

Point de la situation:

**La consommation d'énergie et les émissions des
voitures de tourisme**

**Chiffres, faits et pronostics concernant les émissions, carburants
alternatifs et moteurs**

Berne, mars 2006

Auteur: auto-suisse
Association importateurs suisses d'automobiles
Berne

Traitement: R. Blessing, ing. dipl. ETS
A. Burgener, directeur
E. Daetwyler, RP

Les émissions des voitures de tourisme

| | | |
|--------|--|----|
| 1 | Avant-propos | 4 |
| 2 | Récapitulation..... | 5 |
| 3 | Situation de départ | 6 |
| 4 | Emissions | 8 |
| 4.1 | Les valeurs limites actuellement applicables aux voitures de tourisme..... | 8 |
| 4.2 | Quelles seront les valeurs limites de la norme EURO 5? | 8 |
| 4.3 | Bref descriptif des prescriptions américaines sur les gaz d'échappement.... | 8 |
| 4.4 | Dépouillement des émissions selon les réceptions par type suisses | 9 |
| 4.5 | Émissions lors de la combustion de la suie dans un filtre à particules | 12 |
| 5 | Carburants..... | 13 |
| 5.1 | Alternatives possibles et/ou compléments à l'essence et au diesel | 13 |
| 5.2 | Brèves définitions des différents carburants..... | 13 |
| 5.2.1 | Essence | 13 |
| 5.2.2 | Diesel | 14 |
| 5.2.3 | Gaz naturel (CNG) | 14 |
| 5.2.4 | Biogaz | 14 |
| 5.2.5 | Gaz liquide (gaz auto) | 14 |
| 5.2.6 | Alcools (méthanol et éthanol)..... | 14 |
| 5.2.7 | GTL (Synfuel)..... | 14 |
| 5.2.8 | FAME (esters méthyliques d'acides gras) | 15 |
| 5.2.9 | ETBE (éthyle tertio butyle éther) | 15 |
| 5.2.10 | DME (diméthyléther) | 15 |
| 5.3 | Analyse «Well-to-Wheel» | 16 |
| 6 | Technique de moteurs..... | 18 |
| 6.1 | Moteurs à essence | 18 |
| 6.2 | Moteurs diesel | 18 |
| 6.3 | Moteurs au gaz naturel..... | 19 |
| 6.4 | Motorisations hybrides..... | 19 |
| 7 | Aperçu synoptique de l'essentiel | 20 |
| 7.1 | Émissions polluantes..... | 20 |
| 7.2 | Les gaz responsables de l'effet de serre et la consommation d'énergie | 20 |
| 7.3 | Carburants..... | 20 |
| 8 | Abréviations..... | 21 |
| 9 | Bibliographie..... | 22 |

1 Avant-propos

Les changements climatiques qui se manifestent de nos jours dans le monde entier sont désormais incontestables et incontestés. À l'heure actuelle, on sait que le climat a subi par le passé de manière naturelle des changements importants, notamment dans le cadre des périodes "géologiques". Les glaciers fondent, les intempéries semblent plus fréquentes et plus violentes, le pergélisol déstabilise des flancs de montagne entiers et menace les habitants de la vallée. Notre planète qui sert d'habitat à l'humanité entière est attaquée et riposte violemment. Il est inutile de chercher le „coupable“ car nous le connaissons depuis longtemps. Il ne sert à rien de s'accuser mutuellement, car cela est stérile. Il faut désormais agir.

L'industrie automobile et les branches industrielles annexes se plient à cet impératif. Depuis de nombreuses années déjà, la protection de l'environnement et l'usage économique des ressources naturelles font partie des principales tâches de l'industrie automobile. Ses produits sont le résultat d'un concept global qui comporte, en dehors de la production compatible avec l'environnement, la réduction des émissions et de la consommation de carburant ainsi que le recyclage. Les mesures de protection de l'environnement mises en œuvre ne commencent pas seulement à la production, mais déjà au développement des produits.

Dans le présent Fact Sheet, nous allons nous intéresser au thème des émissions des véhicules et de la consommation de carburant. Nous allons évoquer le statu quo, mais également envisager l'avenir. Les perspectives sont prometteuses.

Andreas Burgener
Directeur auto-suisse

2 Récapitulation

Sur la base de l'étude de la bibliographie, le présent rapport a pour but de fournir au lecteur un aperçu le plus complet possible de la situation actuelle et de l'évolution future des émissions de gaz d'échappement et de CO₂ des voitures de tourisme, et cela sous une forme compréhensible pour tous.

Un des facteurs les plus importants à signaler est que l'on a désormais pratiquement résolu le problème des émissions polluantes. Avec l'introduction de la norme Euro 5 prévue en 2009 au plus tard, la production en série va également en profiter. Dans les véhicules Euro 4 actuels déjà, la proportion des filtres à particules augmente constamment.

La situation des émissions de CO₂ et de la consommation d'énergie ne donne en revanche pas encore satisfaction; dans ce domaine, il est toujours urgent d'entrer en action. Mais il faut relever que les possibilités d'amélioration sont loin d'être toutes épuisées. Pour cela, la technique des moteurs doit faire de nouveaux progrès. Le moteur à essence a notamment encore un potentiel à cet égard. Les motorisations hybrides peuvent fournir ici une contribution importante. Les émissions de CO₂ des véhicules roulant au gaz naturel sont certes plus faibles, mais leur consommation d'énergie globale ne présente pas des avantages notables.

En dehors des nouvelles technologies de moteur, il faut aussi avoir recours à des carburants alternatifs. Un complément judicieux aux carburants fossiles traditionnels consiste dans les biocarburants issus des déchets et de la surproduction agricole ou du bois. Mais les quantités correspondantes sont limitées et ne permettent de loin pas de couvrir les besoins. Ils représentent toutefois un complément judicieux. Les normes européennes sur les carburants (essence EN 228, diesel EN 590) permettent d'ajouter au carburant de l'éthanol, respectivement du biodiesel, dans une proportion allant jusqu'à 5 pour cent. L'UE a pour objectif d'augmenter d'ici à 2020 la part des biocarburants à la consommation globale d'actuellement 2 à 8 %.

Les carburants fabriqués à partir du gaz naturel ou d'autres supports d'énergie fossiles (p.ex. charbon) selon le procédé Fischer-Tropsch ne présentent des avantages par rapport aux carburants à base de pétrole ni au niveau des émissions de CO₂ ni de la consommation d'énergie. Mais ils peuvent permettre de faire durer plus longtemps les réserves limitées. De plus, ce procédé permet d'utiliser également des réserves de pétrole situées dans les régions reculées et jusqu'ici non exploitées. De plus, le diesel synthétique offre de manière générale des avantages au niveau des émissions polluantes. Il ne contient ni soufre, ni oxydes d'azote ou arômes. Il en résulte une réduction des émissions de CO, HC, NO_x et de particules. Le diesel synthétique, produit à partir de la biomasse, est encore plus avantageux car il présente aussi une réduction des émissions de CO₂.

