

Véhicules légers GPL Euro 3

Mesures des émissions de CO₂ et de polluants Comparatif avec leurs versions essence et Diesel

Laurent GAGNEPAIN

DONNÉES ET RÉFÉRENCES
Avril 2004

Le GPL est un carburant gazeux, composé principalement d'hydrocarbures légers contenant trois ou quatre atomes de carbone. Cette formulation légère est de nature à offrir à ce carburant certains avantages environnementaux par rapport à l'essence et au gazole :

- *Formulation légère permettant de réduire les émissions imbrûlées*
- *Compatibilité mécanique (indice d'octane favorable) avec les motorisations actuelles fonctionnant à l'essence.*

Ces avantages théoriques, ainsi que la défiscalisation dont bénéficie ce carburant par rapport à l'essence, ont conduit à un développement sensible du parc GPL de voitures particulières (VP) et de véhicules utilitaires légers (VUL) durant la fin des années 1990. Des constructeurs d'automobiles proposent maintenant des véhicules bicarburation essence / GPL équipés en première monte.

Afin de comparer les performances environnementales de véhicules commercialisés après le 1^{er} janvier 2000 (norme Euro 3) et fonctionnant au GPL avec leurs versions essence et Diesel, un programme européen (EETP : European Emission Test Programme) a été initié par des industriels du GPL (BP LPG, Comité Français du Butane Propane, Liquefied Petroleum Gas Association, SHELL Global Autogas, SHV Gas, TOTALGAZ, Vereniging Vloeibaar Gas) et des agences de l'environnement (ADEME, Energy Saving Trust). Quatre pays, associés à quatre laboratoires reconnus en Europe, ont pris part à cette évaluation : l'Allemagne (TÜV), la France (IFP), les Pays-Bas (TNO) et le Royaume-Uni (Millbrook).

ADEME



DÉPARTEMENT TECHNOLOGIES DES TRANSPORTS

Programme d'étude

Véhicules testés

Sept modèles de voitures particulières et trois modèles de véhicules utilitaires légers ont fait l'objet de mesures dans leurs versions GPL, essence et Diesel (*Tableau 1*). Le kilométrage

de chacun des véhicules était compris entre 5 000 et 25 000 km. Les mesures en essence ont été effectuées sur la version mono-carburant ou à défaut sur la version bicarburant essence / GPL.

| Modèle | Motorisation | Cyl. (cm3) | P. maxi (kW) | Modèle | Motorisation | Cyl. (cm3) | P. maxi (kW) |
|-------------------------------|--------------------------------|------------|--------------|-------------------------------------|--------------------------------|------------|--------------|
| VOITURES PARTICULIERES | | | | VEHICULES UTILITAIRES LEGERS | | | |
| Nissan Primera | GPL / essence, inj. multipoint | 1800 | 80 | Ford Transit | GPL / essence, inj. multipoint | 2300 | 103 |
| | Diesel, inj. directe | 2200 | 93 | | Diesel, inj. directe | 2400 | 92 |
| Peugeot 406 | GPL / essence, inj. multipoint | 1800 | 82 | Renault Kangoo | GPL / essence, inj. multipoint | 1200 | 55 |
| | essence, inj. multipoint | 1800 | 85 | | Diesel, inj. directe | 1500 | 48 |
| | Diesel, inj. directe | 2000 | 80 | Vauxhall Combo | GPL / essence, inj. multipoint | 1600 | 64 |
| Renault Scenic | GPL / essence, inj. multipoint | 1600 | 76 | | Diesel, inj. directe | 1700 | 55 |
| | essence, inj. multipoint | 1600 | 79 | | | | |
| | Diesel, inj. directe | 1900 | 75 | | | | |
| Vauxhall Vectra | GPL / essence, inj. multipoint | 1800 | 90 | | | | |
| | Diesel, inj. directe | 2000 | 74 | | | | |
| Vauxhall Astra | GPL / essence, inj. multipoint | 1600 | 62 | | | | |
| | Diesel, inj. directe | 1700 | 55 | | | | |
| Volvo V40 | GPL / essence, inj. multipoint | 1800 | 85 | | | | |
| | essence, inj. multipoint | 1800 | 85 | | | | |
| | Diesel, inj. directe | 1900 | 85 | | | | |
| Volvo V70 | GPL / essence, inj. multipoint | 2400 | 103 | | | | |
| | essence, inj. multipoint | 2400 | 103 | | | | |
| | Diesel, inj. directe | 2400 | 120 | | | | |

Tableau 1 – Listes des dix véhicules mesurés

Cycles d'essais

Les essais ont été réalisés selon deux catégories de cycles de roulage :

