

*Comité Interministériel  
pour les Véhicules Propres*

**ÉTAT DES FILIERES  
DE VEHICULES PROPRES  
ET IMPACT DES POLITIQUES PUBLIQUES  
D'ACCOMPAGNEMENT**

*Mise à jour : juin 2003*

# Sommaire

## Préambule

### 0. Introduction

0-1. Le contexte communautaire

0-2. Le programme PREDIT

## I. Bilan des actions des pouvoirs publics depuis le rapport précédent du CIVP

### II. Situation actuelle des filières existantes

#### **A. Situation en France**

##### II-1. Les filières classiques

II-1.1. L'essence

II-1.2. Le diesel

II-1.3. Les biocarburants

##### II-2. Les filières alternatives existantes

II-2-1. Le GPL

II-2.2. Le GNV

II-2.3. La filière électrique

##### II-3. Les filières émergentes

II-3.1. La filière hybride

II-3.2. La pile à combustible

##### II-4. Les batteries

#### **B. Situation à l'étranger.**

### III Annexes

- dispositif budgétaire et fiscal en faveur des véhicules propres
- règles de stationnement GPL-GNV
- enquête du CFBP
- normes Euro
- offre des constructeurs pour les filières GPL, GNV, électrique
- biocarburants
- bilan puits à la roue des émissions de CO<sub>2</sub>
- émissions des deux-roues
- situation à l'étranger

## Préambule

La consommation énergétique du secteur des transports connaît depuis 50 ans une progression continue malgré les chocs pétroliers successifs. Depuis 1973, elle a cru en moyenne de près de 2,5 % par an. Aujourd'hui, avec plus de 50 Mtep, elle représente 32% de la consommation énergétique finale. Les produits pétroliers représentent 98% du total, les 2% restant étant constitués par la consommation d'électricité des transports ferroviaires. Le secteur des transports représente 65% de la consommation française de produits pétroliers, celle des automobiles des particuliers représentant près de 60% du total. Ainsi, maîtriser la croissance de la consommation du secteur et les émissions de polluants qui en résultent représente un défi majeur pour les années à venir.

Les transports ont un impact majeur sur la qualité de l'air : en 2001, selon les estimations du CITEPA, les transports représentaient 54 % des émissions d'oxydes d'azote, 29 % des émissions de composés organiques volatils et 20 % des émissions de particules fines (PM2.5). Outre leur impact propre sur la santé, les oxydes d'azote et les composés organiques volatils sont des précurseurs de l'ozone, qui est avec les particules fines, le polluant à traiter en priorité pour les pouvoirs publics du fait de leur impact sanitaire.

Les transports sont également le principal secteur responsable des émissions anthropiques de gaz à effet de serre : ils représentaient en 2001, 28 % des émissions de dioxyde de carbone.

L'impact des transports sur l'environnement ne se limite toutefois pas à l'effet de serre et à la qualité de l'air : il ne faut pas oublier d'autres effets comme le bruit, la congestion et les odeurs, qui font l'objet d'une préoccupation croissante.

L'Etat s'est donc engagé depuis plusieurs années dans une politique de soutien aux autorités compétentes en matière de transport afin de combattre les tendances lourdes de mobilité urbaine : croissance du trafic routier, recul des autres modes de déplacement, étalement de l'urbanisme entraînant une poussée de la mobilité urbaine et péri-urbaine. Les plans de déplacements urbains, dont les agglomérations de plus de 100 000 habitants ont dû se doter, ont pour objet l'inversion de ces processus par une affectation prioritaire de l'espace public aux moyens de transport moins polluants : transports publics, vélos, marche à pied.

Cependant, les modes alternatifs à l'utilisation du véhicule ne peuvent répondre à tous les besoins de déplacement, en milieu urbain comme à l'extérieur des agglomérations. Il est donc indispensable de réduire à la source les émissions de chaque véhicule.

Tous les pays industrialisés étant confrontés au même type de problèmes, la Commission européenne a entrepris plusieurs actions structurantes dans le domaine des transports routiers :

- Programme Auto-Oil : en 1998 deux directives ont été adoptées sur les émissions des polluants des voitures particulières et des véhicules utilitaires légers et sur les spécifications des carburants essence et gazole ; elles correspondent au franchissement de deux nouvelles étapes représentant chacune une réduction de l'ordre de 30 % des polluants réglementés émis par les véhicules à l'état neuf ainsi qu'une amélioration des carburants (réduction des teneurs en soufre et en benzène).

- Lutte contre l'effet de serre : la Commission a élaboré une stratégie visant à réduire les émissions de CO2 des voitures particulières à 120 g /km en 2010 au plus tard. Cette stratégie repose sur trois piliers:

- des accords avec les constructeurs d'automobiles (ACEA, JAMA, KAMA) visant à abaisser le niveau moyen d'émission de CO2 à 140g/km en 2008 ;
- une directive sur la fourniture d'informations relatives aux consommations de manière à ce que le consommateur puisse faire son choix en toute connaissance de cause (transposition en droit français réalisée par décret en décembre 2002) ;
- la mise en place à venir de mesures fiscales afin d'encourager l'efficacité énergétique.

-Communication sur les carburants du futur : la Commission a publié en 2001 une Communication sur les carburants de substitution pour les transports routiers à l'horizon 2020, qui se situe dans le prolongement du Livre Vert sur la sécurité d'approvisionnement. Ce texte constitue un plan d'action dans le domaine des carburants. Il prévoit l'introduction volontariste de biocarburants à court terme, du gaz naturel à moyen terme et de l'hydrogène à long terme. La mise en chantier de deux directives sur les biocarburants marque la mise en oeuvre effective de cette stratégie. Le 6<sup>ème</sup> programme cadre de recherche et de développement (PCRD) de la Commission est, dans le domaine des transports, en cohérence avec ces orientations.

Ces dernières années ont vu l'émergence de nouvelles filières de véhicules dits alternatifs (au GNV, au GPL, à l'électricité, et plus récemment hybrides et à pile à combustible).

Pour favoriser le développement de ces filières, l'Etat a adopté, notamment dans le cadre de la loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie de décembre 1996, un certain nombre de mesures fiscales et budgétaires.

Le Comité Interministeriel pour les Véhicules Propres (CIVP) a été mis en place en 1999. Ce comité, présidé par le ministre chargé de l'environnement et dont le secrétariat est assuré par le ministre de l'industrie, rassemble les administrations concernées (ministères chargés des transports, de la recherche, des finances, ADEME ainsi que le groupement interministériel pour les véhicules électriques GIVE). Il a pour mission de constituer un "outil d'analyse et de propositions visant pour les véhicules GPL, GNV, électriques, hybrides et à pile à combustible, à harmoniser l'effort public, à informer ou à proposer des actions aux administrations concernées en matière de développement industriel, technologique, de cadre juridique, réglementaire et fiscal et d'intervention publique ".

Le comité a publié en avril 2000 un rapport sur l'état de développement de ces filières, rapport accompagné de recommandations de politiques publiques. Il était prévu une réévaluation de ces filières à la fin de l'année 2002.

Tel est l'objet du présent rapport qui, en outre, récapitule les évolutions technologique intervenues ces dernières années dans les filières classiques (moteur essence et diesel) et comporte un point sur les évolutions intervenues sur les biocarburants et sur les batteries.

Ce rapport intègre les contributions des différents départements ministériels et de l'ADEME, ainsi que les éléments fournis lors des auditions des principaux acteurs impliqués dans les filières.

La partie I rappelle fait le bilan de l'action des pouvoirs publics depuis le rapport d'avril 2000.

La partie II décrit l'état actuel des filières GPL, GNV et électrique, mais aussi celui des filières classiques (essence et gazole), des technologies de batteries ainsi que de l'utilisation des biocarburants. Sont évoquées également les avancées technologiques récentes pour chacune des filières et leurs perspectives d'évolution.

## **I. Bilan de l'action des pouvoirs publics**

### **I.1. Bilan des propositions faites dans le rapport d'avril 2000.**

#### **I-1-1. Cadre réglementaire**

Véhicules électriques : le cadre réglementaire est en place.

Véhicules hybrides : des travaux sont au cours à la CEE-NU (Commission Economique pour l'Europe des Nations-Unies) – voir plus loin.

Véhicules au gaz :

#### **Dispositions techniques réglementaires**

#### **Des dispositions permettant d'accroître la sécurité des véhicules fonctionnant au GPL ont été mises en place.**

La sécurité des véhicules équipés au GPL, d'origine ou en 2<sup>ème</sup> monte, est assurée par la conformité aux dispositions techniques du règlement de Genève N-67-01. L'évolution de ce règlement vise aujourd'hui à introduire des dispositions concernant le réservoir en composite et à promouvoir un connecteur européen harmonisé facilitant le remplissage du réservoir sur le territoire de l'Union Européenne.

L'arrêté du 3 avril 2000 relatif aux prescriptions applicables aux installations classées soumises à déclaration ou à autorisation au titre de la rubrique n° 2935 «parcs de stationnement couverts et garages-hôtels de véhicules à moteur» contient des dispositions relatives à l'accès des véhicules utilisant les gaz de pétrole liquéfiés dans leur système de propulsion, qui interdisent l'accès à ces parcs de stationnement aux véhicules dont le réservoir n'est pas muni de soupape, mais l'autorisent donc dès lors que cette soupape existe (conformité 67-01).

Par ailleurs, le décret n°2000-873 du 7 septembre 2000 relatif à la mise en sécurité de certains véhicules fonctionnant aux gaz de pétrole liquéfiés et instituant une aide à cet effet, avait prévu que tous les véhicules fonctionnant au GPL doivent être équipés avant le 31 décembre 2001 d'une soupape de sûreté et que l'installation, si elle est faite chez un installateur qui a adhéré à la charte « Réflexe GPL », peut bénéficier d'une aide de l'Etat (et des professionnels du gaz). En raison notamment de difficultés d'approvisionnement, cette disposition a été prolongée jusqu'au 30 septembre 2002 par le décret n°2001-1326 du 29 décembre 2001.

Cette opération a permis la mise en conformité de 70 000 véhicules. Entre 15 000 et 25 000 véhicules ne seraient pas encore conformes à ce jour.

Les directives européennes concernant la limitation des émissions polluantes de toutes les catégories de véhicules neufs (VL et VUL) ont aujourd'hui introduit des exigences réglementaires pour les véhicules fonctionnant au gaz pour les normes en vigueur applicables et pour les normes futures (applicables en 2005-2006). Ces exigences ont aussi introduit des dispositions en matière d'OBD (diagnostic à bord) et les véhicules fonctionnant au gaz devront ainsi répondre aux mêmes performances que celles des véhicules à essence.

En ce qui concerne les véhicules équipés en 2<sup>ème</sup> monte, un nouveau règlement de Genève (CEE-NU) devrait entrer en vigueur début 2004 afin d'aligner les exigences de ce post-équipement sur celles prévues pour les véhicules neufs (sécurité et protection de l'environnement). Ces exigences ont été introduites par anticipation dans la réglementation nationale depuis plus d'un an.

### Avitaillement des véhicules

#### *Véhicules électriques*

Le véhicule fait le plein une fois branché sur une simple prise domestique de 16 ampères/230volts. Plusieurs dispositions ont été prises pour autoriser l'installation d'une prise électrique sur le lieu du stationnement et en faciliter l'utilisation.

Pour les bâtiments existants :

Le code des baux et de la copropriété professionnels de l'immobilier (art 25 al. 1) couvre "l'installation ou la modification d'un réseau de distribution d'électricité public destiné à alimenter en courant électrique les emplacements de stationnement des véhicules, notamment pour permettre la charge des accumulateurs de véhicules électriques". Ce texte fixe explicitement la règle de délibération d'une assemblée générale sur une demande par un copropriétaire de l'installation d'une prise.

Bâtiment à construire :

Le code de la construction et de l'habitat a inclus la norme NF C14 -100 (cf ci-après).

Installation technique d'une prise dans les bâtiments existant ou à construire :

La norme NF C14-100 portant sur la réalisation de branchement basse tension permet l'installation et l'alimentation en énergie électrique d'un réseau dans les locaux annexes (garages ou parcs de stationnement).

Charge le long de voies publiques :

L'installation des bornes de charge sur des emplacements dédiés est prévue par le Code de la Route (art R-417-10 alinéa III).

#### Sécurité :

Les prescriptions relatives à la rubrique ICPE 2925 « ateliers de charge d'accumulateurs » figurent dans l'arrêté type en date du 29 mai 2000 (JO du 23 juin 2000) (sont concernés les ateliers de charge de batteries de véhicules électriques, lors de l'opération de charge dite normale). Ce texte fixe les règles d'installation par le gestionnaire de parc souterrain des prises pour la charge de véhicules électriques.

L'ensemble du dispositif permet la constitution d'un réseau de prise et bornes de charge (comme par exemple à Paris, Bordeaux, la Rochelle, Strasbourg....).

#### Véhicules GPL

- Stockage : rubrique n°1412 (dépôts de gaz inflammables liquéfiés) ; ancien arrêté type existant (10 mai 1993) ; nouvelle rédaction en cours
- Installation de distribution : rubrique ICPE n°1414-3 (installation de remplissage ou de distribution de gaz inflammables liquéfiés : installation de remplissage de réservoirs alimentant des moteurs ou autres appareils d'utilisation comportant des organes de sécurité)- modification de l'arrêté type en date du 2 octobre 2001 (JO du 7 décembre 2001)

#### Véhicules GNV

- Installation de distribution : un rapport de GDF en vue de la création d'une nouvelle rubrique et une tierce-expertise de l'INERIS sont en cours de révision.

#### Stationnement des véhicules

(voir annexe)

### I-2 L'état du parc pour les filières alternatives

Evaluation du parc français au 31 décembre 2002 :

	GPL	GNV	ELECTRIQUE	HYBRIDE
France	210 000 VL 150 bus	4 500 VL 1 000 bus 100 BOM	5 000 VL 1 500 scooters 10 minibus	Environ 150 VL

### I-3. Bilan des aides publiques

	CATEGORIES	NOMBRE DE VEHICULES	MONTANT DES AIDES
<b>1999</b>	Electrique Bus GNV		2 087 027 € 1 272 049 €
<b>2001</b>	Electrique : ventes totales (2 roues et 4 roues) Bus GNV	485 150	769 000 € 1 106 786 €

	Vul GNV	86	74 153 €
	Crédit d'impôt GPL, GNV, hybride	7 324	
<b>2002</b>	Electrique	419	969 678 €
	Bus GNV	189	1 417 500 €
	Vul GNV	105	83 331 €
	Crédit d'impôt GPL, GNV, hybride	env. 6 560	Evaluation :22 000 000 €

Coût estimé de la défiscalisation 2002 sur la TIPP : TIPP GPL : 140 M€ TIPP GNV : 7 M€

Remboursement de TIPP en faveur des exploitants de transport public de voyageurs et des exploitants de bennes à ordures ménagères pour 2002 : 1 M€

## II. Situation actuelle des filières

### 0- Le programme PREDIT

Afin de répondre aux problèmes engendrés par l'augmentation de la mobilité en matière de consommation d'énergie, d'environnement, de santé ou de sécurité, les pouvoirs publics français ont lancé dès 1990 le programme de recherche et d'innovation dans les transports terrestres (PREDIT). Ce programme, financé par les ministères chargés des transports, de l'industrie, de l'environnement, de la recherche, l'ADEME et l'ANVAR, a notamment pour objectif d'accélérer la mise sur le marché de nouveaux véhicules et systèmes de transports plus propres, moins bruyants et plus économes en énergie.

- **le PREDIT 2 (1996-2000)**. Ce programme a soutenu 1 311 dossiers pour un total de 300 millions d'euros de fonds publics.

Pour le ministère de l'industrie, les programmes ont porté principalement sur trois thèmes. :

- les véhicules électriques et hybrides (23 M€ d'aides )
- l'injection directe essence (11 M€ d'aides )
- maîtrise des consommations (8,8 M€ d'aides)

Le ministère chargé de la recherche a accordé 20,6M€ sur les thèmes suivants :

- combustion : 5,64 M€
- dépollution :3,52 M€
- gestion de l'énergie:1,43 M€
- hybrides :0,56 M€
- stockage de l'énergie : 6 M€

### - le PREDIT 3 (2002-2006)

Ce nouveau programme sera marqué par un effort accentué pour le transport de marchandises et les questions énergétiques et environnementales, effet de serre en particulier, ainsi que par une diversification des recherches sur la sécurité. Il est doté de 300 millions d'euros de fonds publics.

Les actions ont été organisées au sein de 11 groupes, qui seront chargés de leur mise en œuvre effective (appels à proposition de recherche, expérimentations) et de leur définition précise jusqu'à leur valorisation.

Deux groupes concernent plus particulièrement les performances environnementales des véhicules: le groupe 8 "véhicules propres et économes" et le groupe 7 "impacts énergétiques et environnementaux". Le groupe 7 comprend un axe qui sera consacré à l'effet de serre et à la dépendance pétrolière : déterminants des émissions, impacts des différentes filières technologiques "du puits à la décharge" pour les énergies fossiles et les énergies alternatives (carburant de synthèse et carburants gazeux, hydrogène pour pile à combustible).

Le groupe 8 comporte un axe de recherche sur la réduction de consommation pour les moteurs à essence, diesel, sur les moteurs dédiés aux énergies alternatives, le post traitement des gaz d'échappement et sur les nuisances liées au bruit. Un deuxième axe de recherche concernera la traction électrique et hybride. Un troisième axe enfin concernera l'architecture du groupe motopropulseur et la gestion globale de l'énergie dans le but de réduire la consommation en usage réel.

\*\*\*\*

Les évolutions technologiques intervenues ces dernières années ont largement été réalisées dans le cadre du PREDIT.

## **II-1. Les filières classiques**

### **Définition technologique et fonctionnement du moteur à combustion.**

De manière simplifiée, la carburation du moteur à essence permet en associant le carburant liquide à l'air d'obtenir un mélange gazeux qui sera admis dans une chambre de combustion, comprimé, enflammé par l'étincelle d'une bougie puis évacuée. Le moteur est dit "à allumage commandé". En ce qui concerne le moteur diesel, le carburant, le gazole, est introduit dans la chambre de combustion où l'air, fortement comprimé, atteint la température de 600 °. Dès que le carburant est introduit, il s'enflamme presque spontanément.

C'est par la combustion du mélange air/carburant que les moteurs thermiques transforment l'énergie chimique du carburant en énergie mécanique.