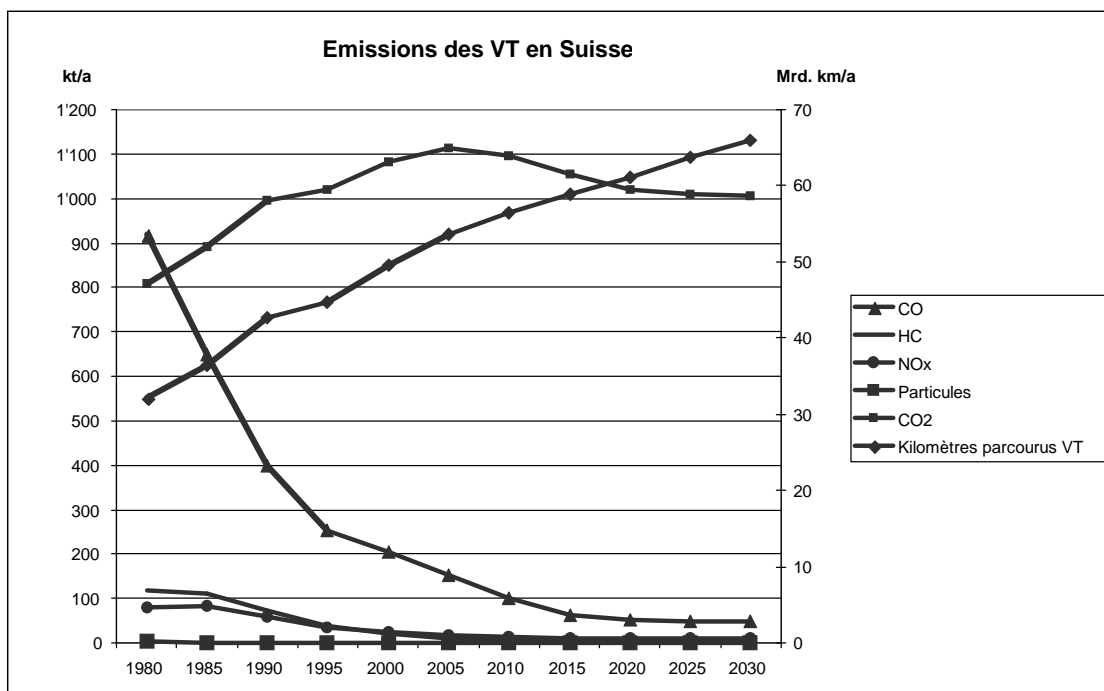
3 Situation de départ

Au niveau du développement de véhicules, les points prioritaires déterminants en matière de protection de l'environnement ont changé au cours des années passées. Alors que par le passé, on s'intéressait principalement aux émissions polluantes globales, on évoque le cas échéant encore à l'heure actuelle les émissions de particules et d'oxyde d'azote. Mais le débat sur l'environnement tourne de nos jours principalement autour des émissions de CO₂ et de la consommation d'énergie.

Dans les années et décennies à venir, les besoins mondiaux d'énergie continueront à augmenter. Si l'approvisionnement en énergie dans le secteur des transports devait continuer à dépendre du pétrole, cela va entraîner par la force des choses une augmentation des émissions de CO₂ qui contribuent à l'effet de serre. Les mesures d'économie figurant dans le protocole de Kyoto ne vont rien y changer car l'évolution fulgurante des pays émergents comme la Chine et l'Inde va sans doute largement compenser les économies réalisées dans les pays industriels.

Mais quelles sont les alternatives au pétrole et quelles sont leurs chances de réussite?

Les carburants alternatifs auxquels on s'intéresse à l'heure actuelle sont entre autres le CNG, biogaz y compris, le LPG, le GTL, le BTL, l'éthanol, le méthanol, l'ETBE, le biodiesel (RME) et le DME (pour les abréviations, cf. page 21). Pour avoir du succès, ces alternatives doivent toutefois satisfaire toute une série d'exigences des consommateurs (performance, sécurité, prix, disponibilité), des distributeurs (distribution, infrastructure) et des fabricants de moteurs (coûts, attrait, capacité de performances).



Graphique 1: Emissions et évolution des performances de conduite (Base OFEFP 355)

Le graphique 1 montre que les émissions polluantes ont quasiment toutes diminué fortement au cours des années passées. Les objectifs que le Conseil fédéral s'était fixés à l'époque de ramener les émissions polluantes à leur niveau des années 50 et 60 ont été atteints en grande partie. Avec l'introduction actuelle de la norme EURO 4 pour les voitures de tourisme et avec celle de la norme EURO 5 à venir, on peut s'attendre à d'autres réductions de ces émissions. En revanche, les émissions de CO₂ qui contribuent au réchauffement de la planète et par conséquent aussi la consommation d'énergie ont augmenté.

Dans son rapport no 355, l'OFEFP prédit certes pour les voitures de tourisme une stabilisation des émissions de CO₂ en dépit de l'augmentation constante du nombre des kilomètres parcourus et vers la fin de cette décennie même une légère diminution. Mais cette baisse ne permettra pas pour autant d'atteindre les objectifs fixés dans le protocole de Kyoto et dans la Loi sur le CO₂.

Cette analyse n'a pas pris en considération les véhicules utilitaires lourds. Mais de nombreuses remarques sont également applicables à cette catégorie de véhicules. Des restrictions existent à cet égard notamment au niveau des carburants, car les poids lourds sont exclusivement dotés de moteurs diesel, contrairement aux voitures de tourisme. Ne peuvent donc être envisagés comme carburants alternatifs que ceux qui peuvent remplacer le carburant diesel, par exemple le biodiesel ou le GTL. Le CNG (Compressed Natural Gas, respectivement le gaz naturel) représentent également une alternative envisageable. Mais sur les moteurs diesel, les changements à apporter sont nettement plus grands que sur les moteurs à essence. C'est pourquoi les bus des transports publics, exploités avec du gaz naturel, sont par exemple nettement plus coûteux que les bus diesel comparables. Ajoutons à cela que les émissions des bus diesel qui sont conformes à la norme d'échappement la plus rigoureuse (Euro 5) ne sont, selon les enquêtes les plus récentes, à peine pires que celles des bus roulant au gaz naturel.

