion externe qui émet peu de nuisances sonores et qui, lui aussi, jouit d'un rendement théorique élevé.

### **Des carburants « traditionnels » aux carburants « alternatifs »**

Des travaux de recherche et développement en cours relatifs aux véhicules thermiques visent aussi à proposer des alternatives à l'essence et au gazole, d'origine fossile, afin d'utiliser des carburants moins émetteurs de CO<sub>2</sub> et/ou d'origine renouvelable.

Le méthane (gaz naturel) est certes une ressource fossile (hormis le bio-méthane) mais les réserves prouvées à ce jour sont très importantes et sa combustion dégage, pour une même quantité d'énergie

fournie, 25 % de moins de gaz carbonique que l'essence ou le gazole<sup>35</sup>. Les carburants d'origine végétale (agrocarburants liquides [4] ou biogaz issus de matières végétales spécifiques ou de la décomposition de déchets) sont, quant à eux, renouvelables et, sur leur cycle de vie, ils ne participent -théoriquement- pas à l'augmentation de la concentration de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère. Cela étant, des bilans élaborés en termes d'énergie, de rejets atmosphériques et d'externalités diverses (en particulier la concurrence dans l'utilisation des terres agricoles entre alimentation et agrocarburants<sup>36</sup>, ne sont pas stabilisés à ce jour. Des recherches doivent aussi être poursuivies pour optimiser les moteurs pour ces types de carburants.

#### L'hybridation : gagner en sobriété grâce à l'électrification partielle

L'électrification partielle a donné naissance aux véhicules hybrides, c'est-à-dire équipés d'un moteur thermique et d'une machine électrique<sup>37</sup> [5 - 7]. Quatre degrés d'hybridation se distinguent, du plus simple au plus intégré : micro-hybridation, hybridation douce, hybridation totale et, enfin, combinaison de l'hybridation totale et de la « rechargeabilité » (voir encadré 2). Le stade d'industrialisation et de diffusion varie inversement au degré de complexité. Depuis les débuts de la Toyota Prius en 1997, l'offre s'est étoffée au fil des ans et des véhicules hybrides sont désormais proposés dans tous les segments du marché automobiles.

**Figure 2 : Les véhicules hybrides commercialisés en France en 2012 émettant moins de 100 gCO<sub>2</sub>/km**

MARQUE	MODELE	gCO <sub>2</sub> /km
LEXUS	CT 200ch	87
TOYOTA	AURIS HYBRIDE (136ch) (Dynamic 15)	89
TOYOTA	PRIUS (136ch) 15	89
TOYOTA	PRIUS (136ch) 17	92
TOYOTA	AURIS HYBRIDE (136ch) SP (Dynamic 17 et Executive)	93
TOYOTA	AURIS HYBRIDE (136ch) SP (Lounge)	93
LEXUS	CT 200ch	94
HONDA	INSIGHT 1.3 i-VTEC Executive	96
CITROEN	DS5 Hybride 4BMP6	99
HONDA	INSIGHT 1.3 i-VTEC Executive Navi	99

Source : Ademe ; « Consommations conventionnelles de carburant et émissions de CO<sub>2</sub> - Véhicules particuliers neufs vendus en France en 2012 »

#### **Des contraintes techniques et économiques sur la chaîne de traction hybride**

Les véhicules hybrides sont équipés d'une chaîne de traction sophistiquée qui inclut un moteur thermique et des éléments électriques avec des systèmes mécaniques de couplage et des dispositifs de contrôle-commande et de pilotage. Les systèmes sont donc complexes et la fiabilité est un enjeu majeur lors de la conception. Il en est de même de la masse et de l'encombrement de l'ensemble faute de quoi les gains en efficacité énergétique pourraient être annulés, voire se transformer en pertes (la taille et la masse de la batterie, et donc la capacité de stockage d'énergie électrique, doivent être particulièrement surveillées).

Les coûts doivent aussi être pris en considération pour juger de la viabilité de l'hybridation des véhicules. Sur ce point, fournir dès aujourd'hui des indications chiffrées fiables s'avère être une tâche délicate, car beaucoup de facteurs rentrent en ligne de compte et certains d'entre eux sont

<sup>35</sup> Le GPL (gaz de pétrole liquéfié) n'est pas considéré dans cet article, car sa diffusion est restée confidentielle. Peu de travaux de R&D lui sont consacrés. Par ailleurs, c'est un carburant issu du pétrole qui, de ce fait, est soumis aux mêmes limitations de disponibilités que les carburants « traditionnels ».

<sup>36</sup> Voir le « Bilan carbone des biocarburants : vers une prise en compte des changements indirects d'affectation des sols, Etudes et documents du CGDD, n°79, mars 2013 [8]

<sup>37</sup> Une machine électrique est un dispositif réversible qui peut fonctionner en moteur (qui participe à la propulsion du véhicule) ou en générateur (qui génère un courant électrique qui recharge une batterie ou alimente un moteur).

difficilement prévisibles, comme, par exemple, le coût unitaire de production des composants qui décroît avec la quantité fabriquée, l'évolution du prix du pétrole ou bien encore le prix de la tonne de carbone<sup>38</sup>. A titre d'illustration, on rappellera que l'objectif ambitieux affiché par Peugeot lors de l'annonce du lancement de ses modèles hybrides Diesel était d'arriver *in fine* dans le cadre d'une production « de masse » de ces véhicules à un surcoût équivalent à celui constaté entre une version essence et une version Diesel d'un modèle 100 % thermique, soit ~1 000 Euros. Mais à ce jour, au prix catalogue Peugeot, la 308 hybride est vendue 2 700 € plus chère que le modèle équivalent non hybridé, hors bonus/malus. Pour estimer la réduction de la consommation de carburant (et donc aussi celle de l'émission de CO<sub>2</sub>), la distribution des types de parcours doit être prise en compte. Vu son principe de fonctionnement, plus le véhicule circule sur des trajets urbains et/ou congestionnés, plus l'hybridation est, sur cet aspect, rentable : les gains en consommation sont compris entre 5 et 25 %. Par ailleurs, pour juger de la véritable rentabilité énergétique d'un véhicule hybride, une analyse du cycle de vie du véhicule s'avère aussi nécessaire.

### La recherche et l'innovation

Les travaux de recherche consacrés aux véhicules hybrides concernent trois domaines principaux. Un des points-clés de la sobriété de ces véhicules est une gestion optimisée de l'énergie à répartir entre moteur thermique, moteur électrique et stockage (batteries). Cette optimisation doit tenir compte des conditions instantanées de roulage du véhicule, de l'état de charge du stockage, etc. Elle doit assurer le meilleur rendement énergétique global de la chaîne de traction ; elle nécessite l'utilisation d'un calculateur, de logiciels et d'un système de contrôle-commande performants. Des travaux de R&D sont aussi engagés pour optimiser les rendements du moteur thermique (qui doit être adapté à ces conditions spécifiques de fonctionnement), de la machine électrique (moteur et générateur) et de l'électronique de puissance. Enfin, les travaux sur les systèmes de stockage ont pour objet d'améliorer les capacités massique et volumique des batteries [10] avec des contraintes fortes de sécurité et d'utilisation de matériaux respectueux de l'environnement et recyclables (problématique commune avec les véhicules tout électriques) ; l'emploi de supercondensateurs est aussi étudié afin de résoudre les difficultés inhérentes aux appels de puissance et à la récupération d'énergie sous fortes puissances.

Au moins deux autres formes d'hybridation font à l'heure actuelle l'objet de travaux de recherche et développement : l'hybridation hydraulique (compression et détente d'un fluide) et l'hybridation mécanique (mise en mouvement et récupération de l'énergie cinétique d'un volant d'inertie). Les développements technologiques de ces deux modes ne sont pas aussi avancés que ceux de l'hybridation électrique. Le concept de l'hybridation mécanique est séduisant mais pose des problèmes de sécurité, car la densité d'énergie stockée est très élevée et, de ce fait, difficile à « domestiquer ». Même si leurs potentialités ne sont pas négligeables, l'exploitation à grande échelle de ces modes hydraulique et mécanique n'est pas envisagée à court terme. Par ailleurs, ils semblent plus adaptés à des usages spécifiques sur des véhicules lourds (engins de chantier pour l'hydraulique, bus ou tramway pour le mécanique).

### Les véhicules hybrides rechargeables

La forme la plus intégrée d'hybridation est celle qui est exploitée dans **les véhicules hybrides rechargeables**. Ces derniers sont encore équipés d'un moteur thermique, d'une machine électrique et d'un système de stockage. Contrairement aux versions décrites précédemment, le moteur thermique ne fournit plus la totalité de l'énergie nécessaire à la mise en mouvement du véhicule. En effet, la capacité des batteries (~5 à 10 kWh) est telle que celles-ci peuvent stocker suffisamment d'énergie pour assurer la propulsion en mode uniquement électrique sur quelques dizaines de kilomètres. Au-delà de cette distance, lorsque la charge des batteries a atteint sa limite inférieure, l'énergie est fournie par le moteur thermique. Deux options sont alors possibles : soit le moteur thermique est conçu pour jouer le même rôle que dans l'hybridation totale décrite ci-dessus, soit il est conçu pour jouer le rôle d'un groupe électrogène et il recharge (en roulant) la batterie qui elle-même alimente le moteur électrique, ce dernier assurant seul la propulsion du véhicule (on parle alors de « prolongateur d'autonomie [11] »). Cette deuxième option fait intervenir des moteurs thermiques bien spécifiques qui fonctionnent à charge constante et doivent donc être optimisés pour ces conditions. Ces deux techniques sont développées parallèlement depuis quelques années, aucune ne semblant prendre l'ascendant sur l'autre.

<sup>38</sup> Une analyse coûts-avantages a toutefois été réalisée par le CGDD à l'horizon 2020 « Les véhicules électriques en perspective – Analyse coûts-avantages et demande potentielle » Etudes et documents du CGDD n°41 [9].