Les moteurs couramment utilisés sont à quatre temps (admission, compression, explosion, échappement). Leur rendement ne dépasse pas 45% (diesel). Dans le contexte d'une utilisation urbaine, les rendements réels peuvent descendre jusqu'à atteindre 10%.

Les rejets des moteurs à combustion sont fonction :

- de la nature des carburants consommés
- de la quantité de carburant consommé
- des caractéristiques physico-chimiques de la combustion dans le moteur
- des post-traitements effectués sur les gaz rejetés
- de la qualité du mélange

On dispose de plusieurs moyens d'action sur les rejets, notamment l'adéquation du couple carburant/moteur et le post-traitement.

## **II-1-1. La filière essence**

### **a) Post traitement : le pot catalytique**

Afin d'éliminer les principaux polluants, divers dispositifs de post-traitement des gaz d'échappement ont été mis au point, sous l'appellation générique de "pot catalytique"(généralisé en 1993 pour l'essence). Dans son principe, ce dispositif permet une réaction chimique dans laquelle sont éliminés certains composés des gaz tout en évitant l'apparition d'autres produits nocifs. La "catalyse trois voies" est aujourd'hui le type de catalyseur le plus répandu pour l'essence. Grâce à ce dispositif, monoxyde de carbone, oxydes d'azote (NOx) et hydrocarbures imbrûlés sont transformés en vapeur d'eau, gaz carbonique et azote, composants naturels de l'air. Le catalyseur 3 voies doit fonctionner avec une quantité précise d'air nécessaire à une combustion optimale du carburant admis, soit 14,5 volumes d'air pour un volume d'essence (mélange dit stœchiométrique). Un dispositif (sonde lambda) permet de contrôler la quantité d'oxygène à l'échappement pour corriger la richesse.

### **b) La combustion**

L'objectif des constructeurs est de limiter les consommations. Une évolution technologique récente est l'injection directe d'essence, qui combine le fonctionnement en excès d'air (mélange pauvre, par opposition au mélange stœchiométrique) avec des pressions élevées. Le carburant est envoyé directement dans la chambre de combustion à une pression atteignant 100 bars (contre 3 pour l'injection indirecte). Ce type d'injection permet en théorie des gains de consommation de 15 % par rapport à l'injection indirecte.

Cependant, les travaux réalisés ces dernières années, notamment dans le cadre du PREDIT, n'ont pas permis de déboucher sur une solution vraiment satisfaisante. En effet, les gains de consommation pour ce type de motorisation sont principalement obtenus lors du fonctionnement du moteur à faible régime et en mélange pauvre. De plus, l'excès d'air combiné à de fortes températures entraîne la production par réaction chimique d'azotes. Les travaux ont donc également porté sur les catalyseurs (post-traitement) permettant de piéger ces oxydes pour les réduire ensuite. Tous les systèmes catalytiques testés jusqu'à présent ont conduit à une surconsommation du moteur lors des phases de déstockage de NOx, annulant ainsi les gains obtenus. Ainsi, aucun système à injection directe n'a permis à la fois de respecter les normes européennes d'émissions de polluants et d'obtenir un gain significatif de consommation sur cycle d'usage réel.

### **Combustion Control Auto Ignition**

Des études sont en cours chez les motoristes pour concevoir un moteur essence dont la combustion serait initiée par auto-inflammation, comme dans un moteur Diesel. Cette technique permet d'espérer, outre une baisse de la consommation, une division par cent des oxydes d'azote. L'ADEME finance des projets de R et D dans ce domaine.

### **c) Autres technologies émergentes**

- moteur « camless » :

Une autre technique innovante permet des gains de consommation (15%) : la technologie "camless" (sans cames). Il s'agit de remplacer l'arbre à cames, dont la fonction est d'actionner les soupapes, par

un système piloté par l'électronique qui commande chaque soupape. L'intérêt de ce dispositif est de réduire les pertes par pompage.

- "Downsizing" et utilisation d'un moteur turbocompressé

Il est également possible d'améliorer le rendement en réduisant la taille de la cylindrée (de 2 l à 1,4 l par exemple) tout en adjoignant au moteur un turbocompresseur, dont le principe est de réutiliser les gaz d'échappement habituellement expulsés en pure perte, afin de donner au moteur plus de puissance. L'intérêt de cette technologie, déjà en application, est de diminuer la masse du groupe motopropulseur.

- "X by wire"

Cette technologie vise à remplacer toute liaison mécanique entre les organes du véhicule et les commandes par un pilotage électronique. Les commandes et mouvements mécaniques ou hydrauliques sont remplacés par des moteurs électriques, reliés à des capteurs. Le procédé permet au pilote d'effectuer des tâches telles que freiner, accélérer ou tourner le volant sans effort physique.

\*\*\*

Toutes ces solutions nouvelles sont explorées sans qu'il soit possible pour l'instant, pour celles qui ne sont pas encore mises en oeuvre, de préciser à quelle échéance elles pourraient émerger.

## **II-1-2. La filière diesel.**

L'injection directe sur les moteurs diesel, couplée à la suralimentation, a permis une augmentation du rendement des moteurs et une réduction de la consommation. Les importants développements consentis par les constructeurs conduisent à un agrément de conduite des véhicules diesel similaire aux motorisations essence.

La part du marché diesel s'est fortement développée, jusqu'à représenter en 2002 environ 60% des ventes et près de la moitié du parc roulant des voitures particulières en France.

Si le véhicule diesel est bien positionné sur le plan des émissions de gaz à effet de serre, avec un gain en CO<sub>2</sub> de l'ordre de 20% par rapport aux motorisations essence de performances équivalentes, il reste cependant à résoudre le problème de l'élimination complète des rejets de particules (déjà opérationnel avec le filtre à particules mais qui n'est pas encore généralisé en raison de son coût notamment) et le traitement des oxydes d'azote, inhérents à ce système de combustion.

### **1) La combustion.**

Sur les motorisations diesel, l'injection directe nécessite une injection du carburant à très forte pression, et donc un système d'alimentation adapté. Trois technologies sont actuellement utilisées :

- la pompe d'injection mécanique à piston radial, qui permet d'obtenir une pression de 1500 bars à l'instant de l'injection. Ce dispositif, accompagné le plus souvent d'une modification des têtes de piston, permet d'améliorer la combustion.
- le « common rail », qui évolue à grands pas et permet de gérer une pression allant de 1000 à 2000 bars. La pression peut être maintenue constamment dans le volume que représente la rampe commune (« common rail ») ; parallèlement, un système d'électrovannes pilotées par

électronique, autorise l'injection directe d'un volume variable de "spray diesel ". La souplesse d'ouverture et de fermeture des électrovannes permet une loi d'injection sensiblement plus élaborée, et donc plus performante. Cette technique permet surtout les pré et post injections.

- un troisième dispositif déjà diffusé mais faisant encore l'objet de développements, prévoit l'injection directe de gazole à 2000 bars, c'est à dire à très haute pression. L'injection est alors directement opérée par des injecteurs-pompe disposés au sommet de chaque cylindre, ce qui permet une pulvérisation particulièrement fine du gazole. L'avantage est que chaque injecteur-pompe gère conjointement la montée en pression du carburant et son injection dans la chambre, et ce directement depuis le circuit de gazole basse pression. Certains problèmes de maintien de pression, rencontrés dans le dispositif « common rail » sont dès lors résolus. Toutefois, ces systèmes doivent poursuivre leur évolution vers une miniaturisation, afin d'en limiter l'encombrement sur la culasse.

Ces dispositifs, accompagnés le plus souvent d'une modification des têtes de piston, permettent d'améliorer la combustion.

#### « Homogeneous Charge Compression Ignition » (HCCI)

Avec la technologie actuelle, le gazole est introduit dans la chambre de combustion où il se mêle à l'air, créant ainsi un mélange hétérogène induisant un fort gradient de pression. Une homogénéisation de ce mélange, par un fort taux d'EGR, permettra de réduire les émissions de NOx et des particules. Cette technologie, qui devra toutefois encore être optimisée pour pouvoir donner de bons résultats sur toute la plage d'utilisation du moteur, et qui devra nécessairement être couplée à un système de post-traitement ( même « allégé ») pourrait être commercialisée avant 2010.

## 2) Les post-traitements.

Catalyse d'oxydation, filtre à particules, catalyse DeNox ou pièges à NOx.

Les solutions catalytiques développées pour les moteurs à essence étant spécifiquement efficaces sur les polluants gazeux, il est devenu nécessaire d'élaborer des dispositifs spécifiques au traitement des particules générées par la combustion du gazole. D'abord mis au point pour les véhicules lourds, le filtre à particules est désormais produit en série pour certains véhicules particuliers.

Les systèmes actuellement développés combinent une phase mécanique de capture des particules ainsi que diverses solutions visant à les éliminer. Dans un premier temps, le filtre se remplit progressivement de particules de suie. En phase de régénération, ces particules sont éliminées par combustion. Notons qu'il importe de préserver la tenue mécanique du filtre au regard des températures particulièrement élevées atteintes lors de cette phase. Pour contrôler cette température de régénération, il est possible soit d'ajouter un additif au carburant (cérium, sodium, ferrocène...) dans le but d'abaisser le point de démarrage de la combustion des suies, soit d'utiliser un carburant fortement désulfuré. Ce dernier est alors couplé à une catalyse d'oxydation permettant une production continue de NO<sub>2</sub> destinée à augmenter la température des gaz pour qu'ils atteignent la température de régénération. Une fois maîtrisées, ces techniques permettent une régénération quasi-continue des suies emmagasinées.

Comme pour les catalyseurs des moteurs essence, on distingue différentes structures de pièges à particules : les supports monolithiques et les structures à fibres tressées, céramiques ou métalliques. De même pour la régénération du filtre, différents procédés sont développés :

- les régénérations thermiques avec amorçage : par brûleur, par chauffage électrique, par micro-ondes, par procédé électrostatique et vannage à l'admission ou à l'échappement

- les régénérations catalytiques avec des filtres à fibres à maillages plus lâches que les monolithes, mais imprégnés de métaux précieux, ou avec une additivation du carburant.

Le constructeur PSA Peugeot Citroën commercialise des modèles de véhicules (Peugeot 807, 607, 307 et 406, Citroën C8 et C5) équipés de filtres à particules (FAP). D'autres véhicules de la gamme sont désormais dotés également de ce système de dépollution.

Une évaluation a été effectuée par l'ADEME, en collaboration avec l'Institut Français du Pétrole, Peugeot Parc Alliance et Taxis G7, sur 5 taxis 607 équipés de FAP de la société G7 à Paris.

Après plus de 18 mois de tests, les FAP ont conservé leur efficacité et n'ont connu aucun incident de fonctionnement. Les niveaux d'émissions sont très en deçà des limites fixées par la réglementation européenne euro 3 (0,05 g/km) et ces performances sont conservées jusqu'à 80 000 km, intervalle de nettoyage du filtre. La granulométrie des particules, mesurée sur le cycle MVEG, confirme ce résultat, avec des quantités 10 000 fois inférieures aux valeurs constatées avec un moteur diesel sans filtre et du même ordre de grandeur qu'avec un moteur essence. La répartition en taille se rapproche elle aussi de celle d'un moteur essence. Il n'a pas non plus été constaté d'émission de cérium (additif) mesurable à l'échappement.

Le catalyseur d'oxydation est généralisé pour les véhicules Diesel depuis 1997. Ce dispositif traite les gaz d'échappements où l'air (oxygène) est présent en grande quantité de par le mode de fonctionnement propre au Diesel ; il agit seulement sur les polluants CO et HC et n'a pas d'action sur les NOx, polluant problématique du Diesel.

Des travaux sont en cours en parallèle au traitement des particules, sur les dispositifs agissant sur les NOx : on peut citer comme pour les véhicules essence IDE mélange pauvre, la voie du « piège à NOx ».

La mise en œuvre de filtres à particules couplées à la solution d'injection directe permet donc à cette motorisation d'atteindre un bon niveau de performance environnementale : conservation des niveaux naturellement faibles des diesels en CO et HC, et « disparition » du problème spécifique des diesels sur les particules.

Toutefois, pour ce qui concerne les progrès à venir sur le diesel, il faut noter des émissions en oxydes d'azote qui restent importantes. Ce fait est en quelque sorte reconnu par la réglementation actuelle avec des seuils d'émission de NOx supérieurs à ceux autorisés pour l'essence. L'effort principal de R&D sur les moteurs diesels en cours porte donc sur le traitement des oxydes d'azote.

### 3) Les bus

Le filtre à particules est sur le point de parvenir à maturité et devrait devenir la référence du marché dans les années à venir.

La majorité des systèmes proposés actuellement sont autorégénérants, c'est à dire qu'ils disposent d'un procédé permettant le nettoyage automatique du filtre par combustion des particules. Certains intègrent aussi la fonction catalyse d'oxydation des monoxydes de carbone (CO) et des hydrocarbures (HC). Il faut cependant signaler une réserve, sur une partie des lignes, notamment ultra-urbaines, la vitesse commerciale n'est pas suffisante pour permettre le fonctionnement correct du filtre à particules.

Ensuite le filtre à particules peut être installé pour remettre à niveau une partie importante du parc. (il n'est pas possible d'équiper les véhicules les plus anciens). L'ADEME apporte son soutien sous certaines conditions à l'acquisition de filtre. A terme, l'accumulation d'expérience devrait permettre de mieux prévoir quelles lignes ne peuvent pas être équipées de filtres à particules.

Sur le bus diesel, des gains importants sont encore possibles du point de vue de la consommation. Ainsi sur une consommation actuelle de 55 litres au 100 kilomètres des efforts sur le poids, les pneumatiques, les auxiliaires et le mode de conduite pourraient conduire à un gain de 9,5 litres soit 17% de consommation.

L'ADEME a lancé un grand programme d'évaluation de l'efficacité de ces filtres (systèmes CRT de marques HJS ou EminoX, filtre Engelhard, systèmes avec additifs type Airmeex), avec l'Institut Français du Pétrole et l'UTAC, par des mesures sur des moteurs ou des véhicules complets.

Il s'avère que ces systèmes, lorsqu'ils sont neufs, permettent des réductions très importantes de CO, HC et de la masse des particules (les valeurs varient entre -70% et -95%). Dans le cas d'un fonctionnement normal, ces systèmes n'ont que peu d'effet sur les performances et sur la consommation de carburant et de lubrifiant des véhicules.

Le système CRT requiert du gazole désulfuré (<50 ppm de soufre) dit gazole TBTS, pour le fonctionnement du filtre. La durabilité de ces systèmes est conditionnée par l'exigence régulière de régénérations du filtre, qui doivent être aussi complètes que possible. Un entretien de qualité est par ailleurs une condition nécessaire du succès.

D'un point de vue financier, la pose d'un filtre à particules est un des moyens les moins onéreux de dépollution du parc existant. Il faut cependant prendre en compte le coût du filtre (entre 4500 et 6000 €), le surcoût occasionné par l'utilisation de gazole désulfuré (de l'ordre de 3 centimes d'euro par litre), ainsi que le surcoût lié au nettoyage annuel du filtre.

Les principales évolutions technologiques attendues concernent la réduction des résidus par l'élévation de la température des gaz d'échappement par additif et la diminution des NOx. Sur le problème sensible de la réduction des Nox, l'ADEME mène des évaluations sur certaines technologies qui nécessitent toutes l'utilisation d'un gazole TBTS: soit avec un agent réducteur à l'échappement (urée ou ammoniac) soit en piégeant les Nox sur des supports tels que le baryum, soit par circulation des gaz d'échappement à l'admission (E.G.R). Ces systèmes peuvent être couplés aux filtre à particules.

Pour ce qui est de la maintenance, la mise au point d'une machine de nettoyage des filtres représenterait une avancée certaine dans l'automatisation des procédures de maintenance dans les réseaux de taille importante.

## Les deux-roues

Le parc de deux roues français actuel est très hétéroclite (véhicules à fonctionnement 2 temps ou 4 temps, cylindrée allant de 50 cm<sup>3</sup> à 1300 cm<sup>3</sup>, transmission automatique ou boîte de vitesses) généralement dépourvu de tout système antipollution, ce qui conduit à des émissions de CO (monoxyde carbone) et HC (hydrocarbures imbrûlés) très élevées. Par comparaison, aux véhicules 4 roues, où les niveaux d'émissions sont en sensible diminution depuis 1970, les cyclomoteurs présentent des niveaux d'émissions importants. Le tableau suivant de valeurs limites confirme l'écart en matière de rejets polluants qui s'est creusé en quelques années entre ces catégories de véhicules.

g/km	1989		1992		1996		2000	
	Voiture	Cyclos	Voiture	Cyclos	Voiture	Cyclos	Voiture	Cyclos
CO	7,4	8	2,72	8	2,2	8	2,3	6
HC+NOx	1,97	6,5	0,97	6,5	0,5	6,5	0,35	3

Source Réglementation Européenne

## **Ventes / Parc**

La vente de cyclomoteurs neufs est d'environ 200 000 unités par an. Pour les motocycles, les volumes de ventes sont moindres que pour les cyclomoteurs avec 150 000 unités/an, mais il doit être noté une forte progression depuis 1996 correspondant à l'harmonisation des permis de conduire

dans l'Union Européenne (non nécessité d'un permis supplémentaire pour les automobilistes pour rouler en moins de 125cm<sup>3</sup>).

Le parc de cyclomoteurs est en diminution constante ces dernières années (- 30 % en 8 ans), même si le nombre de véhicules est encore élevé (1 500 000 unités en 1998 et 1999) contre 900 000 pour le parc de moto-cycles. En matière d'usage, le roulage moyen d'un cyclomoteur est estimé à 2 300 km par an, dont la moitié est effectuée en ville. L'usage des motocycles est naturellement plus élevé que celui des cyclomoteurs avec un niveau de l'ordre de 6000 à 10 000 km/an, dont 40 % seraient effectués en ville.

### **Normes d'émissions**

La mise en place d'une réglementation plus contraignante sur les rejets polluants a été longtemps reportée du fait du retard technologique accumulé par rapport aux véhicules particuliers. Finalement, une directive européenne a été adoptée en 1997 (n°97/24) : elle distingue deux types de 2 roues : les cyclomoteurs et les motocycles. Elle prévoit deux étapes d'abaissement des niveaux d'émissions : respectivement en 1999 et 2002, pour les cyclomoteurs (cylindrée inférieure à 50cm<sup>3</sup>) et une étape en 1999 pour les motocycles (une 2<sup>e</sup> étape est encore en cours d'élaboration).