4 Emissions

4.1 Les valeurs limites actuellement applicables aux voitures de tourisme

À l'heure actuelle, les valeurs limites Euro 4 indiquées ci-après entrent en vigueur. L'introduction a lieu par étapes en fonction des nouvelles réceptions par type, des nouvelles immatriculations et de deux catégories de poids.

| Type de moteur | Polluants | Valeurs limites (g/km) |
|----------------|----------------------|------------------------|
| Essence | CO | 1.0 |
| | HC | 0.1 |
| | NO _x | 0.08 |
| Diesel | CO | 0.5 |
| | HC + NO _x | 0.3 |
| | NO _x | 0.25 |
| | Particules | 0.025 |

Tableau 1: Valeurs limites d'émissions applicables aux voitures de tourisme (poids total < 2500 kg)

4.2 Quelles seront les valeurs limites de la norme EURO 5?

L'introduction de la norme EURO 5 pour les voitures de tourisme est prévue pour l'année 2009 environ. Les valeurs limites ne sont pas encore fixées définitivement, mais il est entre autres prévu de réduire encore une fois de manière drastique les valeurs limites des particules par rapport à la norme EURO 4. La Commission de l'UE propose une valeur limite des particules de 0.005 g/km, ce qui nécessite, selon les connaissances actuelles, l'engagement d'un filtre à particules. Une innovation: la valeur limite des particules doit également être applicable aux moteurs à essence (moteurs à injection directe à mélange pauvre). On discute également de la limitation du nombre des particules en complément à la mesure gravimétrique utilisée à l'heure actuelle. De plus, les valeurs limites des oxydes d'azote doivent être abaissées avec la norme EURO 5 à 0.06 g/km pour les moteurs à essence et à 0.2 g/km pour les moteurs diesel. La répartition des VT en deux catégories de poids va être supprimée.

4.3 Bref descriptif des prescriptions américaines sur les gaz d'échappement

La prescription californienne «Super Low Emission Vehicle» (SULEV) prescrit les valeurs limites d'échappement les plus basses du monde. Pour remplir ces valeurs limites, il faut encore réduire, sur la base du moteur diesel Euro 4 déjà très propre, les concentrations de monoxyde de carbone (CO) de 50 pour cent supplémentaires, les particules (PM) de 80 à 90 pour cent et les hydrocarbures (HC) et les oxydes d'azote (NO_x) de plus de 90 pour cent.

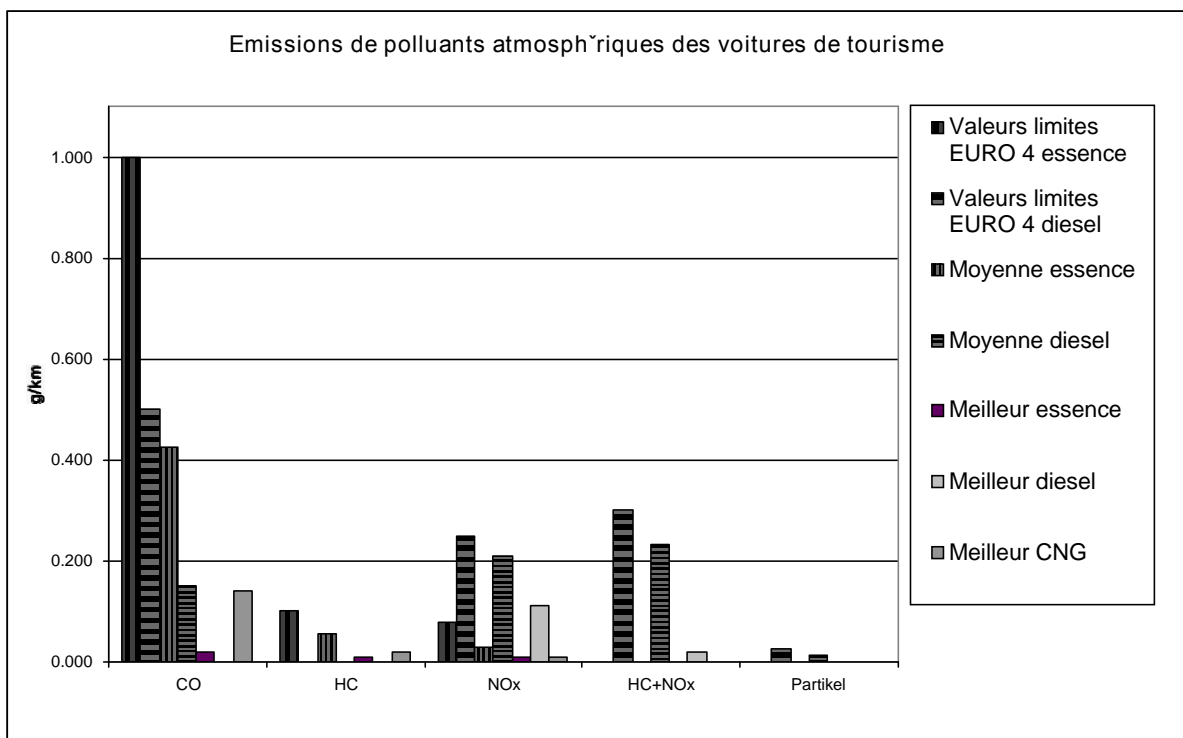
4.4 Dépouillement des émissions selon les réceptions par type suisses

Il n'est pas seulement important de connaître les valeurs limites, mais aussi la situation des émissions effectives. Pour le dépouillement ci-après, on a analysé sur la liste des émissions de l'Office fédéral des routes (situation au 8.2005) toutes les voitures de tourisme dont la réception par type est déjà conforme à la norme Euro 4.

Remarque:

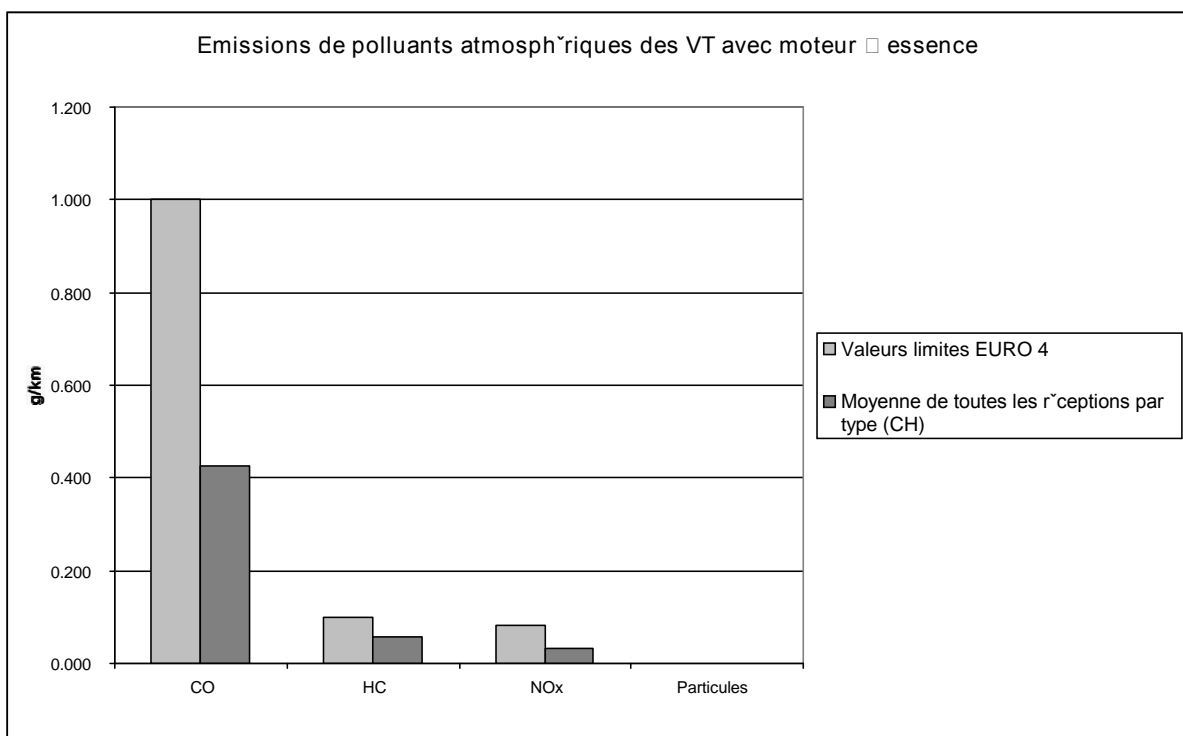
Au moment du dépouillement en octobre 2005, 363 parmi les 837 réceptions par type délivrées en Suisse selon la norme EURO 4 pour des voitures de tourisme diesel étaient déjà dotées d'un filtre à particules. Cela représente une proportion de 43.4 %.

Les graphiques ci-après montrent qu'il existe des différences notables au niveau des émissions en fonction des moteurs et carburants utilisés.

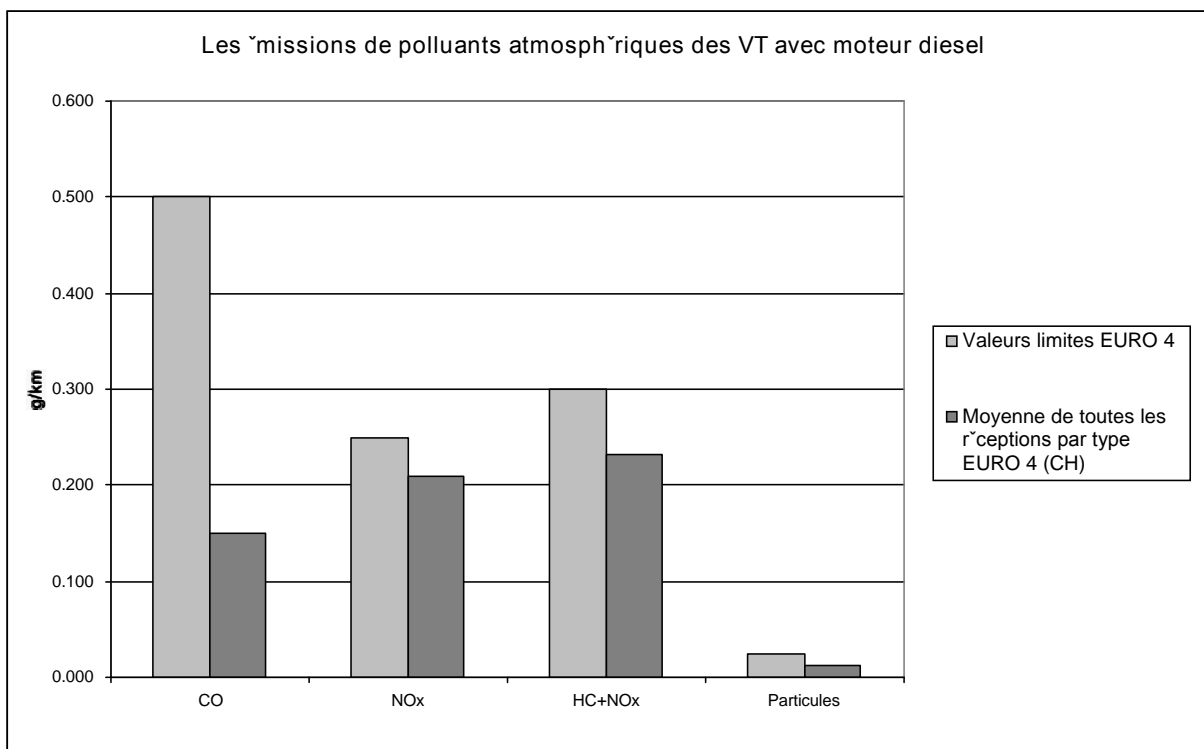


Graphique 2: Emissions de polluants atmosphériques des voitures de tourisme

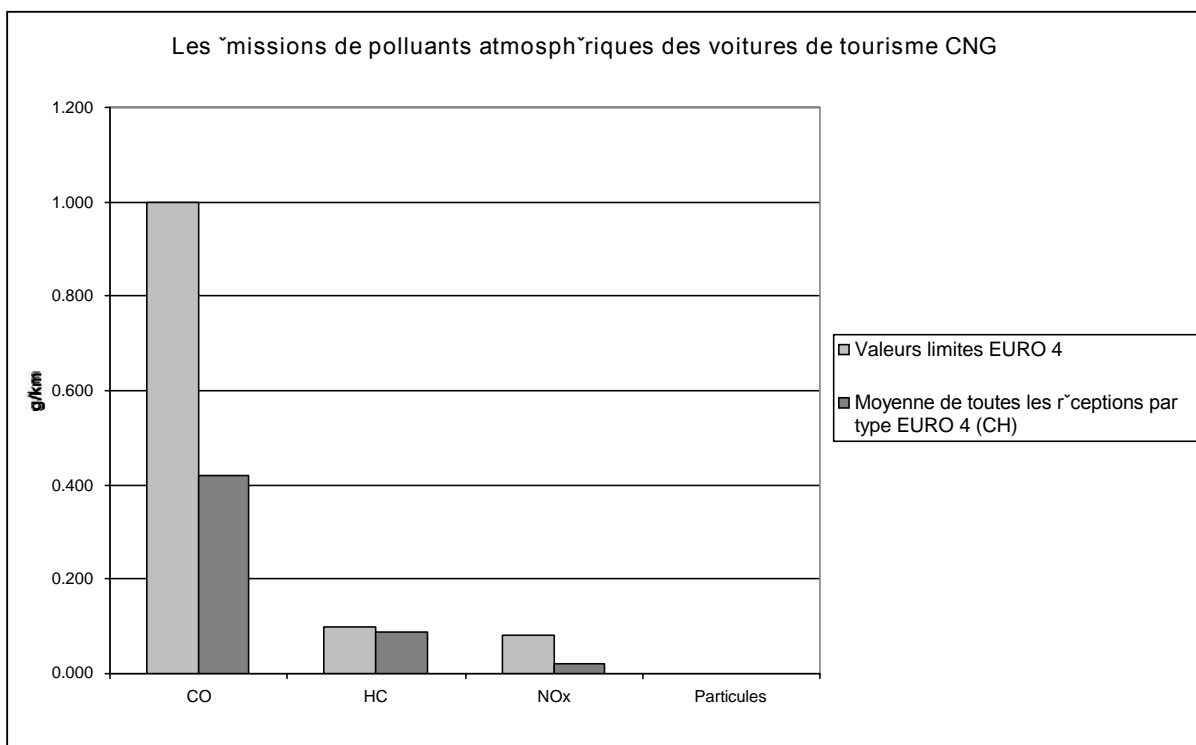
Les émissions de monoxyde de carbone (CO) des véhicules diesel se situent nettement en dessous de celles des véhicules à essence. La valeur moyenne de toutes les réceptions par type est d'environ 60 pour cent inférieure à celle des véhicules à essence. En revanche, les émissions d'oxydes d'azote sont nettement plus élevées sur les véhicules diesel. La valeur moyenne de tous les véhicules à essence se situe environ 85 pour cent en dessous de la moyenne des véhicules diesel.