L'avantage des véhicules hybrides rechargeables est qu'ils peuvent fonctionner en mode tout électrique sur les trajets courts qui sont, et de loin, les plus nombreux, notamment pour les déplacements urbains et les déplacements pendulaires (en France, la moyenne des trajets journaliers est de 34 km). Par ailleurs, la présence du moteur thermique permet de rassurer le conducteur, car il garantit une longue autonomie (présence d'un réservoir de carburant liquide). Enfin, la capacité des batteries restant modeste, leur coût reste raisonnable (5 à 6 000 €, objectif de 3 000 € en 2020, y compris le conditionnement et le système électronique de gestion).

Des véhicules hybrides rechargeables sont désormais commercialisés tels l'Opel Ampera (ou Chevrolet Volt selon le continent), la Toyota Prius PHV (le prix de ces modèles est voisin de 40 000 € hors bonus) ou bien encore la puissante Volvo V60 (60 000 €). La sortie d'autres modèles est annoncée pour 2013. Selon les tarifs « catalogue », la Toyota Prius rechargeable est 30 % plus onéreuse que la Prius non rechargeable pour un même niveau d'équipement.

### L'électrification totale : relever le défi de la capacité et du coût du stockage embarqué

Dans le principe de la voiture « tout électrique », l'électricité (produite par ailleurs) est utilisée pour mouvoir le véhicule, un moteur électrique assurant la transformation de cette énergie en énergie cinétique [5, 7]. Le problème majeur est celui du stockage de l'électricité à bord. Pour ce faire, la voie électrochimique est la seule viable à ce jour. Elle n'est pas pleinement satisfaisante car en l'état actuel des technologies, et malgré les nombreux travaux qui leur sont consacrés, le coût des batteries reste élevé et la densité massique et volumique de l'énergie qui peut y être stockée (et récupérée...) reste faible [10]. Le système de stockage de l'énergie dans les véhicules électriques est donc onéreux, lourd et encombrant et il n'offre malgré tout qu'une autonomie restreinte. Pour atteindre une autonomie annoncée (c'est-à-dire dans des conditions idéales, à vitesse constante, sans chauffage ni climatisation de l'habitacle) de ~150 km la capacité de stockage embarquée doit être de ~20 kWh, soit, pour une capacité massique moyenne de 150 Wh/kg, une masse de batteries de ~150 kg (à titre de comparaison, un véhicule thermique consommant 5 l/100 km utiliserait 7,5 l d'essence pour parcourir la même distance). Le coût actuel des batteries est de l'ordre de 6 à 700 €/kWh, soit 12 à 14 000 € pour la totalité du stockage embarqué de 20 kWh.

### **Autonomie, capacité de stockage, coût**

La sobriété énergétique des chaînes de traction électriques est donc un élément déterminant quant à leur futur développement, et ce à un double titre. D'une part, c'est, sauf effet « rebond » très significatif, une contribution aux efforts d'économies d'énergie ; d'autre part, elle favorise la diffusion du véhicule électrique puisque moins la consommation est élevée, plus le volume et la masse des batteries seront faibles et meilleure sera l'économie du système étant donné la part importante (~30 %) que représente le système de stockage dans le coût total d'un véhicule électrique. Des gains de rendement<sup>39</sup> peuvent être obtenus sur la machine électrique (réduction des frottements, réduction de la masse, optimisation des matériaux utilisés...) ainsi que sur l'électronique de puissance grâce à l'emploi de nouveaux matériaux semi-conducteurs (dits à « grande bande interdite » [13]) et à la mise au point de composants passifs capables de fonctionner à des températures élevées.

L'amélioration des performances des batteries représente également un objectif. L'enjeu est multiple : diminuer les coûts tout en améliorant les capacités de stockage et en réduisant la masse et le volume. La réduction des coûts passe, entre autre, par une augmentation de la production mais aussi par des améliorations des procédés de fabrication et l'emploi de nouveaux matériaux, surtout pour les électrodes. Diverses pistes sont explorées, notamment l'usage de matériaux nanostructurés [14]. L'optimisation de la gestion « intelligente » des ensembles de batteries doit aussi être poursuivie afin de tirer le meilleur parti des capacités de stockage et de prévenir les dégradations prématurées dont des conditions d'exploitation inappropriées peuvent être la cause. Des compromis entre fourniture d'énergie (circulation à vitesse constante) et fourniture de puissance (démarrages, dépassements) doivent être élaborés pour permettre une conduite confortable et sécuritaire. Des calculateurs et des logiciels fiables et performants de la gestion de l'énergie doivent être développés afin de tirer le meilleur parti de l'énergie embarquée. Enfin, les objectifs d'amélioration de la sécurité et du respect de

<sup>39</sup> Exprimé par rapport à l'énergie finale, le rendement intrinsèque des chaînes de traction électriques est déjà relativement élevé (>0,8). Les gains potentiels sont donc assez faibles. Mais, vu le mauvais rendement (au mieux 0,4) de conversion de l'énergie primaire (quelle qu'elle soit) en électricité, chaque point gagné sur l'efficacité de la chaîne de traction est multiplié par au moins 2,5 quand la consommation est exprimée en énergie primaire, la seule qui vaille *in fine*.

l'environnement (recyclabilité des matériaux, « seconde vie » [15], absence de bruit de moteur..) doivent également être pris en considération.

La réduction de l'énergie consommée par les auxiliaires (chauffage et climatisation, entre autres) est aussi une source potentielle d'économie qui participe à l'amélioration de l'autonomie du véhicule, question cruciale pour le véhicule électrique. L'optimisation de la thermique de l'habitacle (isolation, emploi de pompes à chaleur, de systèmes de réfrigération magnétique, optimisation des circulations d'air) est alors une nécessité.

Par ailleurs, la réduction de la masse et la définition de nouvelles structures de véhicules peuvent aussi apporter des gains substantiels en termes de consommation d'énergie et d'espace utile. Des progrès restent à réaliser sur l'emploi de matériaux nouveaux, sur leur mise en forme et les procédés d'assemblage. L'utilisation de moteurs-roues est une solution *a priori* séduisante pour bousculer les structures traditionnelles et dégager des volumes disponibles dans les véhicules.

### Lever l'hypothèque de l'autonomie ?

Dans un avenir plus lointain, en l'absence de rupture technologique majeure, deux techniques seraient susceptibles d'apporter une réponse à la question de l'autonomie du véhicule électrique. La plus couramment évoquée est l'utilisation de l'hydrogène comme vecteur énergétique et son couplage à des piles à combustible embarquées dans les véhicules [14]. Un réservoir de taille et de masse raisonnables permet d'embarquer dans le véhicule une quantité d'hydrogène pressurisé ou liquide suffisante pour assurer une autonomie de 400 à 500 km. La description des avantages et inconvénients du vecteur hydrogène est hors du champ du présent article. L'autre technique, elle aussi citée pour mémoire et qui fait l'objet de travaux moins médiatisés que la précédente, est celle de la transmission d'énergie électrique par induction entre l'infrastructure et les véhicules [17, 18]. Les progrès dans ce domaine semblent assez rapides et convaincants grâce à l'emploi de matériaux composites qui permettent de réduire l'intensité des champs électro-magnétiques mis en jeu et grâce aussi aux progrès apportés à l'électronique de commande qui permet le contrôle strict de l'alimentation des segments immergés dans l'infrastructure.

#### Encadré 1 : Accroître le rendement énergétique et diminuer les rejets atmosphériques

Pour les moteurs thermiques (aussi appelés « moteurs à explosion » ou bien encore « moteurs à combustion interne »), la combustion consiste à brûler un carburant carboné (essence, gazole, éventuellement méthane). Cette réaction s'accompagne de la formation de CO<sub>2</sub>, car au cours de la combustion le carbone se combine à l'oxygène de l'air. L'émission de CO<sub>2</sub> est proportionnelle à la consommation de carburant. Pour les autres rejets atmosphériques, principalement les polluants locaux<sup>40</sup>, la quantité émise dépend aussi des conditions de la combustion dans le cylindre.

Les moteurs thermiques souffrent d'un inconvénient majeur : leur faible rendement qui atteint ~40% au maximum pour les plus performants. D'autres pertes doivent être prises en compte telles la résistance au roulement des pneus, l'énergie dissipée au freinage, le fonctionnement du moteur lorsque le véhicule est à l'arrêt ou bien encore les frottements aérodynamiques. In fine, dans les meilleures conditions, l'énergie cinétique fournie au véhicule (énergie utile) correspond à 20 % de l'énergie embarquée consommée. Ce chiffre est encore plus bas, en raisonnant « du puits à la roue », c'est à dire en prenant en compte les phases d'extraction, de raffinage et de transport des hydrocarbures qui réduisent le rendement global de la chaîne. Le potentiel de gain est donc important.

Pour les véhicules tout électriques, les potentiels de gain de consommation d'énergie ne peuvent pas être considérés selon la même approche. En effet, si les moteurs électriques ont des rendements généralement voisins de 90 %, les rendements de génération, transport, transformation et stockage de l'électricité se multiplient, aboutissant à un rendement global « du puits à la roue » de l'ordre de 25 %. Au niveau du véhicule stricto sensu (« du réservoir à la roue »), le potentiel de gain est plus faible que pour les véhicules à moteur thermique du fait du rendement intrinsèque beaucoup plus élevé du moteur électrique. Quant aux avantages en termes d'émissions de gaz à effet de serre, ils dépendent de la méthode de production de l'électricité utilisée et de son contenu carbone.

<sup>40</sup> Le terme « pollution locale » regroupe les émissions d'oxydes d'azote (NOx), de particules, de composés organiques volatiles (COV), d'hydrocarbures imbrûlés (HC), de monoxyde de carbone (CO)...

## Encadré 2 : Divers types d'hybridation

Un véhicule « micro-hybridé » est équipé d'un moteur thermique dont le fonctionnement est interrompu à chaque arrêt, aussi court soit-il, et d'un alterno-démarrreur (parfois appelé « *stop and start* »). Ce dernier a un double rôle : il charge la batterie comme dans un véhicule thermique classique et, en plus, il relance le moteur dès que le conducteur souhaite redémarrer. Ce dispositif est plus particulièrement efficace en circulation urbaine et/ou congestionnée lorsque les arrêts et redémarrages sont fréquents. Les économies de carburant induites peuvent atteindre 10 %. Les divers acteurs admettent que dans les années qui viennent la plupart des modèles de véhicules particuliers, de bus et de camions urbains seront équipés d'un alterno-démarrreur. La fabrication de ces dispositifs en grande série dans les meilleures conditions économiques et de fiabilité est le défi auquel les équipementiers automobiles sont confrontés.