L'ADEME a réalisé en 2000 des tests sur les cyclomoteurs (résultats en annexe).

## **II-1-3. La filière biocarburants.**

### **Utilisation des biocarburants**

Les biocarburants sont utilisés en France sous une forme banalisée, par incorporation dans les carburants ou le fioul domestique, sans modification du réglage des moteurs ou des chaudières.

Pour cela, les filières de production ont développé des produits élaborés dont les caractéristiques se rapprochent de celles des carburants ou du fioul domestique auxquels ils peuvent être mélangés.

Il existe deux grandes familles de carburants d'origine agricole (biocarburants) : éthanol agricole (et ses dérivés) pour les essences et les esters d'huiles végétales pour le gazole,.

#### **1) Les deux grandes familles de biocarburants**

##### **L'éthanol**

Il peut être utilisé pur sur des moteurs adaptés comme au Brésil ou plus généralement en mélange en faible pourcentage dans les essences.

L'éthanol peut également être transformé en ETBE (Ethyl Tertio Butyl Ether) composé oxygéné comparable au MTBE (Méthyl Tertio Butyl Ether) d'origine pétrolière. C'est sous cette forme qu'il est utilisé en France comme composant des carburants sans plomb.

L'incorporation d'éthanol et d'ETBE dans les essences est autorisée par l'arrêté du 23 décembre 1999 pris en application de la directive 98/70/CE du 13 octobre 1998, respectivement au taux maximum de 5 % et 15 %.

Cependant, l'incorporation d'éthanol dans les essences en présence d'eau peut poser des problèmes de logistique pétrolière, c'est le phénomène de démixtion. La volatilité de l'éthanol est aussi un inconvénient alors que l'on veut limiter les émissions des composés organiques volatils pouvant contribuer à la formation d'ozone atmosphérique.

Au plan technique, l'ETBE est pour le moment la meilleure façon d'incorporer de l'éthanol au carburant, grâce à son indice d'octane élevé autant qu'à sa faible volatilité.

## **Les EMHV**

Les caractéristiques physico-chimiques des esters sont voisines de celles du gazole et du fioul domestique et sept années d'expérimentation ont montré que l'on peut les utiliser purs ou en mélange avec du gazole dans les moteurs diesel pour véhicules routiers ou en substitution au fioul domestique, de façon transparente pour l'utilisateur, sous réserve qu'ils respectent un certain nombre de spécifications.

Les EMHV peuvent être incorporés dans le gazole ou le fioul domestique jusqu'à hauteur de 5 % par les arrêtés ministériels du 28 août 1997. Ceux-ci définissent également les spécifications des EMHV ainsi que les méthodes de mesure permettant le contrôle de leur qualité.

Des dérogations peuvent également être accordées par décision conjointe du DGDDI (Douanes) et du DIREM (Industrie), pour des utilisations de biocarburants à des taux de mélange plus élevés que ci-dessus au vu d'un programme technique comportant nécessairement une évaluation normalisée et comparée des performances énergétiques et environnementales des carburants utilisés (jusqu'à 30% d'EMHV dans le gazole pour les flottes captives).

### **2) La fiscalité des biocarburants**

Les prix de revient des biocarburants sont trop élevés pour leur ouvrir un marché sans aide de l'Etat. Une exonération fiscale partielle est consentie pour permettre de compenser les surcoûts liés à leur production et à leur commercialisation (35 €/hl d'EMHV et 38 €/hl d'éthanol en 2003 contre respectivement 35,06 €/hl et 50,23 €/hl en 2002). Ces montants sont à comparer aux montants actuels de TIPP sur les carburants correspondants (respectivement 39,19 et 58,92 €/hl).

Cette exonération fiscale est accordée aux biocarburants produits par des unités bénéficiant d'un agrément obtenu après appel d'offre européen.

### **3) L'offre de biocarburants**

En 2002, la production française d'ETBE s'est élevée à 192 420 tonnes, à partir des trois unités agréées. Cette production correspond à une quantité de 90 437 tonnes d'éthanol pour une capacité potentielle de production de 225 500 tonnes d'éthanol anhydre par an.

En 2002, la production d'EMHV, à partir des cinq unités agréées, dont une allemande, a atteint 309 000 tonnes, niveau pratiquement identique sur les trois dernières années.

### **4) La consommation de biocarburants - coût budgétaire**

Les volumes de biocarburants commercialisés en France étaient les plus élevées de l'Union Européenne jusqu'en 2001 et représentent environ 1 % en volume de la consommation française de carburants. En 2002, l'Allemagne a produit 550 000 tonnes d'EMHV, dépassant ainsi la France.

Les mesures fiscales et réglementaires évoquées ci-dessus ont permis un développement significatif des ventes de biocarburants. La perte budgétaire correspondante s'est élevée à un montant global de 181 M€ en 2001.

Certaines collectivités locales ou entreprises ont développé l'utilisation d'ester en mélange dans le gazole à 30 % sur leurs flottes de véhicules de transports urbains ou non urbains. Une trentaine de villes ont ainsi affecté une partie de leur flotte de bus à cette expérimentation en grandeur réelle.

## **5) L'apport des biocarburants**

L'ester méthylique d'huile végétale est maintenant utilisé principalement (90 %) en mélange jusqu'à 5 % dans le gazole, commercialisé de façon banalisée. Cette utilisation permet notamment de contribuer à l'obtention d'un pouvoir lubrifiant satisfaisant des gazoles à faible teneur en soufre.

L'ETBE présente un indice d'octane élevé et permet l'élaboration de supercarburants à partir de bases d'indice d'octane plus faible.

## **6) Impact sur l'environnement**

Les arguments avancés en matière de protection de l'environnement ne sont pas déterminants.

En effet, l'impact des biocarburants sur l'environnement, souvent présenté comme positif, fait l'objet de nombreux débats car les effets sont multiples, complexes, souvent de sens opposés. C'est ainsi qu'à des gains en matière d'effet de serre ainsi que d'émissions de monoxyde de carbone et de particules, se juxtaposent des effets plutôt négatifs en matière d'émissions d'oxydes d'azote et de composés organiques comme les aldéhydes. Quant à l'impact écologique des cultures dévolues aux biocarburants, il dépend essentiellement des techniques agricoles mises en oeuvre. A cet égard de grands potentiels de progrès existent.

Une étude réalisée par ECOBILAN en 2002 pour l'Ademe et la Direm sur les bases de l'expérience française montre que :

- les bilans énergétiques de la production des biocarburants (énergie disponible / énergie non renouvelable mobilisée) par rapport aux carburants d'origine fossile sont favorables aux biocarburants, en particulier pour les EMHV ;
- les bilans gaz à effet de serre (grammes équivalent CO<sub>2</sub> par MJ d'énergie, avec hypothèse de combustion totale des produits effectuée sur la base de leur teneur en carbone) sont également positifs, toutefois les économies sont réalisées à un coût (environ 200 €/T CO<sub>2</sub> selon les filières) sans commune mesure avec les coûts habituellement consentis pour la réduction des émissions de CO<sub>2</sub>. (20€/T CO<sub>2</sub>)

La filière éthanol présente néanmoins un potentiel d'amélioration certain.

## **Les projets de la Commission européenne**

La Commission des Communautés européennes a soumis au Conseil deux projets de directive relatives aux biocarburants :

- la première modifie la directive 92/81/CEE en ce qui concerne la possibilité d'appliquer un taux d'accises réduit sur certaines huiles minérales qui contiennent des biocarburants ou aux biocarburants.
- la seconde concerne la promotion de l'usage des biocarburants dans les transports. Elle vise un taux global d'utilisation (PCI) des biocarburants dans les transports pour l'année 2005 de 2 % et progressivement une évolution de ce taux jusqu'à 5,75 % en 2010.

## **CONCLUSION**

La promotion des biocarburants n'a pas eu, jusqu'à présent, de justification immédiate autre que celle qui relève de la politique agricole. Le recours aux biocarburants n'est pas actuellement rendu nécessaire par la crainte d'une pénurie de pétrole à court terme. Les arguments avancés en matière de protection de l'environnement ne sont pas non plus déterminants, en particulier, les économies de CO<sub>2</sub> réalisées par la filière le sont à un coût particulièrement élevé (environ 200 €/T de CO<sub>2</sub>).

Au delà de l'intérêt agricole, si l'on décidait de poursuivre la réflexion pour développer cette filière, il importe d'explorer les voies scientifiques et technologiques permettant d'abaisser très sensiblement les coûts industriels de production (notamment autres que l'utilisation de productions alimentaires à des fins énergétiques).

## **II-2. Les filières alternatives existantes : GPL, GNV, véhicule électrique**

### **II-2.1 La filière GPL**

Le GPL est un carburant composé de butane et de propane. Ces deux gaz proviennent soit du raffinage du pétrole soit des gisements de gaz naturel. Le GPL reste à l'état liquide lorsqu'ils est maintenu sous faible pression, ce qui permet de le stocker et de le transporter facilement. Le GPL ne contient ni plomb, ni benzène ni soufre. Sa combustion ne produit pas de particules.

#### 1) La technologie et l'offre des constructeurs

La technologie du GPL-carburant a évolué, reposant de plus en plus sur des équipements avec injection séquentielle multipoints (gazeuse ou liquide) de GPL, accompagnés d'un pilotage électronique spécifique du GPL et combinés à l'injection essence, permettant au GPL d'obtenir des performances toujours favorables sur le plan des émissions de polluants.

Plusieurs types de réservoirs sont proposés, permettant leur adaptation à la morphologie des différents véhicules automobiles : toriques (logés à la place de la roue de secours, ce qui permet de conserver le volume du coffre), cylindrique (placé derrière la banquette arrière), « twin » (deux réservoirs cylindriques réunis pouvant être installés sous le châssis)... avec des capacités allant de 35 à 150 litres (80% de volume utile seulement, les 20% restant permettant des variations de volume en fonction de la température).

Cinq accessoires contribuent à la sécurité du réservoir: le clapet anti-retour, le limiteur de remplissage, le limiteur de débit, l'électrovanne, et enfin la soupape de sécurité obligatoire sur tous les véhicules depuis janvier 2000, y compris sur les véhicules équipés avant cette date.

Si seul le quart des véhicules au GPL ont été équipés par un constructeur (le reste ayant subi une transformation de « deuxième monte »), l'offre se trouve considérablement élargie aujourd'hui avec un total de 60 modèles présentés aux catalogues de onze constructeurs et la mise sur le marché de « kits » homologués dédiés pour certains types de véhicules, ce qui facilite les démarches à la fois techniques et administratives des propriétaires de ces véhicules.

Néanmoins, pour ce carburant, dont l'utilisation reste marginale par rapport à l'usage du « GPL domestique », il ne faut pas s'attendre à un développement important.

Le gain relatif en termes d'émissions polluantes s'amenuise au fur et à mesure de la sévèrisation des normes « euro », l'agrément de conduite et l'autonomie sont réduits par rapport au modèle essence équivalent. Seul un moteur dédié et optimisé, tirant le meilleur parti du bon indice d'octane du GPL, permettrait d'obtenir un avantage environnemental flagrant, mais ni les pétroliers, ni les constructeurs automobiles n'y semblent attachés.

Pour les bus, l'avenir est encore assez incertain avec la présence d'un seul constructeur sur le marché (MAN, DAF ayant abandonné le développement de moteurs GPL).

Pour le GPL, les évolutions par rapport aux données disponibles en 2000 portent sur les points suivants, en termes d'émissions polluantes et de réseau de distribution :

## 2) Bilan des émissions polluantes et gaz à effet de serre.

L'ADEME a procédé en 2000-2001, à l'étude des émissions polluantes de 13 véhicules légers première monte bicarburant essence/GPL répondant à la norme euro 2. Il s'avère que pour la plupart des véhicules neufs en première monte, les émissions polluantes obtenues en GPL sont équivalentes à celles obtenues en version essence, avec un avantage pour le GPL concernant les polluants non réglementés (notamment benzène, aldéhydes et cétones) et les émissions de CO<sub>2</sub>. Un problème de fiabilité est cependant apparu sur certains modèles (une marque en particulier), lié vraisemblablement à un défaut d'injection liquide et une richesse de mélange air/carburant insuffisante.

Des essais sont en cours sur des véhicules première monte bicarburant essence/GPL répondant à la norme euro 3. Les premiers résultats, comparant un véhicule diesel à injection directe et un véhicule bicarburant en mode essence et GPL du même type (même carrosserie), font apparaître de fortes émissions d'HC et de CO sur les cycles MVEG et ARTEMIS (urbain, routier, autoroutier), qui restent toutefois dans les limites de la norme euro 3. Ceci relève du choix du constructeur qui, pour éviter les montées en pression du système d'alimentation en GPL, génère un retard à la fermeture des injecteurs. Parallèlement les niveaux d'émissions d'oxydes d'azote se situent au niveau de celles du véhicule essence, et restent inférieurs à celui du diesel. Enfin, concernant les émissions de CO<sub>2</sub>, le véhicule en mode GPL semble présenter de très bons résultats, du même niveau que ceux obtenus avec le véhicule diesel injection directe.

Globalement donc, malgré les progrès technologiques associés aux carburants traditionnels, le GPL confirme une légère avance sur le plan du respect de l'environnement.

Toutefois, d'après les constructeurs automobiles français, la fluctuation saisonnière de la composition du mélange butane/propane est un frein à une optimisation du moteur, et l'avantage environnemental de ce carburant est en régression progressive par rapport au moteur essence.

Pour les bus (Euro 2), le GPL présente plusieurs avantages par rapport aux bus diesel : la masse des particules émises est très faible devant celle des moteurs diesel de dernière génération, la baisse des oxydes d'azote émis est importante (parfois supérieure à 50%) et les émissions d'hydrocarbures sont globalement moins élevées et surtout sont dépourvues de composés aromatiques. La baisse du niveau de bruit, la souplesse de conduite, le démarrage à froid et une moindre consommation

d'huile sont aussi des points apparaissent positivement. Certains points restent néanmoins à améliorer, tels que les émissions de CO qui peuvent varier fortement au sein d'une même flotte ; la mise sur le marché de véhicules répondant à la norme euro 3 devrait apporter une amélioration en termes de fiabilité du contrôle moteur et des systèmes de dépollution, qui restent encore perfectibles.

### 3) Réseau de distribution.

On compte en 2002 1850 stations-services distribuant du GPL, ce qui représente près de 12% des stations services, et 500 installateurs agréés. Le réseau des stations-services en France pourvues d'un dispositif de distribution de GPL carburant a progressé assez fortement et de façon constante, parallèlement au développement du parc des véhicules équipés (26 000 en 1996 et plus de 200 000 en 2001) et à la hausse induite de la consommation de carburant (multipliée par 5 entre 1996 et 2001).

Le développement du réseau s'explique par les investissements des opérateurs privés réalisés ces dix dernières années dans la distribution et destinés à accompagner la forte croissance du marché du GPL carburant. Il s'agit des sociétés pétrolières, des indépendants, des grandes et moyennes surfaces (environ 530 stations-services équipées sur 3 900) et de leurs principaux fournisseurs (Antargaz, Butagaz, Primagaz, Vitogaz- Rubis et Totalgaz).

On note toutefois une progression plus lente sur l'année 2002, qui s'explique par de nombreux facteurs : les opérateurs pétroliers, qui ont poursuivi la rationalisation de leur réseau de stations service pour s'adapter à l'environnement concurrentiel, investissent lourdement pour mettre à niveau leurs stations notamment aux normes environnementales et doivent assurer la présence d'un personnel d'exploitation pour la vente de GPL-c.

Dans ce contexte contraignant, il semble bien que les opérateurs ne soient prêts à consentir de nouveaux investissements pour renforcer la distribution de GPL que s'ils constatent une reprise sensible de la consommation de ce carburant.

Néanmoins aujourd'hui, la disponibilité du GPL carburant ne soulève a priori pas de difficulté pour l'automobiliste, le réseau couvrant les grandes zones d'approvisionnement du pays et de façon prioritaire les grands axes routiers et les agglomérations. Le CFBP a par ailleurs édité un guide présentant la liste des stations-services pourvues d'un poste de distribution de GPL.

### 5) Cadre réglementaire

#### a) sécurité des véhicules

L'arrêté du 04 août 1999 a imposé aux véhicules au GPL, neufs ou transformés, d'être équipés de soupapes de surpression à compter du 1<sup>er</sup> janvier 2000.(mise en œuvre du règlement européen R 67-01 ).

b) Stockage: rubrique ICPE n°1412 (dépôts de gaz inflammable liquéfié; ancien arrêté type existant (10 mai 1993) ; nouvelle rédaction en cours.

c) Distribution: rubrique ICPE n°1414-3 (distribution ou remplissage de gaz inflammable liquéfié). modification de l'arrêté type le 2 octobre 2001.

## 6) Opinion des utilisateurs

Réalisé par l'institut BVA pour le compte de l'ADEME en janvier 2001, un sondage auprès de gestionnaires de flottes publiques mettait en avant, comme élément incitatif pour acquérir des véhicules au GPL, leur coût d'utilisation attractif (favorisé par diverses dispositions fiscales), mais les conditions d'approvisionnement en carburant, l'offre des constructeurs ou encore la sécurité apparaissaient comme des éléments négatifs. Par ailleurs, le CFBP a communiqué le résultat de deux enquêtes (voir annexe).

### **II-2.2. La filière GNV**

Le gaz naturel véhicule se compose essentiellement de méthane, d'hydrocarbures légers et de CO<sub>2</sub>. Il ne contient que très peu d'impuretés (soufre). Cependant, sa composition est sujette à des variations sensibles du fait qu'il s'agit d'un produit naturel, et non d'un produit issu du raffinage. Ces variations dépendent en particulier de la source de production du gaz. Ainsi deux gammes de gaz ont été identifiées : la gamme B ( gaz provenant des pays bas et distribué dans le Nord de la France) et la gamme H (Algérie, Russie, Norvège et distribué dans le reste de la France). Cette particularité rend l'utilisation du gaz délicate, compte tenu des exigences du moteur à combustion.