Graphique 3: Les émissions de polluants atmosphériques des voitures de tourisme avec moteur à essence



Graphique 4: Les émissions de polluants atmosphériques des voitures de tourisme avec moteur diesel



Graphique 5: Les émissions de polluants atmosphériques des voitures de tourisme CNG

On remarque que les véhicules CNG exploités au gaz présentent en moyenne des émissions de HC qui se situent près de 40 pour cent au-dessus de la moyenne des véhicules à essence. Mais ces HC sont composés en grande partie de méthane non brûlé. Le méthane n'est certes pas considéré directement comme un polluant atmosphérique, mais il fait partie des substances responsables de l'effet de serre.

4.5 Émissions lors de la combustion de la suie dans un filtre à particules

Dans le contexte des filtres à particules, la question se pose de savoir quel est l'impact de la combustion de la suie dans le filtre à particules sur les émissions.

Le club d'automobilistes allemand ADAC a analysé cette question dans le cadre d'un test effectué avec une Peugeot 607 HDI FAP portant sur une longue distance de 80'000 km. Sur le banc d'essai, les émissions de gaz d'échappement ont été mesurées avec et sans régénération du filtre. Pendant la phase de régénération, des émissions gazeuses nettement plus élevées se sont produites pendant une courte période et la consommation de carburant a également augmenté. Mais comme la régénération n'a lieu qu'à des intervalles de plusieurs centaines de kilomètres, l'impact de la phase de régénération sur les émissions globales n'est que de 2,5% au maximum. Les mesures effectuées par l'ADAC sur le véhicule susmentionné n'ont montré qu'une augmentation de 0,6 % des émissions globales. Dans l'ensemble, les émissions pendant la régénération ne jouaient donc qu'un rôle mineur.

5 Carburants

En 2005 aussi, l'essence a été de loin le carburant le plus important pour les voitures de tourisme. Selon l'Office fédéral de la statistique, seulement 8.4 % des voitures de tourisme étaient dotées au 30.9.2004 d'un moteur diesel. La part des véhicules avec moteur à essence était de 91,6 % dont 94,5 % étaient par ailleurs équipées d'un catalyseur. D'autres motorisations comme les véhicules au gaz et électriques représentaient moins de 0.04 % de l'effectif.

Mais le diesel rattrape son retard à grands pas. En 2004, près de 26 % de toutes les voitures neuves vendues étaient déjà dotées d'un moteur diesel.

Selon la directive 2003/17/CE concernant la modification de la directive 98/70/CE, il faut mettre à disposition dans l'UE depuis le 1.1.2005 des carburants essence et diesel ayant une teneur de moins de 10 ppm de soufre. Dès le 01.01.2009, seule cette qualité pourra encore être proposée dans les pays membres de l'UE. En Suisse, la taxe d'incitation perçue depuis le 01.01.2004 sur les carburants sulfureux devrait permettre bientôt la mise à disposition exclusive de qualités exemptes de diesel.

5.1 Alternatives possibles et/ou compléments à l'essence et au diesel

- Gaz naturel (CNG)
- Biogaz
- Gaz liquide (LPG)
- GTL (Synfuel, carburants synthétiques en provenance du gaz naturel)
- Méthanol
- Ethanol
- BTL (Sunfuel, carburants synthétiques provenant du biogaz ou de la biomasse)
- FAME (esters méthyliques d'acides gras) comme p. ex. le RME (diesel de colza)
- ETBE (éthyle tertio butyle éther)
- DME (diméthyléther)

5.2 Brèves définitions des différents carburants

5.2.1 Essence

L'essence est un mélange d'hydrocarbures divers pouvant contenir des adjonctions de composants organiques à teneur d'oxygène et des additifs destinés à améliorer leurs caractéristiques.

La norme européenne EN 228 décrit l'essence sans plomb introduite dans toute l'Europe ("Euro-Super"). En Suisse, c'est principalement la qualité "sans plomb 95" qui est proposée. Depuis l'interdiction de l'essence super plombée, on commercialise aussi de manière accrue une alternative sans plomb ayant le même indice d'octane (sans plomb 98, Super Plus). Depuis l'introduction de l'essence sans plomb, la qualité d'essence appelée essence normale avec un indice d'octane de 91 n'est plus commercialisée en Suisse, contrairement à l'Allemagne par exemple.

5.2.2 Diesel

Le carburant diesel est composé lui aussi d'un grand nombre d'hydrocarbures différents. En Europe, la norme EN 590 est applicable au diesel.

5.2.3 Gaz naturel (CNG)

Le CNG est l'abréviation pour Compressed Natural Gas. Il s'agit en grande partie de méthane comprimé (CH₄). En comparaison à d'autres carburants, le gaz naturel génère au moment de la combustion moins d'émissions de CO₂ en raison du rapport H/C plus élevé. En revanche, les émissions de HC sont nettement plus élevées que celles des moteurs à essence. En exploitation gaz, elles sont toutefois en grande partie composées de méthane. Son impact sur le développement de l'effet de serre est d'ailleurs vingt fois plus élevé que celui du CO₂. Le fait qu'il n'existe pour l'instant pas de norme de qualité pour le gaz naturel utilisé comme carburant pose également un problème.

5.2.4 Biogaz

La composition et les caractéristiques du biogaz préparé correspondent au CNG. Il n'est pas d'origine fossile, mais se produit par la fermentation de la biomasse (p.ex. déchets de jardinage et de cuisine, surproduction agricole, bois).