L'hybridation « douce » est une évolution de la micro-hybridation consistant à renforcer le rôle de l'alterno-démarrreur et à lui adjoindre une batterie de plus grande capacité. Une fonction complémentaire est alors assignée au système : récupérer l'énergie cinétique au freinage, la transformer en énergie électrique et la stocker dans la batterie pour pouvoir la réutiliser au redémarrage ou pendant d'autres phases d'accélération en la réinjectant dans l'alterno-démarrreur qui fonctionne alors en moteur électrique et qui seconde le moteur thermique pour relancer le véhicule. Le rendement global du système est plus élevé que dans le cas de la simple micro-hybridation puisqu'à la fonction arrêt-redémarrage du moteur est adjointe la récupération d'énergie cinétique au freinage et sa réutilisation au redémarrage. De tels dispositifs sont désormais commercialisés sur certains véhicules.

L'hybridation « totale » est le troisième mode d'hybridation. Il associe à un moteur thermique une machine électrique de puissance plus élevée que celle d'un alterno-démarrreur. La capacité des batteries est également plus importante. Toutefois, comme pour les deux modes précédemment décrits, la seule source d'énergie reste le carburant qui alimente le moteur thermique. La machine électrique joue ici quatre rôles :

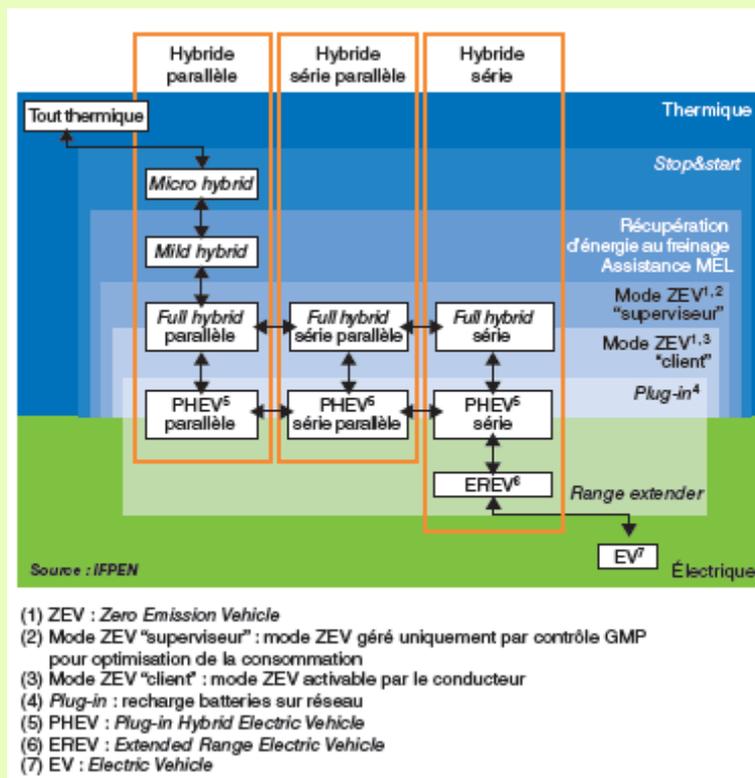
- elle récupère l'énergie au freinage et la transforme en énergie électrique stockée dans les batteries ;
- elle transforme en énergie électrique l'excédent d'énergie (par rapport aux conditions de roulage) éventuellement fourni par le moteur thermique ;
- elle seconde, si nécessaire, le moteur thermique dans les phases d'accélération en puisant dans les batteries de l'énergie électrique précédemment stockée ;
- elle assure, le cas échéant, le fonctionnement du véhicule en mode purement électrique sur de courtes distances (de l'ordre du kilomètre).

En fonction du positionnement de la machine électrique dans la chaîne de traction, on distingue deux types d'hybridation : les hybridations « série » et « parallèle ». Aucun de ces deux concepts ne prend le pas sur l'autre en matière d'efficacité et de performances (figure 3).

Par rapport aux deux modes décrits précédemment, cette hybridation totale assure un meilleur rendement à la chaîne de traction du véhicule, car elle peut permettre au moteur thermique de fonctionner dans ses conditions optimales (l'excédent éventuel d'énergie fourni par le moteur thermique n'étant pas perdu mais stocké dans les batteries) et, par ailleurs, le dimensionnement de la machine électrique et des batteries permet de récupérer et stocker une plus grande quantité d'énergie électrique que dans le cas de l'hybridation « douce ». Enfin, elle permet aussi, pour un niveau donné de performances, d'utiliser un moteur thermique de puissance réduite puisque la machine électrique peut, si nécessaire, fournir l'appoint de puissance.

La bonne gestion de l'énergie à chaque instant est un facteur-clé de l'efficacité d'un tel système. La présence d'un calculateur est impérative pour optimiser la répartition de l'énergie disponible entre utilisation immédiate ou stockage et pour assurer un juste partage de l'effort de traction entre les moteurs thermique et électrique respectivement.

**Figure 3 : Les familles de véhicules hybrides et électriques**



Source : IFP Energies nouvelles

## Bibliographie

[1] Fiche « Les moteurs thermiques »,  
 B. Theys, S. Barbusse et L. Gagnepain,  
 in « Predit 3 : 23 fiches pour un bilan », 2008.

<http://www.predit.prd.fr/predit4/documentFo.fo?cmd=visualize&&inCde=33791>

[2] « Voies d'amélioration des performances moteurs essence et Diesel »,  
 C. Hancke, P. Marez, B. Swoboda, O. Salvat, O. Pajot, F. Vidal,  
 Documents « Ateliers et Conférences » du Syndicat des Ingénieurs de l'Automobile, 2009.

<http://www.sia.fr/files/publication/2009-CNAM-04/conf4.pdf>

[3] « Taux de compression variable : repousser les limites du rendement », site internet MCE5-Développement [http://www.vcr-i.com/vcri\\_repousser\\_les\\_limites\\_du\\_rendement.html](http://www.vcr-i.com/vcri_repousser_les_limites_du_rendement.html)

[4] « Les biocarburants : états des lieux, perspectives et enjeux du développement », D. Ballérini et N. Alazard-Toux, Editions Technip, 2ème édition, 2011

[5] « Véhicules électriques et hybrides » ; Michel Wastraete ; document technique du Centre national de ressources pour la formation automobile ; édition 2011

[http://www.educauto.org/Documents/Tech/ANFA-VE\\_VH/VehElec\\_VehHybrid.pdf](http://www.educauto.org/Documents/Tech/ANFA-VE_VH/VehElec_VehHybrid.pdf)

- [6] Dossier de l'action presse du Predit « Motorisations hybrides », avril 2012  
<http://www.predit.prd.fr/predit4/presse/43260>
- [7] Fiche « Les véhicules hybrides et électriques », B. Theys, S.Biscaglia, in « Predit 3 : 23 fiches pour un bilan », 2008  
<http://www.predit.prd.fr/predit4/documentFo.fo?cmd=visualize&&inCde=33793>
- [8] « Bilan carbone des biocarburants : vers une prise en compte des changements indirects d'affectation des sols », A Vergez, P Blanquet, O de Guilbert, Etudes et documents n°79, CGDD mars 2013
- [9] « Les véhicules électriques en perspective – Analyse coûts-avantages et demande potentielle », Stéphanie Depoorter, Etudes et documents n°41, CGDD, mai 2011
- [10] Développement d'accumulateurs lithium/soufre ; C. Barchasz ; thèse de doctorat de l'Université de Grenoble, 2011  
[http://tel.archives-ouvertes.fr/docs/00/68/15/04/PDF/23636\\_BARCHASZ\\_2011\\_archivage.pdf](http://tel.archives-ouvertes.fr/docs/00/68/15/04/PDF/23636_BARCHASZ_2011_archivage.pdf)
- [11] EVREST: Electric Vehicle with Range Extender as a Suitable Technology, Rochdi Trigui  
[http://www.transport-era.net/fileadmin/PDF/E\\_Launching\\_Seminar/22\\_EVREST\\_EVREST\\_presentation\\_EM\\_meeting\\_sept\\_2012.pdf](http://www.transport-era.net/fileadmin/PDF/E_Launching_Seminar/22_EVREST_EVREST_presentation_EM_meeting_sept_2012.pdf)
- [12] Etude des mécanismes et modélisation du vieillissement des batteries dans le cadre d'un usage automobile ; Q. Bradey ; thèse de doctorat de l'Université Paris-Sud, 2012  
[http://tel.archives-ouvertes.fr/docs/00/69/33/44/PDF/VA2\\_BADEY\\_QUENTIN\\_22032012.pdf](http://tel.archives-ouvertes.fr/docs/00/69/33/44/PDF/VA2_BADEY_QUENTIN_22032012.pdf)
- [13] « Composants sur SiC et GaN », F. Morancho et D. Planson, présentation au séminaire « Micro-électronique de puissance : pour une voiture plus électrique », 2008  
<http://www.laas.fr/Club-Affilies/documents/programme-presentation-du-12-03-08/PDF-DU-12-03-08/D-PlansonAMPERE.pdf>
- [14] « Les batteries au lithium dopées par les nanomatériaux », D. Larcher et J.M. Tarascon, La Recherche, 2009  
<http://www.larecherche.fr/content/recherche/article?id=26546>
- [15] « Etude de la seconde vie des batteries des véhicules électriques et hybrides rechargeables », Étude réalisée pour le compte de l'ADEME par Schwartz and Co et AJI Europe, 2011  
[http://www2.ademe.fr/servlet/getBin?name=6A4FA1C26E743737D0B437673F07D64E\\_tomcatlocal1320671237786.pdf](http://www2.ademe.fr/servlet/getBin?name=6A4FA1C26E743737D0B437673F07D64E_tomcatlocal1320671237786.pdf)
- [16] « L'hydrogène énergie et les piles à combustible », Feuille de route stratégique Ademe-Investissements d'Avenir, 2012  
[http://www2.ademe.fr/servlet/getBin?name=D0FD58DABCE51E72CEFEFE7A6ADD07BB\\_tomcatlocal1329300707746.pdf](http://www2.ademe.fr/servlet/getBin?name=D0FD58DABCE51E72CEFEFE7A6ADD07BB_tomcatlocal1329300707746.pdf)
- [17] « Primove : la mobilité électrique sans fil », document Bombardier, 2012  
<http://primove.bombardier.com/fr/application/automobile/>
- [16] « Electromobility - Energy from the Road », document IAV, 2012  
[http://www.iav.com/sites/default/files/120130\\_elektro\\_strom\\_aus\\_der\\_strasse\\_en\\_web.pdf](http://www.iav.com/sites/default/files/120130_elektro_strom_aus_der_strasse_en_web.pdf)

