

*Comité Interministériel
pour les Véhicules Propres*

**VEHICULES PROPRES
FONCTIONNANT AU GPL, GNV
ET A L'ELECTRICITE**

**ETAT DES FILIERES
ET
PROPOSITIONS DE POLITIQUES PUBLIQUES
D'ACCOMPAGNEMENT**

Avril 2000

Sommaire

<u>Préambule</u>	3
<u>Introduction</u>	6
<u>I. Situation actuelle des filières existantes</u>	7
<u>I-1. Présentation et état de développement</u>	
I-1-1. Parcs actuels, configurations des marchés et profils d'utilisateurs, exemples de flottes	
I-1-2. Offre actuelle des constructeurs	9
I-1-3. Maturité technologique	10
I-1-4. Avantages et contraintes des filières existantes	11
<u>I-2. Action des pouvoirs publics</u>	14
I-2-1. Cadre réglementaire	
I-2-2. Dispositif incitatif	18
I-2-3. Actions en matière de R&D : le PREDIT et les véhicules propres	22
I-2-4. Actions au niveau de programmes pilotes et de démonstration	24
I-2-5. Bilan et conséquences de la politique actuelle de soutien	
<u>I-3. Conclusions sur la situation actuelle des filières</u>	26

II. Évolution des filières **29**

II-1. Évolutions technologiques en France et à l'étranger

II-1-1. Évolutions technologiques en France

II-1-2. Évolutions technologiques à l'étranger 36

II-2. Autres facteurs de développement 40

II-2-1. Nouveaux services liés aux véhicules (temps partagé et modification des comportements)

II-2-2. Stratégie des constructeurs automobiles et des équipementiers 42

II-2-3. Stratégie des producteurs et distributeurs d'énergie et de carburants 43

III. Propositions de politiques publiques d'accompagnement des filières **44**

III-1. Plans stratégiques

III-1-1. Ensemble des filières

III-1-2. Filière GNV 45

III-1-3. Filière GPL 46

III-1-4. Filière électrique 47

III-2. Actions proposées 48

III-2-1. Ensemble des filières

III-2-2. Filière GNV

III-2-3. Filière GPL 49

III-2-4. Filière électrique

Suivi **50**

Préambule

La pollution de l'air et le bruit constituent des préoccupations majeures pour les 80% de nos concitoyens qui vivent en milieu urbain. La responsabilité du secteur du transport dans ces désordres est de plus en plus engagée. Ainsi, sa contribution à la production du bruit, qui est la première nuisance citée au cours des enquêtes d'opinion réalisées en milieu urbain, est devenu prépondérant. De plus, sa part relative dans le total des principaux polluants atmosphériques (CO, NOx, COV, particules, pollution photochimique, ...) est en progression constante, compte tenu de la baisse des émissions d'origines industrielle et domestique.

En ce qui concerne l'effet de serre, la France s'est engagée à stabiliser, d'ici 2010, ses émissions totales de Gaz à Effet de Serre à leur niveau de 1990 ; l'enjeu relatif au seul secteur des transports, qui représente à lui seul plus du quart de la consommation d'énergie finale (la consommation du secteur des transports est constituée à 96 % par les produits pétroliers), se révèle d'une importance cruciale.

Au regard de cette pression permanente que font peser les transports sur l'environnement, notamment urbain, et de ses impacts sanitaires dont la quantification reste néanmoins à préciser, le Gouvernement a décidé que le traitement des problèmes posés par ce secteur de l'économie vis-à-vis de la qualité de vie de la population devait constituer une des priorités de son action.

L'État s'est donc engagé dans une politique de soutien aux autorités territoriales compétentes en matière de transport dans la lutte qu'il leur est demandé de mener contre la tendance lourde à l'œuvre dans notre pays en matière de mobilité urbaine : les phénomènes de croissance du trafic routier et de recul des autres modes de déplacement, dopés par l'étalement désordonné de l'urbanisme, s'alimentent l'un l'autre, créant souvent des situations dont les conséquences environnementales sont indéniablement excessives. Le Plan de Déplacements Urbains (PDU), dont chacune des 58 agglomérations françaises de plus de 100 000 habitants doit se doter avant le 30 juin 2000, a pour objet l'inversion à terme de ce processus par une affectation prioritaire de l'espace public aux moyens de transport peu ou non « nuisants » : transports publics, vélo, marche à pied.

Néanmoins, les modes alternatifs à l'utilisation du véhicule individuel à moteur ne peuvent répondre à tous les besoins de déplacement, en milieu urbain comme à l'extérieur des agglomérations.

En parallèle à cette politique structurelle visant à opérer un report entre les différents modes de transport, il est indispensable de réduire les nuisances à la source pour chaque type de véhicules. La France a ainsi grandement contribué à l'adoption en octobre 1998 de deux directives dites "Auto-Oil" relatives aux émissions polluantes des voitures particulières et des véhicules utilitaires légers ainsi qu'aux 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 ces véhicules à l'état neuf ainsi qu'une amélioration sensible des carburants (réduction des teneurs en soufre et en benzène) pour l'ensemble du parc automobile : la première est intervenue cette année, la seconde se situant en 2005.

Ces dernières années ont également vu l'émergence de nouvelles filières de véhicules dites alternatives (véhicules fonctionnant au GPL, au GNV et à l'électricité).

Au-delà des avantages écologiques que présentent ces véhicules, leur développement concourt par ailleurs à une diversification et une valorisation énergétiques limitées mais bien réelles, de nature à rendre le secteur des transports moins dépendant des carburants classiques issus des produits pétroliers. Ainsi, le gaz naturel provient de zones de production et de circuits d'acheminement différents de ceux du pétrole, ce qui permet d'améliorer la sécurité d'approvisionnement énergétique de la France. Quant au GPL, s'il ne représente pas véritablement une énergie en rupture avec les produits pétroliers, il constitue néanmoins une opportunité de valoriser les ressources, notamment le butane largement excédentaire en France. Enfin, l'électricité apporte des garanties en matière de sécurité d'approvisionnement et de disponibilité à long terme.

L'intérêt industriel du développement de ces filières est aussi important en termes d'emplois, mais surtout en matière de maîtrise et de savoir-faire par nos entreprises sur des technologies de pointe. Ceci est particulièrement vrai pour la filière électrique qui s'inscrit dans une tendance lourde d'électrification de tous les véhicules. Les progrès technologiques et les expérimentations réalisés sur le véhicule électrique, notamment dans le cadre du programme de recherche PREDIT, ont permis de positionner les constructeurs français parmi les leaders mondiaux. Ces efforts doivent être accentués pour se concrétiser par des produits qui arriveront sur le marché entre 2000 et 2010 sur l'ensemble de la gamme allant du véhicule standard au véhicule électrique en passant par toutes les formes de véhicules hybrides.

Pour favoriser le développement de ces filières, le gouvernement a adopté un certain nombre de mesures fiscales et techniques (aides à l'achat des véhicules électriques, fiscalité des carburants gazeux, renouvellement des flottes publiques en véhicules propres ...).

Au-delà de ces démarches d'incitation, de promotion et de soutien, et après ces premières années d'expérimentations, le Gouvernement a ressenti la nécessité de définir et mettre en œuvre une stratégie claire et cohérente pour le développement des filières alternatives qui représentent, notamment pour ce qui concerne la motorisation, une rupture par rapport aux véhicules dits classiques.

C'est dans ce contexte qu'est intervenue la création du comité interministériel pour les véhicules propres.

Ce comité, présidé par le ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement et dont le secrétariat est assuré par le secrétariat d'Etat à l'industrie, rassemble l'ensemble des administrations concernées, ministères chargés des transports, de la recherche, de l'intérieur, des finances, ainsi que le groupe interministériel sur les véhicules électriques (GIVE). Il a pour mission, selon les termes de son mandat, de constituer "un outil d'analyse et de propositions visant, pour les véhicules GPL, GNV, électriques, hybrides, à piles à combustible, à harmoniser l'effort public, à informer, ou à proposer des actions aux administrations concernées, en matière de développement industriel et technologique, de cadre juridique, réglementaire et fiscal et d'intervention publique".

Dans ce cadre, le Gouvernement lui a fixé comme premier objectif la préparation d'un rapport comprenant :

- un bilan sur l'état de développement des filières de véhicules électriques et de véhicules fonctionnant au GNV et au GPL, avec notamment le recensement et l'évaluation des actions qui ont déjà été menées ainsi que les difficultés qui subsistent ;
- un plan d'action stratégique sur ces filières, abordant les aspects réglementaires, budgétaires, fiscaux, industriels ainsi que de recherche et de développement.

Pour mener à bien l'objectif défini, le Comité a regroupé le travail à effectuer en trois thèmes, chacun d'eux étant pris en charge par un groupe de travail spécifique piloté par une ou plusieurs directions d'administration centrale participant au Comité :

- groupe "*aspects réglementaires et de normalisation*" portant sur l'homologation, la circulation et le stationnement des véhicules ainsi que la distribution énergétique et les équipements annexes ;
- groupe "*promotion et incitations*" portant sur la fiscalité, les aides à l'achat de véhicules et des équipements associés, le bilan et le suivi de l'acquisition par les flottes publiques et les mesures complémentaires envisageables ;
- groupe "*prospectives et actions de recherche*" portant notamment sur les actions de recherche et de développement à promouvoir dans le cadre du PREDIT.

La participation d'autres départements ministériels, de l'ADEME et d'autres organismes publics ainsi que de personnes extérieures à l'administration (consommateurs, associations, industriels, ...) a été bien entendu requise, sous la forme de contributions écrites ou d'auditions. Des éclairages étrangers ont également été recherchés.

