

Vers une mobilité automobile durable ?

*Suivi des immatriculations
et des parcs*

Analyses et évaluations

*Pistes pour une mobilité
individuelle « durable »*



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

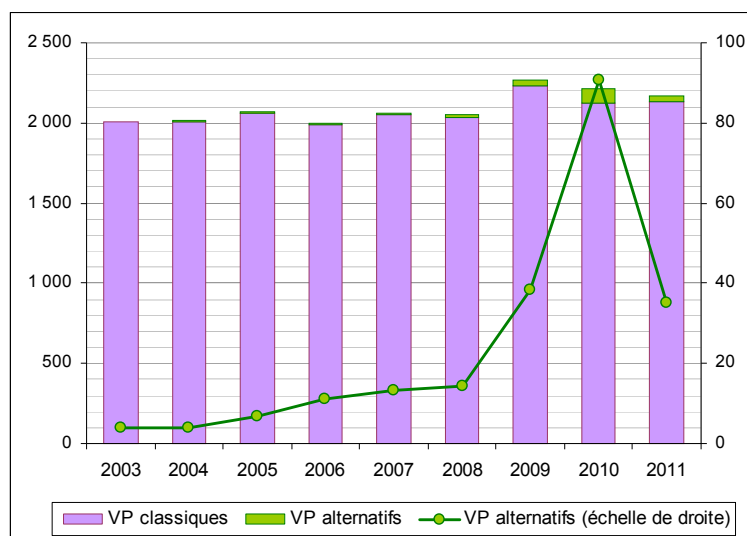
Les ventes de véhicules particuliers (VP) équipés de motorisations alternatives ont été en croissance régulière entre 2003 et 2010, avant de diminuer nettement en 2011. Cette croissance a été particulièrement soutenue en 2009 et 2010, en raison de l'introduction de mesures favorisant l'achat de véhicules 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 plu tôt 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 %.

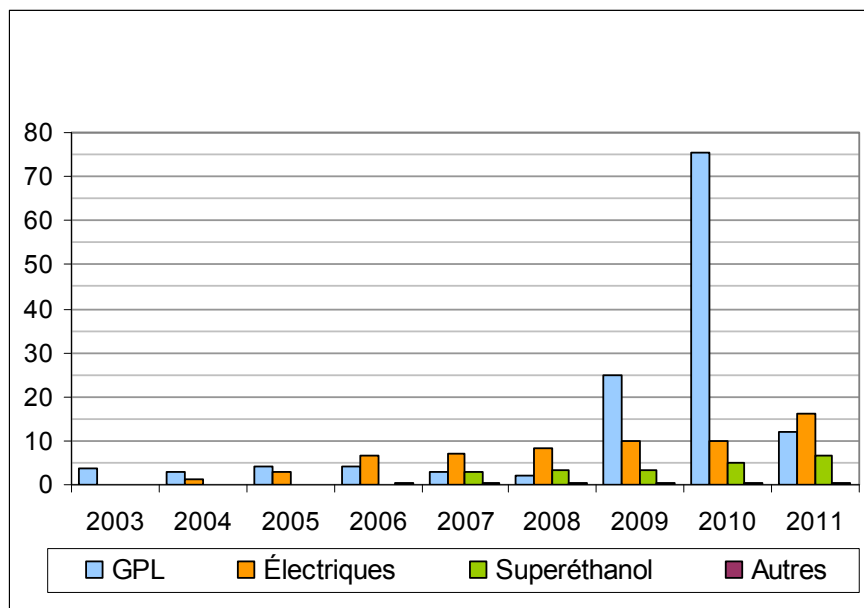
La progression des véhicules fonctionnant partiellement ou en totalité à l'électricité a été lente mais régulière : introduits en 2004, ils étaient de 2006 à 2008 la principale motorisation alternative, puis le sont redevenus en 2011, avec 16 300 véhicules vendus.