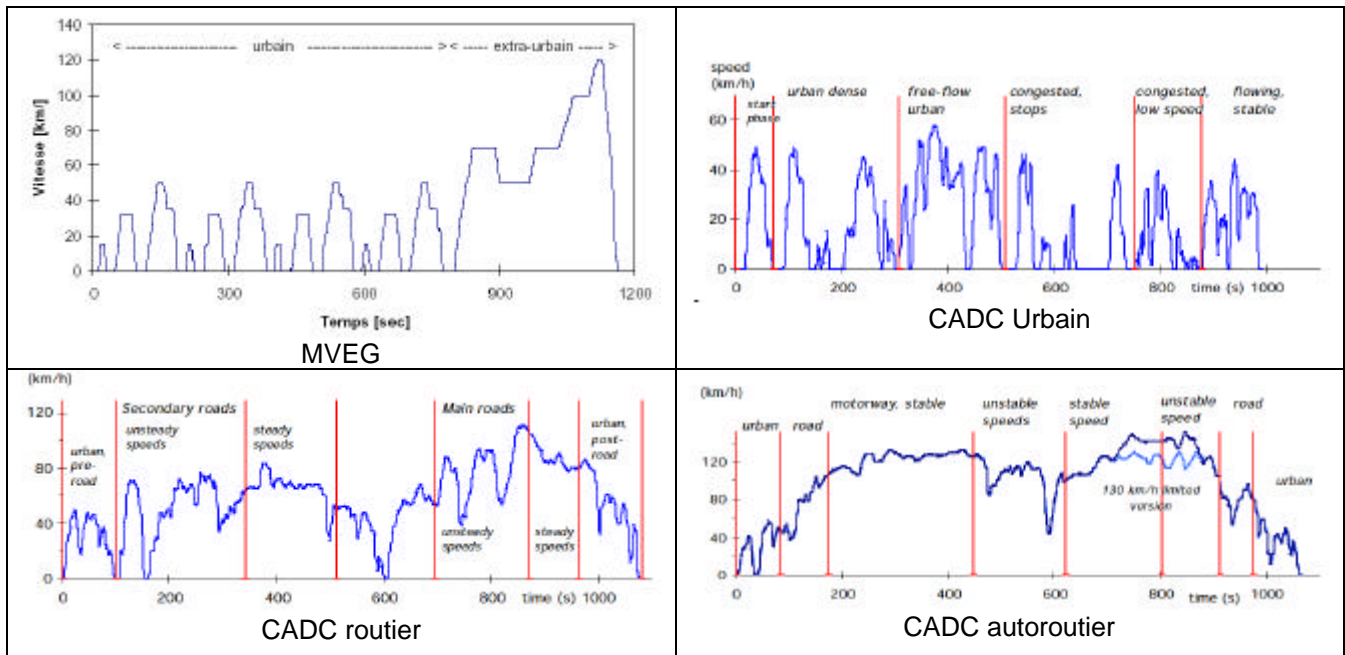
- MVEG : cycle d'homologation des véhicules en Europe. Il comprend une partie urbaine (ECE) et une partie extra-urbaine (EUDC) dont les vitesses moyennes sont 18,8 et 62,6 km/h. Le cycle est effectué avec un démarrage moteur froid (20°C).
- Commom Artemis Driving Cycle (CADC) : cycle composé de trois cycles d'usage réel représentatifs d'une circulation en ville, sur route et sur autoroute. Les vitesses moyennes sur chacun de ces cycles sont respectivement de 16, 55 et 91 km/h. Ces trois cycles ont été effectués avec un démarrage moteur chaud.

Carburant d'essais

Les mêmes carburants, répondant aux exigences des normes européennes, ont été utilisés par les quatre laboratoires d'essais.

Essais circulaires

Afin de valider l'homogénéité des mesures effectuées par les quatre laboratoires européens, des essais dits "circulaires" ont été réalisés sur trois véhicules : un Diesel et deux GPL. Leurs émissions de polluants réglementés (monoxyde de carbone (CO), hydrocarbures imbrûlés (HC), oxydes d'azote (NO_x) et particules), de CO₂ et leur consommation ont été mesurées sur le cycle MVEG par les différents laboratoires puis comparés. Il est apparu une bonne cohérence des mesures entre les quatre centres d'essais.



Résultats unitaires des émissions de CO, HC, NO_x et CO₂

Les émissions individuelles de CO, HC, NO_x et CO₂ des sept voitures particulières relevées sur les cycles MVEG et CADC mixte⁽¹⁾ ont été analysées. Les résultats sont présentés sur les *Figure 1* à *Figure 4*.

CO, HC, NO_x

Les émissions de CO des véhicules GPL sont très contrastées aussi bien sur le cycle MVEG que le cycle CADC mixte. Les rejets de CO des motorisations GPL sont le plus souvent supérieurs à ceux enregistrés en essence. En effet, certains constructeurs utilisent une stratégie spéciale en GPL : lors des leviers de pied en cas de forte décélération, l'alimentation en carburant est coupée au niveau du vapo-détendeur, mais les injecteurs restent ouverts un certain temps pour limiter les risques de surpression dans la ligne entre le vapo-détendeur et les injecteurs.

On peut noter cependant que sur le cycle avec démarrage à froid (MVEG), trois véhicules en mode GPL (D, F et G) émettent moins de CO que les versions essence.

Cependant moteur chaud (CADC mixte) seul un véhicule GPL (B) présente des émissions de CO inférieures à la version essence. Enfin, les motorisations Diesel rejettent classiquement nettement moins de CO que les essence et les GPL.

Concernant les HC, quatre modèles (A, B, C, et G) présentent sur le cycle MVEG des niveaux d'émissions très homogènes en Diesel, essence et GPL. Sur les trois autres modèles, les valeurs obtenues en GPL sont inférieures ou équivalentes à celles du moteur à essence mais supérieures à celles obtenues avec le moteur Diesel. Sur le cycle CADC mixte, moteur chaud, les niveaux mesurés pour l'ensemble des voitures particulières sont très faibles et les différences entre les motorisations ne sont pas significatives.

Quel que soit le cycle de roulage, les émissions de NO_x de tous les véhicules Diesel, et ceci est normal, sont très nettement supérieures à celles obtenues en essence ou en GPL à cause du fonctionnement en excès d'air et de l'absence d'un système de post-traitement de ce polluant. Par ailleurs, les rejets de NO_x des motorisations GPL sont inférieurs, quelquefois équivalents, aux émissions des moteurs à essence.

¹ Le cycle nommé CADC mixte correspond à une distribution moyenne des kilomètres parcourus en Europe selon une étude de la SOFRES de 1999 : 36% urbain, 37% routier et 27% autoroutier.