## Annexe

## Réglementation européenne en matière de réduction des émissions polluantes et des gaz à effet de serre (CO<sub>2</sub>) des véhicules routiers

(Travaux des Conseils des ministres Environnement et Compétitivité)

Yannick Souchet

*Direction générale de l'énergie et du climat, sous direction de la sécurité et des émissions de véhicules*

Yves Lemaire, Vivien Isoard

*Direction générale de l'énergie et du climat, sous direction d'approvisionnement et des nouveaux produits énergétiques*

### 1 – La réglementation européenne, d'application obligatoire, vise à réduire les émissions de gaz polluants et de particules de tous les véhicules à moteur.

- Le règlement (CE) n°715/2007 définit les deux dernières étapes de dépollution applicables aux véhicules légers, voitures particulières et camionnettes (utilitaires légers de moins de 3,5 tonnes). Le niveau EURO5 s'applique depuis le 1er janvier 2011 à toutes les voitures neuves mises en circulation et depuis le 1er janvier 2012 à toutes les camionnettes neuves mises en circulation. Le niveau EURO6 sera applicable au 1er septembre 2014 à tous les nouveaux types de voitures particulières et au 1er septembre 2015 à tous les nouveaux types de camionnettes et à toutes les voitures neuves mises en circulation et au 1er septembre 2016 à toutes les camionnettes neuves mises pour la première fois en circulation.
- Le règlement parallèle (CE) n°595/2009 définit l'étape EURO VI de dépollution des moteurs équipant les véhicules utilitaires de plus de 3,5 tonnes (poids lourds et véhicules de transport en commun de personnes).

Ce règlement s'appliquera au 31 décembre 2012 aux nouveaux types de moteurs et de véhicules et au 31 décembre 2013 à tous les véhicules neufs mis en circulation.

- Les règlements de niveau EURO6 (sur les véhicules) et EURO VI (sur les moteurs) impliquent l'installation sur les véhicules, pour satisfaire à ces normes, de dispositifs de post-traitement des oxydes d'azote ainsi que de filtration des particules (pour ces dernières les valeurs limites portent sur la masse comme sur le nombre de façon à prendre aussi en compte les particules les plus fines).

Dès 2013 des compléments devraient être apportés aux dispositions réglementaires EURO6 (voitures et camionnettes) et EURO VI (moteurs des utilitaires). La proposition de la Commission devrait principalement porter sur :

- l'obligation d'installation dans les véhicules légers de dispositifs embarqués de mesure de la consommation de carburant ;
- la sévèrisation des normes d'émissions à basse température des voitures ;
- l'introduction de limites réglementaires des émissions de NO<sup>2</sup> en sus des limites d'émissions de l'ensemble des oxydes d'azote.

### 2 - La réglementation européenne impose également aux carburants de contribuer à la réduction des émissions de gaz polluants et de particules des véhicules et engins à moteur.

Évoluant en parallèle des réglementations s'appliquant aux émissions polluantes des véhicules (règlements EURO 1, 2, 3, 4, 5, 6), la directive relative à la qualité des carburants (directive

2009/30/CE du Parlement européen et du Conseil du 23 avril 2009 modifiant la directive 98/70/CE en ce qui concerne les spécifications relatives à l'essence et aux gazoles fixe, aux fins de la protection de la santé et de l'environnement, les spécifications techniques applicables aux carburants destinés à être utilisés par les véhicules équipés de moteurs thermiques (véhicules routiers, engins mobiles non routiers, tracteurs agricoles et forestiers, transport fluvial).

Les caractéristiques techniques des carburants ainsi fixées permettent de contribuer à l'amélioration de la qualité de l'air en réduisant les émissions de gaz polluants des véhicules (émissions évaporatives d'hydrocarbures et émissions de polluants issus de la combustion comme les hydrocarbures imbrûlés, le monoxyde de carbone, les oxydes d'azote, les particules) soit directement (comme par exemple en limitant la teneur en benzène dans l'essence) soit indirectement - en assurant le bon fonctionnement des systèmes de dépollution installés sur les véhicules (pots catalytiques, filtres à particules, dispositifs de post-traitement des oxydes d'azote).

La directive relative à la qualité des carburants a interdit en 2000 l'utilisation du plomb dans les essences commercialisées au sein de l'Union européenne, permettant ainsi le déploiement des systèmes de dépollution des gaz d'échappement des véhicules équipés de motorisation essence.

Cette directive impose également de réduire progressivement la teneur en soufre des carburants. Ainsi depuis 2009, la teneur en soufre des carburants essence et gazole est limitée à 10 mg/kg ; ces carburants « sans soufre » permettent aux dispositifs de post-traitement des gaz d'échappement des véhicules, comme les filtres à particules, de fonctionner de manière efficace durant toute la durée de vie du véhicule.

### ***3 – L'Union Européenne a aussi introduit une réglementation des émissions moyennes (pondérées par les ventes effectives des constructeurs) de CO<sub>2</sub> de l'ensemble des véhicules neufs mis sur le marché de l'Union européenne chaque année.***

- Le règlement (CE) 443/2009 s'applique aux voitures particulières et prévoit une première étape de réduction à 130 g/km CO<sub>2</sub> applicable progressivement de 2012 à 2015. Un objectif de 95 g/km est prévu pour 2020. Des valeurs spécifiques d'émissions moyennes sont attribuées à chaque constructeur automobile en fonction d'un critère d'utilité, la masse moyenne des véhicules vendus sur le marché européen. Des sanctions financières sont prévues pour les constructeurs qui dépasseront les valeurs spécifiques qui leur ont été fixées.
- Un règlement parallèle (CE) n°510/2011 définit la réglementation des émissions moyennes de CO<sub>2</sub> des camionnettes. Une première étape de 175 g/km doit être atteinte progressivement entre 2014 et 2017. L'objectif de 147 g/km a été prévu pour 2020. Des modalités similaires à celles des voitures particulières ont été définies.

Fin juillet 2012 la Commission a confirmé les objectifs de réduction des émissions moyennes de CO<sub>2</sub> prévues pour 2020 tant pour les voitures particulières que pour les camionnettes.

L'introduction d'un nouveau cycle de conduite plus représentatif, ainsi qu'un changement éventuel de critère d'utilité remplaçant la masse pourraient être proposé ultérieurement.

Ces propositions de la Commission sont aujourd'hui en cours d'examen au Conseil et au Parlement européen.

- Enfin une directive de 1999 définit les conditions harmonisées d'étiquetage des consommations de carburant et des émissions de CO<sub>2</sub> de certains véhicules (voitures particulières) de façon à informer les acheteurs de véhicules neufs.

Ces dispositions devraient faire l'objet d'une révision fin 2013.

### ***4 – La réglementation européenne impose également aux carburants de contribuer à la réduction des émissions de gaz à effet de serre.***

Pour ce faire, la directive 2009/28/CE relative à la promotion de l'utilisation de l'énergie produite

à partir de sources renouvelables et la directive 2009/30/CE en ce qui concerne les spécifications relatives à l'essence et aux gazoles ainsi que l'introduction d'un mécanisme permettant de surveiller et de réduire les émissions de gaz à effet de serre, prévoient notamment :

- l'instauration d'un objectif de réduction de 10 % en 2020 des émissions de gaz à effet de serre par unité d'énergie produites sur l'ensemble du cycle de vie des carburants du puits à la roue (c'est à dire en tenant compte des phases d'extraction de la matière première, de transport, de transformation, de distribution et d'utilisation du carburant).
- l'instauration d'un objectif de 23 % d'utilisation d'énergies renouvelables dans le bouquet énergétique en 2020, avec un sous-objectif de 10 % spécifique au secteur des transports ;

En France, le Plan national d'action en faveur des énergies renouvelables (PNA EnR), qui établit une trajectoire pour atteindre les objectifs fixés par la directive, prévoit que les biocarburants apporteront la contribution la plus importante à ces deux objectifs. En effet, les alternatives, comme la pile à combustible ou le véhicule électrique, ne seront pas en mesure de contribuer significativement à cet objectif à court terme, en raison du stade trop peu avancé de leur développement.

Afin de remplir les engagements pris dans le PNA EnR, le Plan National d'Action sur les Biocarburants prévoit une trajectoire de croissance ambitieuse, avec un objectif aujourd'hui stabilisé à 7 % d'incorporation dans les carburants, en attendant l'émergence de biocarburants avancés (produits à partir de matières premières ligno-cellulosiques ou d'algues), qui n'entreront pas en compétition avec les cultures vivrières.

Pour faciliter l'atteinte de cet objectif, deux mesures fiscales ont été instaurées : une exonération de TICPE visant à rendre compétitive la production de biocarburants, ainsi qu'une taxe, la TGAP, dont l'objectif est de pénaliser les opérateurs pétroliers qui n'atteindraient pas l'objectif d'incorporation fixé par le Plan National d'Action sur les Biocarburants.