Ne sont pas traités dans ce rapport les véhicules classiques utilisant des carburants reformulés -carburants oxygénés (dont les biocarburants) ou émulsions eau-gazole (de type aquazole)-, ni les "diesel propre" utilisant du gazole à très basse teneur en soufre.

Le rapport est divisé en trois grandes parties.

La partie I décrit l'état actuel des filières GPL, GNV et électrique et tente d'apprécier l'efficacité des politiques d'accompagnement législatif, réglementaire et fiscal menées par les pouvoirs publics pour les soutenir.

La partie II s'intéresse aux avancées technologiques à attendre à court et moyen terme pour chacune de ces filières. Est examiné également dans cette partie l'effet que pourraient avoir d'autres facteurs extérieurs sur l'avenir de ces filières. À partir de ces éléments, sont dégagées des perspectives en France et à l'étranger.

La partie III rassemble les propositions de mesures d'accompagnement des filières de véhicules propres, issues des analyses faites au sein du comité et de ses différents sous-groupes de travail. Ici, les mesures sont présentées par filière, tout d'abord sous la forme d'un plan d'actions stratégique global, puis déclinées action par action. Enfin, le comité propose un mode de suivi pérenne de ces filières, permettant d'évaluer les instruments des politiques globales qui seront menées dans les années à venir.

I. Situation actuelle des filières existantes

I-1. Présentation et état de développement

Les filières de véhicules propres disponibles aujourd'hui sur le marché sont représentées par les véhicules fonctionnant au GPL, au GNV ou à l'électricité.

Bien que la spécificité de chacune de ces trois filières entraîne une certaine complémentarité bien plus qu'une réelle concurrence, les tableaux de données ci-après présentent, sous forme comparative afin d'en faciliter la lecture, les principaux éléments d'information sur leur situation actuelle : parcs et profils d'utilisateurs, offre des constructeurs et maturité technologique, avantages et contraintes ainsi que coûts d'utilisation.

I-1.1. Parcs actuels, configurations des marchés et profils d'utilisateurs, exemples de flottes

Parc estimé en France en décembre 1999	GPL	GNV	Electrique
Véhicules légers (VP et VUL)	150 000	3000	5000
Bus	90	300	midibus et minibus : 10
Bennes à ordures ménagères		20	50
Scooters			1500

Parc estimé à l'étranger en 1999	GPL	GNV	Electrique
Véhicules légers (VP et VUL)	Italie : 1 300 000 Pays-Bas : 600 000 Australie : 450 000 Etats-Unis : 390 000 Mexique : 320 000 Corée du Sud : 310 000 Japon : 300 000 Canada : 150 000 Total Monde : 4 500 000	Argentine : 450 000 Italie : 300 000 Russie : 100 000 USA : 70 000 Canada : 35 000 Allemagne : 5 000 Hollande : 600 GB : 500 Belgique : 300 Total Monde : 1 200 000	Italie : 800 Suisse : 650 Suède : 450 Danemark : 250 Allemagne : 2700 Total UE-Norvège-Suisse : 8 000 Etats-Unis : 6 000
Scooters			800
Bus	Autriche : 550 Danemark : 200 Hollande : 190 Espagne : 60	Etats-Unis : 1800 Australie : 1100 Allemagne : 250 Brésil : 200	Minibus Etats-Unis : 150 Italie : 250

	Italie : 50	Canada : 200 Suède : 140 Grèce : 120 Italie : 100	
--	-------------	--	--

Exemples de flottes significatives	Bus GPL	Bus GNV	VP et VUL GPL	VP et VUL GNV	VP et VUL électriques	Scoters électriques
Etat					160	20
EDF					1200	
GDF + régies locales				2400		
La Poste			1400	5	400 (+ 50 en commande)	0
France Télécom			30	0	6	0
ADP		1	23 (+ 15 en commande)	15	65	
RATP	57 (+ 55 en 2000)	53 (+ 53 en 2000)			10 + 2 midibus (+ 20 en commande)	
Europcar			200			
Ville de Paris					110	
Agglo. Bayonne	6 (+ 25 en commande)					
Agglo. Bordeaux		50		30	120 et 19 bennes à ordures	15
Agglo. Grenoble				200		
Agglo. Montpellier		80				
Agglo. Nice		42 (+ 40 en 2000)				
Agglo. Poitiers		20				
Agglo. La Rochelle					250	50
Agglo. Tours	23 (+ 48 sur 3 ans)					

Les véhicules légers GPL sont utilisés par un large public effectuant un kilométrage annuel important : entreprises, professionnels indépendants et particuliers, alors que leurs homologues GNV appartiennent à 80 % aux flottes de GDF et des régies locales de gaz. Pour les 20 % autres, ils se situent dans quelques flottes captives ayant accès à une station d'avitaillement.

Les véhicules électriques (VP et VUL) appartiennent aux flottes de collectivités locales, de services publics et de quelques entreprises. EDF, pour sa part, possède près du quart du parc actuel. Quant au parc des scooters électriques, il est réparti de façon plus diversifiée : collectivités locales, administrations, services publics, entreprises et particuliers.

I-1-2. Offre actuelle des constructeurs

Les véhicules légers (VP ou utilitaires), fonctionnant à l'essence sont proposés, pour le GPL comme pour le GNV, en version bicarburation par les constructeurs français et étrangers.

Renault propose une gamme assez complète (VP et utilitaires légers) en version GPL de première monte alors que le groupe PSA a une offre beaucoup plus réduite sur ce créneau. Si le marché de la deuxième monte des véhicules GPL tend à se réduire proportionnellement à l'offre des constructeurs dans ce domaine, il reste encore comparable au marché de la première monte avec près de 850 installateurs agréés par le Comité Français du Butane et du Propane (CFBP).

Pour le GNV, l'offre des constructeurs se situe essentiellement au niveau des utilitaires légers. Il ne s'agit pas de première monte à proprement parler mais de première monte différée, c'est à dire sous-traitée à un installateur et couverte par la garantie du constructeur.

Pour les véhicules lourds (bus), les moteurs diesel ne peuvent pas s'adapter à la bicarburation avec le GPL ou le GNV. Les constructeurs proposent des véhicules ayant un moteur dédié, utilisant la base d'un moteur diesel transformé et adapté au GPL ou au GNV.

Les véhicules électriques proposés actuellement utilisent la technologie des batteries Ni-Cd qui permet une autonomie d'environ 80 à 90 km, par charge, en conduite normale. Si l'offre en VP et véhicules dit de société est stable (4 modèles de chez PSA aujourd'hui), l'offre d'utilitaires légers s'est renforcée depuis un an et demi avec l'arrivée de la Berlingo (Citroën) et du Partner (Peugeot). Renault annonce l'arrivée du successeur de l'Express, le Kangoo, en 2 000 pour les versions "5 places" et "utilitaire". Matra a indiqué qu'il présenterait un véhicule électrique dans le courant de l'année 2 000.

Offre des principaux constructeurs en France	GPL 1^{ère} monte	GNV 1^{ère} monte différée	Electriques
Voitures particulières	Renault : l'ensemble de la gamme est disponible en version GPL Peugeot : 406 (berline et break), 106, 306 Citroën : Xantia, Xsara (berline et break)	Renault : Twingo - Clio Fiat : Multipla (en mono et bicarburation)	Peugeot : 106 Citroën : Saxo Ces deux véhicules existent en version société
Véhicules utilitaires légers	Citroën : Berlingo	Renault : Clio 1,4l et Kangoo 1,4l Peugeot : Partner et Boxer Citroën : Jumper RVI : Mascott	Renault : Express puis Kangoo (2 000) Peugeot : Partner Citroën : Berlingo
Autobus	Heuliez (moteur Daf) Irisbus (moteur Daf) VanHool (moteur Daf)	Irisbus : Agora Heuliez /Volvo: GX217 Mercedes : O405	Ponticelli : Oréos 55

Bennes à ordures ménagères et autres véhicules de voirie		Iveco Daily (3,5 T) Somac (6,5 T) Thomas (12/15 T) Ponticelli (6,5/19/26T) Iveco (19/26 T)	Provence Bennes SEMAT Ponticelli (électrique et hybride électrique/GNV)
Véhicules spécifiques à 4 roues (petits utilitaires, véhicules de voirie, ...)			Petits constructeurs français
Scooters			Peugeot : Scootelec Barigo

I-1-3. Maturité technologique

Véhicules fonctionnant au GPL et GNV

Pour les véhicules légers GPL et GNV de première monte, les constructeurs ont adapté des moteurs à essence¹ pour répondre rapidement à une demande qui a émergé à partir de 1997 (loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie et baisse de la TIPP sur le GPL). Les moteurs, et plus particulièrement les dispositifs de préparation du mélange, ne sont donc pas optimisés. Les véritables gains, tant en émission de polluants qu'en consommation, passent par des moteurs dédiés (monocarburant). Mais les véhicules monocarburant renvoient au problème de la densité de stations d'avitaillement, notamment pour le GNV. Toutefois, en attendant cette étape, des progrès sensibles pourraient être faits sur les moteurs bicarburant afin d'améliorer leurs performances.

La bicarburant GPL avec un mode de secours « essence » constitue également une solution intermédiaire à explorer.

Pour les bus GNV, dont l'offre actuelle est disparate au plan de la maturité technologique des véhicules, le même constat peut être fait. Les moteurs actuels, fonctionnant au GNV à partir d'une transformation complexe d'un moteur diesel, ne permettent pas encore d'atteindre le niveau potentiel de qualité, notamment en consommation et en émission de certains polluants. La stratégie des constructeurs a été de répondre rapidement à une demande ponctuelle des transporteurs, mais une politique de pérennisation de la filière sera un préalable pour qu'ils consentent aux investissements de R & D nécessaires à l'optimisation des moteurs.