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 CO₂ 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 ₂ (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
Nombre total d'immatriculations		2 050 592	2 269 011	2 215 033	2 166 755

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

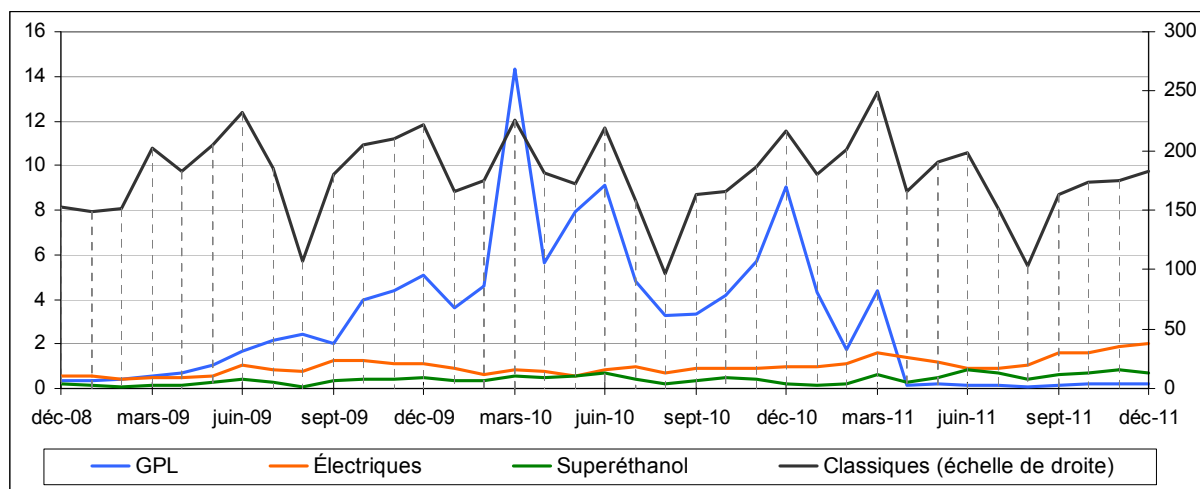
Lecture : ε signifie inférieur à 0,005 %

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

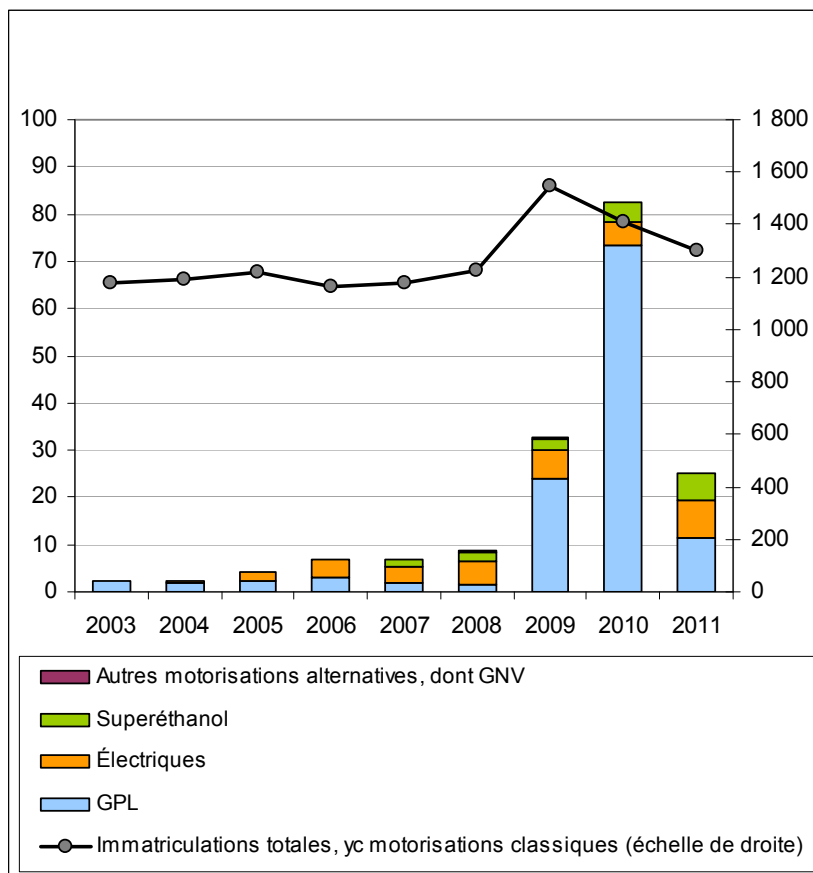
Entre avril 2009 et mars 2011, période d'application conjointe de la prime à la casse et du bonus écologique, 97 % des 109 400 véhicules GPL immatriculés ont été achetés par des ménages, contre 62 % pour les autres véhicules alternatifs (*graphique 4*). Un véhicule GPL est plus cher à l'achat qu'un véhicule 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).