## Bibliographie générale

Ces documents sont consultables au Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie – CGDD  
Centre de ressources documentaires du Développement durable  
[www.crdd.developpement-durable.gouv.fr](http://www.crdd.developpement-durable.gouv.fr)

## I – Parc et immatriculations des véhicules légers

CGDD, Service de l'observation et des statistiques  
Paris, Ministère de l'écologie, 2012

Les véhicules utilitaires légers au 1er janvier 2011.  
Chiffres et statistiques n° 310 - avril 2012, 9p  
<http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/transports/s/utilisation-vehicules.html>

L'utilisation des véhicules utilitaires légers en 2011 - juin 2012.  
Données détaillées, disponibles uniquement en ligne :  
[http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/transports/r/utilisation-vehicules.html?tx\\_ttnews\[tt\\_news\]=22388&cHash=7032728b2364d308c400cd4846f7fc9e](http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/transports/r/utilisation-vehicules.html?tx_ttnews[tt_news]=22388&cHash=7032728b2364d308c400cd4846f7fc9e)  
*Cette enquête a pour objectif de connaître le parc de véhicules utilitaires légers, le trafic réalisé, les consommations de carburant, selon les principales caractéristiques des véhicules et l'activité des utilisateurs.*  
*Périodicité de l'enquête : elle est réalisée environ tous les cinq ans en France métropolitaine, complémentaire de l'enquête permanente sur l'utilisation des véhicules de transport routier de marchandises (TRM) relative aux tracteurs et camions de plus de 3,5 tonnes de PTAC. La première enquête a été effectuée sur l'année 1981, puis en 1986, 1991, 1996, 2000, 2006 et 2011.*  
*Champ de l'enquête : il couvre les camionnettes de poids total autorisé en charge (PTAC) inférieur ou égal à 3,5 tonnes, de moins de 20 ans d'âge, immatriculées en France métropolitaine.*

Immatriculations de voitures particulières neuves en novembre 2012.  
Chiffres et statistiques n° 376 - décembre 2012, 2 p.  
<http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/transports/s/immatriculations.html>

Immatriculations des véhicules routiers au troisième trimestre 2012.  
Chiffres et statistiques n° 370 - novembre 2012, 4 p.  
<http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/transports/s/immatriculations.html>

### ARGUS DE L'AUTOMOBILE

Tous les chiffres 2011 : Ventes en France et en Europe - Production dans le monde (Spécial statistiques, printemps 2012).  
Paris, 2012 - 122 p.

### COMITE DES CONSTRUCTEURS FRANCAIS D'AUTOMOBILES

L'industrie automobile française. Analyse et statistiques - Edition 2012.

<http://www.ccfa.fr/Publications>

Paris, CCFA, 2012 - 80 p.

- Statistiques monde, Europe et France.

- Monde : production, marchés, échanges.

- Europe : les marchés par type, par pays, par groupe, le parc de voitures particulières, l'industrie automobile.

- France : les constructeurs, l'industrie (recherche et développement, pôles de compétitivité, commerce extérieur...), les marchés (diesel, occasion, carrosserie, DOM...), l'utilisation (taux de motorisation, circulation routière et émissions de CO<sub>2</sub>, transports intérieurs de voyageurs et de marchandises, coût de la mobilité voyageurs et marchandises...), les dépenses, les impacts économiques et l'emploi.

### DIRECTION GENERALE DE L'ENERGIE ET DU CLIMAT

Rapport sur l'industrie des énergies décarbonées en 2011.

Voir Fascicule 17 : Le véhicule décarboné.

<http://www.developpement-durable.gouv.fr>

Paris, Ministère de l'écologie, 2012

AGENCE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA MAITRISE DE L'ENERGIE

Les véhicules particuliers vendus en France - Evolution du marché, caractéristiques environnementales et techniques. Edition 2011.

<http://www2.ademe.fr/servlet/getDoc?cid=96&m=3&id=52819&p1=00&p2=12&ref=17597>

Valbonne, ADEME, 2011 - Données et références, 44 p.

*Récapitulatif des grandes tendances du marché français de l'automobile, des émissions et des consommations des véhicules particuliers homologués et vendus en France. Classements par gamme et par énergie des véhicules les moins émetteurs. Evolutions technologiques des véhicules.*

CGDD Service de l'économie, de l'évaluation et de l'intégration du développement durable  
LEGLISE (M)

Les émissions de CO<sub>2</sub> des véhicules utilitaires légers.

[www.developpement-durable.gouv.fr/Les-emissions-de-CO2-des-vehicules.html](http://www.developpement-durable.gouv.fr/Les-emissions-de-CO2-des-vehicules.html)

Paris, Ministère de l'écologie, 2011 - Etudes et documents du CGDD N° 51, 16 p.

*Cette étude propose une évaluation des émissions en CO<sub>2</sub> des véhicules utilitaires légers (VUL) et compare leur évolution avec celle des voitures particulières et des poids lourds. L'évaluation est faite à partir des résultats de l'enquête 2006 sur les VUL (dernière enquête disponible) et à partir des comptes des transports de la Nation (CCTN) de 1990 à 2010. Elle montre que les émissions de CO<sub>2</sub> des véhicules utilitaires légers ont représenté 17,7 millions de tonnes en 2005 et que leur part n'a cessé de croître au cours des vingt dernières années.*

AGENCE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA MAITRISE DE L'ENERGIE, AGENCE POUR LES ECONOMIES D'ENERGIE

Véhicules particuliers vendus en France. Consommations conventionnelles de carburant et émissions de CO<sub>2</sub> - Guide officiel. Edition 2011.

<http://www2.ademe.fr/servlet/getDoc?sort=-1&cid=96&m=3&id=52820&ref=&nocache=yes&p1=111>

Paris, ADEME, 2011 - 244 p.

*Ce guide est édité en application du décret n° 2002-1508 du 23 décembre 2002, relatif à l'information sur la consommation de carburant et les émissions de dioxyde de carbone des voitures particulières neuves.*

*Il recense tous les véhicules homologués en France et vendus pendant l'année. Chaque véhicule est présenté en fonction de sa carburation, par gamme, marque, modèle, avec son "étiquette énergie/CO<sub>2</sub>", sa consommation de carburant, ses émissions de CO<sub>2</sub>, le bonus ou malus à l'achat. Un palmarès dresse la liste des véhicules les moins émetteurs de CO<sub>2</sub>, pour les dix premières valeurs d'émission de CO<sub>2</sub>.*

CGDD Service de l'observation et des statistiques

GHEWY (X), GREGOIRE (P), PASQUIER (JL), ROY (A), SAILLEAU (N)

Consommation des ménages et environnement - Édition 2011.

<http://www.developpement-durable.gouv.fr/Consommation-des-menages-et.html>

Paris, Ministère de l'écologie, 2011 - Repères CGDD, 52 p.

*Voir dans le chapitre Transports, les ventes et les émissions de voitures particulières.*

CGDD, Service de l'observation et des statistiques

La mobilité des Français, panorama issu de l'enquête nationale transports et déplacements 2008

<http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Rev3.pdf>

Paris, Ministère de l'écologie, du développement durable, des transports et du logement, décembre 2010, La Revue du CGDD, 228 p.

ASSEMBLEE NATIONALE

MARITON (H)

Évaluation des effets économiques du bonus-malus écologique et de la prime à la casse. Rapport d'information.

<http://www.assemblee-nationale.fr/13/pdf/rap-info/i1934.pdf>

Paris, Assemblée nationale, 2009 - AN N° 1934, 37 p.

*Le rapport contient une évaluation de la mise en œuvre de ces dispositifs, et met en évidence leur efficacité sur les ventes d'automobiles, leur coût budgétaire et leur impact environnemental.*

*Il analyse également les mesures prises dans les pays soutenant leur industrie automobile (Corée du Sud, Espagne, États-Unis, Japon). Ce rapport entend contribuer à la réflexion sur le dispositif du bonus-malus dans la perspective de son éventuelle extension à d'autres produits ainsi que sur les modalités de sortie de la prime à la casse.*

SES, SAMARCANDE

*Le transport léger - situation et perspectives.*

[http://www.statistiques.equipement.gouv.fr/IMG/pdf/Transport\\_leger\\_cle22b895.pdf](http://www.statistiques.equipement.gouv.fr/IMG/pdf/Transport_leger_cle22b895.pdf)

Paris, SES, 2005 - 113 p.

*L'étude vise à mieux comprendre les utilisations de véhicules utilitaires légers. Elle repose sur une analyse bibliographique et des entretiens auprès d'utilisateurs.*

*Elle propose :*

- un panorama des réglementations intégrant un "effet seuil" en matière de PTAC,
- une analyse statistique du marché,
- une analyse, réalisée à partir de cas d'entreprises, des utilisations de VUL,
- une analyse de l'évolution des véhicules,
- une conclusion et des recommandations.

## Articles

Collet (R), Madre (JL), Hivert (L)

*Diffusion de l'automobile en France : vers quels plafonds pour la motorisation et l'usage*

INSEE, Economie et statistiques, à paraître

Hivert (L)

*Short-term break in the French love for diesel ?*

In special Issue 'Decades of Diesel', Energy Policy, Vol. 54, march 2012, pp 11-12, Elivier Ltd.

CGDD Service de l'observation et des statistiques

WONG (F)

*Les immatriculations de véhicules équipés de motorisations alternatives : un développement soutenu par la prime à la casse et le bonus écologique.*

<http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/publications/p/1939/1080/immatriculations-vehicules-equipés-motorisations.html>

Point sur - Observation et statistiques - Energie n° 148, p. 1-4, octobre 2012

CGDD Service de l'économie, de l'évaluation et de l'intégration du développement durable

MEUNIER (L), TEISSIER (O)

*Une évaluation du bonus malus automobile écologique.*

[www.developpement-durable.gouv.fr/Une-evaluation-du-bonus-malus.html](http://www.developpement-durable.gouv.fr/Une-evaluation-du-bonus-malus.html)

Point sur - Economie et évaluation - Transport n° 53, p. 1-4, mai 2010

PRUD'HOMME (R)

*Bonus-malus automobile : une fausse bonne idée.*

Sociétal n° 64, p. 73-83, avril 2009

CGDD Service de l'observation et des statistiques

FRIEZ (A)

*Les immatriculations de voitures particulières neuves, un an après la mise en place du bonus-malus.*

<http://www.developpement-durable.gouv.fr/Les-immatriculations-de-voitures,5327.html>

Point sur - Observation et statistiques - Transport n° 4, p. 1-4, février 2009

## II – Pour des véhicules « propres »

CGDD, Service de l'économie, de l'évaluation et de l'intégration du développement durable

REGNIER (A), TESSE (S)

Guide sur l'achat public de véhicules de transport routier.