5.2.5 Gaz liquide (gaz auto)

Ce mélange appelé aussi LPG (Liquified Petroleum Gas), dont les principaux composants sont le propane et le butane (C₃H₈ et C₄H₁₀), se produit dans le cadre des processus de raffinement et peut être liquéfié sous pression. Il est également engagé comme carburant, mais n'a pour l'instant guère de l'importance en Suisse car il n'existe dans notre pays quasiment pas de voitures de tourisme LPG. Contrairement au gaz naturel, le gaz liquide est plus lourd que l'air. Cela peut poser des problèmes au niveau de la sécurité en cas d'inétanchéités (p.ex. dans des parkings ou en cas d'accidents).

5.2.6 Alcools (méthanol et éthanol)

Le méthanol se fabrique à partir de matières premières à teneur d'hydrocarbures très répandues comme le charbon, le gaz naturel, huile lourde, mais aussi le bois. Les adjonctions de méthanol dans une proportion de ≤ 3 vol% sont autorisées dans de nombreux pays.

L'éthanol peut être produit par la fermentation de la biomasse. En dehors de la biomasse en provenance des déchets du jardin, de la cuisine et de l'agriculture, la biomasse en provenance de la surproduction agricole ou de plantes cultivées sur des terrain en jachère se prête à la production d'éthanol. L'EN228 permet des adjonctions d'éthanol allant jusqu'à 5 vol%.

alcosuisse, un centre de profit de l'Administration fédérale des alcools, examine actuellement l'adjonction de bioéthanol à l'essence et au diesel.

5.2.7 GTL (Synfuel)

On désigne par le nom de GTL (Gas to liquid) les carburants liquides, fabriqués selon la synthèse Fischer-Tropsch à partir du gaz naturel (essence ou diesel). Ils correspondent en principe aux carburants traditionnels, mais leur composition peut être réglée avec précision bien plus grande que lors du raffinement du pétrole brut. Cela permet d'améliorer les valeurs d'émission des moteurs actuels. En cas d'approvisionnement dans l'ensemble du territoire suisse avec ces carburants, les

nouveaux moteurs pourraient être optimisés, ce qui entraînerait d'autres améliorations au niveau des émissions et de la consommation.

Si de tels carburants sont fabriqués à partir de la biomasse, on les appelle BTL (Biomass to liquid) ou Sunfuel.

Avec la synthèse Fischer-Tropsch, il est en principe aussi possible de fabriquer des carburants synthétiques à partir d'autres matières premières contenant des hydrocarbures, comme le charbon.

5.2.8 FAME (esters méthyliques d'acides gras)

On entend par esters méthyliques d'acides gras toutes les huiles végétales et animales esthérifiées en méthanol. Le plus connu est l'ester méthylique de colza (RME). Pour ce carburant, il existe depuis 2004 aussi une norme européenne (EN 14214). Au niveau des émissions de CO₂, le RME présente des avantages incontestables. Mais il comporte aussi des inconvénients. Pour leurs moteurs modernes, la plupart des fabricants n'autorisent par conséquent pas l'utilisation de RME pur en raison des pressions d'injection élevée et du réglage électronique. De plus, le RME présente une stabilité chimique moins grande que le diesel, ce qui entrave sa possibilité de stockage à long terme. En revanche, l'adjonction au diesel dans l'ordre de grandeur autorisé par la norme EN 590 de 5 vol% au maximum ne pose aucun problème. Le RME est également produit en Suisse et peut donc être engagé tant sous forme pure que sous forme d'adjonction au diesel.

5.2.9 ETBE (éthyle tertio butyle éther)

L'ETBE est fabriqué à partir d'éthanol et peut être mélangé à l'essence à la place du méthyltertiobutyléther (MTBE) pour augmenter la résistance à la détonation et l'indice d'octane. Selon la norme EN 228, on peut le mélanger à l'essence dans une proportion allant jusqu'à 15 pour cent du volume au maximum.

5.2.10 DME (diméthyléther)

Le DME est un produit synthétique avec un indice de cétane élevé pouvant être brûlé dans un moteur diesel avec de faibles émissions de suie et une formation d'oxydes d'azote réduite. En raison de sa faible densité et de la proportion élevée d'oxygène, il a une faible valeur calorifique. De plus, il est gazeux, ce qui nécessite des adaptations considérables sur les véhicules.

5.3 Analyse «Well-to-Wheel»

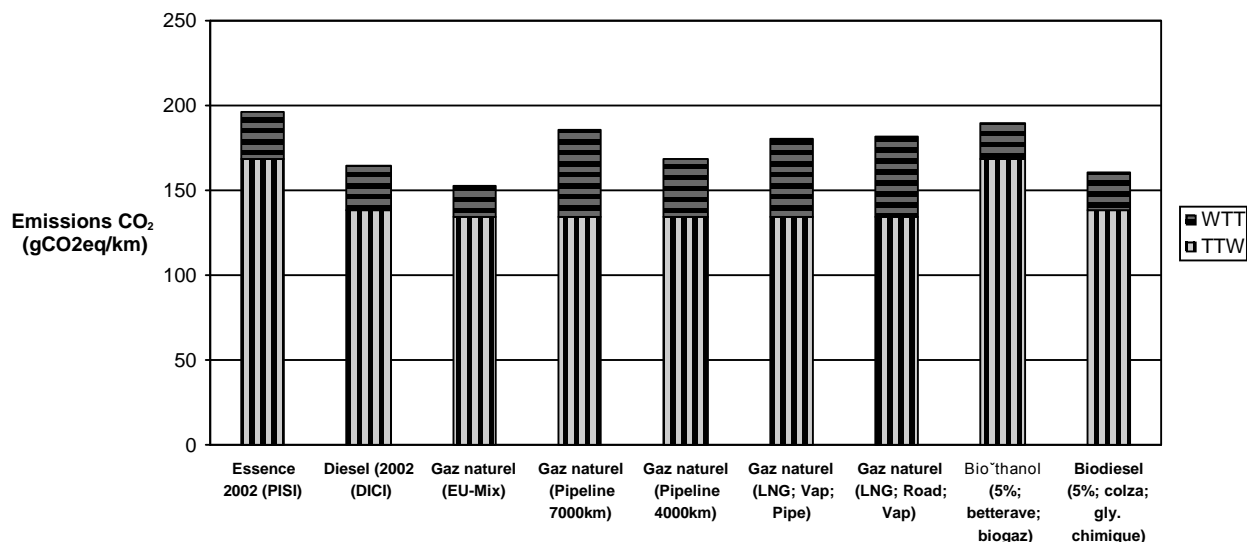
On appelle analyse «Well-to-Wheel» une enquête précise sur l'ensemble du processus de la fabrication et de l'utilisation de carburants jusqu'à la transmission de la force sur les roues d'un véhicule. Elle résulte d'une évaluation de la consommation d'énergie requise et des émissions correspondantes de gaz responsables de l'effet de serre. L'analyse comporte deux parties:

- «Well-to-Tank» (carburant): calcul de la consommation d'énergie et des émissions de gaz responsable de l'effet de serre tout au long de l'itinéraire du carburant, du produit de départ jusqu'au réservoir du véhicule.
- «Tank-to-Wheel» (véhicule): calcul de la consommation d'énergie et des émissions de gaz responsable de l'effet de serre dans l'exploitation du véhicule à un cycle de conduite défini.