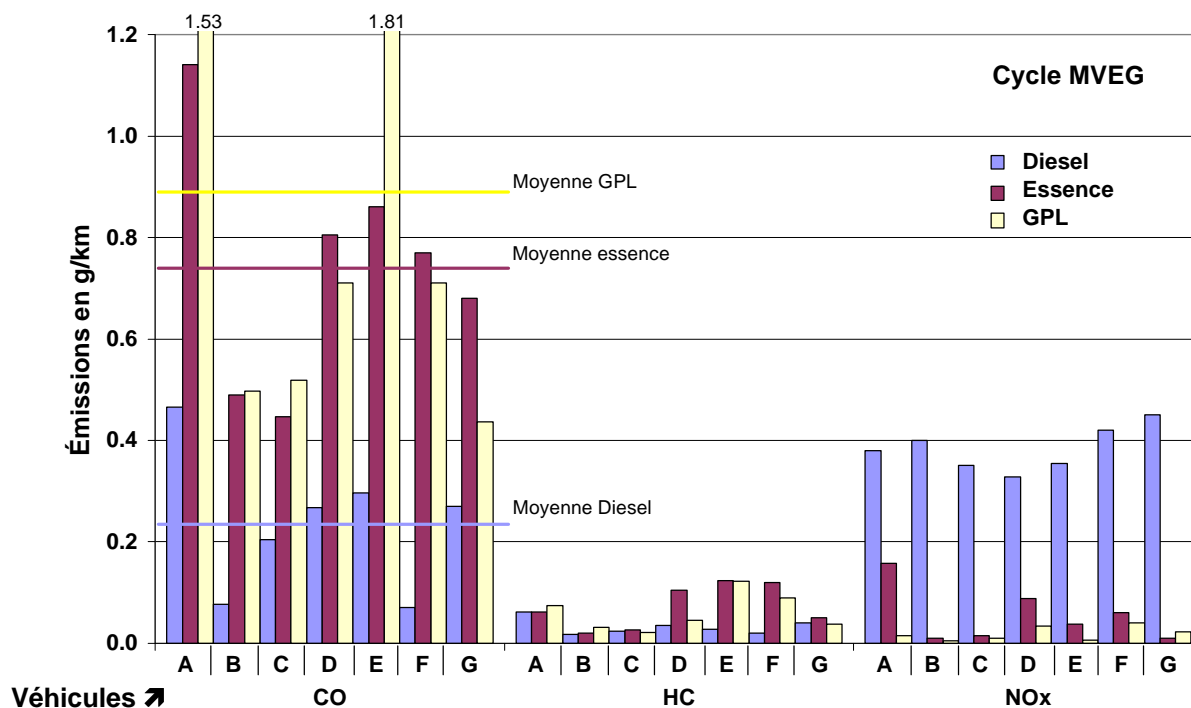


Figure 1 – Émissions individuelles de CO, HC, NO_x des sept VP sur le cycle MVEG

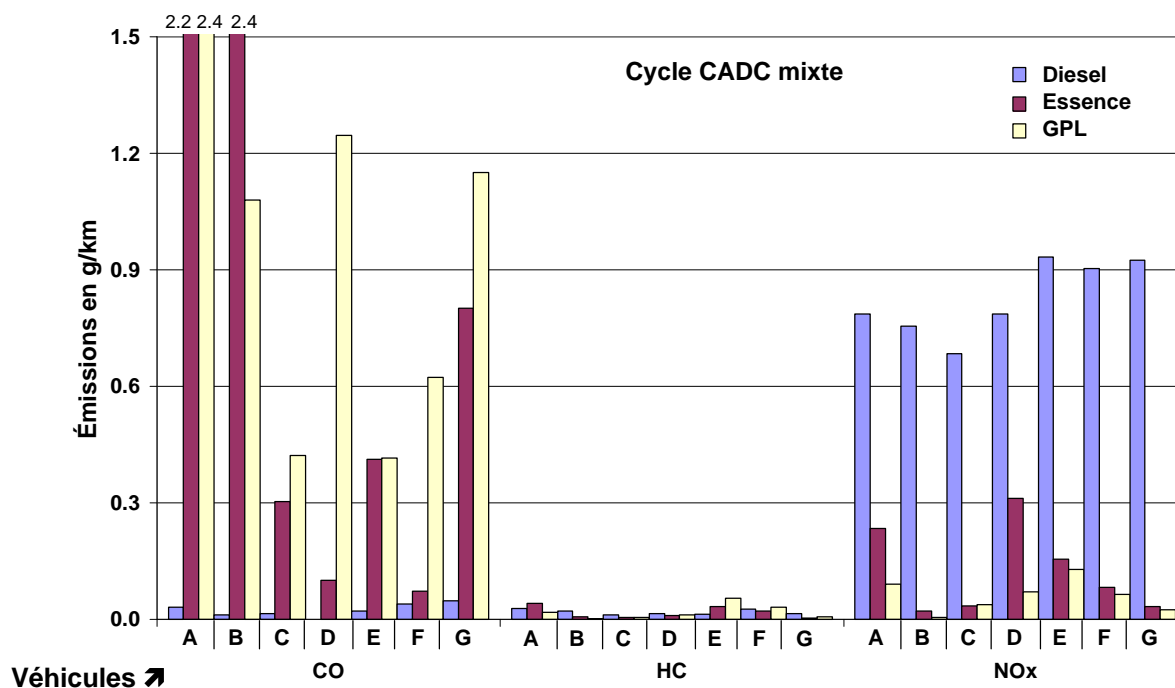


Figure 2 - Émissions individuelles de CO, HC, NO_x des sept VP sur le cycle CADC mixte

CO₂

Les résultats par rapport au Diesel sont plus contrastés. En effet, sur les cycles MVEG et CADC mixte respectivement trois (A, C et E) et quatre (A, C, D et F) véhicules Diesel

présentent des rejets de CO₂ supérieurs ou égaux à leur version GPL. Sur les deux cycles de roulage mixte, les véhicules GPL ont des émissions de CO₂ à l'échappement inférieures à toutes les versions essence.