Comment prendre en compte leurs incidences énergétiques et environnementales conformément à la directive 2009/33/CE ?

[http://www.developpement-durable.gouv.fr/Guide-sur-l-achat-public-de\\_29031.html](http://www.developpement-durable.gouv.fr/Guide-sur-l-achat-public-de_29031.html)

Paris, Ministère de l'écologie, 2012 – Références, 38 p.

*Ce guide porte sur une catégorie d'achats, les véhicules de transport routier, pour lesquels l'Union européenne propose dans la directive 2009/33/CE une méthode de monétarisation des incidences énergétiques et environnementales. Cette directive européenne a été transposée en droit français, sous forme d'un article de loi, d'un décret et d'un arrêté, lors du premier semestre 2011. Ce guide vise à aider les acheteurs publics et les opérateurs économiques à mettre en œuvre cette réglementation.*

SENAT

NEGRE (L)

Structuration de la filière des véhicules décarbonés. Rapport au ministre de l'Ecologie.

<http://www.ladocumentationfrancaise.fr/rapports-publics/114000055/>

Paris, Sénat, 2011 - 149 p.

*Le rapport examine l'état des lieux du secteur des véhicules décarbonés et, en particulier, des véhicules électriques et sa représentation. Il compare la situation française à celle des principaux pays engagés dans la même voie, notamment ceux qui ont choisi de structurer de façon volontariste leurs propres filières nationales (Japon, Allemagne, Grande-Bretagne).*

*Il propose deux axes d'intervention complémentaires pour mieux structurer ce secteur à l'avenir :*

- *une intervention plus importante de l'Etat stratège avec la création d'une délégation placée directement sous l'autorité du gouvernement qui porte le projet industriel de la France, structure la filière, en assure sa cohérence et sa pérennité ;*
- *un renforcement des instances de représentation de la filière fondée sur le rassemblement de tous les acteurs regroupés au sein d'une structure associative basée sur une AVERE (Association pour le développement du transport et de la mobilité électriques) rénovée, qui serait l'interface du secteur, tant auprès de l'Etat que des autres institutions et du public.*

AGENCE EUROPEENNE POUR L'ENVIRONNEMENT

Laying the foundations for a greener transport. TERM 2011 - Transport indicators tracking progress towards environmental targets in Europe.

<http://www.eea.europa.eu/publications>

Copenhague, AEE, 2011 - 88 p.

EEA Report N° 7/2011

*TERM 2011 présente les progrès accomplis en regard des objectifs en matière de consommation d'énergie, d'émissions, de bruit et de demande de transport. En outre, le rapport présente les dernières données et analyse les facteurs d'atténuation des impacts environnementaux du transport. Il étudie les moyens d'optimiser la demande de transport, d'obtenir une répartition modale plus durable et de recourir aux meilleures technologies.*

CENTRE D'ANALYSE STRATEGIQUE, MINISTERE DE L'INDUSTRIE, CONSEIL GENERAL DE L'INDUSTRIE, DE L'ENERGIE ET DES TECHNOLOGIES

BEEKER (E), BRYDEN (A), BUBA (J), LE MOIGN (C), SYROTA (J), VON PECHMANN (F)

La voiture de demain : carburants et électricité.

<http://www.strategie.gouv.fr/content/rapport-la-voiture-de-demain-carburants-et-electricite-0>

Paris, Centre d'analyse stratégique, 2011 - Rapports et documents, 254 p.

*Ce rapport a pour objectif d'étudier, pour la vingtaine d'années à venir, les perspectives de développement des véhicules grand public à motorisation électrique, véhicule hybride rechargeable ou non, véhicule électrique, avec une attention particulière pour les données technico-économiques relatives aux batteries. Il examine également les conditions dans lesquelles pourraient se développer les différents types de véhicules, en prenant comme référence les évolutions probables du véhicule thermique.*

CGDD Service de l'économie, de l'évaluation et de l'intégration du développement durable

ASSIMON (PM), DEPOORTER (S)

Les véhicules électriques en perspective. Analyse coûts-avantages et demande potentielle.

[www.developpement-durable.gouv.fr/Les-vehicules-electriques-en.html](http://www.developpement-durable.gouv.fr/Les-vehicules-electriques-en.html)

Paris, Ministère de l'écologie, 2011 - Etudes et documents du CGDD N° 41, 60 p.

*La présente évaluation met en regard, en 2010 et à l'horizon 2020, l'ensemble des coûts et des avantages estimés du remplacement des véhicules « classiques » à motorisation thermique par des véhicules électriques. A l'horizon 2020, le bilan est proche de l'équilibre. Le coût de la batterie reste un enjeu majeur à court moyen terme pour la compétitivité du véhicule électrique. Le développement d'une dynamique de marché à moyen terme devrait permettre une réduction significative de ce coût. Un soutien public à l'achat de véhicules électriques paraît donc justifié jusqu'au décollage de la filière.*

*L'étude fournit également des éléments d'évaluation de la demande potentielle de véhicules électriques, par une analyse des résultats récents de l'Enquête Nationale Transports Déplacements (ENTD 2008), relative aux déplacements des Français. L'analyse montre que la grande majorité des déplacements quotidiens en véhicules particuliers pourraient être couverts par des véhicules tout électrique d'une centaine de kilomètres d'autonomie.*

#### OBSERVATOIRE DU VEHICULE D'ENTREPRISE

*Le véhicule électrique pour l'entreprise. Points de vue et recommandations des entreprises pour le déploiement du véhicule électrique. Livre blanc.*

<http://www.observatoire-vehicule-entreprise.com/fre/High/developpement-durable/actualite/12653/ove-livre-blanc-ve-pour-l-entreprise>

Rueil Malmaison, Observatoire du véhicule d'entreprise, 2010, 29 p.

*L'Observatoire du véhicule d'entreprise a lancé en 2009 un groupe de travail réunissant une vingtaine de représentants d'entreprises de différents secteurs d'activités et de collectivités territoriales dans le but d'échanger et de définir les conditions de l'adoption potentielle du véhicule électrique par leur structure. Ce groupe de travail propose ainsi des conditions qui permettront de créer un contexte propice à leur engagement :*

- *considérer le coût global de détention du véhicule électrique dans les politiques fiscales d'encouragement à l'acquisition de véhicules électriques ;*
- *rassurer sur la cohérence globale des axes réglementaires ;*
- *assurer la transparence de l'information disponible.*

#### ASSEMBLEE NATIONALE

VOISIN (G)

*Le véhicule électrique. Rapport d'information.*

<http://www.ladocumentationfrancaise.fr/rapports-publics/104000412/index.shtml>

Paris, Assemblée nationale, 2010 - AN N° 2649, 98 p.

*Le rapport examine l'intérêt du développement de ce type de véhicule tant du point de vue sociétal (protection de l'environnement, organisation des transports, intérêt pour l'économie) qu'individuel. Il compare les politiques nationales en France, en Grande-Bretagne, en Allemagne et en Espagne, puis examine la politique de l'Union européenne (axes prioritaires, leviers d'action) et la juge décevante.*

#### FORUM INTERNATIONAL DES TRANSPORTS

BASTARD (L), FULLERTON (D), GREENE (D), KARNEY (D), VAN BIESEBROECK (J)

*Stimuler les technologies pour les véhicules à faibles émissions de carbone.*

Paris, OCDE, 2010 - Table ronde FIT N° 148, 180 p.

CGDD Service de l'économie, de l'évaluation et de l'intégration du développement durable

*La tarification, un instrument économique pour des transports durables*

Paris, Ministère de l'écologie, La Revue du CGDD, novembre 2009, 106 p.

[http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/La\\_revue\\_cle5c3945\\_1\\_-2.pdf](http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/La_revue_cle5c3945_1_-2.pdf)

#### FORUM INTERNATIONAL DES TRANSPORTS

HARRINGTON (W), PLOTKIN (S), PROOST (S), RAUX (C)

*Le coût et l'efficacité des mesures visant à réduire les émissions des véhicules.*

Paris, OCDE, 2008 - Table ronde FIT N° 142, 197 p.

*Cette table ronde fait l'objet de quatre rapports :*

- *examen des normes de consommation de carburant et d'émission de carbone applicables aux véhicules légers*
- *potentialités des droits d'émissions ;*
- *efficacité de la réglementation des transports ;*
- *calcul des coûts et avantages de la réduction des émissions de CO<sub>2</sub> dans le secteur des transports.*

#### CENTRE D'ANALYSE STRATEGIQUE, CONSEIL GENERAL DES MINES

BEAUME (R), HIRTZMAN (P), LOYER (JL), POULIQUEN (H), RAVET (D), ROSSINOT (P), SYROTA (J)

*Perspectives concernant le véhicule grand public d'ici 2030 - Mission véhicule 2030.*

[http://www.strategie.gouv.fr/article.php3?id\\_article=957](http://www.strategie.gouv.fr/article.php3?id_article=957)

Paris, Conseil d'analyse stratégique, 2008 - 130 p.

CONFERENCE EUROPEENNE DES MINISTRES DES TRANSPORTS  
ROY (R)

*Guide pour une tarification routière efficiente à l'usage des responsables politiques.*

<http://www.cemt.org/pub/pubpdf/07GuidePricingF.pdf>

Paris, OCDE, 2007 - 15 p.