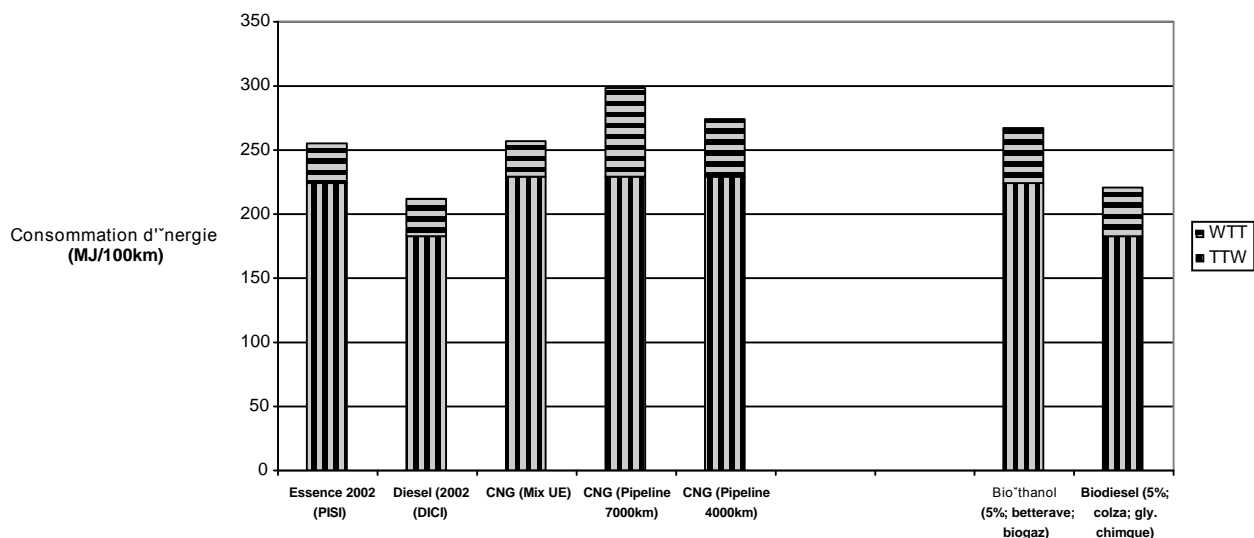
Voici les connaissances les plus importantes que General Motors a tirées de son analyse «Well-to-Wheel» des systèmes de carburant et véhicules à la pointe du progrès:

- La motorisation hybride permet de réduire la consommation de carburant de tous les systèmes de propulsion.
- L'emplacement géographique des réserves de gaz naturel a de grandes répercussions sur les émissions de gaz responsables de l'effet de serre (émissions au moment du transport).
- Les véhicules CNG optimisés génèrent moins d'émissions de gaz responsables de l'effet de serre que les véhicules dotés d'un moteur à combustion à essence. Mais ils ne présentent pas d'avantages en ce qui concerne la consommation d'énergie „Well-to-Wheel“.
- Les biocarburants contribuent à la réduction des émissions de gaz responsables de l'effet de serre. Le degré de cette amélioration dépend toutefois des émissions de N₂O lors de la culture de la biomasse.
- Les véhicules diesel exploités avec un carburant en provenance du processus Fischer-Tropsch ont une consommation d'énergie plus grande et des émissions de gaz responsables de l'effet de serre plus élevées que lorsqu'ils sont exploités avec du diesel basé sur le pétrole.
- Les moteurs à combustion exploités avec de l'hydrogène liquide en provenance du gaz naturel ne produisent pas d'émissions de CO₂ dans le véhicule, mais des émissions de gaz responsables de l'effet de serre „Well-to-Wheel“ plus élevées que les véhicules à essence ou diesel traditionnels.

Les graphiques ci-après sur les émissions de CO₂ et la consommation d'énergie montrent que l'étude européenne CONCAWE arrive à des résultats similaires.



Graphique 6: Emissions de CO₂ "well to wheel"



Graphique 7: Consommation d'énergie "well to wheel"

Conclusion: Il n'existe à l'heure actuelle pas de carburant alternatif „idéal“ qui soit à tous égards meilleur que l'essence et le diesel en provenance de sources fossiles. Malgré cette constatation, il faut encourager les carburants alternatifs car ils permettent de faire durer plus longtemps les réserves limitées de carburants fossiles et réduisent en partie aussi les émissions de gaz responsables de l'effet de serre. L'engagement de biocarburants, notamment lorsqu'ils peuvent être produits à partir des déchets ou des excédents agricoles, semble notamment judicieux. En dépit d'une consommation d'énergie globale plus élevée, la liquéfaction du gaz naturel peut également avoir sa raison d'être, notamment lorsqu'il provient de sources jusqu'ici inexploitées.

6 Technique de moteurs

Les moteurs à essence et diesel selon la norme Euro 4, obligatoires pour les véhicules immatriculés dès le 01.01.2006, sont actuellement à l'ordre du jour. Pour la réception par type, la norme Euro 4 est exclusivement applicable depuis le 01.01.2005 déjà.

La majorité des modèles dotés de moteurs à essence sont aujourd'hui déjà conformes à la norme Euro 4. Les moteurs diesel sont à cet égard encore un peu en retard, mais ici aussi, le marché propose déjà un bon choix (situation octobre 2005 = 837 réceptions par type de modèles diesel selon la norme Euro 4).

Les experts renommés s'accordent tous à penser qu'à moyen terme au moins, le moteur à pistons à mouvement alternatif restera le principal mode de propulsion.

6.1 Moteurs à essence

Pour l'instant, les experts entrevoient ici encore un potentiel de développement plus élevé que pour les moteurs diesel. L'introduction des moteurs à injection d'essence directe a déjà commencé. Les spécialistes s'accordent aussi à penser qu'il y a encore un grand potentiel au niveau de la commande des soupapes. De premiers pas avec des distributions variables sont déjà effectués. D'autres améliorations sont attendues grâce aux distributions entièrement variables permettant de commander de manière électronique les soupapes actionnées de manière électrique ou pneumatique. Des combinaisons de l'injection directe avec la suralimentation élevée et la compression variable sont également en voie de développement. Selon les déclarations des spécialistes, il devrait à court terme être possible de construire des turbomoteurs à essence avec injection directe dont la consommation est juste 4 pour cent plus élevée de celle des moteurs diesel.