Pour les bus GPL, la société Heuliez commercialise un bus équipé du seul moteur existant actuellement pour le GPL, à savoir le moteur DAF.

Véhicules électriques

¹ pour des raisons techniques, il n'est pas possible d'adapter une injection GPL sur un moteur diesel

Les véhicules électriques sont aujourd'hui robustes, fiables et offrent un réel confort de conduite et une sécurité accrue. Toutefois, la technologie des batteries Ni-Cd actuellement utilisée -autonomie de 80 à 90 km par charge, prix d'acquisition élevé du véhicule dû à sa production en très petite série (de l'ordre de 100 unités par mois) et temps de charge de 4 à 5 heures (charge complétée une fois sur dix par une charge dite d'égalisation d'une durée de 3 à 4 heures supplémentaires) cible ce type de véhicules sur des cercles spécifiques d'utilisateurs (essentiellement flottes urbaines parcourant un faible kilométrage journalier). Les prochaines étapes technologiques les situent au niveau des véhicules à prolongateur d'autonomie (range extender) pour 2000 ou 2001.

I-1-4. Avantages et contraintes des filières existantes

	GPL			GNV			Electrique
<u>Pollution</u>							
<u>Voitures particulières</u>							
Valeurs limites d'émission en g/km							
1996	essence	diesel	Voitures équipées d'origine	Voitures équipées d'origine			aucune émission sur le lieu d'utilisation
			<u>GPL / voiture essence actuelle²</u>	<u>GNV / voiture essence actuelle²</u>			
CO	2,2	1,0	NOx : de 0 à - 30 %	NOx : de - 15 à - 25 %			
HC+NOx	0,5	0,7	potentiel formation d'ozone : - 70 %	potentiel formation d'ozone : - 80 %			
Particules	-	0,08	polluants non réglementés : benzène : - 90 %	polluants non réglementés : pas de benzène			
2000	essence	diesel	formaldéhyde : - 50 %	formaldéhyde : - 80 %			
CO	2,3	0,64	<u>GPL / voiture diesel actuelle²</u>	<u>GNV / voiture diesel actuelle²</u>			
HC	0,2	-	NOx : - 20 % à - 50 %	NOx : - 20 % à - 50 %			
HC+NOx	-	0,56	masse de particules très faible	masse de particules très faible			
Particules	-	0,05					
NOx	0,15	0,5					
2005	essence	diesel	<u>GPL² / voiture normes 2005</u>	<u>GNV² / voiture normes 2005</u>			
CO	1,0	0,50	niveaux d'émissions comparables	niveaux d'émissions comparables			
HC	0,1	-					
HC+NOx	-	0,3					
Particules	-	0,025					
NOx	0,08	0,25					
Voitures 2 ^{ème} monte							
résultats très variables en fonction de la qualité de la transformation, parfois défavorables pour les véhicules catalysés							

² commercialisée en 1999 et caractérisée par ses émissions réelles

<p align="center"><u>Bus et poids-lourds</u></p> <p align="center">Valeurs limites d'émissions en g/kWh</p> <table border="0"> <tr> <td></td> <td align="center">1996</td> <td align="center">2008</td> </tr> <tr> <td>CO</td> <td align="center">4</td> <td align="center">1,5</td> </tr> <tr> <td>HC³</td> <td align="center">1,1</td> <td align="center">0,55</td> </tr> <tr> <td>Particules</td> <td align="center">0,15</td> <td align="center">0,03</td> </tr> <tr> <td>NOx</td> <td align="center">7</td> <td align="center">2</td> </tr> </table>		1996	2008	CO	4	1,5	HC ³	1,1	0,55	Particules	0,15	0,03	NOx	7	2	<p align="center"><u>GPL / valeurs limites 1996</u></p> <p align="center">particules : - 75 % env. NOx : - 80 % env.</p> <p align="center"><u>GPL / valeurs limites 2008</u></p> <p align="center">niveaux d'émissions comparables</p>	<p align="center"><u>GNV / valeurs limites 1996</u></p> <p align="center">particules : -70 % à -90 % NOx : - 40 % à - 70 %</p> <p align="center"><u>GNV / valeurs limites 2008</u></p> <p align="center">niveaux d'émissions comparables</p>	
	1996	2008																
CO	4	1,5																
HC ³	1,1	0,55																
Particules	0,15	0,03																
NOx	7	2																
<p><u>Bruit</u></p> <p>Voitures particulières et véhicules utilitaires légers</p> <p>Bus</p> <p>Scooters</p>	<p align="center">équivalent/essence</p>	<p align="center">équivalent/essence</p> <p align="center">favorable/gazole (-3dB ou intensité réduite de moitié)</p>	<p align="center">favorable/essence très favorable/diesel</p> <p align="center">très favorable/diesel</p> <p align="center">très favorable / deux roues essence</p>															
<p><u>Risques</u></p>	<p align="center">équivalents aux véhicules essence pour les véhicules GPL équipés d'origine</p> <p align="center">problèmes sérieux sur les véhicules de 2^{ème} monte</p> <p align="center">précautions à prendre sur le stationnement en milieu confiné</p>	<p align="center">équivalents aux véhicules essence</p> <p align="center">précautions à prendre sur la partie avitaillement (stations de compression) et remisage (notamment bus)</p>	<p align="center">favorable / essence et diesel</p>															
<p><u>Effet de serre</u></p> <p><u>Consommation d'énergie d'une voiture particulière type en Mjoules/100km</u></p> <p>essence : 260 ; diesel : 220</p> <p><u>Caractéristiques des carburants en kgCO₂/GJ</u></p> <p>essence : 73 ; gazole : 75</p>	<p align="center">240 à 270</p> <p align="center">64</p>	<p align="center">250 à 270</p> <p align="center">57</p>	<p align="center">70</p>															

³ hors CH4

<p><u>Emissions de gaz à effet de serre en gCO₂/km</u> - à l'échappement essence : 190 ; gazole : 160 - en amont (raffinage, transport et distribution) essence : 35 ; gazole : 20 - total essence : 225 gazole : 180</p>	<p>150 à 170 (1ère monte)</p> <p>15</p> <p>165 à 185</p>	<p>140 à 150</p> <p>25</p> <p>165 à 175</p> <p>NB : le méthane à un pouvoir de réchauffement global 21 fois supérieur à celui du CO₂</p>	<p>≤ 5 (si énergie nucléaire, éolienne, hydraulique)</p>
<p><u>Impact énergétique des filières</u></p> <p><u>Quantités en jeu</u></p> <p><u>Sécurité d'approvisionnement</u> essence et gazole : moyenne</p> <p><u>Disponibilité à long terme (>30 ans)</u> essence et gazole : moyenne</p> <p><u>Diversification énergétique</u></p>	<p>(Stat. pour 1999) Quantité totale de GPL mise sur le marché français : environ 3 000 000 tonnes, dont 200 000 tonnes de GPL consommées en tant que carburant</p> <p>moyenne</p> <p>moyenne</p> <p>L'usage des trois sources énergétique pour notre dépendance vis-à-vis</p>	<p>(Stat. pour 1999) Quantité totale de gaz naturel consommée : 31 millions de TEP, dont 10 000 TEP environ de GNV consommées</p> <p>moyenne</p> <p>moyenne</p> <p>d'énergie concourt à une les transports et permet de des carburants classiques.</p>	<p>un parc de moins de 50 000 VE représente une consommation négligeable au regard de la consommation totale d'électricité, donc sans conséquence sur la production nationale⁴.</p> <p>très bonne</p> <p>très bonne</p> <p>diversification réduire d'autant</p>
<p><u>Données logistiques pour l'utilisateur</u></p> <p><u>Caractéristiques des stations d'avitaillement</u></p>	<p>Pompes en stations-service comparables aux carburants classiques (GPL sous forme liquide)</p>	<p>Stations de compression (GNV gaz comprimé à 200 bars) de forte puissance pour remplissage rapide</p>	<p>Prises domestiques de 16 A / 230 volts (type machine à laver ou réfrigérateur) et réseau de prises ou bornes de charge (normale ou rapide) installées sur le domaine public</p>

⁴ la consommation annuelle d'un VE est de l'ordre de celle d'un chauffe-eau électrique

<u>Nombre de points d'avitaillement en France</u>	1560 environ	50 stations de forte puissance	430 bornes de charge à accès public, dont 200 à Paris
<u>Durée du remplissage</u>	2 à 3 min	3 min pour station de forte puissance plusieurs heures pour station individuelle de petite puissance	Temps de charge : 4 à 5 h sur prise normale 30 mn pour 60 km d'autonomie sur borne à charge rapide.

I-2. Action des pouvoirs publics

I-2-1. Cadre réglementaire

Homologation des véhicules

Véhicules électriques

Les dispositions spécifiques concernant la réglementation technique des véhicules électriques ont été introduites dans les règlements de Genève (Commission Economique pour l'Europe des Nations Unies), récemment reconnus par l'Union européenne.

Les équivalences entre les directives de Bruxelles et les règlements de Genève, qui ont été introduites dans la directive de réception européenne, et l'adhésion de la Communauté européenne à l'accord de Genève révisé de 1958 font qu'il n'existe plus aujourd'hui d'obstacle technique à la réception des véhicules électriques dans l'ensemble de 15 pays de l'Union européenne, voire au-delà puisque sont aujourd'hui signataires des règlements de Genève de nombreux pays tiers. Outre la modification des règles concernant la mesure de la consommation énergétique et de la puissance, un nouveau règlement relatif à la "sécurité électrique" a été adopté.