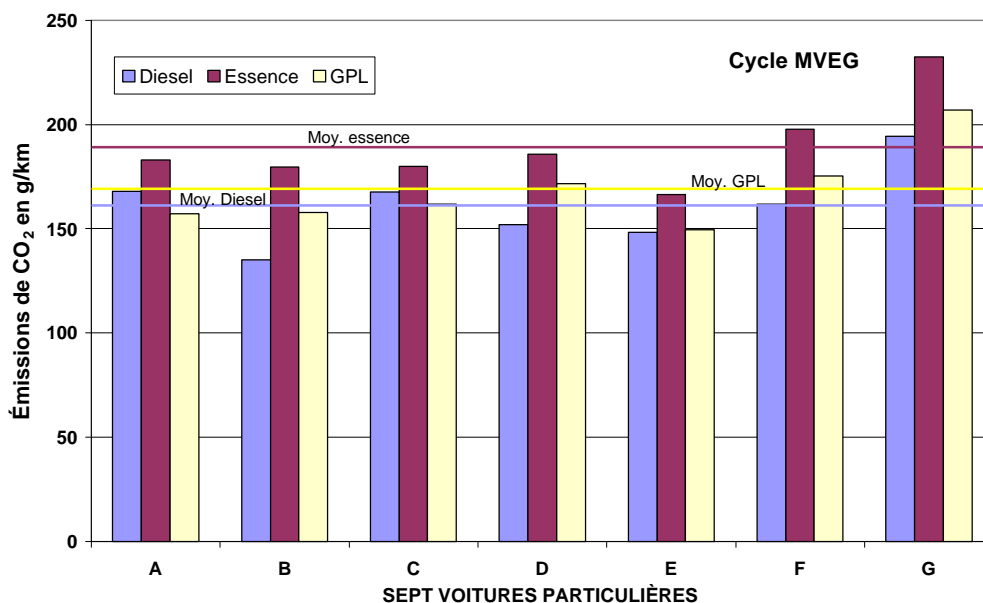


Figure 3 – Émissions individuelles de CO₂ des sept VP sur le cycle MVEG

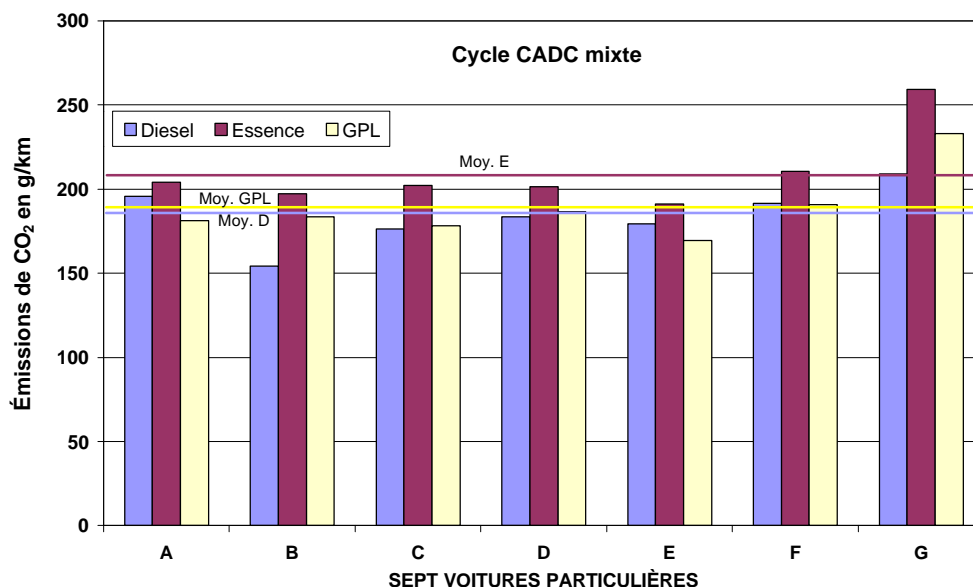


Figure 4 - Émissions individuelles de CO₂ des sept VP sur le cycle CADC mixte

Résultats en moyenne des émissions de polluants réglementés et CO₂

Afin d'étendre l'analyse à la notion de parc de véhicules GPL, essence et Diesel, ont été comparées les valeurs moyennes des émissions de CO, HC, NO_x, particules, CO₂ et des consommations, mesurées pour les

dix véhicules testés (7 VP + 3 VUL), sur l'ensemble des cycles de roulage. Les écarts entre le GPL et les deux autres motorisations sont présentés dans le *Tableau 2*.

| Cycle | CO (g/km) | HC (g/km) | NO _x (g/km) | Part. (g/km) | CO ₂ (g/km) | Conso (l/100km) |
|----------------------|--------------|--------------|---------------------------|-----------------|---------------------------|--------------------|
| GPL / DIESEL | | | | | | |
| ECE | 281% | 147% | -92% | -97% | 14% | 88% |
| EUDC | x 184 | -59% | -98% | -98% | 5% | 72% |
| MVEG | 383% | 116% | -95% | -97% | 9% | 80% |
| CADC Urbain | x 28 | 48% | -92% | -97% | 11% | 84% |
| CADC Routier | x 241 | -47% | -94% | -96% | 2% | 68% |
| CADC Autoroutier | x 300 | 63% | -96% | -91% | -2% | 63% |
| CADC Mixte | x 60 | 24% | -94% | -94% | 5% | 74% |
| GPL / ESSENCE | | | | | | |
| ECE | 25% | -15% | -44% | n.s. | -13% | 28% |
| EUDC | 104% | -30% | -81% | n.s. | -15% | 29% |
| MVEG | 36% | -16% | -63% | n.s. | -12% | 28% |
| CADC Urbain | 111% | 57% | -47% | n.s. | -12% | 30% |
| CADC Routier | 34% | -31% | -51% | n.s. | -11% | 30% |
| CADC Autoroutier | 29% | 41% | -59% | n.s. | -10% | 31% |
| CADC Mixte | 56% | 34% | -51% | n.s. | -11% | 31% |

Tableau 2 – Émissions CO, HC, NO_x, particules, CO₂ et consommation des dix véhicules

CO

Sur tous les cycles, les émissions de CO sont nettement supérieures en GPL, par rapport au Diesel et à l'essence, mais restent inférieures à la norme Euro 3 (2,3 g/km).