Le GNV présente un intérêt certain du point de vue environnemental. En effet, son utilisation ne produit ni fumée ni benzène ni composés polyaromatiques. De plus, il possède un bon indice d'octane, qui permet un taux de compression élevé et donc un bon rendement du moteur. Pour ce qui concerne les émissions de gaz à effet de serre, le bilan « du réservoir à la roue » est favorable par rapport au diesel. Toutefois, le bilan global de la source de production à la roue doit tenir compte des pertes de méthane sur le réseau amont de transport, notamment le réseau russe. En effet, le pouvoir de réchauffement global de ce gaz est 21 fois plus élevé que celui du CO<sub>2</sub>.

Le gaz naturel est habituellement stocké sous forme gazeuse dans un réservoir spécifique, à une pression de l'ordre de 200 bars.

#### 1) Offre actuelle des constructeurs et évolutions technologiques

##### a) les moteurs

Les véhicules légers sont proposés en bicarburation gaz-essence (deux réservoirs) par les constructeurs français et étrangers. Ce système permet de remédier aux inconvénients de la faiblesse du réseau de distribution de GNV ; l'offre se situe au niveau des utilitaires légers. Il s'agit d'une première monte différée, c'est à dire sous traitée à un installateur et couverte par la garantie du constructeur.

Pour les véhicules lourds (bus), la bicarburation n'est pas nécessaire ; les constructeurs offrent des véhicules équipés de moteurs adaptés au gaz sur la base d'un moteur diesel.

Les moteurs ne sont pas optimisés alors que les véritables gains en consommation (et donc en émission de polluants et gaz à effet de serre) passeraient par des moteurs dédiés (mono-carburation). Ainsi, selon l'IFP, un moteur dédié permettrait une baisse de 20 à 30 % d'émissions de CO<sub>2</sub> par rapport à un moteur Diesel. Par ailleurs, la sévèrisation à venir des normes sur les polluants

réglementés (EURO 4 en 2005) pourrait entraîner la nécessité de passer à la monocarburation. PSA et Renault ont annoncé la mise au point d'un moteur optimisé pour le GNV.

En ce qui concerne les bus, le même constat est fait : les moteurs actuels fonctionnant au GNV ne permettent pas d'atteindre les meilleures performances et nécessitent des efforts de la part des constructeurs. La filière GNV semble particulièrement prometteuse dans le pays producteurs de gaz (Iran, Argentine...). Les constructeurs français ont annoncé leur intérêt pour ces marchés.

b) le stockage.

Il est nécessaire à l'heure actuelle de stocker le gaz à bord du véhicule à une pression de 200 bars. Des recherches sont menées sur l'amélioration du stockage (qui ne nécessiterait plus alors des pressions si élevées), grâce à l'utilisation de matériaux adsorbants, c'est à dire qui fixent les molécules de gaz.

2) Bilan des évaluations en matière d'émissions polluantes et gaz à effet de serre.

L'ADEME a procédé à l'évaluation de véhicules au GNV, tant au banc d'essai qu'en site réel.

a) voitures particulières : l'ADEME a mis en place une campagne d'évaluations des performances sur une flotte de 10 Renault Twingos Euro 2 au GNV (communauté urbaine de Lille). Les mesures ont porté sur les points suivants :

- émissions de polluants réglementés et non réglementés de 4 véhicules (véhicules neufs et après une année d'utilisation)
- suivi des 10 véhicules en terme de consommation.

Le premier bilan permet de tirer les conclusions suivantes :

- bons résultats en ce qui concerne le CO<sub>2</sub> pour le GNV (100g/kmde CO<sub>2</sub> sur cycle MVEG et 120g/km en usage réel). De plus, au bout d'un an d'utilisation, les émissions étaient les mêmes.

- pour les oxydes d'azote, le CO et les hydrocarbures imbrûlés, les résultats sont bons sur véhicule neuf mais se dégradent sensiblement après 18 0000 km (environ un an d'utilisation) : les émissions, en utilisation GNV, de HC, sont multipliées par deux et celles d'oxydes d'azote par 18.

b) Bus Euro 2.

Trois bus GNV ayant des technologies différentes ont été évalués et comparés à 4 bus diesel.

Bilan : très peu de particules, baisse importante d'oxyde d'azote, les émissions de CO<sub>2</sub> et de méthane sont très variables d'un bus à l'autre. En ce qui concerne les émissions de CO<sub>2</sub>, elles sont variables d'une technologie à l'autre. Les moteurs GNV sont plus sensibles que leurs homologues Diesel aux conditions de trafic.

c) Bennes à ordures ménagères.

Deux BOM de 20 et 26 tonnes ont été testées au banc à rouleau sur un cycle d'essai composé d'une partie roulage et d'une partie collecte et comparées à des engins au Diesel équivalents. Les BOM au GNV constituent une bonne solution par rapport aux BOM classiques au gazole, puisque l'on obtient à la fois une réduction des Nox et une absence d'émission de particules, ainsi qu'une réduction du bruit.

#### Bilan:

- les émissions d'hydrocarbures imbrûlés sont comparables (du méthane est émis par BOM GNV)
- les émissions de CO<sub>2</sub> sont proches
- les émissions de NOx et de polluants non réglementés sont nettement plus importantes pour le diesel
- sur les gaz à effet de serre (CO<sub>2</sub>, méthane) le moteur GNV possède un avantage sur le diesel en roulage. En collecte, les deux motorisations sont proches avec un léger avantage au Diesel

#### 3) Cadre réglementaire.

- a) sécurité du véhicule : le règlement R110 a été adopté par la CEE-NU en décembre 2000. Il comporte des prescriptions uniformes relatives à l'homologation des véhicules au GNV. De nouveaux véhicules ont été homologués suivant ce nouveau règlement qui pourrait être transposé dans la réglementation française au cours du 1<sup>er</sup> semestre 2004. L'adoption de ce texte et sa mise en application constitue un facteur important de progrès pour la filière.
- b) stockage gaz naturel comprimé (hors véhicule) : régi par la législation sur les installations classées, rubrique 1411 de la nomenclature, du ressort du MEDD. Les prescriptions sont fondées sur l'arrêté type n°209. Il n'est pas prévu actuellement de modifier cette réglementation.
- c) installations de distribution : régies par la législation sur les installations classées, rubrique 2920. L'installation de distribution n'est pas classée en tant que telle mais en tant qu'installation de compression qui est classée à partir de 20 kW.  
Les professionnels attendent la création d'une nouvelle rubrique spécifique au GNV. Une étude de GDF est en cours de révision sur ce sujet.
- d) parcs de stationnement souterrains et immeubles de grande hauteur commune aux véhicules à gaz. (voir annexe 8).

Une étude sur la sécurité de la filière est en cours de lancement par le ministère de l'Intérieur, le ministère de l'Industrie et Gaz de France. Une attention toute particulière sera portée aux résultats de cette étude.

#### 4) Bilan de la filière .

Le parc de véhicules légers est de 4 500 unités, qui appartiennent à des flottes captives, surtout celle de GDF. A la fin de l'année 2002, 1 000 bus roulent au GNV dans une trentaine de villes alors qu'il n'y en avait aucun en 1997. 100 bennes à ordures ménagères roulent également au GNV.

105 stations de remplissage permettent d'alimenter ces véhicules ; sur ce nombre, seules environ 10 stations sont ouvertes aux particuliers.

#### 4) PREDIT

Le PREDIT 3 (2002-2006) reconduit le groupe opérationnel "véhicule propre et économe". Au sein de ce groupe est prévu un thème portant sur les nouveaux carburants et l'adaptation interactive combustion/ carburant avec la recherche de motorisation dédiée, notamment pour le GNV.

#### 5) Le Protocole et la stratégie de GDF

L'aide de l'Etat sous ses différentes formes a permis de faire passer cette filière pour les bus au stade industriel. En l'absence d'un réseau de distribution "grand public" qui nécessiterait de lourds

investissements, la question reste posée de l'évolution ultérieure de la filière vers les véhicules pour entreprises et les particuliers (vp et vul).

Le ministère chargé de l'industrie, GDF, l'UFIP et les constructeurs d'automobiles nationaux ont signé, en présence de l'Association Française du Gaz Naturel pour Véhicules, un deuxième protocole pour la période 1999-2004 en vue de promouvoir la filière. Ce document fixe les objectifs suivants :

- développer l'utilisation du GNV dans le domaine des transports publics et celui des utilitaires urbains ;
- étendre la filière GNV vers de nouveaux marchés : flottes captives (véhicules légers) puis particuliers ;
- créer les conditions pour :
  - \* la mise sur le marché de véhicules GNV par les constructeurs
  - \* l'élaboration d'une tarification simple et attractive.

Une station-pilote conçue par GDF et TotalFinaElf devrait ouvrir en 2003 à Guyancourt dans les Yvelines. Elle permettra dans un premier temps d'alimenter les flottes des collectivités et des entreprises situées à proximité et pourra être ouverte aux particuliers.

Cependant, devant les coûts financiers que représente le développement d'un réseau de stations, GDF a choisi de lancer une étude de faisabilité sur un dispositif d'avitaillement individuel pour des particuliers résidant en pavillon et alimentés en gaz naturel dans le cadre d'une utilisation domestique ordinaire. Le marché potentiel est évalué par une récente étude IPSOS à 10 % des 4 millions de pavillons concernés, soit 40 à 50 000 véhicules. Le remplissage du véhicule pourrait se faire au moyen d'un compresseur individuel de petite taille, à partir de l'alimentation habituelle en gaz naturel (adaptée).

Diverses questions techniques soulevées par ce projet, dont notamment la collecte de la TIPP, sont à l'étude dans le cadre de l'étude de faisabilité. Une attention toute particulière sera accordée aux aspects de sécurité, en étroite collaboration avec les administrations compétentes. L'objectif est de créer une flotte significative et, une fois cet objectif atteint, de construire un réseau de stations de distribution plus conséquent.

Par ailleurs, l'AFGNV met en place une stratégie de développement qui doit aboutir à la mise sur le marché de 10 000 nouveaux véhicules en 2005 et à 5% de part de marché pour le GNV en 2010. Pour cela, elle s'est fixée un certain nombre d'objectifs prioritaires comme l'optimisation rapide du couple moteur /carburant pour pallier les variations de qualité du gaz.

#### 6) Opinion des utilisateurs

L'enquête BVA de janvier 2001 (cf. plus haut) atteste d'une méconnaissance du véhicule GNV. Pour les établissements ne possédant pas de GNV (98 % des organismes interrogés) le coût à l'utilisation et les retombées en terme d'image apparaissent comme les critères les plus incitatifs et les conditions d'approvisionnement comme le critère le moins incitatif.

### **II-2.3 La filière électrique**

Un véhicule électrique est un véhicule dans lequel la seule source d'énergie embarquée est l'électricité. Ce type de véhicule présente, en France, un bilan favorable tout au long de la chaîne énergétique et environnementale. Outre la suppression des nuisance sonores, le moteur électrique

ne rejette aucun polluant, il ne consomme aucune énergie lorsqu'il est immobilisé dans le trafic, son rendement est bien adapté aux à coup de la circulation urbaine.

## 1) Les véhicules

Depuis 1996, les constructeurs français, notamment PSA, sont les seuls à avoir mis en production industrielle, à petite échelle, deux types de véhicules : voitures particulières (106, saxo, Clio) et camionnettes (Berlingo, Partner, Kangoo) avec une technologie électrique notablement évoluée. Ces véhicules électrifiés ont embarqué des batteries Nickel Cadmium leur conférant un rayon d'action de 70 à 100 km selon les utilisations.

Le rythme de commercialisation a été de 1 000 à 1300 unités jusqu'en 2000. Il est de 700 unités actuellement, et ce malgré le renforcement des aides à l'acquisition.

L'augmentation du rayon d'action (de 80 km à 200/250 km) par l'utilisation de batterie lithium était attendu pour 2000 ou 2001. Ce seuil a été reporté à l'horizon 2004 ou 2005. Les raisons principales sont le coût ainsi que l'approche de la maîtrise de la sécurité de ce type de batteries plus performantes.

Il est à signaler que le développement des batterie au lithium est devenu une activité mobilisant des moyens importants non seulement en France (Saft, groupe Bolloré / EDF) mais aussi au Canada et aux USA avec AVESTOR, au Japon et en Chine où trois usines sont en cours de finalisation. Les constructeurs français, européens et nord américains ont lancé depuis 1997 des opérations de démonstration de véhicules équipés de batteries lithium.. Ils les testent actuellement sur des bases roulantes, qui franchissent le cap des 200 km. A noter, par exemple, l'initiative du programme VEDELIC qui a permis la réalisation d'un véhicule démonstrateur sur base Peugeot 106 et batteries lithium-ion Saft. En septembre 2000, ce véhicule a relié La Rochelle-Poitiers et a parcouru au total 261 km, à une vitesse moyenne de 54 km/h (vitesse max. 113,2 km/h).

Les premiers véhicules électrifiés mis en circulation et équipés de batteries nickel-cadmium ont permis de développer une phase d'apprentissage qui a permis de retirer de nombreux enseignements utiles aux acteurs de la filière (constructeurs d'automobiles et équipementiers, responsables gestion technique de ville, grands utilisateurs de la voirie urbaine, etc...).

Ils ont également permis de tester en vraie grandeur de nouveaux services de livraison et de déplacement. Les observations réalisées sur cette première génération de voitures électrifiées ont montré que l'autonomie et le temps de charge (3 heures) les excluait du marché de la voiture multi-usages, long courrier, en pleine propriété. Par contre, les véhicules électriques/utilitaires semblent mieux adaptés pour les entreprises qui gèrent un réseau de distribution comme la Poste. Ce véhicule dans sa version actuelle (80 km) est donc susceptible de se développer sur des marchés de niche : distribution postale, véhicule en temps partagé, ce qui est recherché en milieu urbain.

En tout état de cause, il reste des travaux à réaliser sur les modes d'exploitation de ces véhicules en fonction des autonomies actuelles et attendues. Pour l'utilisation en flotte, il sera utile de mieux connaître les pratiques (La Poste a montré la rentabilité de l'investissement dès que le kilométrage journalier dépasse 80 km.) Pour les véhicules en temps partagé, au-delà des expérimentations de Liselec et Praxitèle, des études doivent être menées sur les clientèles visées, le mode de tarification, le nombre minimal de véhicules pour assurer l'équilibre économique du service.

En ce qui concerne l'augmentation du rayon d'action par la production d'électricité à bord, il est signalé que Renault commercialise en 2003 un Kangoo électrique avec prolongateur d'autonomie (Range Extender). Il s'agit d'un véhicule électrique auquel on a adjoint un petit moteur essence qui joue le rôle d'un générateur auxiliaire d'électricité. Ainsi, l'autonomie en mode électrique pur de 70 km peut être prolongée jusqu'à 250 km. Les batteries sont rechargeables sur le réseau. Le conducteur peut mettre en route, en cas de nécessité, le générateur auxiliaire.

2) Perception du véhicule électrique par les gestionnaires de flottes publiques (enquête BVA-ADEME- Janvier 2001).

Le confort de conduite est indéniablement apprécié par les utilisateurs du véhicule électrique, de même que son caractère silencieux. En revanche, la place prise par la batterie, sa faible autonomie et ses conditions de rechargement sont encore souvent déplorées.

3) Les expérimentations de services

Plusieurs programmes, en cours d'évaluation, se sont déroulés sur les années 1999 à 2001.

Il s'agit notamment de:

- ELCIDIS : ce projet européen (Electric Vehicle City Distribution Systems) avait pour objectif de limiter les livraisons par poids-lourds dans les centres-villes et d'assurer ce service à l'aide de véhicules électriques. La Rochelle a fait partie des six villes européennes participant à ce programme qui s'est déroulé du 1<sup>er</sup> mars 1998 au 31 août 2001.
- LE TOUC : un système de navettes électriques Diabline Cocher, transportant jusqu'à sept personnes, a été mis en place pour assurer la desserte de supermarché ou de lieux touristiques. Plusieurs villes ont expérimenté ce nouveau service : Toulouse (première ville test en 1999), Aix-en-Provence, Belle Ile-en-Mer, Carcassonne, Lyon, Melun, Nice, Villeurbanne.
- BUS ELECTRIQUES DE BORDEAUX : Dans le cadre des travaux pour la construction du futur réseau de tramway de l'agglomération de Bordeaux, des bus électriques assurant le transport en centre ville et s'arrêtant « à la demande » ont été mis en service.
- BUS ELECTRIQUES DE PARIS : MONTMARTROBUS. 10 bus électriques ....
- LISELEC à La Rochelle

Toutes ces opérations ont montré l'intérêt de l'utilisation du véhicule électrique pour de nouveaux services.

### **Conclusion:**

L'acquis technologique récent des filières classiques les positionne aujourd'hui à un niveau performant. Néanmoins, les filières alternatives présentent un intérêt soit en matière d'émissions de CO<sub>2</sub> et sonores, notamment dans le cas de l'utilisation de moteurs optimisés, soit en matière de polluants non réglementés. De plus, elles participent à la nécessaire diversification énergétique en contribuant à rendre le secteur des transports moins dépendant du pétrole.

## **II.-3. Les filières émergentes**

### **II-3.1 La filière hybride**

1) Définition

L'intérêt du véhicule hybride est notamment lié aux limites actuelles qui handicapent le véhicule électrique, c'est-à-dire principalement son autonomie limitée.

Un véhicule hybride est un véhicule qui associe une motorisation électrique qui intervient toujours dans la propulsion du véhicule et une motorisation thermique (en général essence) dont le rôle peut être soit la propulsion soit la production d'électricité en complément de celle fournie par les batteries au véhicule. Ainsi plusieurs architectures peuvent être envisagées

- **le véhicule hybride parallèle** : l'énergie transmise aux roues peut provenir de la source électrique ou de la source thermique soit simultanément soit alternativement. En général, à faible charge, seul le moteur électrique fonctionne. Aux charge intermédiaires, le moteur thermique assure la traction, une partie de l'énergie pouvant être dédiée à la recharge des batteries. En accélération ou à pleine charge, les deux moteurs entraînent le véhicules. Enfin, au freinage, une partie de l'énergie est récupérée afin de charger les batteries.
- **le véhicule hybride série** : la transmissions de l'énergie aux roues est exclusivement assurée par le moteur électrique; le moteur thermique assure le rôle de groupe électrogène lorsque l'énergie électrique est fortement sollicité (fonctionnement du moteur et recharge de batteries). Le pilotage est effectué par un système de gestion électronique qui analyse en permanence la demande d'énergie électrique.