Pour compléter ce dispositif, le contrôle des dégagements d'hydrogène lors de la charge de la batterie de traction des véhicules électriques, proposé par les experts français, devrait être prochainement adopté à Genève et la modification de la directive cadre de réception européenne destinée à introduire les dispositions « administratives » de la délivrance d'une réception CE complète aux véhicules électriques est en discussion à Bruxelles.

Une réglementation technique des véhicules hybrides prenant principalement en compte les règles techniques respectives :

- des véhicules mus par un moteur électrique et équipés d'une source de production embarquée d'électricité,
 - des véhicules équipés de moteurs thermiques avec un complément de puissance fourni par un moteur électrique ou fonctionnant alternativement en thermique ou en électrique,
- devrait être élaborée prochainement dans les enceintes réglementaires internationales, à Bruxelles comme à Genève.

Du point de vue fiscal, la nouvelle définition de la puissance administrative des voitures particulières introduite par l'article 62 de la loi n°98-546 du 2 juillet 1998 et par la circulaire n°98-58 du 3 juillet 1998 prend en compte les véhicules électriques (la puissance administrative est directement calculée en fonction de la puissance du moteur mesurée conformément à la réglementation européenne en vigueur).

Véhicules au gaz

La réglementation spécifique applicable aux véhicules au gaz concerne les émissions polluantes (et les règles "moteur" associées telles que mesure de la consommation, du CO₂, de la puissance du moteur) et les règles complémentaires de sécurité.

- Emissions polluantes : les amendements concernant la réception des véhicules fonctionnant exclusivement au gaz ou selon une alimentation mixte ont tous été adoptés ou sont sur le point de l'être à Genève comme à Bruxelles. Ces règles sont applicables aux véhicules légers et aux poids lourds, bus et cars ; elles sont basées sur les règles et niveaux de sévérité applicables aux moteurs thermiques, définies pour 2000, 2005 et 2008 (dans le cas des poids lourds). Seules les dates d'obligation d'installation des dispositifs de diagnostic embarqué (OBD) n'ont pas encore été définies pour les véhicules légers et une proposition vient d'être soumise début 2000 au Conseil européen et au Parlement. Toutes les règles concernant la mesure de la puissance du moteur et la mesure de la consommation et des émissions de CO₂ ont été étendues parallèlement à la réception des véhicules fonctionnant au gaz.
- Sécurité : un projet nouveau de règlement européen concernant les véhicules fonctionnant au gaz naturel et qui prévoit des prescriptions d'homologation spécifiques renforcées par rapport à la réglementation nationale en vigueur vient d'être adopté à Genève et l'adhésion de l'Union européenne à celui-ci devrait intervenir courant 2000. Les véhicules conformes par anticipation aux dispositions de ce futur règlement européen sont aujourd'hui réceptionnés en France en équivalence aux règles nationales.
Pour les véhicules fonctionnant au GPL, l'évolution récente de la réglementation internationale a été introduite par arrêté du 4 août 1999 dans la réglementation nationale :
 - obligation de conformité aux dispositions du nouveau règlement en ce qui concerne la protection au feu des réservoirs (soupapes ou fusibles validés par un essai d'incendie) pour les véhicules mis en circulation à dater du 1^{er} janvier 2000 (véhicules neufs ou transformés à partir de cette date),
 - obligation de conformité à l'ensemble des dispositions du nouveau règlement pour les véhicules mis en circulation à dater du 1^{er} janvier 2001 (véhicules neufs ou transformés à partir de cette date).Les dispositions réglementaires nationales sont donc aujourd'hui alignées sur les dispositions les plus exigeantes de la réglementation européenne.

En sus de ces dispositions, un nouveau règlement concernant les règles de sécurité et les règles antipollution applicables aux véhicules en service en cas d'équipement pour le fonctionnement au gaz est aujourd'hui en cours d'examen et pourrait être adopté dans le courant du second semestre de cette année. Ses exigences techniques seront alignées sur celles mises en œuvre pour les véhicules neufs (installation de première monte) pour la sécurité comme pour la limitation des émissions polluantes.

Avitaillement des véhicules

Véhicules électriques

Installations de charge électrique : les installations de charge des voitures électriques sont soumises à la réglementation ICPE, rubrique n°2925 relative aux "*accumulateurs (ateliers de charge)*" dès lors que la puissance maximale de courant continu utilisable est supérieure à 10 kW. Cette puissance est atteinte dès que l'on prévoit la recharge de 4 véhicules, ce qui induit, conformément à l'arrêté-type correspondant, des contraintes pour les installations de recharge.

Il est envisagé pour le début de l'année 2000 de modifier les prescriptions applicables à cette rubrique, de façon à adapter ces prescriptions au cas particulier des installations de recharge des véhicules électriques. A cette fin, un projet d'arrêté ministériel applicable à la rubrique n°2925 est actuellement en consultation. Il abrogera l'arrêté-type.

Dans le long terme, la rubrique n°2925 devrait être modifiée de façon à en exclure les installations de recharge de véhicules électriques dans les parcs de stationnement, la rubrique n°2935 s'appliquant aux parcs de stationnement et pouvant reprendre les prescriptions évoquées plus haut.

De plus, un engagement écrit a été demandé aux constructeurs sur le bon fonctionnement des dispositifs de sécurité installés à demeure sur les véhicules lors de la charge rapide des batteries et notamment leurs performances au regard des critères de débit de dégagement d'hydrogène.

Véhicules GPL

- Stockage : les installations de stockage de gaz inflammables liquéfiés sont soumises à la législation des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement dans le cadre de la rubrique n°1412 : "*dépôts de gaz inflammables liquéfiés*", créée par le décret du 28 décembre 1999. Cette rubrique fixe des seuils de 6 tonnes en déclaration et 50 tonnes en autorisation, au lieu de 12 m³ et 120 m³ antérieurement. Suite à la modification de la rubrique, un nouvel arrêté-type sera rédigé dans le courant de l'année.
- Installation de distribution : les installations de distribution de gaz inflammables liquéfiés sont soumises à la législation ICPE sous le régime de la déclaration quelle que soit la capacité de stockage associée : rubrique n°1414-3 de la nomenclature "*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*". Les prescriptions réglementaires applicables sont celles de l'arrêté du 24 août 1998. Cet arrêté fixe les règles d'implantation des stations de distribution GPL, traduites notamment à travers des distances minimales d'éloignement entre les appareils de distribution d'un côté, les limites de propriété, les voies de communication, les établissements recevant du public, les stockages spécifiques et les installations de distribution de liquides inflammables de l'autre. Il convient enfin de signaler les travaux réalisés avec la RATP concernant l'étude de sécurité et les prescriptions techniques applicables à la station d'avitaillement gros débit des bus RATP. À terme, des prescriptions réactualisées pour les installations de distribution à gros débit soumises à déclaration pourraient être introduites dans l'arrêté-type 1414-3.

Véhicules GNV

- Stockage : le stockage de gaz naturel liquéfié est visé par les mêmes rubriques que le stockage de GPL (rubrique 1412). Des prescriptions réglementaires complémentaires peuvent être prises par le Préfet, pour tenir compte des spécificités du stockage de GNV sous forme liquéfiée à basse température (GNL). S'il existe un stockage intermédiaire de GNV sous forme comprimée (en cas d'alimentation par le réseau de gaz naturel comprimé), celui-ci pourrait être visé par la rubrique n°1411 ("*gazomètres et réservoirs de gaz comprimés renfermant des gaz inflammables*") si la quantité totale est supérieure ou égale à 1 t (régime de la déclaration), voire à 10 t (régime de l'autorisation). Des prescriptions réglementaires spécifiques aux stockages de GNL devraient apparaître dans le nouvel arrêté-type n°1412.
- Installation de distribution : l'installation de distribution n'est pas classée en tant que telle. Par contre, l'installation de compression est classée à partir de 20 kW (rubrique n°2920 de la nomenclature : "*installations de réfrigération ou compression fonctionnant à des pressions effectives supérieures à 10⁵ Pa*") : > 20 kW : régime de la déclaration, > 300 kW : régime de l'autorisation. Il est envisagé de créer une nouvelle rubrique spécifique aux installations de distribution de GNV. Ceci permettrait de définir un environnement réglementaire plus adapté à leur fonctionnement. Les seuils restent à déterminer. De plus, il conviendra de prendre en compte la distribution à gros débit (charge rapide des bus) dans la rédaction de l'arrêté de prescriptions techniques correspondant à cette nouvelle rubrique.

Stationnement des véhicules

Parcs de stationnement souterrains

Les parcs de stationnement souterrains de plus de 250 véhicules sont soumis à la réglementation ICPE, au titre de la rubrique n°2935 "*Parcs de stationnement couverts et garages - hôtels de véhicules à moteur*" selon les règles suivantes :

- de 251 à 1000 véhicules : régime de la déclaration,
- plus de 1000 véhicules : régime de l'autorisation.

A l'heure actuelle, aucune spécification de l'arrêté-type, ni de l'instruction technique relative aux parcs soumis à autorisation, ne vise restrictivement les trois catégories de véhicules propres fonctionnant au gaz et à l'électricité, qui ont donc libre accès à ces parcs de stationnement. Ceci a été rappelé par une circulaire du ministère chargé de l'environnement en 1987 puis 1996.

Néanmoins, une récente décision prévoit que les véhicules GPL non munis de soupapes conformes à la nouvelle réglementation internationale (voir supra) ne pourront plus accéder aux parcs classés en ICPE ; ce dispositif d'interdiction sera caduc à compter du 31/12/2001, date à laquelle tous les véhicules concernés devront avoir été mis en conformité.