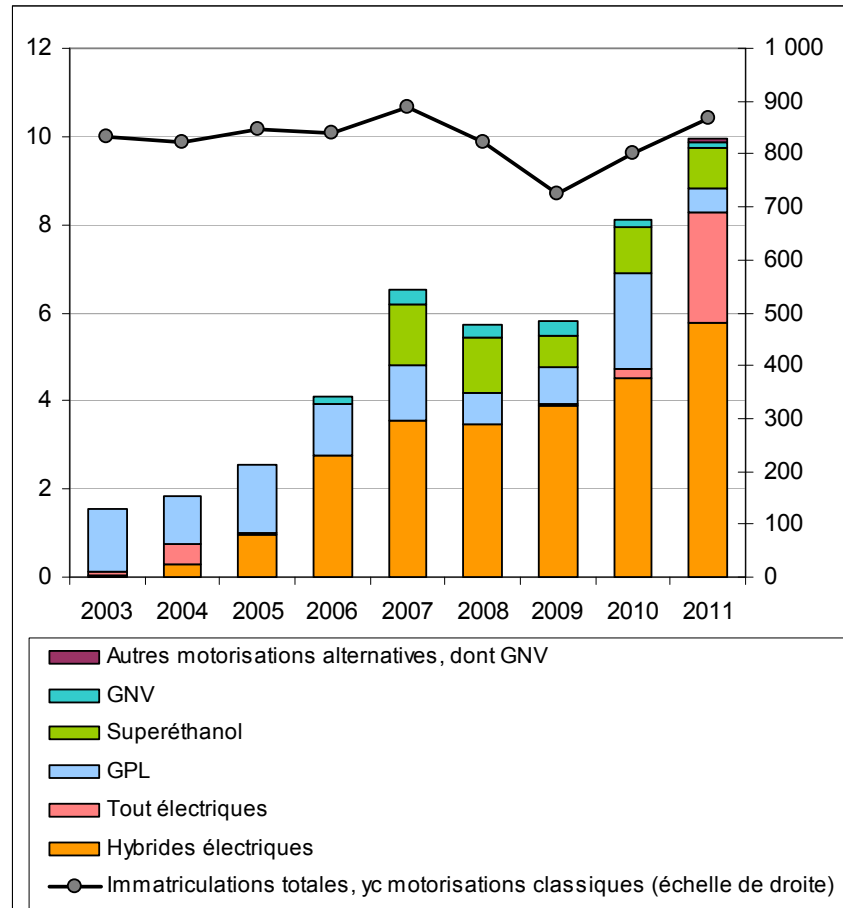
Contrairement aux ménages, le comportement d'achat des entreprises semble plus dicté par la conjoncture économique que par les évolutions des dispositifs de soutien. Ainsi, leurs achats de véhicules alternatifs ont augmenté en 2011 malgré la fin de la prime à la casse : leurs flottes souvent plutôt récentes 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 CO₂ 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 CO₂/km le 1^{er} 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