Il convient de noter que les véhicules hybrides ne font aujourd'hui l'objet, ni en France ni au plan européen, d'une définition technique officielle et sont classés selon leur conception prédominante, au plan national, soit dans la catégorie "véhicule essence" soit dans celle des véhicules électriques. Une réglementation en cours d'élaboration à Genève devrait permettre de définir les performances attendues de ces véhicules et les protocoles de mesures correspondant pour les polluants et les consommations. Des définitions précises et harmonisées devraient être adoptées en 2004.

## 2) Les développements industriels

### a) les voitures

Tous les degrés d'hybridation sont possibles. Si les véhicules hybrides parallèle ou série optimisés relèvent encore, en France du moins, de la recherche et développement, les constructeurs français ont fait part de leur intention de mettre sur le marché à brève échéance des véhicule hybridés de type parallèle.

Actuellement le seul véhicule disponible sur le marché français est la Prius de Toyota (vendue à 84 exemplaires en 2001 en France) et accessoirement, la Honda Insight. Si le marché français de la voiture hybride demeure confidentiel, il s'est développé au Japon et dans une moindre mesure aux Etats-Unis depuis la fin des années 90.

Les constructeurs continuent à s'interroger sur les créneaux de marché sur lesquels les hybrides peuvent être compétitifs. Ils recherchent des segments de marchés où les gains de consommation justifient le surcoût du véhicule.

Les constructeurs de véhicules hybrides peuvent avoir trois raisons majeures :

- acquérir un savoir faire
- obtenir un positionnement stratégique et commercial
- répondre à l'évolution des technologies "by wire" (voir définition p.9 )

Les équipements "X by wire" au sein des véhicules nécessitent en effet une source d'énergie permanente et fiable. Cette évolution impose aux constructeurs des nouvelles technologies permettent de fournir cette énergie.

Afin de participer au développement des véhicule hybride, le PREDIT 3 a structuré son programme de travail autour des organes électriques et de l'électronique de puissance.

#### b) les bus

Les bus hybrides possèdent un stockage tampon d'énergie sous forme électrique, ce qui permet un fonctionnement à zéro émission en centre ville ; sur route, les rejets sont limités par un fonctionnement mixte électrique/thermique.

Deux bus ont été évalués par l'ADEME (comparaison avec bus Diesel Euro 2) : bus NEOPLAN 6108 et bus Mercedes Cito diesel-électrique. Les consommations ne sont pas significativement plus faibles que celle du bus diesel. Ce résultat s'explique par le caractère non optimisé des stratégies de gestion de l'énergie. Le programme se poursuit avec des batteries nickel-métal-hydrures et une optimisation des stratégies.

\*\*\*

#### **L'alternateur 42 volts**

Les moteurs thermiques de nouvelle génération nécessitent une alimentation électrique renforcée, tendance qui va s'accroître notamment avec l'arrivée des véhicules hybrides. Or la consommation électrique pèse directement sur celle du carburant. Les véhicules approchent de la limite technique du réseau actuel embarqué, alimenté en 14 volts. D'où l'apparition espérée d'un nouvel alternateur qui multipliera par trois la tension du réseau (42 volts) et permettra une meilleure gestion de l'énergie. Mais son développement est freiné par des problèmes de coût.

### **II-3-2 La filière pile à combustible**

#### 1) Le couple hydrogène/ pile à combustible

La pile à combustible est un convertisseur qui permet de transformer de l'hydrogène et de l'oxygène en énergie électrique. Utilisé comme système de propulsion d'un véhicule, ce système représente une rupture technologique par rapport au moteur à combustion ou même au véhicule électrique équipé de batteries.

Cette solution est théoriquement une solution propre au niveau local si l'hydrogène est stocké à bord du véhicule. Dans ce cas uniquement, le véhicule n'émet ni polluants ni gaz à effet de serre (il ne rejette que de la vapeur d'eau). Mais si, comme c'est le cas en l'état actuel de la technologie, la production d'hydrogène est effectuée principalement à partir du réformage d'hydrocarbures, le bilan énergétique et environnemental global n'est pas meilleur que celui des technologies conventionnelles. La seule technologie de production d'hydrogène sans émission de gaz à effet de serre est l'électrolyse de l'eau avec utilisation d'électricité nucléaire ou électricité d'origine renouvelable (éolienne par exemple) mais l'on se heurte alors au problème du coût très élevé du

procédé. Une autre voie possible, la production d'hydrogène à partir de la biomasse en est encore au stade de R&D.

Le développement de la filière "pile à combustible" pour les transports se heurte à plusieurs difficultés. En ce qui concerne les piles elles mêmes, le problème principal est le coût élevé de la technologie, qui entraîne un prix prohibitif des véhicules; En ce qui concerne l'encombrement de la pile de gros progrès ont été réalisés entre 1994 et 2002.

Mais les problèmes principaux sont ceux relatifs à l'hydrogène. Deux solutions sont possibles pour l'alimentation en hydrogène des véhicules :

- l'hydrogène peut être stocké à bord du véhicule (mais se pose alors le problème de l'avitaillement du véhicule puisqu'il n'existe pas de réseau de distribution de l'hydrogène)
- il peut être produit directement à bord par reformage d'un hydrocarbure ou un alcool (méthanol, essence, gaz naturel,...) ce qui permettrait d'utiliser les infrastructures de distribution existantes. Si certains pays envisagent d'utiliser le méthanol, cette solution n'est pas retenue en France, tant au niveau des constructeurs qu'à celui des pouvoirs publics, en raison du caractère toxique de ce produit. Il semble cependant que ce soit l'une des solutions privilégiées par les américains et les japonais pour une première étape.

En outre, le stockage de l'hydrogène soulève des difficultés, en raison notamment de sa faible capacité énergétique par unité de volume. Ce stockage doit être sécurisé et économique. Des recherches ont lieu sur ce sujet dans le cadre de l'accord CEA, CNRS, ADEME et du réseau PACo (matériaux adsorbants, passage du stockage de 350 bars à 700, etc...).

Par ailleurs, une réglementation concernant les réservoirs d'hydrogène liquide devrait être adoptée en 2004 à la CEE-NU. Les travaux concernant l'hydrogène gazeux devraient aboutir en 2005.

Les pouvoirs publics français ont mis en place un réseau de recherche technologique "piles à combustibles" (PACo) afin de favoriser les recherches en partenariat avec l'industrie. Ce réseau a labellisé (mi-2002) 31 projets pour un montant de 25,8 millions d'euros d'aides pour des programmes d'un montant total de 74,9 million d'euros.

La réglementation spécifique aux véhicules à hydrogène est à l'ordre du jour des travaux prioritaires de la CEE-NU à Genève.

## 2) Les développements industriels

PSA a développé le Taxi Pac, sur la base du Peugeot Partner. Il est équipé d'une pile à combustible d'une puissance de 5,5 kW et une vitesse de 95km/h pour une autonomie de 250 km. La pile est alimentée par de l'hydrogène embarqué. Les premières applications sont attendues en 2010. La firme a également présenté au mondial de l'automobile 2002 un véhicule dénommé H<sup>2</sup>O. Il s'agit d'un véhicule anti-incendie produisant de l'hydrogène à bord à partir de borohydrure de sodium, substance qui se présente sous forme d'une poudre sèche non toxique, non explosive et ininflammable et qui, mélangée à de l'eau, produit de l'hydrogène.

Renault/Nissan a annoncé en 2001 le lancement d'un programme de recherche très ambitieux avec l'objectif de commercialiser un véhicule en 2010.

Enfin, le constructeur Irisbus (filiale de IVECO et FIAT ) a lancé trois véhicules expérimentaux pour trois réseaux urbains européens (Turin, Madrid, Paris ). La RATP doit tester en 2003 ou 2004 un tramway hybride dans le Val de Marne; un financement européen important vient d'être attribué pour cette expérimentation.

D'une manière générale, en ce qui concerne les véhicules légers, les constructeurs français restent prudents et annoncent des commercialisations plutôt à l'horizon 2010-2015 alors que les américains et les japonais annoncent des petites séries dès 2004-2005.

Sur le marché des autobus, la pile à combustible devrait être compétitive à un horizon plus rapproché que pour les véhicules légers.

\*\*\*

	<b>ÉLECTRIQUE</b>	<b>HYBRIDE</b>	<b>PAC</b>
<b>État de développement</b>	Mûr à émergent	Émergent	Prototypes
<b>Défis technologiques</b>	Batterie Lithium Charge rapide	Maîtrise des coûts et des masses Électronique et gestion système Réseau 42V	Coûts Production hydrogène Intégration et gestion système
<b>Freins</b>	Coût des batteries Autonomie pour un usage conventionnel	Système complexe Coûts	Réglementation Coûts système Technologie de rupture
<b>Impact environnemental</b>	Très positif	Positif à très positif selon gestion	Modéré à positif selon filière hydrogène
<b>Marché</b>	Urbain et peri urbain Nouveaux services Déplacement personnes et livraisons	Important y compris transports en commun	Important y compris transports en commun
<b>Disponibilité</b>	Immédiate	2000/2002 (VE importation japonaise)	2006/2010
<b>Séries</b>	Grandes séries peu probables en Europe pour la voiture particulière	Petites séries 2003/2004	Petites séries 2010 -2020?

#### **II.4. Les batteries**

Tant pour les véhicules électriques purs que pour les hybrides, la question des batteries est un des points essentiels à traiter .

Tout d'abord, il faudrait assurer la disponibilité des véhicules électriques sur la base des accumulateurs existants et confirmer leur mise sur le marché à l'occasion de la révision de l'annexe II de la directive Véhicule Hors d'Usage. En effet, le texte en vigueur prévoit une interdiction de commercialisation au 31 décembre 2005 (sauf pour les rechanges) ce qui risque de fragiliser le développement du véhicule électrique, alors que le coût des accumulateurs garantit leur récupération. Bien que la Commission européenne cible certains métaux (plomb, cadmium, mercure...) en raison de leurs effets sur l'environnement, les accumulateurs nickel-cadmium qui

équipent la grande majorité des véhicules électriques commercialisés restent très compétitifs du point de vue de leurs performances et de leur prix.

Il ne sera donc pas facile de trouver des solutions de remplacement dans les délais imposés par la réglementation, même si un gain substantiel d'autonomie est obtenu avec des nouvelles technologies, le coût global (véhicule+batterie) devant rester à un niveau de prix acceptable par le marché.

Il faut néanmoins continuer à rester attentif sur toutes les technologies de batteries, au fonctionnement des filières de collecte et de recyclage pour éviter tout impact potentiel sur l'environnement.

Les technologies en cours de maturation et développées pour des applications électriques et hybrides sont :

- le nickel métal hydrure,
- le lithium-ion et le lithium polymère.

A l'heure actuelle les technologies prometteuses ne font pas l'objet de fabrications industrialisées. L'annonce de la construction d'usines par certains pays doit encore être confirmée. Sur la technologie lithium-ion, Saft dispose de lignes industrielles capables de fournir de petites séries. Mais la décision d'augmenter ses capacités de production est suspendue au lancement de programmes industriels par les constructeurs automobiles.

En 1997, Saft a participé au démarrage d'un programme véhicule électrique pour Chrysler ayant conduit à une pré-série de 280 véhicules équipés de batteries nickel-métal hydrures. Ce programme a été arrêté en 2001, suite au désistement du constructeur américain. .

L'industriel Saft considère que la technologie Ni-MH va rapidement atteindre son seuil de maturité technologique (performances, coûts). La technologie Li-Ion devrait la supplanter à terme.

Si cette technologie est d'ores et déjà validée, elle reste à intégrer dans des chaînes de traction susceptibles d'être produites de façon compétitive à grande échelle. Une approche intéressante serait le lancement de programmes de flottes de quelques centaines d'unités tant pour les véhicules légers (particuliers et utilitaires) que pour les véhicules de transport public.

Seules quelques expérimentations sur des véhicules prototypes ont été réalisées jusqu'alors et n'ont concerné que quelques unités (4 véhicules Bora Volkswagen, 2 e-Ka Ford, 2 véhicules 106 Peugeot dans le cadre du programme VEDELIC<sup>1</sup>, 4 Mégane Scenic Renault dans le cadre du programme VE 2000<sup>2</sup>).

A fin 2002, les estimations économiques concernant les différentes technologies appliquées au véhicule tout électrique peuvent être résumées comme suit :

Technologie	Ni-Cd	Ni-MH	Li-ion
Autonomie (batterie 250 kg)	100 km	140-150 km	230-250 km
Prix moyen (marché)	440-450 €/kWh	700 €/kWh	750 €/kWh *

<sup>1</sup> Programme mené entre 1996 et 2001 en partenariat avec la région Poitou-Charente et l'Etat.

<sup>2</sup> Programme mené entre 1997 et 2000 avec le soutien du ministère chargé de l'industrie.

d'études estimé en 2002)- relativement à une production industrielle d'environ 5000 véhicules /an			
---	--	--	--

\* : pour cette filière, toute l'organisation industrielle reste à construire.

Dans le contexte des programmes de véhicules hybrides exigeant de fortes puissances mais des niveaux d'énergie limités, le coût des batteries Li-ion s'avèrerait acceptable et permettrait d'envisager des productions de grande série, permettant par là-même une réduction des coûts grâce à l'augmentation des volumes. Les capacités de production capables de satisfaire de tels volumes de masse demandent des investissements industriels très lourds que le fabricant de batteries ne peut assumer seul.

Quant à la technologie lithium-métal-polymère, il sera plus facile de juger de sa faisabilité quand Batscap, filiale de Bolloré et d'EdF, aura mis en service sa ligne pilote de fabrication ou bien quand les constructeurs auront testé celle en cours d'industrialisation par AVESTOR.

Pour cette technologie lithium (dans ses deux forme ion-polymère et métal-polymère ) les scientifiques français et leurs unités de recherche développement sont au tout premier plan et possèdent de nombreux brevets.

\*\*\*

Depuis environ deux ans les constructeurs demandent de disposer de types de batteries différentes pour chacune des utilisations envisageables. Les véhicules électriques utiliseront des batteries optimisées pour leur capacité à embarquer de grandes quantités d'énergie. A l'inverse les véhicules hybrides sont exigeants en matière de puissance disponible tant en déchargement qu'en chargement pour la récupération de l'énergie de freinage. Les fabricants de batteries devront donc être capables d'adapter leur électrochimie à chacune des applications. Mais sans demande, les fabricants de batteries ne sont pas incités à mener d'importants travaux de R&D, et sans batterie, les constructeurs automobiles hésitent à poursuivre plus avant leurs tentatives...

-----

## **B. Situation à l'étranger.**

Voir annexe 9

### **I) Etats-Unis**

Aux Etat unis, le programme CAFE a abouti à une baisse des consommations de 50 % des véhicules ( hors pick-up) entre 1975 et 1989.

Un programme de développement à court terme de véhicules de nouvelle génération a également été mis au point: le programme PNGV avait pour priorité la réduction de consommations. Après six années de financement public (240 millions de dollars par an), les premier prototypes, de technologie hybride, ont été mis au point au début de l'année 2000.

En avril 2001, une actualisation du programme CAFE vise l'abaissement des consommations de pick-ups et véhicules de sports (SUV).

En janvier 2002 a été annoncé un nouveau partenariat entre l'administration et les trois constructeurs du pays (Ford, GM, Daimler Chrysler). Ce programme, appelé "Freedom car", a pour objectif de développer les recherches sur l'hydrogène et la pile à combustible. Cette nouvelle orientation met un terme au programme PNGV. Ce basculement quelque peu radical a été justifié par l'idée que les recherches sur la pile à combustible portent également sur les procédés (optimisation batteries, récupération de l'énergie cinétique) qui sont aussi en oeuvre sur les véhicules hybrides .

Plusieurs prototypes de véhicules à PAC ont été produits (avec hydrogène embarqué ou production à bord), dont le plus spectaculaire est le prototype GM-Hy-Wire, présent au mondial de l'automobile 2002, qui associe une pac conçue par GM-Opel avec la technologie "by-wire"(p.9). Dans les premiers prototypes en 1994, la pile occupait tout l'arrière d'une camionnette. Aujourd'hui, elle peut loger dans le plancher du véhicule .

D'une manière générale, les constructeurs américains annoncent des prés-séries pour 2003-2005.

## 2) Japon

Au Japon, le MITI a engagé un programme de développement à moyen terme d'une nouvelle génération de véhicules visant à réduire les consommations. Il s'agit de soutenir exclusivement la réalisation de prototypes hybrides pour différents types de véhicules.

Les premiers véhicules commercialisés, la Prius de Toyota, berline cinq places et l'Insight de Honda, coupé deux places, affichent respectivement aux 100 km 5 l et 3,4 l pour des performances identiques à celles des véhicules traditionnels .

Depuis, Nissan a commercialisé une Tino hybride en 1998, Toyota une version hybride de son monospace Estima (Prévia en Europe) et Honda une version hybride de son modèle CIVIC (3,4 l/100).

L'INRETS et l'ADEME évaluent les émissions de la Prius, version Europe et version Japon, et de la Nissan TINO. Les premiers résultats montrent des émissions de polluants réglementés (CO, HC, Nox) inférieures pour les hybrides à la moyenne de treize véhicules représentatifs du parc automobile français. Pour le CO<sub>2</sub>, les résultats sont également globalement meilleurs.

### - pile à combustible (projet Millenium)

Les piles à combustibles sont répertoriées parmi les innovations technologiques du projet Millenium, qui a pour objectif de mettre en valeur l'image de l'industrie japonaise au 21<sup>ème</sup> siècle. Le but du projet est de mettre au point un système fiable de piles à combustibles pour les véhicules.

Le projet se décompose en plusieurs étapes :

- 2001 analyse de divers carburants pouvant produire de l'hydrogène
- 2002 élaboration de méthodes d'évaluation et de spécifications de standard pour la pile à combustible
- 2004 finalisation des technologies
- 2005 commercialisation et fabrication à grande échelle

Un rapport de l'Agence des ressources naturelle et de l'énergie prévoit que la phase de lancement prévue entre 2005 et 2010 doit mettre sur les routes japonaises 50 000 véhicules à pac pour aboutir à 5 millions de véhicules en 2020.