Pour les véhicules électriques, la modification de l'arrêté-type n°2935 pourrait être l'occasion de renforcer certaines dispositions concernant les parcs de stationnement recevant de tels véhicules (ventilation, répartition des places).

Immeubles de grande hauteur (IGH)

Les dispositions réglementaires (art. GH 11 de l'arrêté du 18/10/77 modifié et art. R122.7 du CCH) permettent le stationnement des véhicules fonctionnant avec un carburant gazeux (GPL et GNV) dans les parcs de stationnement en communication avec un IGH si ces véhicules sont remisés dans des compartiments respectant des critères spécifiques ; si tel n'est pas le cas, le parc de stationnement est interdit à ces véhicules.

I-2-2. Dispositif incitatif

Les véhicules propres actuels fonctionnant au GPL, au GNV et à l'électricité bénéficient depuis plusieurs années de diverses aides de l'Etat. Celles-ci comprennent des dispositions budgétaires et fiscales, des dispositions réglementaires (telle l'obligation à certaines personnes publiques d'acquérir des véhicules de ce type) et des actions de soutien à la R&D (PREDIT notamment).

Dispositif budgétaire et fiscal

Diverses mesures fiscales ont été introduites par la loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie et les lois de finances pour 1998, 1999 et 2000 ; des subventions à l'acquisition sont distribuées par l'Etat ou par l'ADEME.

Loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie

L'article 26 (art. 265 *sexies* du Code des Douanes) prévoit que les exploitants de réseaux de transport public de voyageurs, les exploitants de bennes de ramassage de déchets ménagers d'un poids total roulant autorisé égal ou supérieur à 12 tonnes ainsi que les taxis peuvent obtenir le remboursement de la TICGN sur le GNV et de la TIPP sur le GPL à hauteur d'un volume de carburant fixé. Le décret d'application prévu par la loi pour cette disposition a été publié le 23 décembre 1997 (J.O. du 31 décembre 1997).

L'article 28 (art. 1010A du CGI) prévoit l'exonération totale de la taxe sur les voitures de société pour les véhicules fonctionnant exclusivement ou non à l'électricité, au GNV ou au GPL ainsi que, par dérogation à la précédente disposition, une exonération de la moitié de la même taxe pour les voitures fonctionnant alternativement au moyen de supercarburant et de GPL.

Enfin, l'article 29 (art. 39-AC, 39-AD, 39-AE et 39-AF du CGI) prévoit un amortissement exceptionnel sur 12 mois sur les véhicules, y compris les cyclomoteurs, fonctionnant, exclusivement ou non, au moyen de l'énergie électrique, du GNV ou du GPL. Cet amortissement exceptionnel s'applique également aux équipements, embarqués ou non, nécessaires au fonctionnement de ces véhicules.

Lois de finances pour 1998, 1999 et 2000

Dispositions	Articles
Les utilisateurs de véhicules exclus du droit à déduction (c'est-à-dire autres que les bus, taxis, utilitaires utilisés par les sociétés) et fonctionnant au GPL ou au GNV peuvent récupérer 100 % de la TVA sur ces carburants gazeux.	15 – I (LFI 1998)
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.	15 – II (LFI 1998)
Baisses successives de la TIPP sur le GPL et de la TICGN sur le GNV et ajustement sur le minimum communautaire réglementaire, soit, après conversions, : GPL : 65,71 F/100 kg GNV : 55,00 F/100 m ³ . Maintien de la fiscalité des carburants gazeux à ce niveau-plancher.	LFI 1998 et LFI 1999 LFI 2000
Le conseil général ainsi que l'Assemblée de Corse peuvent, 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 GPL.	98 (LFI 1998)
Le conseil régional peut, sur délibération, exonérer en totalité ou à concurrence de la moitié de la taxe proportionnelle sur les certificats d'immatriculation, les véhicules qui fonctionnent, exclusivement ou non, au moyen de l'énergie électrique, du GNV ou du GPL.	98 (LFI 1999)

Aides financières à l'acquisition de véhicules

Type de véhicule	Montant par véhicule	Bénéficiaires de l'aide	Imputation budgétaire
Véhicule électrique à quatre roues (voitures particulières ou camionnettes)	15 000 F TTC à partir du 01/09/98 jusqu'au 31/12/99	Etablissements publics, sociétés et particuliers à l'exception des collectivités territoriales et de leurs groupements	Crédits S. d'E. à l'Industrie Aide plafonnée à 3000 véhicules
Véhicules électriques à deux roues	2 000 F HT ou 3 000 F HT si acquisition d'au moins 3	Collectivités territoriales et leurs groupements	Crédits d'intervention ADEME

Véhicule électrique à quatre roues (voitures particulières ou camionnettes)	10 000 F HT ou 15 000 F HT si acquisition d'au moins 3	Collectivités territoriales et leurs groupements	Crédits d'intervention ADEME
Véhicules électriques spécifiques à quatre roues et de charge utile inférieure à 3,5 tonnes (ex. : véhicules de voirie)	5 000 F HT ou 7 500 F HT si acquisition d'au moins 3	Collectivités territoriales et leurs groupements	Crédits d'intervention ADEME
Bus GNV	50 000 F HT	Exploitants ou collectivités	Crédits d'intervention ADEME (aide soumise à conditions)
Bennes à ordures ménagères électriques ou GNV	50 000 F HT	Exploitants ou collectivités	Crédits d'intervention ADEME (aide soumise à conditions)

A ces aides, peuvent s'ajouter des subventions de collectivités territoriales ou d'organismes semi-publics à l'acquisition de certains types de véhicules telles que, par exemple, celles attribuées pour l'achat de véhicules électriques par le syndicat intercommunal de la périphérie de Paris pour l'électricité et les réseaux de communication (SIPPEREC).

Evaluation des dépenses budgétaires occasionnées par les subventions à l'achat

- Primes à l'acquisition versées par l'Etat

Le surcoût d'un véhicule électrique léger, du fait de la production en petite série du moteur, des batteries et de l'électronique de commande, a été évalué à 40 000 F en 1995. Il a été convenu que les constructeurs prendraient 25 000 F à leur charge et les 15 000 F restant seraient couverts par une prime de 5 000 F de l'État et une prime de 10 000 F (quel que soit l'acquéreur) d'Électricité de France.

La prime de l'État de 5 000 F, instituée en 1995, a été portée à 15 000 F le 1^{er} septembre 1998 suite à la décision d'Électricité de France de ne plus attribuer une prime de 10 000 F directement au constructeur.

Le montant total des primes versées par l'État (Ministère de l'Industrie - DiGITIP) a été en :

- 1997 : 4 580 000 F pour 916 véhicules à 5 000 F
- 1998 : 2 895 000 F pour 579 véhicules à 5 000 F
- 1999 : 9 195 000 F pour 156 véhicules à 5 000 F
pour 561 véhicules à 15 000 F

- Primes à l'acquisition versées par l'ADEME :
 - véhicules électriques : en 1998, 2 123 kF de primes ont été versés au total par l'ADEME pour l'acquisition de véhicules 2 et 4 roues. Pour l'année 1999, le montant de ces primes sera de l'ordre de 4 500 kF.
 - autobus GNV : les primes versées pour l'acquisition d'autobus roulant au GNV représentent un total de 450 kF (9 autobus) pour 1996, de 300 kF (6 autobus) pour 1997, de 550 kF (11 autobus) pour 1998 et les dépenses en cours d'engagement ou prévues en 1999 et début 2000 sont de 8 350 kF (167 autobus).
 - autres véhicules : les dépenses en cours d'engagement ou prévues en 1999 et début 2000 sont de 650 kF pour 13 autobus roulant au GPL (subventions versées dans le cadre de programmes de démonstration) et de 2 050 kF pour 41 bennes à ordures ménagères roulant au GNV.

Evaluation des dépenses fiscales

- Au niveau de l'Etat : il n'est pas possible d'évaluer, à ce stade, les dépenses que représente pour l'Etat l'exonération de la taxe sur les véhicules des sociétés pour les véhicules alternatifs, d'une part, et l'amortissement exceptionnel dont ils bénéficient, d'autre part. Par contre, il est possible d'évaluer la dépense que représente la baisse de la TIPP sur le GPL. Pour l'année 1999, au cours de laquelle 200 000 tonnes de GPL devraient être consommées avec une baisse de TIPP de 1 800 F/tonne par rapport à 1995, la dépense fiscale s'élève à 360 MF. Pour l'année 1998, 150 000 tonnes de GPL ont été consommées avec une baisse de TIPP de 1756,70 F/tonne par rapport à 1995, ce qui conduit à une dépense fiscale de 263,5 MF. Pour 1997, cette dépense s'élevait à 152,8 MF. Concernant la baisse de la TICGN sur le gaz naturel, la dépense fiscale reste encore marginale compte tenu du très faible parc de véhicules GNV par rapport à celui des véhicules fonctionnant au GPL.
- Au niveau des collectivités : pour la vignette millésime "2000", 24 départements font bénéficier les véhicules alternatifs d'une exonération totale et 35 d'une exonération partielle. Il n'est pas possible d'évaluer à ce stade la dépense fiscale que représentent ces exonérations, ce qui nécessiterait de connaître le nombre exact de véhicules alternatifs immatriculés par département. Pour la carte grise, cinq régions ont votés l'exonération totale et cinq autres l'exonération de moitié, pour des périodes plus ou moins longues.