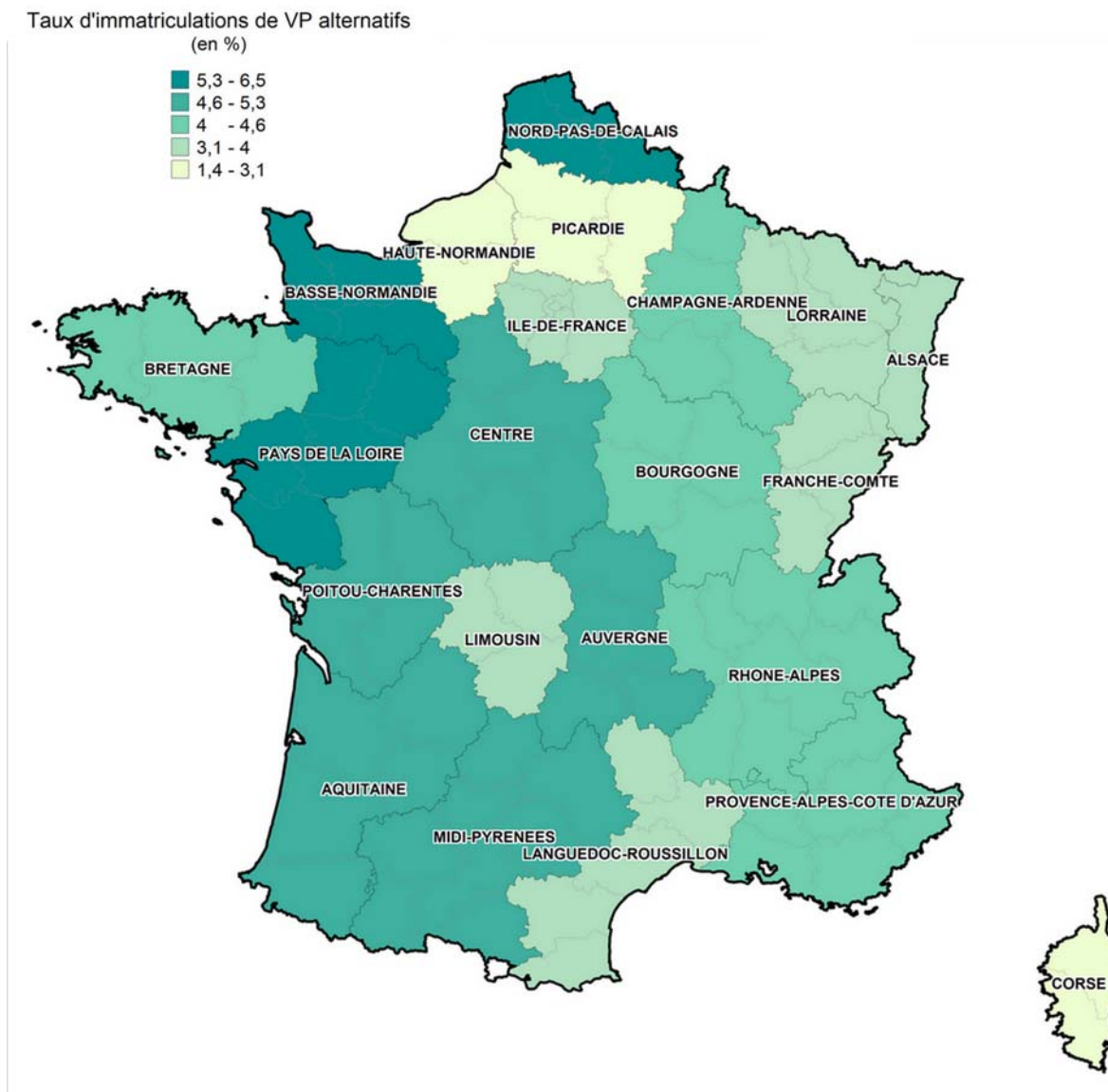
On s'intéresse à nouveau aux immatriculations de tous les agents, ménages et entreprises.

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.