Honda et Toyota, qui ont chacun mis au point quelques prototypes, annoncent la commercialisation de petites séries dès 2004. Toyota dispose de 7 prototypes FCHV-4 (Fuel Cell Hybrid Vehicules) qui fonctionnent à l'hydrogène embarqué et d'un prototype FCHV-5 alimenté par un carburant de synthèse, le CHF, avec réformeur embarqué. Le CHF (Clean Hydrocarbon Fuel) mis au point en collaboration avec Exxon Mobil, peut être utilisé dans les moteurs à combustion interne et peut être produit à partir de sources très diversifiées (pétrole , gaz naturel, charbon, biomasse). Ces véhicules utilisent également les technologies des véhicules hybrides (batterie secondaire nickel-métal-hydrures qui récupère l'énergie du freinage).

## ANNEXE 1

# Dispositions nationales en faveur des véhicules alternatifs : véhicules électriques, au gaz naturel (GNv) et au gaz de pétrole liquéfié ( GPLc)

Dernière mise à jour : mars 2003

- **Aides financières gérées par l'ADEME (sous réserve de l'approbation de ces aides par la Commission européenne)**

### 1- Aides à la décision

#### *Conseil d'orientation*

Objet	Taux de subvention	Condition d'obtention
Évaluation du parc et conseils d'orientation vers des véhicules plus propres et plus économes pour les grandes flottes multi-sites et multi-missions.	Jusqu'à 70 % du coût total de l'étude	- Grandes flottes publiques et privées multi-sites et multi-missions. - Respect du cahier des charges établi par l'ADEME. - Plafonds de financement fixés en fonction de la taille du parc.

#### *Diagnostic*

Objet	Taux de subvention	Condition d'obtention
Études de parcs pour leur optimisation et conseils pour le choix de véhicules alternatifs.	Jusqu'à 50 % du coût total de l'étude. Aides publiques (y compris celles des producteurs d'énergie) limitées à 70 % du coût total de l'étude.	- Parcs de véhicules publics et privés, notamment ceux soumis aux dispositions de l'article L. 8-B du code de la route. - Respect du cahier des charges établi par l'ADEME. - Plafonds de financement fixés en fonction de la taille des parcs.

Contacts : [ADEME](#)

### 2- Aides à l'acquisition de véhicules en procédure guichet

Ces aides ont pour objet de permettre à tout acquéreur ( sociétés, établissements publics, particuliers, collectivités territoriales et leurs groupements) de choisir entre un véhicule électrique, notamment véhicule particulier ou camionnette et un véhicule thermique de même type sans différence significative de prix (hors service batterie). Elles sont disponibles à tout moment dès lors qu'il y a acquisition de véhicules. Pour les collectivités territoriales et leurs groupements qui souhaitent acquérir des bennes à ordures ménagères électriques ou hybrides, l'aide est également octroyée à tout moment par l'ADEME.

#### 2-1. Véhicules électriques :

Type	Montant par unité	Conditions d'obtention	Destinataires
Deux roues (cyclomoteurs)	300 € ou 510 €	- Deux roues électriques ayant subi avec succès les tests ADEME-EDF. - 510 € si plan d'acquisitions sur 3 ans d'un minimum de 3 véhicules type deux roues par la collectivité ou le groupement. .	Collectivités territoriales et leurs groupements
Deux roues (cyclomoteurs)	510 € jusqu'au 31/12/04	Deux roues électriques ayant subi avec succès les tests ADEME-EDF.	Autres (Particuliers, établissements publics, entreprises)
Voitures particulières et camionnettes	- 3 050 € - 3 810 € si destruction véhicules antérieurs au 01/01/93	- achat groupé minimum 3 véhicules - acquisition 2 véhicules lors des 2 années précédentes.	Collectivités territoriales et leurs groupements
Voitures particulières et	- 3 050 € - 3 810 €	Aucune	Autres (particuliers, établissements publics,

camionnettes	si destruction véhicules antérieurs au 01/01/93		entreprises)
Véhicules électriques spécifiques à quatre roues et de charge utile inférieure à 3,5 tonnes	1 000 € si charge utile < ou = 300 kg ou 2 000 € si 300 kg < 500 kg ou 3 000 € si charge utile 500 kg	Véhicules ayant subi avec succès les tests ADEME-EDF.	Collectivités territoriales et leurs groupements
Véhicules électriques spécifiques à quatre roues et de charge utile inférieure à 3,5 tonnes	1 000 € si charge utile < ou = 300 kg ou 2 000 € si 300 kg < 500 kg ou 3 000 € si charge utile 500 kg	Véhicules ayant subi avec succès les tests ADEME-EDF.	Etablissements publics, entreprises, associations
Bennes à ordures ménagères	20 % du surcoût	(A voir avec l'ADEME)	Exploitants ou collectivités

## 2-2. véhicules GNV

Type	Montant par unité	Conditions d'obtention
Bus de transports publics urbains	7 500 &euro; HT	- Sur 3 ans, fonctionnement au GNV d'un tiers du nombre de bus renouvelé. - La station de compression du gaz alimentera sur 3 ans au moins 20 véhicules (bus et /ou BOM). - Financement limité aux seules acquisitions de la première année ou à l'acquisition de 20 bus sur 3 ans.
Bennes à ordures ménagères (BOM) de plus de 3,5 tonnes	7 500 &euro; HT	- Sur 3 ans, fonctionnement au GNV d'un tiers du nombre de BOM renouvelé. - La station de compression du gaz alimentera sur 3 ans au moins 20 véhicules (bus et/ou BOM). - Financement limité aux seules acquisitions de la première année ou à l'acquisition de 20 BOM sur 3 ans.

## 2-3 Taxis GPL

Aide d'un montant de 3050 euros pour une facturation du véhicule jusqu'au 21/12/2002

Aide d'un montant de 2000 euros pour une facturation du véhicule jusqu'au 31/12/2003

Contacts : [ADEME](#)

## 3- Aides financières à l'acquisition de véhicules dans le cadre de programmes de démonstration et opérations exemplaires

### 3-1 Véhicules légers et utilitaires utilisant le GNV

- Programme d'évaluation et d'aide à l'acquisition de véhicules légers et utilitaires fonctionnant au GNV : aide maximale de 1500 euros par véhicule;

- Programme pilote pour les marchandises en ville : financement de 30% du surcoût de l'équipement par rapport à un équipement classique.

### 3-2. Bus

Les bus de transports publics urbains fonctionnant au GPLc, ainsi que ceux équipés d'un système de dépollution (exemple : filtre CRT) pourront bénéficier, sous certaines conditions, d'une aide financière dans le cadre de programmes de démonstration lancés par l'ADEME en partenariat avec le GART et l'UTP.

### 3-3 Vélos électriques

Les vélos électriques peuvent bénéficier, sous certaines conditions, d'une aide de 225 euros par véhicule.

## 4- Contacts ADEME pour l'obtention d'une aide financière

ADEME ([délégations régionales](#))

ADEME (département Technologies des transports). :

Tél. 04 93 95 79 78

Fax : 04 93 95 79 86

- **Dispositions fiscales**

**1- Références législatives et réglementaires :**

- [le code général des impôts](#)
- [le code des douanes](#)
- Les lois de finances pour [1997](#), [1998](#), [1999](#), [2000](#), [2001](#), [2002](#), [2003](#)
- [Les lois de finances rectificatives pour 2000, 2001, 2002](#)
- [La loi n°96-1236 du 30 décembre 1996 sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie](#)
- [Le décret n°97-1279 du 23 décembre 1997 relatif au remboursement TICGN et TIPP](#)
- [Le décret n°98-701 du 17 août 1998 relatif à l'obligation d'équipement de flottes publiques de véhicules alternatifs](#)
- [Le décret n°98-704 du 17 août 1998 relatif à la pastille verte](#)

**Dispositions fiscales diverses introduites par la loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie ainsi que par les lois de finances pour 1998, 1999 , 2000 et 2001 :**

Disposition	Références législative et réglementaire
<p><b>CREDIT D'IMPOT</b></p> <p><b>1) véhicules neufs</b> Les contribuables qui ont leur domicile fiscal en France peuvent bénéficier d'un crédit d'impôt d'un montant de 1 525 euros (10 000 F) au titre des dépenses payées entre le 1er janvier 2001 et le 31 décembre 2005 pour l'acquisition à l'état neuf ou pour la première souscription d'un contrat de location avec option d'achat ou de location souscrit pour une durée d'au moins deux ans d'un véhicule automobile terrestre à moteur dont la conduite nécessite la possession d'un permis de conduire mentionné à l'article 223-1 du code de la route et qui fonctionne exclusivement ou non au moyen de GPL ou qui combine l'énergie électrique et une motorisation à essence ou à gazole ou encore qui fonctionne exclusivement ou non au moyen de GNV.</p> <p><b>2) Majoration de 50% du crédit d'impôt</b> Le crédit d'impôt est porté à <b>2 300 euros</b> (majoration de 50%) lorsque l'acquisition ou la première souscription d'un contrat de location du véhicule s'accompagne de la destruction d'une voiture particulière immatriculée avant le 1er janvier 1992 acquise depuis au moins douze mois à la date de sa destruction et encore en circulation à cette même date. Le contribuable doit justifier de la destruction du véhicule par un organisme autorisé au titre de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement.</p> <p><b>3) Transformation des véhicules pour pouvoir utiliser le GPL</b> Le crédit d'impôt s'applique aux dépenses de transformation pour permettre le fonctionnement au GPL de véhicules à essence de moins de trois ans (dépenses payées entre le 1er nov. 2001 et le 31 déc. 2005).</p>	<p>Article 42 - Loi de finances rectificative pour 2000 (n°2000-1353 du 30/12/2000) Disposition insérée dans le code général des impôts (<a href="#">article 200 quinquies</a>). Art. 14 Loi de finances pour 2002 Art. 76.1 Loi de finances pour 2003</p>
<p><b>RÉCUPÉRATION DE LA TICGN ET DE LA TIPP</b></p> <p><b>- Exploitants de transport public en commun de voyageurs</b> A compter du 1er janvier 1999, la TICGN sur le GNV et la TIPP sur le GPLc sont remboursées aux exploitants de réseaux de transport public en commun de voyageurs, dans la limite de <b>40 000 litres</b> par véhicules et par an.</p> <p><b>- Exploitants de bennes à ordures</b> A compter du 1<sup>er</sup> janvier 2000, ces taxes sont remboursées dans la même limite aux exploitants de bennes de ramassage de déchets ménagers. (suppression à partir de</p>	<p>Article 26 - Loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie modifiée par : - les articles 26-II et 28 de la loi de finances pour 1999 - l'article 41 de la loi de finances pour 2000 - l'article 41 de la loi de finances rectificative pour 2000 Décret d'application du 23 décembre 1997 (JO du 31 décembre 1997).</p>

<p>2001, de la condition portant sur le poids minimal de 12 tonnes)  <b>- Taxis</b>  Il en est de même pour les taxis dans la limite de <b>9 000 litres</b> par véhicules et par an.</p>	
<p><b>EXONÉRATION DE LA TAXE SUR LES VÉHICULES DE SOCIÉTÉ</b>  Les véhicules fonctionnant exclusivement ou non au moyen de l'énergie électrique, du GNV ou du GPLc sont exonérés de la taxe prévue à l'article 1010 du code général des impôts.  Par dérogation aux dispositions de l'alinéa précédent, les véhicules qui fonctionnent alternativement au moyen de supercarburants et de GPLc sont exonérés de la moitié du montant de la taxe prévue à l'article 1010 du code général des impôts.  Ces dispositions sont applicables à compter de la période d'imposition s'ouvrant le 1er octobre 1995.</p>	<p>Article 28 - Loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie modifiée par l'article 40 de la loi de finances pour 2000  La modification de l'exonération de la taxe pour les véhicules fonctionnant au GPL prévue à l'article 1010 du code général des impôts : l'exonération est portée du quart à la moitié du montant de la taxe.</p>
<p><b>AMORTISSEMENT EXCEPTIONNEL</b>  Peuvent faire l'objet d'<b>amortissement exceptionnel sur douze mois</b> à compter de la date de première mise en circulation des véhicules ou de la mise en service des équipements :  - Les véhicules automobiles ainsi que les cyclomoteurs, acquis à l'état neuf avant le 1er janvier 2003 et qui fonctionnent, exclusivement ou non, au moyen de l'énergie électrique, du GNV ou du GPLc ;  - Les accumulateurs nécessaires au fonctionnement des véhicules fonctionnant, exclusivement ou non, au moyen de l'énergie électrique et les équipements spécifiques permettant l'utilisation de l'électricité, du GNV ou du GPLc pour la propulsion des véhicules, acquis ou fabriqués avant le 1er janvier 2006 ;  - Les matériels spécifiquement destinés au stockage, à la compression et à la distribution du GNV ou du GPLc et aux installations de charge des véhicules électriques, acquis avant le 1er janvier 2006 ;</p>	<p>Article 29 de la loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie modifié par l'article 46 de la loi de finances pour 1999.  Les modifications introduites par la loi de finances pour 1999, 2003 art. 81 de la loi de finances :  - Extension des dispositions aux véhicules bi-énergie ;  - Prolongation de la période de validité (du 31/12/1999 au 01/01/2006) ;  - Suppression de l'article 30 de la loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie du fait de la nouvelle rédaction de l'article 39-AC.  Ces dispositions sont insérées dans le code général des impôts (art. 39-AC, 39-AD, 39-AE et 39-AF)</p>
<p><b>TVA</b>  Les utilisateurs de véhicules exclus du droit à déduction fonctionnant aux GPLc ou au GNV peuvent récupérer 100 % de la TVA sur ces carburants gazeux.</p>	<p>Article 15 - I – Loi de finances pour 1998  Dispositions insérées dans le code général des impôts (art. 298)</p>
<p><b>TVA</b>  Les utilisateurs de véhicules exclus du droit à déduction, lorsque ces véhicules sont utilisés pour les besoins d'opération ouvrant droit à déduction et lorsqu'ils fonctionnent exclusivement à l'électricité peuvent déduire 100 % de la TVA afférente à l'électricité consommée. Il en va de même lorsque les véhicules de cette nature sont pris en location et que la taxe relative à cette location n'est pas déductible.</p>	<p>Article 15 - II – Loi de finances pour 1998  Dispositions insérées dans le code général des impôts (art. 298)</p>
<p><b>VIGNETTES</b>  Le conseil général ou l'assemblée de Corse peut, sur délibération, exonérer en totalité ou à concurrence de la moitié de la taxe différentielle sur les véhicules à moteur les véhicules qui fonctionnent, exclusivement ou non, au moyen de l'énergie électrique, du GNV ou du GPLc. Cette taxe est supprimée pour les particuliers ainsi que certains établissements publics et associations par la loi de finances pour 2001.</p>	<p>Article 98 – Loi de finances pour 1998.  Article modifié par l'article 6 de la loi de finances pour 2001  Disposition insérée dans le code général des impôts (article 1599).</p>
<p><b>CARTES GRISES</b>  Le conseil régional peut, sur délibération, exonérer en totalité ou à concurrence de la moitié de la taxe</p>	<p>Article 98 - Loi de finances pour 1999  Disposition insérée dans le code général des</p>

proportionnelle sur les certificats d'immatriculation prévue au I de l'article 1599 <i>sexdecies</i> les véhicules qui fonctionnent, exclusivement ou non, au moyen de l'énergie électrique, du GNV ou du GPLc.	impôts (article 1599).
---	------------------------

## 2- La baisse des taxes intérieures de consommation sur le GPLc et le GNV

Type de taxe	Loi de finances pour 1997	Loi de finances pour 1998	Lois de finances pour 1999, 2000, 2001 et 2003
<b>GPLc</b> : TIPP pour 100 kg net	11,57 &euro;	10,67 &euro;	10,02 &euro;
<b>GNV</b> : TICGN pour 100 m <sup>3</sup>	9,94 &euro;	9,15 &euro;	8,47 &euro;

- **dispositions diverses**

Disposition	Références législative et réglementaires
<p><b><i>OBLIGATION D'ÉQUIPEMENT DES FLOTTES PUBLIQUES DE VÉHICULES ALTERNATIFS</i></b></p> <p>Lors du renouvellement de leur parc, l'État et certaines personnes publiques (établissements publics, exploitants publics, entreprises nationales, collectivités territoriales et leur groupement) ont l'<b>obligation d'acquérir ou d'utiliser une proportion minimale de 20 % de véhicules électriques, GNV ou GPLc</b> de moins de 3,5 tonnes, lorsqu'ils gèrent une flotte de plus de 20 véhicules. Des dérogations à cette obligation peuvent être accordées par le préfet si les contraintes liées aux nécessités de service le justifient, notamment lorsque les conditions d'approvisionnement en carburant, les exigences de sécurité ou les performances de ces véhicules sont incompatibles avec les missions du service.</p>	<p>Article 24-III de la loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie codifié à l'article L8B du code de la route Décret d'application du 17 août 1998 (J.O. du 18 août 1998).</p>
<p><b><i>PASTILLE VERTE</i></b></p> <p>Les véhicules automobiles font l'objet d'une identification fondée sur leur contribution à la limitation de la pollution atmosphérique. Les véhicules ainsi identifiés peuvent notamment bénéficier de conditions de circulation et de stationnement privilégiées.</p>	<p>Article 24-II - Loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie Décret d'application du 17 août 1998 (J.O. du 18 août 1998). Ces dispositions s'appliquent en outre :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- aux voitures particulières et camionnettes à propulsion électrique ou hybride ;</li> <li>- aux voitures particulières et camionnettes fonctionnant au GPLc ou au GNV.</li> </ul>



## ANNEXE 2

### ENQUETE DE SATISFACTION GPL

Le CFBP a communiqué les résultats de deux enquêtes de satisfaction, l'une menée en décembre 2001 par l'Institut français de démoscopie, permettant de situer le GPL-carburant par rapport aux autres carburants, l'autre en avril 2002 dans 5 pays par Taylor Nelson Sofrès plus ciblée sur les utilisateurs du GPL.