HC

Sur les cycles EUDC et réel routier, les émissions de HC en GPL sont inférieures à celles des Diesel (-59% et -47% respectivement), mais supérieures sur les autres cycles (jusqu'à +147% sur le cycle ECE). Elles sont également plus faibles que celles des essence (entre -15% et -31%), sauf sur les cycles réel urbain, réel autoroutier et réel mixte (respectivement +57%, +41% et +34%).

NO_x

Sur tous les cycles, les émissions de NO_x des GPL sont inférieures à celles des Diesel (entre -92% et -98%) et des essence (entre -44% et -81%).

Particules

Sur tous les cycles, les émissions de particules des véhicules GPL sont inférieures

à celles des Diesel (entre -91% et -98%), mais équivalentes à celles des essence, avec de très faibles quantités mesurées dont les différences ne sont pas significatives.

CO₂

Sur les cycles urbains (ECE et réel urbain), les émissions de CO₂ des GPL sont sensiblement supérieures à celles des Diesel (respectivement +14% et +11%). Sur les cycles réels routier et autoroutier, les émissions de CO₂ des GPL sont équivalentes à celles des Diesel (entre -2% et +2%). Sur le cycle EUDC et les cycles mixtes (MVEG et réel mixte), les véhicules GPL émettent un peu plus de CO₂ (respectivement +5%, +9% et +5%). Sur tous les cycles, les émissions de CO₂ des GPL sont nettement inférieures à celles des essence (de -10% réel autoroute à -15% EUDC).

Consommation de carburant

La consommation volumique des GPL est supérieure d'environ 30% à celle des essence (de +28 à +31%) du fait de son plus faible pouvoir calorifique inférieure volumique.

Résultats concernant les polluants non réglementés

Trois catégories de polluants non réglementés ont été mesurées : les gaz à effet de serre (méthane et protoxyde d'azote), des gaz reconnus comme toxiques (benzène, 1,3-butadiène, formaldéhyde et

acétaldéhyde) et les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP). Les résultats sont synthétisés dans le *Tableau 3*.

| Motorisation | Benzène (mg/km) | 1,3-butadiène (mg/km) | Formaldéhyde (mg/km) | Acétaldéhyde (mg/km) | HAP (µg/km) | CH ₄ (mg/km) | N ₂ O (mg/km) |
|-------------------------|--------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------|----------------------------|-----------------------------|
| Cycle MVEG | | | | | | | |
| Diesel | 0.617 | 0.179 | 5.492 | 2.182 | - | 5.901 | 7.860 |
| Essence | 2.240 | 0.398 | 0.802 | 0.307 | - | 7.919 | 3.233 |
| GPL | 0.572 | 0.133 | 0.416 | 0.180 | - | 15.115 | 1.957 |
| GPL / Diesel | -7% | -26% | -92% | -92% | - | 156% | -75% |
| GPL / Essence | -74% | -67% | -48% | -41% | - | 91% | -39% |
| Cycle CADC total | | | | | | | |
| Diesel | 0.135 | 0.000 | 0.710 | 0.226 | 22.307 | 2.912 | 5.990 |
| Essence | 0.583 | 0.038 | 0.146 | 0.131 | 49.501 | 2.843 | 2.408 |
| GPL | 0.092 | 0.005 | 0.049 | 0.083 | 16.733 | 3.662 | 1.979 |
| GPL / Diesel | -31% | - | -93% | -63% | -25% | 26% | -67% |
| GPL / Essence | -84% | -87% | -66% | -37% | -66% | 29% | -18% |

Tableau 3 – Émissions de polluants non réglementés

Sur le cycle MVEG, les valeurs moyennes ont été établies pour seulement trois véhicules (deux VP et un VUL). Pour le cycle CADC total, les chiffres affichés représentent les valeurs moyennes obtenues sur l'enchaînement des trois cycles urbain, routier et autoroutier⁽²⁾. Sur ce cycle, les émissions moyennes sont respectivement obtenues à partir de 6, 7, 9 et 10 véhicules pour le protoxyde d'azote, les HAP, le méthane et les quatre gaz toxiques.

Gaz toxiques

Les véhicules GPL rejettent beaucoup moins de polluants reconnus pour leur toxicité, tels que le benzène, le 1,3-butadiène, le formaldéhyde et l'acétaldéhyde, que les motorisations Diesel et essence, aussi bien pour des roulages avec démarrage à froid (MVEG) que moteur chaud (CADC total).

Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)

Sur le cycle CADC total, nous observons que les moteurs GPL émettent moins de HAP que les moteurs essence et à un degré moindre que les Diesel. Aucune mesure n'a été réalisée sur le cycle MVEG.

Gaz à effet de serre

Hormis le CO₂ dont les résultats ont été présentés précédemment, les émissions de méthane (CH₄) et de protoxyde d'azote (N₂O) ont été mesurées. Il apparaît que le GPL émet plus de CH₄ que le gazole et l'essence, de part de sa composition⁽³⁾ proche du méthane, mais moins de N₂O. Lors de roulage avec un démarrage à froid (cycle MVEG), les écarts s'accroissent entre le GPL et les deux autres carburants.