Dispositions techniques réglementaires

Prévues par la loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie, deux dispositions introduisent une discrimination en faveur des véhicules propres :

- l'article 22-II introduit un article de loi dans le code de la route qui instaure une identification (pastille verte) fondée sur leur contribution à la limitation de la pollution atmosphérique. Les véhicules identifiés peuvent notamment bénéficier de conditions de circulation et de stationnement privilégiées. Le décret d'application de cette disposition a été signé le 17 août 1998 (et publié au JO du 18 août 1998). Cette disposition s'applique, en outre, aux voitures particulières et camionnettes à propulsion électrique ou hybride ainsi qu'aux voitures particulières et camionnettes fonctionnant au GPL et au GNV.

- l'article 24-III introduit un article de loi dans le code de la route qui fait obligation à l'État et à certaines personnes publiques, lorsqu'ils gèrent une flotte de plus de 20 véhicules, d'acquiescer, lors du renouvellement de leur flotte et dans une proportion de 20 %, des véhicules fonctionnant à l'électricité, au GNV ou au GPL. Le décret d'application de cette disposition a été signé le 17 août 1998 (JO du 18 août 1998). Elle est entrée en vigueur au début de l'année 1999.

I-2-3. Actions en matière de R&D : le PREDIT et les véhicules propres

Le PREDIT a permis depuis 10 ans le maintien d'un effort significatif de R&D concernant les véhicules propres. Le montant des programmes de recherche ainsi engagés s'élève à plus de 900 MF, pour un soutien public de l'ordre de 300 MF.

Période 1990-1994

Au cours de cette période, l'effort s'est inscrit dans le cadre du grand programme "véhicule propre" et a concerné le véhicule électrique ainsi que les carburants de substitution.

Les travaux pour le véhicule électrique ont porté sur :

- la mise au point d'une chaîne cinématique complète (groupe moto propulseur - contrôle électronique) et de batteries Nickel-Cadmium, qui ont permis la réalisation industrielle et la commercialisation depuis 1996 de véhicules électriques de première génération (véhicules thermiques "électrifiés" qui sont les véhicules actuellement sur le marché),
- l'étude de véhicules -hors chaîne cinématique- spécifiquement électriques : véhicules urbains à structure allégée,
- l'engagement des recherches sur de nouvelles chaînes cinématiques, moteurs synchrones à aimants, moteurs à réluctance variable et sur de nouveaux générateurs électrochimiques (accumulateurs Nickel-Métal Hydrures et surtout accumulateurs Lithium-Carbone),
- l'engagement de R&D sur des véhicules hybrides : programme du véhicule électrique routier à turbine lancé par le GIE PSA-Renault.

Des premiers travaux sur l'emploi de piles à combustibles dans les véhicules automobiles ont également été menés.

S'agissant des carburants de substitution, deux projets concernant, l'un, l'étude d'un véhicule optimisé pour le fonctionnement au GPL et, l'autre, l'utilisation du gaz naturel comprimé comme carburant ont notamment été engagés par le GIE PSA Renault.

Ces différents travaux de R&D ont fait apparaître que :

- le véhicule électrique est réalisable de façon industrielle et qu'il offre des performances (dont une autonomie de 80 km) permettant un usage urbain,

- les caractéristiques et le coût du VE limitent son marché et qu'il est nécessaire de poursuivre les travaux, tant sur des composants (moteurs, batteries) offrant de meilleures performances et un meilleur coût que sur les modes d'utilisations spécifiques,
- les constructeurs automobiles possèdent les composants et le savoir-faire pour réaliser des véhicules hybrides, mais que ceux-ci doivent être améliorés,
- le gaz naturel est un carburant dont l'usage par les autobus nécessite des adaptations, notamment au niveau de la motorisation.

Période 1996-2000

Sur la base des considérations précédentes, le PREDIT a reconduit le thème "véhicule propre" pour la période 1996-2000. Les travaux de R&D sur les véhicules propres soutenus par les pouvoirs publics sont désormais centrés sur :

- l'amélioration des composants pour des véhicules électriques et hybrides ; le saut technologique que représentent les batteries Lithium-Ion permet de mieux positionner le véhicule électrique par rapport au véhicule thermique. La batterie Lithium-Ion pourrait être 2 fois plus légère à capacité équivalente que la batterie Nickel-Cadmium. Elle permet d'atteindre à poids égal une autonomie de 200 km ou d'être trois fois moins coûteuse à autonomie identique (80 km). Elle peut être intégrée dans les architectures hybrides. La recherche est également engagée sur la technologie Lithium-Polymères ;
- la possibilité de réalisation sur des mêmes chaînes de fabrication de composants utilisables sur des véhicules électriques et des véhicules hybrides, donnant ainsi tout son sens à la notion de véhicule "électrifié" et permettant des effets de gamme ;
- l'étude de chaînes de traction hybrides (électrique-thermique) pour les transports en commun dits "intermédiaires" dans les milieux urbains denses ;
- l'étude des carburants gazeux dans les moteurs à allumage commandé pour améliorer la consommation et la fiabilité des véhicules légers GNV ;
- l'évaluation de l'emploi des véhicules propres de transports en commun (autobus au GPL et au GNV) : les résultats de cette évaluation menée de façon systématique seront disponibles au cours du 1^{er} semestre 2000.

Parallèlement aux travaux soutenus dans le PREDIT, la R&D sur les piles à combustibles et leur emploi dans le secteur automobile est lancée à partir du réseau de recherche et d'innovation technologique sur les piles à combustibles. Les constructeurs français se sont associés sur un projet qui doit permettre d'ici à 2004 de faire rouler deux flottes de véhicules avec des piles à combustibles.

Des efforts sont également en cours pour mobiliser l'ensemble des industriels participant à la filière afin de disposer à cette date de composants à des prix convenables.

I-2-4. Actions au niveau de programmes pilotes et de démonstration

Afin de démontrer la faisabilité et de renseigner les décideurs sur les technologies alternatives, plusieurs programmes pilotes, portant sur des véhicules en exploitation réelle, ont été lancés. Ces programmes sont en cours d'évaluation. Ils comprennent un volet de suivi technique et environnemental des véhicules durant une période significative (au moins un an). Ces programmes ont mis en œuvre des dispositifs d'aide à la mise en place de la technologie (aide à l'acquisition des véhicules, prise en charge partielle des surcoûts) ainsi qu'une participation aux frais liés au suivi. En 1999, ces programmes ont concerné :

- les autobus GNV : pour cette expérimentation, un appel à proposition a été lancé conjointement par l'ADEME, le GART, l'UTP avec la participation de GDF. Six réseaux pilotes ont été retenus. Le programme d'évaluation comporte un protocole d'évaluation des performances techniques des différentes solutions mises en œuvre ainsi qu'une campagne de mesure des émissions des différentes technologies proposées. Une enquête de perception de la filière auprès de différentes catégories de populations (y compris les personnels des réseaux) a également été menée ;
- les véhicules légers GPL : un programme d'évaluation des performances de dix véhicules GPL de première monte a été mené dans le cadre d'une utilisation intensive (taxi). Ce programme a été élaboré conjointement par l'ADEME, la Compagnie des Taxis G7, l'IFP et TOTALGAZ. Les résultats principaux portent sur les émissions polluantes, la consommation de carburant et le fonctionnement de ces véhicules ;
- les véhicules légers électriques : expérimentations d'utilisations spécifiques (véhicules en libre-service : Praxitèle à Saint-Quentin en Yvelines et Liselec à la Rochelle où ces services ont été conçus en articulation avec l'offre habituelle de transports en commun) ;
- les autobus électriques : également initié par un appel à proposition, ce programme pilote a conduit à la mise en place d'une expérimentation d'autobus sur quatre sites. Ces véhicules sont affectés à des lignes de desserte locale et/ou desservant des sites touristiques.

La mise en place de ces programmes partenariaux permettant d'accroître les connaissances sur ces filières émergentes, cette procédure sera étendue durant l'année 2000 aux technologies suivantes : autobus GPL, véhicules légers GNV, autobus hybrides et flottes de véhicules électriques équipées de batteries Lithium-Ion.

I-2-5. Bilan et conséquences de la politique actuelle de soutien

Même si un certain nombre de dispositions sont communes aux trois filières évoquées précédemment, la politique de soutien de l'Etat s'efforce d'être adaptée à chaque filière.

Le développement des véhicules propres est essentiellement dû aujourd'hui aux mesures incitatives fiscales et/ou budgétaires selon les filières, notamment subventions aux véhicules électriques, remboursement de la TICGN sur les bus au gaz naturel ou baisse de la TIPP sur le GPL.

Les dispositions plus techniques telles que les réductions du prix ou la gratuité des parkings de surface en ville⁵ ne sont pas des facteurs de déclenchement pour l'acquisition des véhicules alternatifs : elles soulignent toutefois une certaine cohérence dans la politique en faveur de ces véhicules. De même, l'article 24-III de la loi sur l'air, d'application très récente, n'a encore que peu d'incidence sur le développement des filières. Néanmoins, il est à mentionner que certains établissements publics (EDF, GDF, La Poste, ...) prennent appui sur cette disposition pour mener une véritable stratégie d'acquisition de véhicules propres.

Au-delà de ces observations générales, on peut faire, par filière, les constats suivants sur la politique actuelle de soutien :

Filière électrique

Le développement des véhicules électriques, essentiellement véhicules légers, apparaît limité du fait de ses spécificités. En l'état actuel de la technologie, il convient essentiellement aux flottes utilisant des véhicules pour des trajets quotidiens inférieurs à 80 km (véhicules urbains de distribution par exemple). L'exonération de la taxe sur les véhicules de société de 6800 F pour un véhicule de moins de 8cv⁶, la prime à l'acquisition et les dispositions de la loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie représentent une incitation tangible pour les entreprises gestionnaires de ce type de flotte.