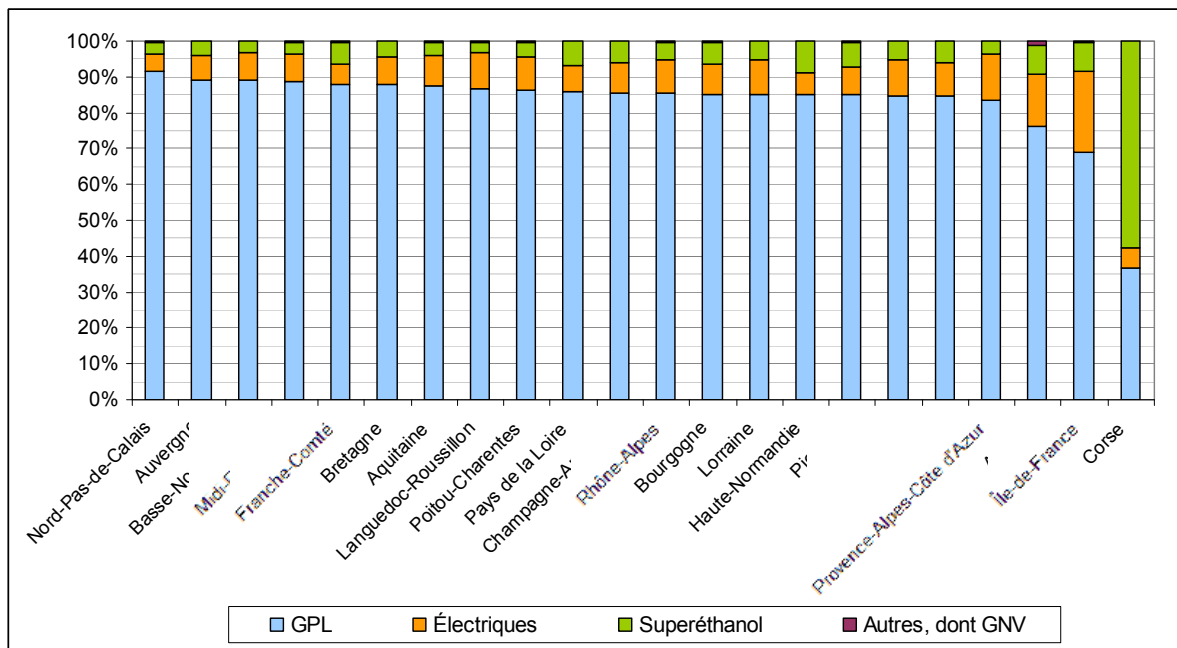
Carte 1 – Part des motorisations alternatives dans les immatriculations de VP neufs en 2010



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^{er} janvier 2010 et le 1^{er} 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^{er} janvier 2010 et le 1^{er} 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
France métropolitaine	2 215 033	3,4	0,2	10 218	17,6	5,1	- 0,1	- 1,7

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 m³ 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 CO₂ : son barème est fonction du niveau d'émission de CO₂ par kilomètre du véhicule. L'acheteur d'un véhicule faiblement émetteur de CO₂ 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 CO₂/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.

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 CO₂, 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 CO₂, 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 hybrides²⁶, 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'autonomie²⁷, 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

²⁶ Véhicules hybrides électriques non rechargeables sur le secteur.

²⁷ 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)²⁸ 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 équivalents²⁹. 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

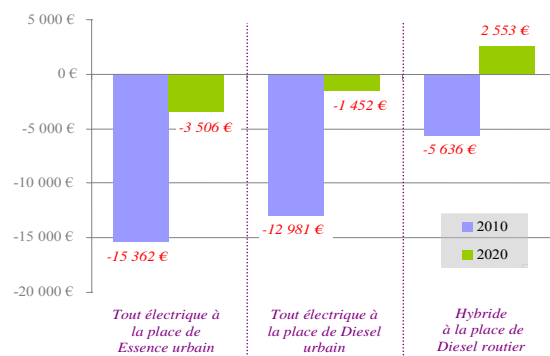
A l'horizon 2020, le bilan du remplacement d'une voiture thermique par une voiture électrique serait proche de l'équilibre, alors qu'il était négatif en 2010 (figure 1).

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 fréquents³⁰.

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

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

²⁹ 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.

³⁰ 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 m³ de type Renault Kangoo ZE et de 3 074 véhicules compacts deux places d'un volume d'environ 1 m³ 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.