² Le cycle CADC total correspond à une répartition kilométrique de 10% en ville, 37% sur route et 53% sur autoroute différente d'un usage moyen en Europe (36% ville, 37% route et 27% autoroute)

³ Le GPL est constitué principalement d'un mélange de butane et de propane à proportions quasi égales

Résultats concernant les impacts environnementaux et sanitaires

Effet de serre

Les émissions de gaz à effet de serre ont été évaluées du puits à la roue, pour intégrer la consommation d'énergie lors des phases de fabrication et distribution des différents carburants. Pour le calcul du puits au réservoir, il a été retenu pour l'essence et le gazole deux valeurs : respectivement 10,4 et 6,45 geCO₂/MJ⁽⁴⁾ d'une part, 12,5 et 14,2 geCO₂/MJ⁽⁵⁾ d'autre part. La différence s'explique par l'introduction de carburants désulfurés (< 10 ppm), qui nécessitent plus d'énergie lors du raffinage. Pour le GPL, il a été considéré une seule valeur à 7,5 geCO₂/MJ⁽⁶⁾, étant donné que la composition de ce carburant ne devrait pas

évoluer à court et moyen termes. Enfin, le calcul des émissions d'équivalent CO₂ du réservoir à la roue prend en compte les émissions de CH₄ et N₂O présentées dans le chapitre précédent. Les résultats obtenus sur les cycles MVEG (moyenne sur trois véhicules) et CADC total sont présentés dans le *Tableau 4*.

⁴ "Bilans énergétiques et gaz à effet de serre des filières de production de biocarburants en France", ADEME, DIREM, septembre 2002

⁵ "Well-To-Wheels analysis of Future automotive fuels and powertrains in the European context", CONCAWE, EUCAR, JRC, décembre 2003

⁶ "Transportation cycle model" – GREET 1.5 – août 1999

| Motorisation | puits réservoir geCO ₂ /km | | réservoir roue geCO ₂ /km | puits roue geCO ₂ /km | |
|-------------------------|--|-------|---|-------------------------------------|-------|
| | Hyp 1 | Hyp 2 | | Hyp 1 | Hyp 2 |
| Cycle MVEG | | | | | |
| Diesel | 13.8 | 30.5 | 161.7 | 175.6 | 192.2 |
| Essence | 28.1 | 35.7 | 199.1 | 227.2 | 234.8 |
| GPL | 20.4 | | 174.3 | 194.7 | |
| GPL / Diesel | 48% | -33% | 8% | 11% | 1% |
| GPL / Essence | -27% | -43% | -12% | -14% | -17% |
| Cycle CADC total | | | | | |
| Diesel | 14.8 | 32.7 | 173.0 | 187.8 | 205.6 |
| Essence | 27.5 | 34.9 | 194.2 | 221.7 | 229.1 |
| GPL | 20.4 | | 173.4 | 193.8 | |
| GPL / Diesel | 38% | -38% | 0% | 3% | -6% |
| GPL / Essence | -26% | -41% | -11% | -13% | -15% |

Tableau 4– Émissions de GES du puits au réservoir et du puits à la roue sur cycle MVEG et CADC

Sur le cycle MVEG qui intègre un démarrage moteur froid, il apparaît que, quelles que soient les hypothèses prises sur l'essence, les émissions d'équivalent CO₂ du puits à la roue des véhicules GPL sont inférieures d'environ 15%. En revanche, le bilan énergétique reste favorable au Diesel par rapport au GPL, pour le gazole commercialisé actuellement. Néanmoins, les émissions de GES du puits à la roue sont identiques dans le cas des gazoles désulfurés qui seront progressivement

introduits en Europe (< 50 ppm en 2005 et < 10 ppm en 2008).

Sur le cycle CADC total correspondant à l'enchaînement, moteur chaud, des parties urbaine, routière et autoroutière, nous observons que le bilan du puits à la roue est favorable au GPL par rapport à l'essence, et équivalent à celui du gazole, avec toujours des émissions de gaz à effet de serre plus faibles comparativement aux gazoles désulfurés.

Afin d'avoir une image plus proche de l'usage réel des véhicules, les émissions de gaz à effet de serre, du puits à la roue sur les cycles CADC urbain, routier, autoroutier et mixte, ont été évaluées. Les mesures de CH₄ et de N₂O n'ayant été faites que sur le cycle CADC total, il a été considéré, étant donné que leurs valeurs sont très faibles par rapport

aux émissions de CO₂, qu'elles étaient identiques sur chaque phase de ce cycle, à savoir : 1,8 geCO₂/km pour le Diesel, 0,8 pour l'essence et 0,7 pour le GPL. Les résultats sont présentés sur la *Figure 5*. Les barres d'erreur marquent les hypothèses de carburants actuel et désulfuré.