*Quelques réponses courtes et simples aux principales questions que se posent les ministres et autres décideurs du secteur des transports sur les raisons d'une tarification dans le secteur des transports, la congestion, la pollution, la décongestion, l'environnement, la productivité, les recettes.*

ALLEMAGNE Center for the study of law and economics, UNION INTERNATIONALE DES  
TRANSPORTS ROUTIERS

*The internalisation of external costs in transport. From the polluter pays to the cheapest cost avoider principle (CCAP).*

<http://www.uni-saarland.de/fak1/fr12/csle/>

Sarrebruck, Center for the study of law and economics, 2007 - 141 p.

Position de l'IRU sur un concept économique (le CCAP) pour l'internalisation des coûts externes.

*Selon l'IRU, le CCAP est une analyse coûts-avantages approfondie que l'on peut appliquer de façon équitable à toute situation exigeant une internalisation des coûts externes. L'IRU souhaite qu'on applique le CCAP à toutes les questions relatives à l'internationalisation des coûts externes dans le transport routier et qu'on abandonne le principe pollueur-payeur.*

OBSERVATOIRE DU VEHICULE D'ENTREPRISE

*La voiture propre. Panorama des technologies existantes.*

Rueil Malmaison, Arval, 2007 - Cahiers verts N° 2, 39 p.

CGDD, Service de l'économie, de l'évaluation et de l'intégration du développement durable

BILOT (H)

*Diésélisation du parc automobile : seuil de rentabilité de la motorisation diesel et sensibilité aux conditions économiques.*

Paris, SESP, 2006 - 83 p.

*La présente étude a pour objectif d'actualiser et de compléter celle de 1998 sur le kilométrage pivot, c'est-à-dire le kilométrage moyen annuel à partir duquel, pour un véhicule donné, une motorisation diesel devient plus intéressante qu'une motorisation essence. Elle étudie sa sensibilité à plusieurs paramètres économiques dont le coût du baril de pétrole et de la taxe intérieure sur les produits pétroliers sur le kilométrage pivot. Elle tente alors d'en déduire les taux de diésélisation du parc correspondant.*

OFFICE PARLEMENTAIRE D'EVALUATION DES CHOIX SCIENTIFIQUES ET TECHNOLOGIQUES,  
ASSEMBLEE NATIONALE, SENAT  
CABAL (C), GATIGNOL (C)

*Définition et implications du concept de voiture propre.*

<http://www.senat.fr/rap/r05-125/r05-1251.html>

Paris, Journal officiel, 2005 - 379 p.

AN N° 2757, 125

*La pollution urbaine, le réchauffement climatique et la nécessité d'économiser les énergies fossiles, ont fait de la voiture propre une question d'actualité. Les députés ont cherché à évaluer précisément l'état actuel et l'évolution prévisible de la pollution et des émissions de gaz à effet de serre.*

*Ils ont examiné les technologies disponibles et celles qui le seront demain pour parvenir à une voiture plus respectueuse de son environnement, en prenant en compte les réalités économiques et les besoins des consommateurs.*

ORGANISATION DE COOPERATION ET DE DEVELOPPEMENT ECONOMIQUES

*Voitures propres : stratégies pour des véhicules peu polluants.*

Paris, OCDE, 2004 - 231 p.

**Articles**

CENTRE INTERNATIONAL DE RECHERCHE SUR L'ENVIRONNEMENT ET LE DEVELOPPEMENT  
VOGT SCHILB (A), GUIVARCH (C), HOURCADE (JC)

Les véhicules électrifiés réduisent-ils les émissions de carbone ? Un raisonnement prospectif.

<http://www.centre-cired.fr/spip.php?article1479>

Document de travail - CIREC n° 44, p. 12 p., janvier 2013

BONNAURE (P)

Les automobiles électriques et hybrides. État des lieux et tendances.

Futuribles n° 389, p. 27-38, octobre 2012

PRUD'HOMME (R), KONING (M)

Electric vehicles: a tentative economic and environmental evaluation.

Transport Policy n° 23, p. 60-69, septembre 2012

DUCHATEAU (H), MIALOCQ (G), VAN ESSEN (H)

L'internalisation des coûts externes : une solution durable d'amélioration de la chaîne des transports.

Transports n° 470, p. 353, novembre 2011

La voiture de demain.

Note d'analyse du Centre d'analyse stratégique n° 227, p. 1-12, juin 2011

CGDD, Service de l'économie, de l'évaluation et de l'intégration du développement durable

ASSIMON (PM), DEPOORTER (S), TEISSIER (O)

Une évaluation prospective des véhicules électriques.

[www.developpement-durable.gouv.fr/Une-evaluation-prospective-des.html](http://www.developpement-durable.gouv.fr/Une-evaluation-prospective-des.html)

Point sur - Economie et évaluation - Transport n° 86, mai 2011, 4 p.

Quelle voiture pour demain ?

Le moteur thermique incontournable pour diviser par deux la consommation d'énergie et les émissions de CO<sub>2</sub>.

La voiture électrique : tentative de bilan global.

Les véhicules thermiques-hybrides : avantages et inconvénients des différentes formes possibles d'hybridation.

TEC : Transport Environnement Circulation n° 205, p. 39-53, mars 2010

GARDEL (M)

La technologie hybride Toyota.

Annales des Mines - Réalités Industrielles, p. 58-66, août 2009

BONNAURE (P)

Quel avenir pour la voiture électrique ?

Futuribles n° 351, p. 29-39 – avril 2009

DRANCOURT (M)

Automobile : la révolution reste à venir.

Futuribles n° 351, p. 41-48, avril 2009

### III – Evolution vers une mobilité durable

KOLLI (Z)

Dynamique de renouvellement du parc automobile, projection et impact environnemental

Thèse pour le doctorat en sciences économiques, Université Paris 1, encadrée à l'Ifsttar, financement Ademe, 2012

CGDD Direction de la recherche et de l'innovation, MINISTERE DE L'ECOLOGIE, PROGRAMME DE RECHERCHE ET D'INNOVATION DANS LES TRANSPORTS TERRESTRES (Prédit), Karlsruher Institut für Technologie

11ème séminaire francophone Est-Ouest de socio-économie des transports. 24-25 mai 2012, Karlsruhe, Allemagne.

Transport, énergie, localisation. Analyses, outils et perspectives d'avenir.

### Contributions

- ENSSLEN (Axel), BABROWSKI (Sonja), JOCHEM (Patrick), FICHTNER (Wolf)

Existe-t-il des différences d'acceptation des véhicules électriques entre la France et l'Allemagne ? Premiers résultats de l'analyse scientifique du test de flotte "Cross border mobility for electric vehicles" (CROME).

- WINDISCH (Elisabeth)

L'impact des politiques publiques sur la demande privée en véhicules électriques. Une analyse socio-économique.

- MOUSSEAU (Benjamin)

Modélisation de l'impact des politiques locales : optimisation du développement des véhicules électriques.

Paris, Systra, 2012

CGDD, Service de l'économie, de l'évaluation et de l'intégration du développement durable, NATIONAL ECONOMIC RESEARCH ASSOCIATES BREJNHOLT (R), METCALFE (P), TRAIN (K), WEBB (H)

Modèle économétrique sur le choix de véhicules des ménages.

[www.developpement-durable.gouv.fr/Modele-econometrique-sur-le-choix.html](http://www.developpement-durable.gouv.fr/Modele-econometrique-sur-le-choix.html)

Paris, Ministère de l'écologie, 2011 - Etudes et documents du CGDD N° 31, 80 p.

Cette étude vise à développer un modèle permettant de simuler les effets de différentes politiques telles que le « bonus écologique » octroyé aux véhicules à faibles émissions de CO<sub>2</sub>, sur le choix de véhicule des ménages et sur la demande globale de véhicules.

FRERE (S), SCARWELL (HJ), ROCCI (A), RAUX (C), LEJOUX (P), LEMOINE (C), ROUSSEL (I), CASTEX (E), SZUBA (M)

Eco-fiscalité et transport durable : entre prime et taxe ?

Villeneuve d'Ascq, Presses universitaires du septentrion, 2011 - Environnement et société, 273 p.

*Les politiques publiques locales de transports et déplacements n'ont pas suffi jusqu'à présent à enrayer le développement de la motorisation et de l'usage de l'automobile dans les espaces périphériques, accroissant ainsi les différences de mobilité entre les zones centrales urbaines et les espaces périurbains. D'autres leviers peuvent alors être envisagés. Les auteurs examinent tout d'abord ceux reposant sur des changements de comportements individuels permettant des transferts modaux de la voiture vers d'autres modes en s'intéressant aux différents facteurs permettant ces changements de pratiques modales. Puis ils présentent les leviers reposant sur de nouveaux usages de l'automobile, des solutions alternatives comme le transport à la demande utilisé dans les zones peu denses. Ils s'intéressent surtout au levier que constitue la fiscalité verte appliquée aux transports et plus spécifiquement à la voiture. Les écotaxes prennent aujourd'hui des formes aussi diverses que le bonus/malus, l'écovignette ou les permis d'émission. On trouve également une autre forme avec les péages urbains tantôt déclinés en péage de zone ou d'infrastructure. Entrent également dans la catégorie des écotaxes appliquées aux transports les compensations volontaires.*

COMMISSION EUROPEENNE

Une stratégie européenne pour des véhicules propres et économes en énergie. COM (2010) 186 final.

[http://www.eurosfair.prdd.fr/7pc/doc/1273156616\\_com\\_2010\\_186\\_fr.pdf](http://www.eurosfair.prdd.fr/7pc/doc/1273156616_com_2010_186_fr.pdf)

Bruxelles, Commission Européenne, 2010 - 15 p.

*Cette stratégie vise à encourager la mise au point et l'utilisation de véhicules propres et économes en énergie, avec comme objectif principal d'aider l'industrie automobile européenne à renforcer son rôle de pointe dans ce domaine.*

CROZET (Y) (éd.), BONNAFOUS (A), BOUCQ (E), GLACHANT (M), HIVERT (L), KAUFMANN (V), GOYON (M), MADRE (JL) ORTAR (NO), VINCENT (S) et WINGERT (JL)

*Pétrole, mobilité, CO<sub>2</sub> : les politiques publiques et l'automobilité face à la variation des prix du pétrole*

Ouvrage collectif, rapport Prédit GO 3, juin 2010, 223 p.