Filière GNV

Les dispositions de la loi sur l'air ont peu d'influence sur l'évolution du parc des véhicules légers fonctionnant au GNV, qui est de l'ordre de 3000 véhicules et dont plus de la moitié appartiennent à la flotte de GDF. En effet, cette filière souffre surtout du manque d'un réseau de distribution pour ce carburant, du prix très élevé des stations nécessaires au remplissage rapide et d'une offre des constructeurs automobiles encore peu étoffée sur ce marché.

Pour les autobus de transport public urbain, les dispositions des articles 26, 27 et 29 de la loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie ont un effet globalement incitatif.

A la fin de l'année, environ 300 autobus fonctionnant au GNV étaient en exploitation dans une trentaine de villes et ce nombre devrait passer à 600 à la fin de l'année 2000. Toutefois, il est trop tôt pour évaluer l'impact de ces dispositions notamment dans les prix de revient de telles flottes puisque celles-ci sont encore très récentes et que trop peu de données économiques sont encore disponibles à ce niveau.

Cependant, il semble que, dans bien des cas, ces dispositions ne tiennent que la deuxième place dans les critères qui guident le choix d'acquisition de tels véhicules. Les conditions contractuelles proposées par le distributeur de gaz (GDF dans la plupart des cas) représentent très souvent le facteur déclenchant la décision.

⁵ L'économie réalisée peut néanmoins représenter l'équivalent du coût annuel de location des batteries, lequel constitue un poste important dans le calcul du prix de revient d'un véhicule électrique

⁶ L'exonération de la taxe sur les véhicules de société (6800 F) pour un VE n'excédant pas 7 cv le rend financièrement compétitif pour les entreprises par rapport au véhicule thermique

Filière GPL

Cette filière, constituée essentiellement de véhicules légers, est en plein développement, bien que l'accident de Vénissieux ait entraîné un effondrement temporaire des ventes.

Le moteur principal de cette évolution est le prix particulièrement attractif de ce carburant (de l'ordre de 3,20 F TTC le litre grâce à une très faible TIPP) ainsi que l'exonération de la vignette dans certains départements qui peut représenter un avantage non négligeable pour des véhicules à puissance fiscale élevée. Viennent ensuite, comme facteurs de développement, le réseau de points de distribution de plus en plus dense (près de 1600 actuellement) et une gamme de véhicules GPL proposée par les constructeurs automobiles (notamment Renault) de plus en plus étoffée.

Enfin, les dispositions de l'article 24-III de la loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie (renouvellement des flottes publiques) ont essentiellement bénéficié à la filière GPL.

I-3 Conclusions sur la situation actuelle des filières

Si l'aide de l'Etat a permis de faire passer les filières de véhicules propres (véhicules électriques, GNV et GPL) du stade expérimental à un véritable stade industriel, en particulier pour les voitures électriques ou les bus GNV, il reste néanmoins que l'avenir de ces filières, pour lesquelles beaucoup d'interrogations subsistent, doit être consolidé.

Les constructeurs automobiles, partenaires essentiels dans le développement des filières, ont montré parfois un manque de volonté réelle dans le temps, répondant rapidement à des demandes ponctuelles sans véritable plan d'actions à moyen et long terme. Peut-être faut-il y voir une certaine prudence vis-à-vis d'erreurs d'appréciation qui ont pu être commises, notamment au niveau des pouvoirs publics :

- le développement des véhicules électriques a été très largement surestimé avec un objectif de 100 000 unités à l'horizon 1999/2000, ce qui s'est avéré un échec,
- les contraintes logistiques et réglementaires liées aux stations de remplissage ont été sous-estimées pour la filière GNV,
- l'évolution de la filière GPL en dents de scie depuis près de 20 ans, due essentiellement à la variation de la TIPP en mouvement de "yo-yo", a été fortement préjudiciable à son développement avec pour conséquence le manque actuel de maturité ou d'optimisation des moteurs.

Au vu des considérations précédentes, force est de constater que le développement d'une filière qui s'inscrit dans la durée (au moins 10 ans) doit s'appuyer sur une stratégie à long terme de tous les partenaires et notamment des pouvoirs publics.

Au-delà des ces observations générales, on peut dresser le bilan pour chacune des filières.

Filière électrique

Pour 10 000 km/an et sur 8 ans, le coût d'utilisation d'un véhicule électrique léger est similaire à celui de son équivalent thermique. En référence au véhicule thermique, les deux freins de son développement vers ses marchés-cibles sont son coût élevé d'achat (véhicule et service batteries) dû à sa production en petite série et son rayon d'action de l'ordre de 80 kms par charge.

Ce dernier facteur est sans doute le plus sensible. En engendrant la crainte de la panne, il ne permet pas à l'utilisateur d'atteindre l'optimum des performances du véhicule et obère la banalisation de la voiture électrique. L'effacement du surcoût de l'ordre de 40 000 F⁷ pour les véhicules légers disponibles depuis 1996 (par la prise en charge assurée par les constructeurs et par la prime à l'acquisition de 15 000 F) permet d'atteindre un niveau de commercialisation de 1 300 à 1 500 véhicules par an, essentiellement vers des collectivités locales et des entreprises publiques et privées.

Les marchés-cibles des voitures électriques ne se situent pas à des fins de substitution aux voitures thermiques "long courrier" mais vers des flottes urbaines et dans des services innovants en matière d'offre de déplacement, là où l'usage prime la propriété. Les quatre années de mise sur le marché en ont apporté les enseignements. Les programmes de démonstrations de voiture en libre-service, PRAXITELE à St Quentin en Yvelines puis LISELEC à la Rochelle, permettent notamment aux transporteurs publics d'acquérir une bonne connaissance des conditions de mise en place de ces systèmes de déplacement en complémentarité des transports en commun conventionnels. Pour les véhicules utilitaires légers, qui représentent les deux tiers des immatriculations, l'usage pertinent va vers des flottes de collecte et de distribution à parcours rationalisé. C'est le cas notamment de La Poste qui développe un plan de 1 000 véhicules électriques en 2 000.

Si le marché du "quatre roues" est ciblé, le marché du "deux roues", lancé courant 1997, devrait prendre un essor significatif. Le périmètre d'utilisation d'un scooter étant la ville, il convient à un public plus large. Le scooter, par l'absence de ses émissions, en particulier sonores, peut constituer une alternative intéressante à la motorisation thermique. L'aide à l'acquisition de scooter, réservée pour l'instant aux collectivités territoriales, n'est donc aujourd'hui pas adaptée à la diversité du marché.

L'introduction du midibus électrique ne retient pas encore l'attention des constructeurs classiques qui préfèrent porter leur intérêt sur le bus hybride aux débouchés plus prometteurs. Cependant, après la RATP à Paris (mise en service de deux exemplaires sur le Montmartrobus), des villes s'intéressent, à l'instar des villes italiennes, à ce type de véhicules bien adapté à la desserte en site historique.

Filière GNV

Cette filière a réussi à se développer au niveau des bus grâce à la politique de niche développée par l'Etat. Avec un parc actuel d'environ 300 bus qui devrait atteindre entre 600 et 800 bus à l'horizon de l'année 2001, le secteur des bus GNV est arrivé à un stade véritablement industriel. Le programme-pilote lancé par l'ADEME, le GART, l'UTP et GDF, soutenu par un système d'aides de l'État, a permis de faire décoller cette filière en moins de deux ans.

⁷ essentiellement dus au coût de production en petite série des batteries, de l'électronique et du moteur et à leur intégration au véhicule.

Reste que les moteurs rapidement mis au point par les constructeurs pour répondre en temps réel à une demande émergente nécessitent encore des améliorations de performances, tant au niveau des émissions que de la consommation. Toutefois, la dimension du marché sur ce secteur permet difficilement aux constructeurs de supporter seuls les investissements nécessaires au développement technologique.

Le secteur des véhicules légers reste encore aujourd'hui embryonnaire (3000 véhicules dont près de trois-quarts appartenant à GDF). Si les constructeurs automobiles s'accordent à dire que le GNV est un véritable carburant écologique d'avenir, en rupture avec les produits pétroliers, ils restent prudents, compte tenu du fait que tout le réseau de distribution reste à construire. En effet, il apparaît qu'un développement réel de la filière, au-delà de quelques flottes captives, passerait dans la mise à disposition de ce carburant auprès d'un large public.

À cet égard, un protocole d'accord signé entre les constructeurs automobiles, l'industrie pétrolière, GDF et le secrétariat d'Etat à l'Industrie devrait permettre de développer la réflexion et de rassembler les synergies nécessaires.

Filière GPL

Depuis 1997, les constructeurs s'efforcent de répondre à une demande qui s'est très rapidement et très fortement accrue avec la baisse de la TIPP sur ce carburant, laquelle, combinée avec d'autres dispositions, constitue un système cohérent et assez bien incitatif. À ce dispositif, s'ajoutent une facilité d'usage du carburant comparable à celle des carburants conventionnels et un réseau de distribution d'environ 1600 points de vente.

La filière, composée presque exclusivement de véhicules légers possédés par un large public, s'est particulièrement bien développée jusqu'à l'accident de Vénissieux qui a entraîné un effondrement de ventes. Toutefois, il semble que le marché soit reparti au cours du dernier trimestre 1999. Certaines faiblesses conditionnant le développement de cette filière doivent être réduites. Les moteurs actuels bicarburant de première monte restent à optimiser pour obtenir les pleines performances écologiques de ce carburant. De plus, la deuxième monte pose un réel problème de qualité (consommation et émissions) des véhicules transformés. Les problèmes de sécurité non répertoriés correctement depuis l'origine de cette filière n'ont pas permis une évolution saine et régulière, la réglementation devant s'adapter au fur et à mesure voire changer complètement d'orientation. Ceci sera résolu avec le rappel des véhicules transformés qui devront être équipés, avant le 31/12/2001, de soupapes conformes à la nouvelle réglementation internationale.