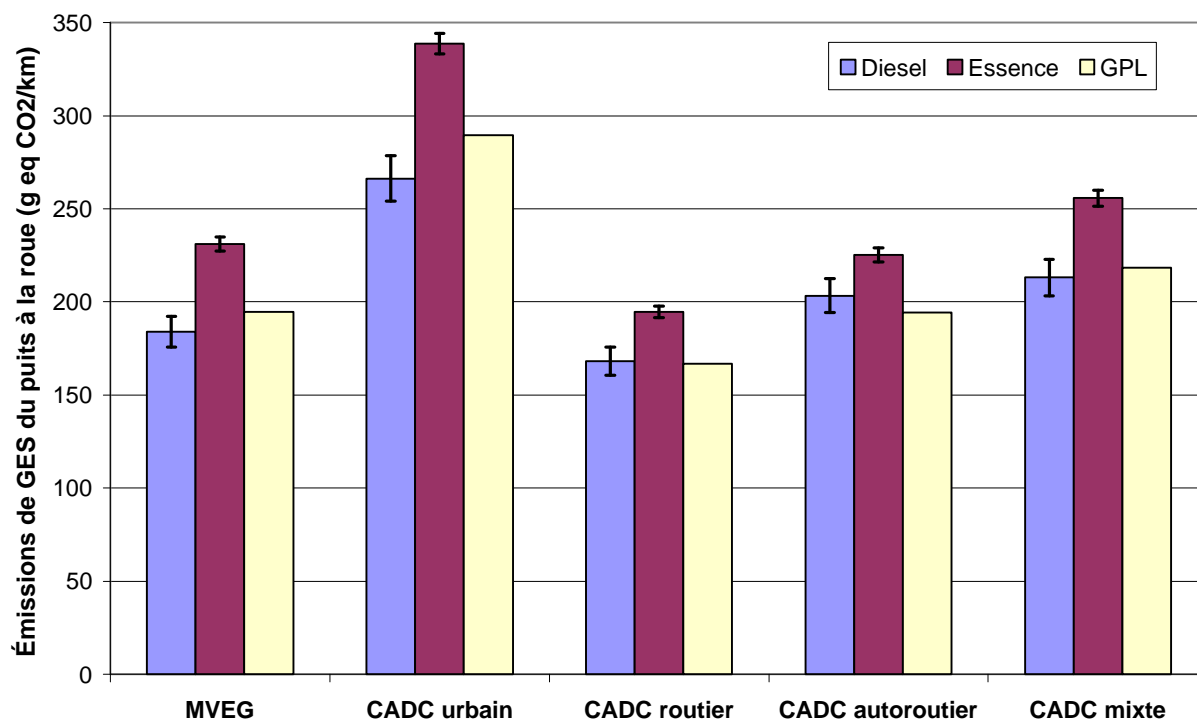


Figure 5 – Émissions de gaz à effet de serre du puits à la roue

Il apparaît que les émissions de GES, du puits à la roue, des véhicules GPL sont inférieures à celles des essence, quel que soit le type de circulation. En revanche, comparativement aux véhicules Diesel, elles sont plus importantes en ville mais équivalentes sur route et en usage mixte, voire même inférieures sur autoroute. Enfin, les démarrages moteur froid semblent légèrement pénaliser le GPL par rapport au Diesel car l'écart entre ces deux motorisations s'accroît sur le cycle MVEG par rapport au cycle CADC mixte.

Potentiel de formation d'ozone

L'ozone provoque des irritations respiratoires, ainsi qu'une diminution de la capacité pulmonaire. Son apparition est liée à la photolyse du dioxyde d'azote dont la formation est favorisée par l'action des hydrocarbures présents dans l'air sur le

monoxyde d'azote. En milieu urbain, la forte concentration en monoxyde d'azote empêche la formation d'ozone par réduction : $\text{NO} + \text{O}_3 \rightarrow \text{NO}_2 + \text{O}_2$. En revanche, en milieu extra-urbain, la concentration en monoxyde d'azote diminue et l'ozone formé ne peut pas être totalement réduit.

L'impact des gaz d'échappement sur la formation d'ozone a été évaluée à l'aide de deux indices :

- POCP (Photochemical Ozone Creation Potentials) : le potentiel de formation d'ozone de chaque composé organique volatil (COV) est défini comme le rapport de sa propension à former de l'ozone dans la troposphère sur celle de l'éthylène dont la valeur de référence est 100 ; le POCP de l'éthylène vaut donc 1.
- TOFP (Tropospheric Ozone Forming Potentials) : cet indice représente les émissions de précurseurs d'ozone et il

résulte de la somme des émissions unitaires des NO_x, hydrocarbures non méthaniques, CO et CH₄ pondérées respectivement par les coefficients suivants : 1,22 ; 1,0 ; 0,11 ; 0,014.

Le POCP, dépendant des conditions locales est, de ce fait, plus représentatif de l'impact du véhicule sur la formation d'ozone dans un secteur restreint dont la composition chimique de l'air est définie. À l'inverse, le TOFP représente l'impact direct du véhicule sur la formation d'ozone. Par conséquent, le POCP permet d'évaluer les changements de

concentration d'ozone, plutôt au niveau local et le TOFP, plutôt au niveau régional, mesurant ainsi l'impact environnemental.

La Figure 6 présente les valeurs moyennes de POCP et TOFP sur le cycle CADC total. Pour les deux indices, les véhicules GPL et essence sont équivalents. Pour les véhicules Diesel, le POCP est inférieur aux véhicules à allumage commandé, grâce à de faibles émissions de COV, mais leur TOFP est supérieur à cause de leurs fortes émissions de NO_x.

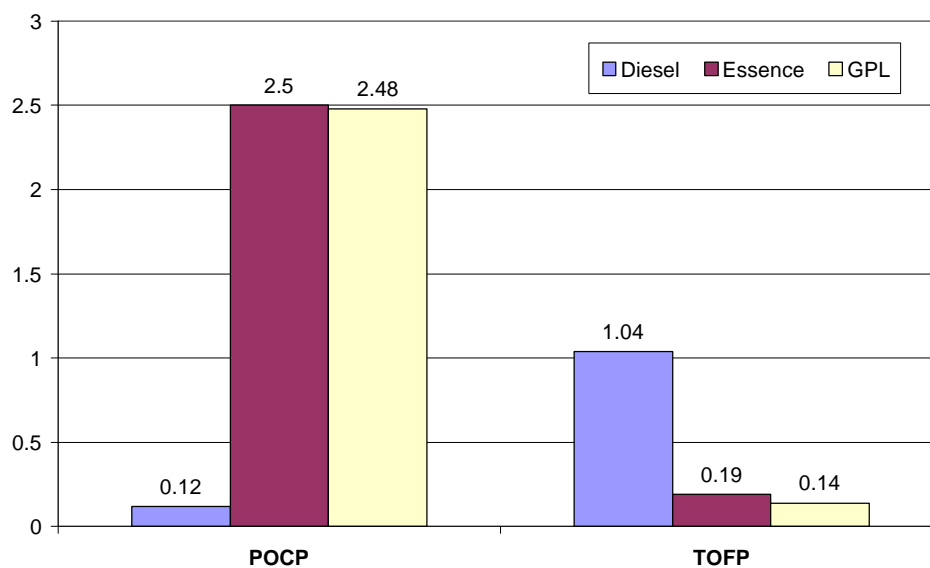


Figure 6 – Indice POCP et TOFP de formation d'ozone sur le cycle CADC total

Risque cancérigène

Les particules, le benzène, le 1,3-butadiène, le formaldéhyde, l'acétaldéhyde et de nombreux HAP sont reconnus comme probablement cancérigènes. À partir des facteurs de risque cancérigène de chacun de ces composés, établis par l'US EPA (Environmental Protection Agency) et l'OEHHA (Office of Environmental Health

Hazard Assessment), les véhicules Diesel présentent un indice de risque cancérigène dix fois plus important que les véhicules essence et GPL car l'impact des particules est largement prépondérant. La présence d'un filtre à particules sur les véhicules Diesel devrait ramener cet indice au niveau de l'essence, le GPL présentant le risque cancérigène le plus faible.