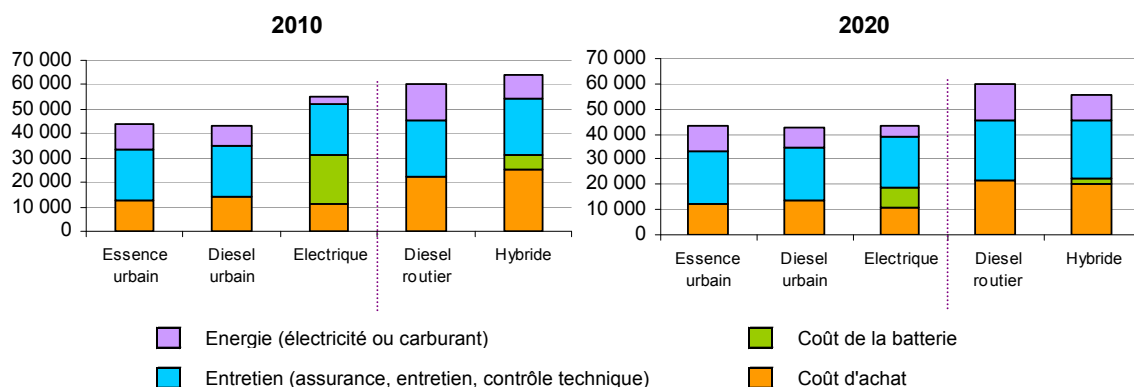
Aussi, en attendant le décollage de la filière et la baisse du coût de la batterie qui en résultera, le bonus écologique atténue le surcoût des véhicules électriques (Voir encadré dans l'article sur les immatriculations de véhicules équipés de motorisations alternatives du SOeS).

... 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) (€)



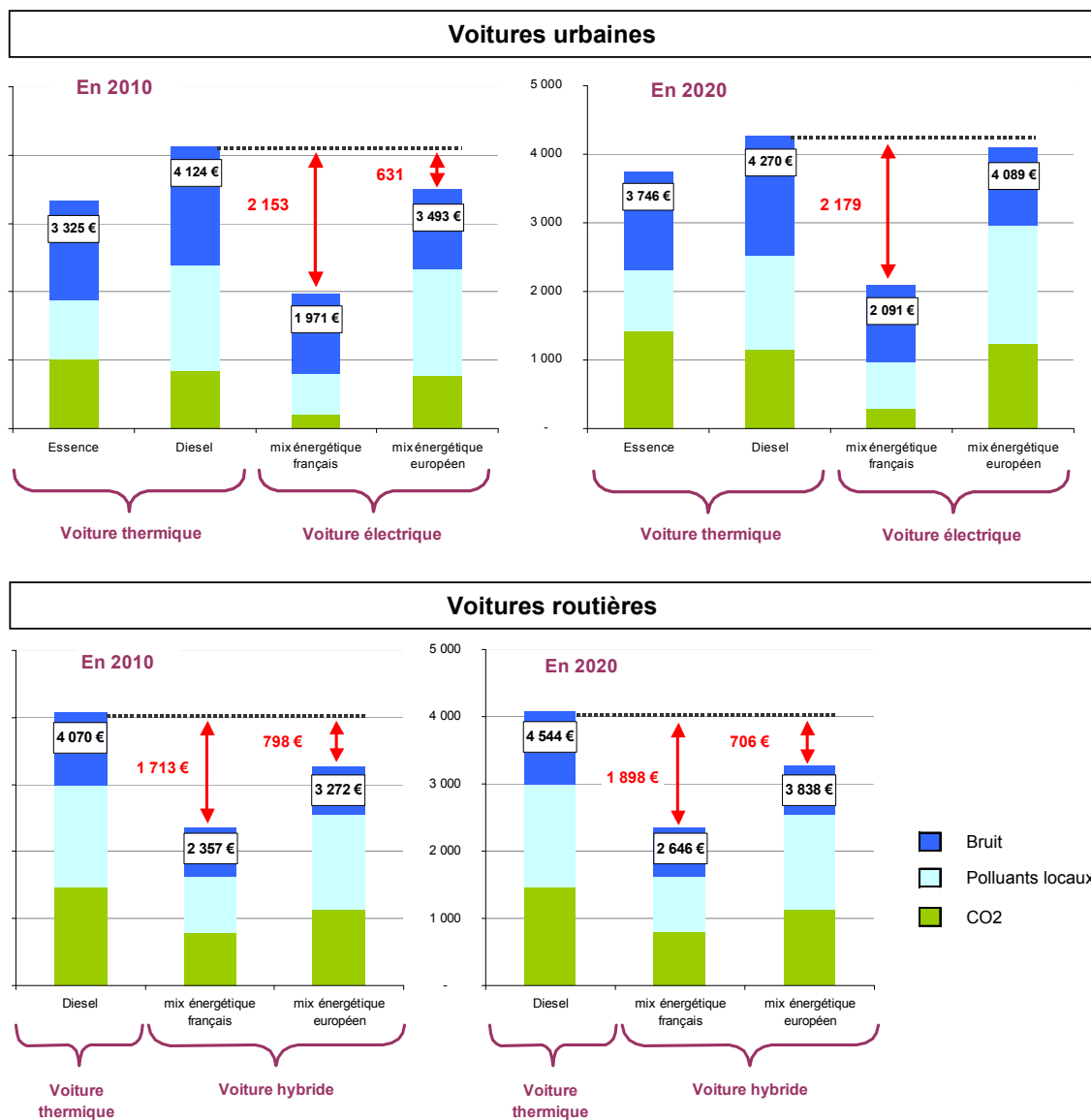
Source : Données constructeurs, calculs CGDD