6.2 Moteurs diesel

Des progrès énormes ont été réalisés ces dernières années sur les moteurs diesel. Mais ici aussi, des améliorations seront encore possibles. Du côté des gaz d'échappement, il existe notamment encore un potentiel. Le filtre à particules qui devrait être nécessaire pour tous les moteurs dès la norme Euro 5, mais qui va sans doute s'imposer déjà avant en raison de la demande des clients, va être déterminant à cet égard.

Au niveau des émissions d'oxydes d'azote, le moteur diesel présente également des inconvénients par rapport au moteur à essence. En raison de l'importance économique des véhicules diesel en Europe, les valeurs limites des émissions de NO_x se sont situées toujours nettement au-dessus de celles des véhicules à essence.

Une autre solution pour réduire les émissions de particules et d'oxydes d'azote réside dans ce qu'on appelle les systèmes SCR (Selective Catalytic Reduction) qui sont jusqu'ici principalement engagés dans les poids lourds, mais qui sont depuis peu aussi envisagés comme alternative dans les voitures de tourisme. Contrairement aux moteurs dotés de filtres à particules dont la combustion est réglée en vue de réduire les valeurs d'oxyde d'azote à un minimum, les moteurs SCR sont conçus pour avoir des valeurs minimales de particules. Les proportions élevées d'oxyde d'azote sont alors réduites dans le système SCR de manière catalytique en injectant

dans le carburant en supplément de l'urée. Le principal avantage de ce système par rapport à un filtre à particules réside au niveau des faibles valeurs de consommation de carburant. L'inconvénient réside dans le fait que les émissions de particules peuvent certes être ramenées par ce système en dessous de la valeur limite, sans atteindre pour autant le faible niveau d'un moteur doté d'un filtre à particules.

6.3 Moteurs au gaz naturel

Tous les modèles au gaz naturel proposés à l'heure actuelle sont bivalents, ce qui signifie qu'ils peuvent être exploités au gaz naturel, mais aussi à l'essence. Compte tenu du réseau des stations-service toujours peu étoffé, cela est parfaitement plausible. Mais de cette manière, le potentiel du gaz naturel comme carburant n'est pas exploité de manière optimale. Le gaz naturel a une résistance à la détonation nettement supérieure à l'essence. Pour les moteurs fonctionnant exclusivement au gaz naturel, on peut donc augmenter la compression, ce qui augmente leur degré de rendement. Une autre possibilité qui en résulte consiste dans la combinaison d'une réduction de la cylindrée et de la suralimentation, ce qu'on appelle le Downsizing.

6.4 Motorisations hybrides

Les systèmes hybrides disponibles à l'heure actuelle reposent sur une combinaison de moteurs à essence et de moteurs électriques. Ces motorisations permettent d'atteindre les mêmes valeurs d'émissions de CO₂ que les véhicules diesel et offrent en même temps des avantages sensibles au niveau des émissions de particules et notamment des émissions de NO_x. Les inconvénients se situent notamment au niveau des coûts. Mais les prescriptions plus rigoureuses sur les émissions vont à l'avenir renchérir aussi sensiblement les autres moteurs en raison du nettoyage plus complexe des gaz d'échappement, notamment pour les moteurs diesel.

7 Aperçu synoptique de l'essentiel

Voici une récapitulation des points traités dans ce rapport:

7.1 Émissions polluantes

Grâce aux améliorations de la technique de moteurs, mais aussi des carburants (p.ex. réduction de la teneur en soufre), les substances polluantes émises par les moteurs à essence ne posent plus guère de problèmes. Mais il faut encore déployer des mesures au niveau des émissions de particules et d'oxydes d'azote des moteurs diesel. Les véhicules EURO 4 sont déjà équipés en bonne partie à l'heure actuelle de filtres à particules. Avec l'introduction de la norme EURO 5, il y aura de nouveaux progrès. On sait aujourd'hui avec une grande certitude que les particules, notamment les nanoparticules, nuisent à la santé. Pour éliminer des nanoparticules de la manière la plus efficace possible, il faut un nouveau procédé de mesures avec des valeurs limites légales correspondantes qui ne réduisent pas seulement la masse des particules, mais aussi leur nombre.

7.2 Les gaz responsables de l'effet de serre et la consommation d'énergie

Dans ce secteur, il ne suffit pas de considérer le rendement du véhicule. Le bilan de la production du carburant joue à cet égard également un rôle important, voire décisif. Une optique globale importe ici tout particulièrement.

Des progrès seront aussi réalisés ces prochaines années au niveau du rendement des véhicules. Le moteur à essence comporte notamment encore un grand potentiel de développement. Les véhicules hybrides peuvent également apporter une contribution non négligeable.

7.3 Carburants

Les carburants liquides se prêtent toujours le mieux à l'engagement dans des véhicules et cela notamment parce que l'infrastructure d'approvisionnement actuelle peut être reprise quasiment telle quelle.

Les biocarburants peuvent apporter une contribution importante et rapide à la réduction des émissions de CO₂ dans le secteur des transports. Mais on a généralement tendance à les surestimer. À moyen terme au moins, leur part à la consommation globale restera en dessous de 10 %. Idéalement, les biocarburants devraient être disponibles sous forme liquide et pouvoir être mélangés aux carburants fossiles. Dans l'optique de la sécurité d'approvisionnement, les carburants GTL sont également intéressants. Mais sur le plan énergétique et au niveau du bilan des émissions de CO₂, ils n'offrent pas d'avantages par rapport aux carburants basés sur le pétrole.

8 Abréviations

| | |
|------------------|------------------------------------|
| CO | Monoxyde de carbone |
| HC | Hydrogène |
| NO _x | Oxyde d'azote |
| N ₂ O | Protoxyde d'azote |
| CO ₂ | Dioxyde de carbone |
| SULEV | Super Low Emission Vehicle |
| CNG | Compress Natural Gas = gaz naturel |
| LPG | Liquified Petroleum Gas |
| GTL | Gas to liquid |
| BTL | Biomass to liquid |
| MTBE | Méthyltertiobutylther |
| FAME | Esters méthyliques d'acides gras |
| EN | Norme européenne |
| RME | Ester méthylique de colza |
| ETBE | Ethyl tertio butyl ther |
| DME | Diméthylther |
| FAP | Filtre □ particules |

9 Bibliographie

- Bosch Kraftfahrtechnisches Taschenbuch, 23. Auflage
- CONCAWE, Well-to-Wheels Report, Version 1b, janvier 2004
- GM Well-to-Wheel Analysis of Energy Use and Greenhouse Gas Emissions
- Rapport OFEFP no 355
- CO₂-neutrale Wege zukünftiger Mobilität durch Biokraftstoffe: Eine Bestandesaufnahme, IFEU Heidelberg