La première étude, menée auprès de 750 personnes (des particuliers, 51% de femmes, 49% d'hommes, 12% non conducteurs et 10% conducteurs occasionnels) ayant au moins un véhicule au foyer (tous carburants confondus : 59% possèdent un véhicule essence, 51% un véhicule diesel, 1% un véhicule GPL), fait apparaître que 35% des personnes interrogées citent spontanément le GPL comme carburant (87% le gazole, 79% le super, 77% le « sans plomb »). Concernant l'image des carburants, le GPL est cité par 68% des sondés comme respectant l'environnement (15% le « sans plomb », 6% le gazole, 4% aucun, 8% ne sait pas), 40% comme carburant le plus économique (52% le gazole, 3% le « sans plomb »), 7% seulement comme le carburant le plus sûr (43% le gazole, 22% le « sans plomb ») et enfin à peine 1% comme le carburant le plus facilement disponible en station (46% pour le « sans plomb », 45% pour le gazole, 6% pour les trois : gazole, SP et GPL). Concernant les dispositions fiscales favorables pour le GPL, 81% des personnes interrogées avouent ne pas les connaître ; parmi les 19% en ayant entendu parler, 29% citent le crédit d'impôt de 1525 € et 18% la TIPP réduite sur le GPL-carburant. Pour finir, interrogées sur leur intention d'achat d'un véhicule GPL, 50% des personnes répondent négativement, le tiers pour des raisons de sécurité insuffisante, le quart parce qu'elles n'ont pas d'intention d'achat de véhicule, et enfin le sixième par méconnaissance de ce type de véhicule. Au global, ce sont 20% des sondés qui envisagent de rouler au GPL (60% pour des raisons économiques, 30% pour des raisons écologiques).

La seconde étude a concerné 200 propriétaires de véhicule GPL (profil type : moins de 50 ans, catégorie socio-professionnelle supérieure, au moins deux enfants au foyer).

Pour 87% des personnes interrogées, le véhicule GPL est le premier véhicule GPL utilisé (première expérience). 44% l'ont acquis ou fait transformé en 1998-1999, 26% en 2000-2002 et 21% entre 1995 et 1997. 64% des personnes réservent à ce véhicule un usage privé, 1% un usage professionnel, 35% les deux usages.

Dans 44% des cas, le véhicule a été acquis neuf déjà équipés, soit par le constructeur (70%), soit par le concessionnaire (12%), soit par un installateur choisi (18%). Pour les 56% de véhicules acquis d'occasion, 53% étaient déjà équipés GPL lors de l'achat et 47% l'ont été après l'achat chez un installateur choisi. La perception du « client- acheteur potentiel d'un véhicule GPL » sur trois plans différents pourrait se résumer comme suit:

- les vendeurs en concession disposent d'un niveau de connaissance du GPL insuffisant, ne portent pas une image positive de ce type de véhicule ni n'en font la promotion, enfin ils manquent de crédibilité vis-à-vis de leurs clients.
- les installateurs de systèmes GPL sont, quant à eux, reconnus comme compétents mais leurs prix sont assez élevés (transformation entre 3000 et 3200 euros) .

- enfin, les informations pratiques sur l'entretien et la garantie, quoique faisant défaut lors de la vente, ne semblent pas être un frein pour la vente de véhicules neufs déjà équipés. En revanche c'est plus problématique pour les véhicules transformés en seconde monte.

En conclusion, il ressort de cette étude que le GPL-carburant propose, pour ses utilisateurs convaincus, certains avantages : il s'agit d'un carburant moderne, écologique, économique, les nouvelles technologies sont performantes et les stations-services en grand nombre, mais aussi quelques inconvénients, comme la difficulté de revente du véhicule, la difficulté à trouver un garagiste compétent, la fiabilité du véhicule parfois défaillante et la performance du moteur parfois amoindrie. Néanmoins, 82% des personnes interrogées pour ce sondage choisiront encore un véhicule GPL lors de leur prochain achat.

## ANNEXE 3

### NORMES EURO

#### Voitures particulières

	<i>CO</i>		<i>HC</i>		<i>NOx</i>		<i>HC + NOx</i>		<i>Particules</i>
	Essen.	Diesel	Essen.	Diesel	Essen.	Diesel	Essen.	Diesel	<u><i>Diesel</i></u>
Euro II (1996)	<b>2,2</b>	<b>1,0</b>	--	--	--	--	<b>0,5</b>	<b>0,7*</b> <b>0,9**</b>	<b>0,08*</b> <b>1,0**</b>
Euro III (2000)	<b>2,2</b>	<b>0,64</b>	<b>0,20</b>	--	<b>0,15</b>	<b>0,50</b>	--	<b>0,56</b>	<b>0,05</b>
Euro IV (2005)	<b>1,0</b>	<b>0,50</b>	<b>0,10</b>	--	<b>0,08</b>	<b>0,25</b>	--	<b>0,30</b>	<b>0,025</b>

\* *Injection indirecte*

\*\* *Injection directe*

Le programme Auto-Oil ne réglemente pas le CO<sub>2</sub>.

CO : monoxyde de carbone ;

HC : hydrocarbures imbrûlés ;

NOx : oxydes d'azote ;

Particules

## ANNEXE 4

### OFFRE CONSTRUCTEURS FRANCAIS

#### Véhicules GPL

<i>Véhicules particuliers GPL</i> <i>Modèle</i>	<i>Cylindrée</i>	<i>Véhicules utilitaires légers GPL</i> <i>Modèle</i>	<i>Cylindrée</i>
<b>CITROËN</b> Saxo 5 portes	1.4	<b>CITROËN</b> Saxo Entreprise	1.4
Berlingo Multispace	1.4	Berlingo Fourgon	1.4
<b>PEUGEOT</b> 406 berline et break	1.8	<b>PEUGEOT</b> Partner Fourgon	1.4
Partner Combispace	1.4		
<b>RENAULT</b> Twingo	1.2	<b>RENAULT</b> Twingo Société	1.2
Clio II 3 et 5 ports	1.2	Clio II Société	1.2
Kangoo Break	1.2	Kangoo Express Fourgon	1.2
Megane Evolution berline et break	1.6		
Scenic Evolution	1.6		
Laguna II berline et break	1.6		

#### Véhicules GNV

<i>Véhicules utilitaires légers GNV</i> <i>Modèle</i>	<i>Cylindrée</i>
<b>CITROËN</b> Jumper tolé	2.0
<b>PEUGEOT</b> Partner Fourgon	1.4
<b>RENAULT</b> Twingo Société	1.2
Clio II Société	1.2
Kangoo Express Fourgon	1.2

#### Véhicules électriques

<i>Véhicules particuliers Electriques</i> Modèle	<i>Puissance</i>	<i>Véhicules utilitaires légers</i> <i>Electriques</i> Modèle	<i>Puissance</i>
<b>CITROËN</b> Saxo Electric 3 et 5 portes	20 kW	<b>CITROËN</b> Saxo Entreprise Electric Berlingo Fourgon Electric	20 kW 28 kW
<b>PEUGEOT</b> 106 Electric 3 et 5 portes	20 kW	<b>PEUGEOT</b> 106 Affaire Electric Partner Fourgon Electric	20 kW 28 kW

## ANNEXE 5

**Tableau 4: Récapitulatif des émissions de CO2 sur l'ensemble de la filière énergétique**

Energie	Origine	Moteur	CO2	Conso. d'énergie	CO2	CO2
			g/MJ	véhicule	g/km	g/km
				MJ/km		relatif
Diesel	Pétrole	D	86	1,944	166	1
Diesel FT	Gaz naturel	D	104	1,944	203	1,22
DME	Gaz naturel	D	88	1,944	172	1,03
EMVH	Biomasse	D	56	1,944	109	0,65
Essence	Pétrole	AC	84	2,376	200	1,20
ETBE	Biomasse+pétrole	AC	77	2,376	183	1,10
EtTOH	Biomasse	AC	47	2,376	112	0,67
GN	Gaz naturel	AC	62	1,944	121	0,73
GPL	Pétrole + gaz naturel	AC	77	2,376	182	1,10
H2 comp.	Elect. France*	PAC	42	1,44-1,17	60-49	0,36-0,30
H2 comp.	Gaz nat. + Elect. Europe**	PAC	108	1,44-1,17	156-126	0,94-0,76
H2 liq.	Gaz nat. + Elect. Europe***	PAC	174	1,44-1,17	251-204	1,51-1,23
MeOH	Gaz naturel	PAC	88	1,65-1,26	133-115	0,88-0,67
Essence	Pétrole	PAC	91	1,99-1,59	168-152	1,01-0,91

\*Hydrogène produit par électrolyse avec une répartition entre les modes de production représentative de la situation française.

\*\* Hydrogène produit à partir de gaz naturel et dont l'énergie nécessaire à la compression pour le stockage à bord du véhicule est de l'électricité générée à partir d'une répartition entre les modes de production représentative de la situation européenne.

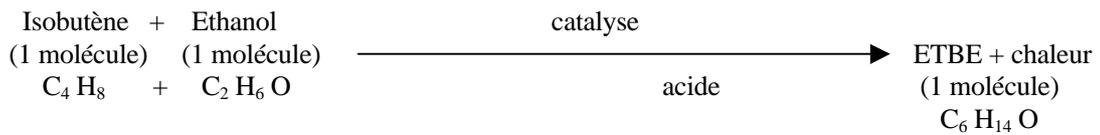
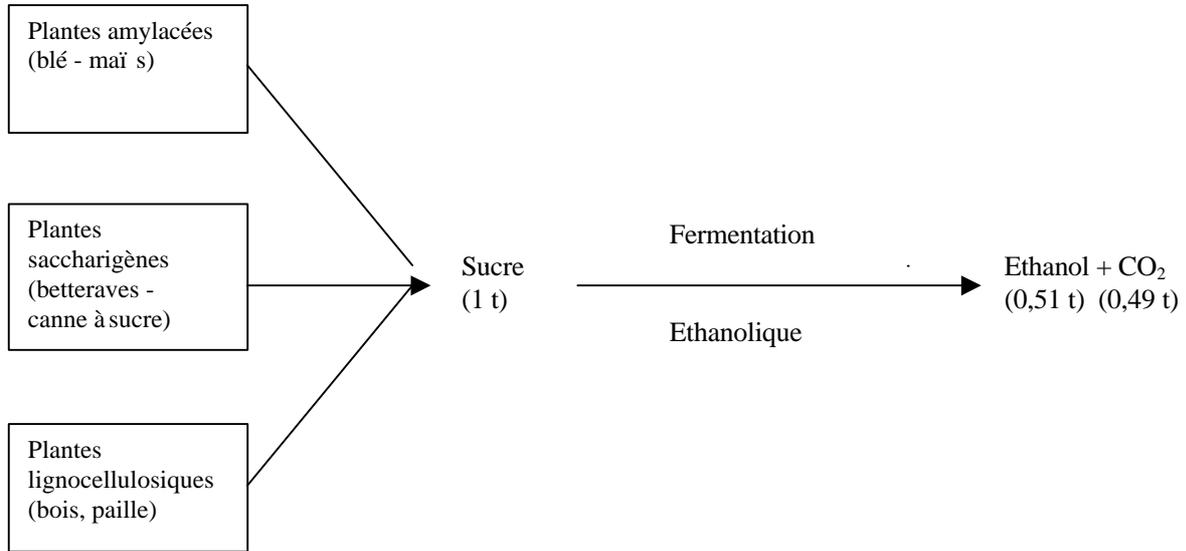
\*\*\* Hydrogène produit à partir de gaz naturel et dont l'énergie nécessaire à la liquéfaction pour le stockage à bord du véhicule est de l'électricité générée à partir d'une répartition entre les modes de production représentative de la situation européenne.

Source IFP

Ce graphique ne prend en compte que le CO2. Il conviendrait de considérer également l'impact des autres gaz à effet de serre.

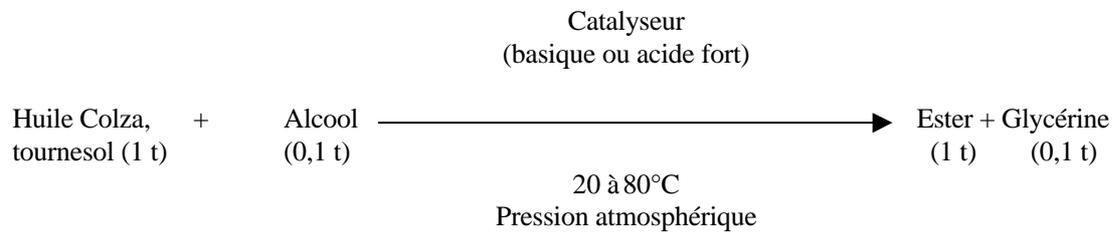
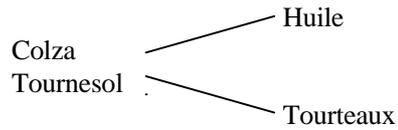
## ANNEXE 6

### Filière éthanol-ETBE



Caractéristiques comparées de l'éthanol, de l'ETBE, du MTBE et du supercarburant				
Caractéristiques	Euro-Super	Ethanol	ETBE	MTBE
Masse volumique (kg/l)	0,735 - 0,760	0,794	0,750	0,746
Tension de vapeur de mélange (bar)	0,7 - 0,8	1,54	0,40	0,54
Pouvoir calorifique (Kj/l)	32 000	21 285	26 910	26 260
Chaleur de vaporisation (Kj/kg)	289	854	321	337
Nombre d'octane MON-RON	> 85-95	99-120	100-118	100-117

Filières esters méthyliques d'huiles végétales (EMHV)



Caractéristiques comparées du gazole et des esters de colza et de tournesol			
Caractéristiques	Gazole	Ester méthylique de colza	Ester méthylique de tournesol
Densité à 15°C (kg/l)	0,840	0,880	0,890
PCI Volumique (kj/l)	36 000	33 175	-
Viscosité à 20°C (cst)	3,80 à 8,52	7,5	6,95
Viscosité à 40°C (cst)	2,0 à 4,50	4,46	4,32
Température limite de filtrabilité (°C)	- 2 à - 15	- 12	- 1
Indice de cétane	48	48,7	53

## ANNEXE 7

### GPL et GNV

#### Règles relatives au stationnement

#### **I) Domaine ouvert au public**

Pour les parcs de stationnement couverts et ouverts au publics (parkings couverts) deux catégories sont à considérer :

##### 1) Capacité supérieure à 250 places :

Ces parcs relèvent de la réglementation des Installations classées pour la Protection de l'Environnement dont le ministère de l'Ecologie et du Développement Durable a la charge. Cette réglementation prévoit que les parcs en question doivent faire l'objet auprès de la préfecture d'une déclaration si la capacité est inférieure ou égale à 1 000 places et d'une autorisation si la capacité est supérieure à 1 000 places.

Aucune spécification de l'arrêté ne vise de manière restrictive les véhicules au gaz qui ont donc libre accès aux parcs de stationnement. Cependant, une décision prévoit que les véhicules au GPL non conformes au règlement 67-01 ne pourront plus accéder aux parcs classés ICPE.

Un projet prévoit de faire passer les parcs soumis à déclaration sous une réglementation régie par le ministère de l'intérieur.

##### 2) Capacité inférieure ou égale à 250 places :

La réglementation des ICPE ne s'applique pas. Le gestionnaire peut alors imposer les restrictions qu'il juge utiles .

##### 3) Immeubles de grande hauteur (IGH)

Les dispositions réglementaires (art GH 11 de l'arrêté du 18/10/77 modifié et art R112.7 du CCH) permettent le stationnement de véhicules fonctionnant avec un carburant gazeux dans les parcs de stationnement en communication directe avec un IGH si ces véhicules sont remisés dans des compartiments respectant des critères spécifiques; si tel n'est pas le cas, le parc est interdit à ces véhicules.

#### **II) Domaine non ouvert au public**

Ce domaine couvre essentiellement les parcs de stationnement d'immeubles, d'entreprises, d'usines. S'il s'agit d'un parc de stationnement couvert en communication directe avec un IGH, la réglementation mentionnée ci-dessus s'applique.

Dans les autres cas, les réglementations mentionnées ne s'appliquent pas. Le propriétaire est alors libre de prendre les restrictions qu'il juge utiles à l'encontre de telle ou telle catégorie de véhicules.

## ANNEXE 8

### ACQUISITIONS SIGNIFICATIVES PAR LES COLLECTIVITES TERRITORIALES DEPUIS 2000

Région	Acquéreur	Acquisitions depuis 2000	Parc actuel
ALSACE	Colmar et réseau bus TRACE	15 VUL GNV 4 bus GNV	11 bus GNV (36 en 2007)
	Strasbourg, communauté urbaine et réseau bus CTS	31 bus GNV 8 BOM GNV 17 VL électriques	50 bus GNV (+ 50 entre 2002 et 2005)
AQUITAINE	Communauté urbaine de Bordeaux	28 VL électriques 90 bus GNV	140 bus GNV
AUVERGNE	Agglomération de Clermont-Ferrand	16 bus GNV	40 bus GNV en 2003
CENTRE	Agglomération de Bourges	10 bus GNV	15 bus GNV
	Agglomération de Tours	38 bus GPL	
FRANCHE-COMTE	Agglomération de Besançon	28 bus GNV 2 bus Diesel-électriques	28 bus GNV 2 bus Diesel-électriques
	Agglomération de Montbéliard	10 bus GNV	25 bus GNV en 2003
ILE-DE-FRANCE	Les Ullis	15 bus GNV	
LANGUEDOC-ROUSSILLON	Agglomération de Montpellier	71 bus GNV 140 VL GNV 11 BOM GNV	Objectif tout le parc bus en 2006
LORRAINE	Agglomération de Nancy	49 bus GNV	96 bus GNV en 2008
NORD-PAS-DE-CALAIS	Agglomération de Lille	60 bus GNV	100 bus GNV
PAYS-DE-LA LOIRE	Agglomération du Mans	50 bus GNV	50 bus GNV
	Agglomération de Nantes	80 bus GNV	
POITOU-CHARENTES	Agglomération de Poitiers		40 bus GNV en 2003
PROVENCE-ALPES-CÔTE D'AZUR	Agglomération de Nice	38 bus GNV	80 bus GNV
	Agglomération de Toulon	78 bus FAP	
	Agglomération d'Avignon	8 midibus hybrides	
RHÔNE-ALPES	Agglomération de Grenoble	55 bus GNV	
	Agglomération de Valence	15 bus GNV	20 bus GNV
	Agglomération de Lyon	100 bus FAP	

Source : ADEME

## ANNEXE 9

### DEUX ROUES : IMPACT ENERGETIQUE ET ENVIRONNEMENTAL.

Le parc de deux roues français actuel est très hétéroclite (véhicules à fonctionnement 2 temps ou 4 temps, cylindrée allant de 50 cm<sup>3</sup> à 1300 cm<sup>3</sup>, transmission automatique ou boîte de vitesses) généralement dépourvu de tout système antipollution, ce qui conduit à des émissions de CO (monoxyde carbone) et HC (hydrocarbures imbrûlés) très élevées. Par comparaison, aux véhicules 4 roues, où les niveaux d'émissions sont en sensible diminution depuis 1970, les cyclomoteurs présentent des niveaux d'émissions importants. Le tableau suivant de valeurs limites confirme l'écart en matière de rejets polluants qui s'est creusé en quelques années entre ces catégories de véhicules.

g/km	1989		1992		1996		2000	
	Voiture	Cyclos	Voiture	Cyclos	Voiture	Cyclos	Voiture	Cyclos
<b>CO</b>	7,4	8	2,72	8	2,2	8	2,3	6
<b>HC+NOx</b>	1,97	6,5	0,97	6,5	0,5	6,5	0,35	3

Source Réglementation Européenne

#### Ventes / Parc

La vente de cyclomoteurs neufs est d'environ 200 000 unités par an. Pour les motocycles, les volumes de ventes sont moindres que pour les cyclomoteurs avec 150 000 unités/an, mais il doit être noté une forte progression depuis 1996 correspondant à l'harmonisation des permis de conduire dans l'Union Européenne (non nécessité d'un permis supplémentaire pour les automobilistes pour rouler en moins de 125cm<sup>3</sup>).