Des bénéfices environnementaux sont enregistrés dès 2010...

Dès 2010, l'avantage environnemental (moindres émissions de CO₂, 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 CO₂ auquel il est recouru en période creuse ; la valeur basse correspond au mix énergétique européen davantage émetteur de CO₂, 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 CO₂.

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 CO₂ ; 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 CO₂ évitées pourraient ainsi représenter 2 millions de tonnes pour l'année 2020, à comparer aux 65 Mt de CO₂ 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*).

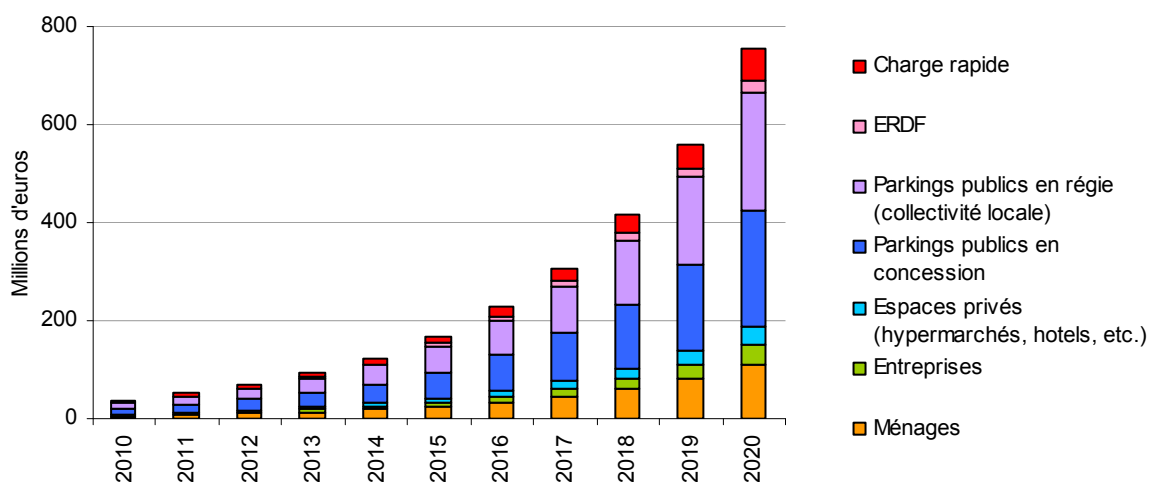
Le développement des infrastructures de charge est fondé sur un scénario de déploiement de la flotte de véhicules électriques et d'un nombre de points de charge affectés à chaque véhicule. Un point de charge principal est affecté à tout véhicule pour une recharge quotidienne, en période de base de la 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 ₂ en circulation (gCO ₂ /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 ₂ en circulation (gCO ₂ /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 CO₂ : les émissions de CO₂ 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 CO₂, 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>