Bilan

- Afin de positionner l'ensemble des véhicules fonctionnant au GPL par rapport à leur version Diesel et essence, il a été considéré différentes conditions de

circulation et les émissions moyennes des polluants réglementés, du CO₂ et des gaz à effet de serre, du puits à la roue ont été analysées (Tableau 5).

| Conditions de circulation | GPL / Diesel | | | | | | GPL / Essence | | | | | |
|--|--------------|-------|-------|-------|-----------------|--------|---------------|--------|-------|--------|-----------------|-------|
| | CO | HC | NOx | Part | CO ₂ | GES | CO | HC | NOx | Part | CO ₂ | GES |
| Ville (4 km) démarrage moteur froid (20°C) | Red | Red | Green | Green | Red | Red | Red | Green | Green | Yellow | Green | Green |
| Ville moteur chaud | Red | Red | Green | Green | Red | Red | Red | Red | Green | Yellow | Green | Green |
| Route moteur chaud | Red | Green | Green | Green | Yellow | Yellow | Red | Yellow | Green | Yellow | Green | Green |
| Autoroute moteur chaud | Red | Red | Green | Green | Yellow | Green | Red | Yellow | Green | Yellow | Green | Green |
| Mixte dém. moteur froid (20°C) ville - extra urbain | Red | Red | Green | Green | Red | Red | Red | Green | Green | Yellow | Green | Green |
| Mixte moteur chaud ville – route - autoroute | Red | Red | Green | Green | Red | Yellow | Red | Red | Green | Yellow | Green | Green |

: moins bien : équivalent : mieux

Tableau 5 - Émissions de polluants réglementés, CO₂ à l'échappement et GES du puits à la roue : position du GPL par rapport au Diesel et à l'essence

Les conclusions que nous tirons pour des véhicules à faible kilométrage, sans prendre en compte d'éventuelles dégradations dans le temps, sont les suivantes :

- Quels que soient les usages, les moteurs GPL émettent moins de NO_x mais plus de CO que les Diesel et les essence, et moins de particules que les Diesel non équipés d'un filtre à particules. En circulation urbaine, tout comme en usage mixte, avec ou sans démarrage moteur froid, le GPL est moins bien positionné que le Diesel pour ses émissions de CO, de HC, ainsi que de CO₂, mais est plus favorable que l'essence au niveau du CO₂.
- Sur route et autoroute, les émissions de CO₂ des véhicules GPL sont équivalentes à celles des Diesel et inférieures aux essence.
- Quel que soit le type de circulation, les moteurs GPL rejettent dans l'atmosphère moins de gaz à effet de serre (GES), du puits à la roue, que les essence. Le bilan par rapport au Diesel est plus contrasté :

les usages mixtes, avec des démarrages à froid répétés ou en ville, sont défavorables au GPL, à l'inverse d'une utilisation sur autoroute. Enfin, moteur chaud, le bilan GES du puits à la roue est équivalent entre le GPL et le Diesel sur route ou en usage mixte. Il est important de noter que l'introduction d'un gazole à faible teneur en soufre augmentera sensiblement les émissions de GES du puits au réservoir de ce carburant et réduira les écarts observés avec le GPL.

La formation d'ozone à l'échelle régionale (TOFP) est plus importante pour les moteurs Diesel que pour les moteurs à allumage commandé : GPL et essence mais cette tendance est inversée à l'échelle locale (POCP). Par ailleurs, les émissions gazeuses à l'échappement des véhicules Diesel non équipés d'un filtre à particules ont un indice de risque cancérigène bien supérieur aux véhicules GPL et essence, principalement à cause des émissions de particules.

Conclusion générale

Suivant les modèles, le positionnement des véhicules GPL par rapport à leurs versions essence et Diesel n'est pas identique. En effet, certains constructeurs adoptent des stratégies moteur qui pénalisent fortement le GPL en termes d'émissions de CO. Par ailleurs, sur les cycles MVEG et CADC mixte, trois à quatre voitures particulières, sur les sept testées, font jeu égal voire mieux que leur version Diesel, pour ce qui est des rejets de CO₂ à l'échappement.

Les véhicules GPL, du point de vue des émissions de gaz à effet de serre du puits à la roue, se positionnent mieux par rapport aux véhicules Diesel sur route et autoroute où le moteur est plus chargé, qu'en ville ou lors de roulage avec des démarrages moteur froid répétés. Il convient donc, dans un souci

écologique de limitation des rejets de gaz à effet de serre, de tenir compte de l'usage réel du véhicule avant de choisir une version GPL ou Diesel.

Plus généralement, les véhicules GPL Euro 3 mesurés dans cette étude sont en net progrès par rapport aux modèles Euro 2 que l'ADEME avait évalués précédemment. La généralisation de l'injection multipoint pour les moteurs GPL a permis un abaissement des émissions polluantes et une diminution très sensible des rejets de CO₂. Ces bons résultats devront néanmoins être confirmés par des essais en vieillissement (problème de la tenue du catalyseur notamment) ; les tests précédents de l'ADEME avaient montré, pour certains véhicules, une dégradation des résultats dès 30 000 km.

A D E M E



Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie
Département Technologies des Transports
500, route des Lucioles – 06560 Valbonne