Le parc de cyclomoteur est en diminution constante ces dernières années (- 30 % en 8 ans), même si le nombre de véhicules est encore élevé (1 500 000 unités en 1998 et 1999) contre 900 000 pour le parc de moto-cycles. En matière d'usage, le roulage moyen d'un cyclomoteur est estimé à 2 300 km par an, dont la moitié est effectuée en ville. L'usage des motocycles est naturellement plus élevé que celui des cyclomoteurs avec un niveau de l'ordre de 6000 à 10 000 km/an, dont 40 % seraient effectués en ville.

#### Normes d'émissions

La mise en place d'une réglementation plus contraignante sur les rejets polluants a été longtemps reportée du fait du retard technologique accumulé par rapport aux véhicules particuliers. Finalement, une directive européenne a été adoptée en 1997 (n°97/24) : elle distingue deux types de 2 roues : les cyclomoteurs et les motocycles. Elle prévoit deux étapes d'abaissement des niveaux d'émissions : respectivement en 1999 et 2002, pour les cyclomoteurs (cylindrée inférieure à 50cm<sup>3</sup>) et une étape en 1999 pour les motocycles (une 2<sup>e</sup> étape est encore en cours d'élaboration).

#### ➤ Cyclomoteurs

g/km	Régl. R47 1981	Dir 97/24 E1 : 06/99	Dir 97/24 E2 : 06/02
CO	9,6	6	1
HC+Nox	6,5*	3	1,2

\* NOx non comptabilisés  
Source Réglementation Européenne

#### ➤ Motocycles

G/km	Régl. R40 1988	Dir 97/24 E1 : 06/99	Dir 97/24 E2 : 2003
CO 2T	12,8 à 32	8,0	2T & 4T : 5,5
CO 4T	17,5 à 35	13,0	
HC 2T	8 à 12	4,0	2T & 4T : 1,2
HC 4T	4,2 à 6	3,0	
NOx 2T	*	0,1	2T & 4T : 0,3
NOx 4T	*	0,3	

\* NOx non comptabilisés  
Source Réglementation Européenne

## Mesures ADEME 2000 :

### ➤ Résultats cyclomoteurs

Sept cyclomoteurs (moins de 50cm<sup>3</sup> et ) ont été testés : 5 cyclomoteurs non dépollués (2 traditionnels, 1 avec boîte de vitesses, 2 scooters) ainsi que deux cyclomoteurs dépollués (scooters) préfigurant les véhicules "Euro 2000"

Sur le cycle réglementaire européen urbain :

- un niveau d'émission élevé pour les véhicules non équipés en système de dépollution. Ainsi les rejets de CO, HC se situent en moyenne respectivement à des niveaux de **14,2 g/km** et **10,8 g/km**.
- Les résultats de mesures sur des véhicules dotés de systèmes de dépollution, sont nettement meilleurs avec **4 g/km** pour le CO et **2 g/km** pour les HC : ces résultats sont effectivement en deçà des valeurs limites de l'étape 1 (1999/2000) de la directive 97/24.
  - Motocycles

Sept motocycles de moins de 125cm<sup>3</sup> ont été testés : 5 motocycles non dépollués dont 4 quatre 2T et un 4T ainsi que deux motocycles dépollués 2T préfigurant les véhicules "Euro 2000". Pour les plus de 125 cm<sup>3</sup> ; seize motocycles non dépollués de plus de 125cm<sup>3</sup> ont fait l'objet de tests : 10 motocycles non dépollués de 250 à 1200 cm<sup>3</sup> dont un seul 2T, 6 motocycles dépollués 4T de 800 à 1500 cm<sup>3</sup> préfigurant les véhicules "Euro 2000"

Les principaux enseignements :

- pour les moins de 125<sup>3</sup>, sur le cycle européen seul le motocycle 4T atteint les nouvelles limites "étape 1" de la directive 97/24, les motocycles 2T dépollués satisfont aussi ces limites.
- pour les plus de 125cm<sup>3</sup>, sur 10 véhicules non dépollués, seul un motocycles (4T) atteint les limites de la directive 97/24 (un autre est proche). Tous les véhicules dépollués (c'est à dire catalysés) satisfont ces limites sauf un en terme d'oxydes d'azote toutefois très proche.

Consommation – rejets de CO<sub>2</sub> :

Un attrait certain des 2-roues en matière de consommation de carburant a été constaté au travers de la campagne de mesure de l'ADEME sur les 2-roues. Exprimé en l/100kms, les niveaux de consommation d'énergie pour ces véhicules (dépollués ou non dépollués) sont intéressants, notamment pour les cyclomoteurs et motocycles de faible cylindrées (~3,4l/100 kms - à comparer à la consommation nécessaire au transport d'une personne en voiture !). La dépollution et les progrès technologiques mis en œuvre sur des systèmes plutôt rudimentaires à la base entraînent par ailleurs une amélioration de ces consommations et une marge de progrès demeure très vraisemblablement. Pour les motocycles de plus forte cylindrée, les niveaux obtenus sur cycle réel ADEME (de 6,2 à 7l/100km pour les motocycles dépollués) sont nettement moins satisfaisants : ils mettent en lumière le besoin d'un effort sur ce point (course à la performance).

Les niveaux obtenus en CO<sub>2</sub> à l'échappement confirment ces bons résultats (68g à comparer aux ~175g/km des automobiles) même si les versions dépollués enregistrent une hausse sensible (+50 à +80% pour les 2temps, +30% pour les 4temps). La remontée du CO<sub>2</sub> occasionnée par la dépollution du fait de la conversion de CO et HC est normale et nécessaire ! (les CO et HC émis par les 2-roues non dépollués sont aussi des gaz à effet de serre en puissance par transformation dans l'atmosphère)

### **Perspectives / recommandations**

Des nouvelles étapes de normes sont déjà planifiées (motocycles). Des technologies plus matures et plus fines vont être mises en places (4t injection et catalyse d'oxydation puis Catalyse 3 voies ) et semblent être très prometteuses. Une attention particulière devra toutefois être portée au maintien des performances pollution dans le temps. La mise en place d'une immatriculation pour les cyclomoteurs devrait constituer un bon point pour le maintien des dispositifs de dépollution situés à l'échappement. Enfin, compte tenu des

niveaux d'émissions atmosphériques et sonores , le cyclomoteur électrique peut apporter une bonne réponse environnementale en ville.

**ANNEXE 9**

**- SITUATION À L'ÉTRANGER -**

**- SYNTHÈSE -**

	Allemagne	Australie	Brésil	Chine	Etats-Unis	Hong-Kong	Inde	Italie	Japon	Pays-Bas	Royaume-Uni	Russie	Singapour	Suisse	Tai wan
Parc total	43,7 M. VP 2,2 M . VUL	10,1 M. VP 1,8 M.VUL 0,4 M. PL 0,07 M. bus et cars	16 M.VP 2,5 M.VUL	17,5 M. de véhicules (55% VP et bus, 45% poids lourds) 870 000 taxis		340 500 VP 18045 taxis 6352 minibus 70 900 VUL		32,9 M. VL	53,5 M.VP 17,9 M. camions 235 000 autobus	6,7 M.VP 797 000 VUL 11000 bus	27,9 M. VL	21,3 M VP 663 000 bus 4,5 M. Camions	404 300 VP dont 17 diesel... 12 600 bus	3,7 M. VP 42 400 bus	4 M.VP 20 000 bus
VP GPL	16 000 fin 2002 (0,04%)	229 500 mi 2002	Interdit	71 000 taxis	350 000 (taxis, police)	14 200 taxis		1,5 M	27 500 VP 236 650 taxis (2° monte)	335000	80 000		Pas de VP (réglementati on transport de matières dangereuses appliquée strictement)	≈ 0 (mauvaise image, risque d'explosion)	25 000 dont 24 000 taxis (110 000 taxis au total)
Bus GPL		900 mi 2002		5150 bus	845	21 minibus		30							
Autres GPL		17 500 taxis (98%) flottes publiques		200 000 bus et taxis au gaz (GPL et GNV)					24 500 (camions, véhicules spéciaux)						
Stations	306	3500 (40% du réseau)			10 000	45		2114	2000	600					
Aides GPL	Oui, locales 2° monte VP, bus, taxis, auto-écoles + taxation préférentielle	Oui mais pas pour VP (alternative fuels program), taxation			Oui	Oui (installation 2° monte), pour taxis, minibus		Oui (achat, transforma- tion) mais taxation très élevée...	Oui		Oui (taxe sur carburant, aide à l'achat selon le niveau d'améliora- tion des émissions polluantes)				Aides aux taxis.
VP GNV		400 (Gaz naturel comprimé)	350 000	23 600 taxis	130 000		100 000 (gaz naturel comprimé) – taxis, trois – roues	400 000	3 945	50	50		3 taxis, 1 VP, mais la filière devrait se développer à la place du diesel utilisé pour les taxis, les bus et les utilitaires.	500	
Bus GNV		852 (9,7%)	300	10 100 bus	4153 (9% des bus)			620	567			3 000	2 bus	27 bus	100
Autres GNV		Camions à 3 remorques et plus (2100 véhicules)					GNC obligatoire dans plusieurs villes (bus, taxis)		9 250 (camions)	250 VUL		24 000 poids lourds, 3000 tracteurs (gaz naturel comprimé)			
Stations		31 projet pour se rallier au	78		1300 (dont 50% publiques)			422	181			210	1		

		réseau de ville													
	Allemagne	Australie	Brésil	Chine	Etats-Unis	Hong-Kong	Inde	Italie	Japon	Pays-Bas	Royaume-Uni	Russie	Singapour	Suisse	Tai wan
Aides GNV		Oui mais pas pour VP (alternative fuel program), taxation	Oui (baisse impôt sur la propriété de véhicule)		Oui			Oui (achat, transformation)	Oui		Oui (taxe sur carburant, aide à l'achat selon le niveau d'amélioration des émissions polluantes)	Non mais le prix du gaz est moins élevé que celui de l'essence.	Oui (achat)	Oui dans un canton (passé)	Aides aux bus
VP élect.			≈ 0		5 000	12	400	1500	580	100 VP 100 VUL	12 000 (véh. Laitiers)			3000 avec les scooters	Quelques centaines
Bus élect.			521	3150 trolleys	800			237	23						
Autres élect.				Vélos (fabrication locale ; problèmes : batterie au plomb à recycler, sécurité routière)	Pas pour le transport individuel ; niche pour transport public sur courte distance				4050 (scooters)					3000 vélos électriques	
Aides élect.					Oui	Oui (transformation minibus)		Oui (achat)	Oui				Oui (achat)	Oui dans un canton (passé)	Oui (scooters)
Hybrides		100	≈ 0 14 bus		31 000 véhicules, 90 bus. Véhicules (Insight, Prius) de performances moyennes et de trop petite taille pour le marché américain	33		116 bus	74 200 VP, 380 bus. Des aides existent.	2000	800. Une aide à l'achat existe.		14 Aide à l'achat existante.	400	Quelques centaines
Autres		Ethanol (alternative fuel program) Diesel pour véhicules lourds	Alcool (plan « pro-alcool »)- 20% dans l'essence ; en baisse mais reprise envisagée.			Filtres à particules, pot catalytique (rétrofit)									

	Allemagne	Australie	Brésil	Chine	Etats-Unis	Hong-Kong	Inde	Italie	Japon	Pays-Bas	Royaume-Uni	Russie	Singapour	Suisse	Taï wan
Aides autres				Aides locales (bus). Pour VP : Acheter un véhicule euro 2				Achat véhicule catalysé et mise à la casse des non-catalysés.(encore 11M de VP non catalysés)		Aides au diesel (VP, VUL)				Exonération de l'impôt auto pour des véhicules essence moins polluants.	Prime au remplacement des motocycles « 2 temps » par des véhicules « 4 temps ». Prime au remplacement des véhicules de plus de dix ans.
Résultat	Décevant (pas de fort développement)	Décevant	Décevant (trop coûteux)	Décevant (maintenance quasi inexistante, peu de stations de gaz)	Bon pour GPL et GNV.			Jugé satisfaisant par les autorités italiennes. Le GPL est la filière la plus développée en Europe.	Plan de généralisation des véhicules électriques lancé en 1991 ; ralenti car cher, diesel préféré car meilleur marché. Véhicules hybrides bien développés, GPL très peu développé.	Projet de GPL et GNV pour les transports publics abandonné (trop cher, problèmes techniques non prévus). Aide à l'installation de filtre à particules sur les bus diesel rendue impossible par Bruxelles. GPL jugé « dangereux » (à réglementer davantage)	Succès pour la politique sur les véhicules au gaz.( Véhicules GPL : nombre multiplié par 6 en 3 ans)	Situation mitigée malgré les réserves russes en gaz naturel.	Aucune filière n'est vraiment développée. Le GNV souffre de l'absence de stations service (3 devraient ouvrir prochainement)	Une grande partie de la promotion est faite par les associations professionnelles (manque d'implication des autorités fédérales). Tous les carburants (essence, gazole, GPL et GNV) sont taxés de la même façon. Les véhicules électriques connaissent un certain succès alors que les véhicules GPL sont moins populaires.	Prime au remplacement : peu de succès (montant modeste)

	Allemagne	Australie	Brésil	Chine	Etats-Unis	Hong-Kong	Inde	Italie	Japon	Pays-Bas	Royaume-Uni	Russie	Singapour	Suisse	Taï wan
--	-----------	-----------	--------	-------	------------	-----------	------	--------	-------	----------	-------------	--------	-----------	--------	---------

Projets	PàC (programme aides à la recherche et aux expériences pilotes)	Aides aux véhicules lourds, GNV et GPL. PàC (aides d'Etat pour recherche)	Alcool (« Pro-alcool » relancé) Hybride (bus). Biodiesel. Au second plan : PàC depuis 1994 (bus)	Priorité aux bus et taxis GPL et GNV (la Chine a des réserves de gaz). Biocarburants ? PàC et hybrides : dans le cadre du 10° plan quinquennal	Hybride (véhicule « light truck »). PàC (« Freedom CAR ») avec réformeurs	GPL, puis électrique Rien pour PàC.	GNC mais sans aides (mais le gazole est moins cher...). Améliorer la qualité du gazole. PàC : manque de budget suffisant	Retirer de la circulation les véhicules non catalysés. Maintenir GPL. PàC : oui	PàC(R&D). Honda et Toyota ont déjà livré un véhicule (location) à certains ministères japonais.	Diesel, réduction des émissions de CO <sub>2</sub> (dispositions fiscales). PàC : oui	Gaz, et en particulier le GPL+ essor du parc de bus au gaz PàC : oui mais faible.	Gaz naturel (ressources présentes, réseau fourni de distributeurs) - lobby de GAZPROM qui détient le monopole du marché du gaz. PàC : non (coût)	<b>GNV (ressources abondantes dans la région)</b> PàC : non  Remarque : le principal but des autorités singapouriennes est de limiter la croissance du parc automobile pour éviter la congestion de cette ville de 4 millions d'habitants, et d'inciter à l'utilisation des transports en commun, l'objectif étant que ceux-ci représentent 75% des voyageurs contre 50% actuellement.	Promotion des petits véhicules. Promotion des bicyclettes et scooters électriques. « Education » du conducteur sur la réduction des émissions de CO <sub>2</sub> (programme ECO DRIVE), sur la mobilité combinée (rail, route, marche à pied), et sur le principe de la voiture partagée. Programmes de recherche : sur les véhicules légers (allègement), sur les batteries et la pile à combustible, et sur le comportement du conducteur. PàC : oui (R&D)	Réduire la pollution due aux deux-roues (aides à l'achat de modèles neufs, renforcement des contrôles de pollution sur le parc en circulation. PàC : non
---------	---	---	--	--	---	-------------------------------------	--	---	---	---	---	--	---	--	--

VP : véhicules particuliers

VUL : véhicules utilitaires légers

Elect. : électrique (s)

PàC : pile à combustible

Hormis le Royaume Uni qui semble croire assez fortement aux potentialités du GPL, la Chine, la Russie et Singapour qui bénéficient de la proximité de réserves de gaz naturel importantes et misent donc sur le développement de cette filière, le gaz en général ne semble plus guère intéresser les pays interrogés par les missions économiques. Certains pays en reviennent même, comme les Pays Bas qui ont dû faire face à de nombreux accidents liés au GPL et qui commencent à voir une baisse de popularité de la filière.

Pour ce qui est du véhicule hybride, il n'a guère décollé qu'aux Etats Unis et au Japon. Aux Etats Unis, il souffre néanmoins d'un attrait limité dû à la petite taille des modèles (japonais) proposés à la vente, mais la situation pourrait évoluer favorablement si des véhicules de plus grosse cylindrée sont mis sur le marché. Au Japon, fief d'origine de la filière, les limites du développement commencent à être atteintes, le coût ne diminuant pas vraiment au fil du temps.

La réduction des émissions de dioxyde de carbone commencent à être une préoccupation, ce qui conduit parfois à un soutien assez fort au diesel (Pays-Bas notamment).

Enfin, pratiquement tous les pays « interrogés » ont mis en place des programmes de recherche et/ ou de sites pilotes pour le développement de la pile à combustible, sans qu'une échéance proche pour une industrialisation à grande échelle ne soit pour autant annoncée.