#### **Contributions**

- WINGERT (JL) et HIVERT(L),

*Prospective pour l'énergie fossile : les limites physiques sur l'offre sont elles bien anticipées ?*

- HIVERT (L) et WINGERT (JL)

*Automobile et automobilité : quelles évolutions de comportements face aux variations du prix des carburants de 2000 à 2008 ?*

- COLLET (R), BOUCQ (E), MADRE (JL), HIVERT (L)

*Dynamique à long terme des inégalités entre les ménages concernant l'automobile en France*

#### **CENTRE D'ANALYSE STRATEGIQUE**

PAUL DUBOIS TAINÉ (O), RAYNARD (C), RENAUDIE (O), SUET (PH)

*Les nouvelles mobilités. Adapter l'automobile aux modes de vie de demain.*

Rapport, 109 p. Annexes, 131 p.

<http://www.strategie.gouv.fr/>

Paris, Centre d'analyse stratégique, 2010

*Ce rapport a pour objectif d'analyser les évolutions souhaitables des usages de l'automobile dans une perspective de mobilité durable. Il présente des pistes possibles d'organisation de nouvelles formes de mobilité adaptées aux différents territoires et propose cinq leviers d'action pour permettre aux pouvoirs publics d'accompagner la transition vers de nouvelles mobilités moins émettrices de gaz à effet de serre, conformément aux engagements du Grenelle de l'environnement.*

#### **CENTRE D'ETUDES SUR LES RESEAUX LES TRANSPORTS L'URBANISME ET LES CONSTRUCTIONS PUBLIQUES**

VINCENT GESLIN (S)

*Altermobilités, mode d'emploi. Déterminants et usages de mobilités alternatives au tout voiture.*

Lyon, CERTU, 2010, Débats N° 73, 169 p.

*Face aux grands enjeux environnementaux du XXI<sup>e</sup> siècle, les habitudes de déplacements sont mises en question. Différents modes de déplacement alternatifs à la voiture individuelle semblent émerger. Quels usages sont faits de ces altermobilités ? Peuvent-elles, dans un avenir indéterminé, se substituer à la voiture ?*

*A partir d'une enquête qualitative menée auprès d'usagers des transports publics, de cyclistes et de covoitureurs, cet ouvrage rend compte des processus de décision de l'altermobilité et propose des piste de réflexion pour l'action publique en vue d'une plus grande maîtrise des déplacements automobiles.*

#### **CENTRE D'ETUDES SUR LES RESEAUX LES TRANSPORTS L'URBANISME ET LES CONSTRUCTIONS PUBLIQUES, SUISSE Ecole polytechnique fédérale de Lausanne**

GUIDEZ (JM), KAUFMANN (V), LOUVET (N), TABAKA (K)

*Et si les Français n'avaient plus seulement une voiture dans la tête ? Evolution de l'image des modes de transport (à partir de l'analyse de 19 enquêtes ménages déplacements).*

Lyon, CERTU, 2010 - Dossiers du CERTU N° 225, 52 p.

*A partir de l'analyse des données des Enquêtes Ménages Déplacements (EMD) réalisées dans 19 agglomérations françaises, ce document démontre que l'image des moyens de transport alternatifs à l'automobile s'est améliorée, que la population envisage volontiers l'utilisation des transports publics et du vélo comme moyens de déplacement et que si l'image des transports publics est généralement bonne, ceci ne se traduit pas forcément par des taux d'utilisation plus élevés. Les annexes (sous forme de cédérom) présentent l'ensemble des tableaux ayant servi à l'analyse et un guide méthodologique.*

CGDD Service de l'économie, de l'évaluation et de l'intégration du développement durable

BLEUZE (C), CALVET (L), KLEINPETER (MA), LEMAITRE (E)

*Localisation des ménages et usage de l'automobile : résultats comparés de plusieurs enquêtes et apport de l'enquête nationale transports et déplacements.*

[www.developpement-durable.gouv.fr/Localisation-des-menages-et-usage.html](http://www.developpement-durable.gouv.fr/Localisation-des-menages-et-usage.html)

Paris, Ministère de l'écologie, 2009 - Etudes et documents du CGDD N° 14, 62 p.

*Cette étude s'inscrit dans le prolongement d'une étude du CGDD sur les consommations de carburants des ménages en fonction de leur zone de résidence. Elle reprend ses deux principales thématiques : la relation entre zone de résidence et usage automobile et la question des "déplacements contraints" en automobile. Cette étude s'appuie sur l'Enquête nationale transports et déplacements de 2007-2008 qui fournit de nombreuses informations sur l'équipement des ménages, les distances parcourues, les différents modes et motifs de déplacements.*

AGENCE INTERNATIONALE DE L'ENERGIE

*Transport, energy and CO<sub>2</sub>. Moving towards sustainability.*

Paris, OCDE, 2009 - 414 p.

*Dans le contexte prévisible d'une forte augmentation de la mobilité d'ici 2050, le rapport examine par mode de transport les perspectives en matière d'efficacité énergétique et de développement des technologies innovantes afin de réduire les émissions de gaz à effet de serre.*

CLOCHARD (F), ROCCI (A), VINCENT (S)

*Automobilités et altermobilités, quels changements ?*

Paris, Harmattan (L'), 2008 - Dossiers sciences humaines et sociales, 286 p.

*S'appuyant sur différentes enquêtes de terrain réalisées en France et à l'étranger, les auteurs proposent une série de réflexions sur les problématiques de la dépendance automobile et du changement des pratiques de mobilité. Ils cherchent à mettre en lumière les conditions permettant le passage de l'automobilité à l'altermobilité.*

CENTRE DE PROSPECTIVE ET DE VEILLE SCIENTIFIQUES ET TECHNOLOGIQUES, DIRECTION DE LA RECHERCHE ET DES AFFAIRES SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES, MINISTERE DE L'EQUIPEMENT, ECOLE NATIONALE DES PONTS ET CHAUSSEES  
BESSE (Simon)

*Comment articuler la politique européenne de recherche et la politique française dans le domaine des alternatives au pétrole pour l'automobile ? Les rôles respectifs du PREDIT et du Programme cadre européen de recherche (PCRD).*

Paris, MTETM, SG, DRAST, CPVST, juin 2006- Dossiers CPVS, 83 p.

*Le programme de recherche en transport français PREDIT et le Programme-Cadre de Recherche et Développement technologique européen (PCRD) supportent tous deux la recherche sur les énergies alternatives au pétrole pour l'automobile. Ce rapport étudie, à travers les projets soutenus par ces deux programmes, la subsidiarité de fait qui préside à leur mise en œuvre afin de préparer les prochaines programmations. Plusieurs scénarios d'articulation sont ainsi mis en lumière et analysés en regard des évolutions actuelles du système de recherche européen.*

MINISTERE DE LA RECHERCHE

GLORIA (Antoine)

*Prospective sur le véhicule propre et économe. Bilan des recherches académiques et industrielles.*

Paris, Ministère de la Recherche, DT A4 mission Transports, juil. 2004.- 60 p.

*Ce rapport a pour objectifs d'une part de situer la problématique du véhicule propre et économe dans le contexte général du réchauffement climatique, de la santé publique et de la dépendance énergétique et d'autre part d'identifier des développements techniques dans le secteur automobile au sens large susceptibles d'apporter des réponses partielles, voire complètes, aux problèmes soulevés. Ces réponses constituent la marge de manœuvre technique, son étude qualitative et quantitative fait l'objet de ce rapport. Ses impacts sur les pollutions locales et l'émission de gaz à effet de serre sont respectivement évalués. Enfin, les actions du PREDIT 3 dans ce sens sont rappelées en guise de bilan partiel de l'action publique sur le véhicule propre et économe.*

## Articles

*Mécanismes d'incitation à la diffusion de véhicules automobiles propres.*

Bulletin de l'Observatoire des politiques et stratégies de transport en Europe n° 31, p. 3-8 – septembre 2012

Dossier. Nouveaux matériaux et procédés pour le véhicule du futur.

Predit info n° 24, p. 05-12 – juillet 2012

Les nouvelles mobilités. Comment adapter l'automobile aux territoires et aux modes de vie de demain ?

Note d'analyse du Centre d'analyse stratégique n° 202, p. 1-11, novembre 2010

PLASSAT (G)

La demande automobile face à la question environnementale.

TEC : Transport Environnement Circulation n° 205, p. 10-13, mars 2010

Les transports électriques en France : un développement nécessaire sous contraintes.

<http://www2.ademe.fr/servlet/KBaseShow?sort=-1&cid=96&m=3&catid=17390>

Ademe et vous - Stratégie et études n° 21, p. 1-8, 21/07/2009

THEYS (J)

Quelles technologies futures pour les transports en Europe ? Contribution du groupe "Technologies-clés" de la Commission européenne.

Notes du Centre de prospective et de veille scientifique n° 23, p. 7-144, novembre 2007

#### **IV – Réglementation**

SENAT

KELLER (F)

Proposition de règlement établissant des normes d'émissions de CO<sub>2</sub> des voitures neuves (texte E 3756). Rapport d'information.

Paris, Sénat, 2008 - n°361- 36 p.

**Commissariat général au développement durable**

Service de l'économie, de l'évaluation et de l'intégration du développement durable

Tour Voltaire

92055 La Défense cedex

Tél : 01.40.81.21.22

Retrouver cette publication sur le site :

<http://www.developpement-durable.gouv.fr/developpement-durable>

## Résumé

*Dans le contexte de préoccupations liées au changement climatique et à la pollution atmosphérique, ce numéro de la Revue, propose un point des évolutions récentes et des actions publiques pour favoriser l'émergence d'alternatives automobiles et d'automobilités plus économes, afin de transformer la structure du parc, en termes de motorisation, et d'usage, en termes de consommation d'énergie et d'émissions de CO<sub>2</sub>. Il fait un panorama des grandes tendances actuelles et des perspectives ouvertes par la recherche, il présente des évaluations à court et moyen termes.*



Dépôt légal : Juin 2013  
ISBN : 978-2-11-128734-1  
ISSN : 2102 – 474X