Les problèmes de disponibilité du carburant aux pompes existantes, liés aux pannes dûes à une mauvaise utilisation des « pistolets », devront également trouver une solution.

Enfin, le marché des bus GPL semble trop restreint (50 à 100 par an pour un marché de renouvellement en France de l'ordre de 1500 à 2000) pour inciter les constructeurs à une véritable stratégie d'investissement sur ce créneau.

II. Evolution des filières

II-1. Évolutions technologiques en France et à l'étranger

II-1-1. Évolutions technologiques en France

Rappel sur l'évolution du moteur à combustion interne

La marge de progrès de ces moteurs est importante d'un point de vue énergétique. Par ailleurs, ils font l'objet d'une réglementation européenne de plus en plus stricte. Les améliorations viendront de la généralisation des systèmes d'injection directe haute pression et mélange pauvre pour le moteur à essence, des filtres à particules pour le moteur diesel et des systèmes OBD (dispositifs de diagnostic embarqué). Ces évolutions sont rendues possibles par une gestion électronique allant de l'injection jusqu'au post-traitement. Cette électronique est associée à des calculateurs de bord de plus en plus puissants et nombreux traitant des opérations complexes et un volume de données important. Cela nécessitera, dans un proche avenir, un multiplexage des câbles ainsi qu'un apport d'énergie électrique plus important (passage au 42V et batteries spécialisées).

Les constructeurs européens ont pris, vis-à-vis de la commission européenne, des engagements de réduction importante de la consommation (140g de CO₂ par km en 2007 en moyenne sur l'ensemble du parc). Ces innovations devraient donc être sur le marché avant 2005 et équiper progressivement le parc.

Véhicules GPL et GNV

Contexte général

Ces deux filières sont caractérisées par une offre technologique existante depuis plusieurs années et constituée de véhicules équipés d'usine ou de véhicules ayant subi une transformation après leur mise en service (véhicules dits de seconde monte).

Pour les véhicules légers, les moteurs au gaz naturel ou au GPL sont dérivés des moteurs classiques à essence, avec des adaptations spécifiques. Ces véhicules ont des systèmes à bicarburation, un seul moteur, mais deux réservoirs.

Leurs moteurs ne sont pas, en l'état, optimisés et n'ont donc pas de très bons rendements. Des recherches sont en cours pour fournir industriellement des véhicules optimisés autour de 2002. Par ailleurs, les véhicules au gaz naturel ne peuvent pas trouver une large diffusion du fait de l'absence de réseau de distribution et des problèmes de réglementation (circulation et station d'avitaillement). Ils restent donc des véhicules de flotte.

Pour les véhicules lourds, bus ou benne à ordures ménagères (BOM), il s'agit également de véhicules transformés directement par les constructeurs.

Technologies existantes

Pour les deux filières, l'offre existante peut être schématisée par le tableau ci-dessous :

	VP - VUL	PL
GNV	<p>L'offre est rare et principalement limitée aux VP de seconde monte. La technologie ancienne utilisant un carburateur fait place à une technologie dérivée des motorisations essence (les premières injections font leur apparition). Le catalyseur n'est pas dédié au traitement des émissions de méthane. Les véhicules de première monte (VUL et VP de flotte) commencent à voir le jour. Tous les véhicules sont bicarburant et conservent les réglages de base prévus pour l'essence.</p>	<p>L'offre est constituée de motorisations conçues sur base de bloc diesel. Actuellement, trois technologies s'affrontent sur le marché principal de ce carburant pour les PL (autobus) :</p> <ul style="list-style-type: none"> - une technologie traditionnelle utilisant un carburateur et préparant un mélange pauvre avec catalyseur d'oxydation ; - une technologie concurrente basée sur la combustion d'un mélange stœchiométrique et utilisant un catalyseur à trois voies ; - enfin, une technologie plus élaborée basée sur l'injection multipoint phasée accouplée à un catalyseur d'oxydation (mélange pauvre). <p>Les résultats de la campagne d'évaluation des émissions d'autobus semblent montrer que cette dernière technologie offrent des résultats de dépollution très supérieurs aux deux autres.</p>
GPL	<p>Deux offres bien distinctes se partagent le marché :</p> <ul style="list-style-type: none"> - la seconde monte mettant en œuvre des technologies très disparates (on constate un abandon progressif des systèmes rustiques –carburateurs- au profit des injections électroniques). L'offre est très diversifiée : il en est de même pour les performances environnementales ; - la première monte utilisant les technologies directement dérivées des moteurs essence (injection multipoint). Les solutions basées sur l'injection liquide et gazeuse coexistent. <p>En général, les véhicules sont bicarburant et conservent les réglages de base prévus pour l'essence ; on commence à voir émerger des véhicules monocarburant pour les voitures de sociétés (mesures de défiscalisation).</p>	<p>L'offre est très rare actuellement car seule une motorisation est proposée : elle utilise le principe de la combustion stœchiométrique en se basant sur une technologie d'injection électronique multipoint.</p>

Développements technologiques prévisibles

Comme le montre le tableau ci-dessus, l'état d'avancement technologique des véhicules GPL et GNV est différent selon qu'il s'agit de véhicules légers ou lourds. Bien qu'ayant dépassé le stade du prototype, les véhicules proposés ont un degré de maturité technique qui est loin d'atteindre le niveau d'avancement des filières classiques (essence et diesel).

Les potentialités de ces deux carburants doivent se concrétiser par la mise en place de technologies pour véhicules qui soient performantes et robustes, afin de montrer de réelles réductions d'émissions polluantes. La principale frontière de développement de ces filières provient du déséquilibre existant entre les investissements très importants à fournir pour produire des technologies avancées et le faible nombre de ventes envisageables à court terme.

Deux scénarii sont donc proposés :

- hypothèse haute : motorisation dédiée ; cela consiste à la mise au point de moteurs spécifiques en appliquant les concepts probables de dépollution et de limitation des consommations dédiés aux carburants alternatifs. Cette hypothèse requiert la mise en place de programmes de R&D coûteux visant à produire ces motorisations : sa rentabilité est évidemment liée au volume de vente. Elle est indispensable pour atteindre les normes EURO IV et permettre la généralisation des OBD.
- hypothèse basse : laisser-aller ; il s'agit ici de maintenir la présence d'une offre alternative en minimisant les coûts. La satisfaction des règlements futurs se fait alors en limitant le recours à des composants spécifiques.

Les développements technologiques prévisibles, selon ces hypothèses et à l'échéance prévue pour EURO IV (soit 2005-2006), sont indiqués dans les tableaux ci-dessous.

Pour les VP/VUL

	GPL	GNV
Hypothèse haute	Les technologies se développent parallèlement aux technologies essence : - mise en place de l'injection directe en phase liquide (en mélange pauvre dans le cas ou la catalyse DeNOx deviendrait un produit industriel) ; - mise en place de catalyseur de light off pour les démarrages à froid. Les réglages de l'unique calculateur d'injection seront prévus pour le mode GPL avec un fonctionnement dégradé en mode essence. Réservoir limité d'essence (15 l).	Les technologies se développent parallèlement aux technologies essence : - mise en place de l'injection en charge stratifiée en mélange ultra-pauvre (gazeux) ; - mise en place de catalyseur de light off pour les démarrages à froid, catalyse méthane dédiée ; - pour les véhicules bicarburant, les réglages de l'unique calculateur d'injection seront prévus pour le mode GNV avec un fonctionnement dégradé en mode essence. Apparition de véhicules utilitaires légers monocarburant avec moteur spécifique (voir poids lourds).
Hypothèse basse	Quelques modifications pour la mise en conformité EURO III (injection multipoint gazeux et liquide). Disparition de l'offre pour EURO IV.	Apparition de l'offre constructeur. Maintien d'une seconde monte pour les véhicules captifs en proximité des stations de compression. Technologies adaptées des motorisations essence (stœchiométrique + catalyseur à 3 voies).

Pour les PL

	GPL	GNV
--	------------	------------

Hypothèse haute	Le développement de la motorisation dédiée conduit à la mise en place de l'injection directe en phase liquide et au développement du mélange pauvre, éventuellement couplés à une catalyse DeNOx.	Omniprésence de l'injection électronique multipoint phasée en mélange pauvre avec mise en place de combustion stratifiée permettant une réduction de la consommation. Auto-adaptation du contrôle moteur à la composition du gaz naturel (variable). Couplage éventuelle avec une catalyse DeNOx (si disponibilité).
Hypothèse basse	Maintien de la technologie actuelle pour EURO III puis disparition progressive de l'offre pour les étapes réglementaires suivantes.	Pour EURO III : maintien de la technologie actuelle la plus avancée (modifications mineures éventuelles). Absence d'une nouvelle offre pour les étapes réglementaires suivantes : maintien d'un marché de niche pour la durée de vie des installations fixes déjà installées (dans les réseaux de bus).

Véhicules électriques

La chaîne de traction des véhicules tout électrique est aujourd'hui bien maîtrisée. Motorisation et électronique atteignent des niveaux de performance et de fiabilité très élevés. Après un démarrage avec les composants immédiatement disponibles, les études d'optimisation de la chaîne de traction ont démontré la supériorité des chaînes synchrones pour le créneau visé (usage urbain). Les technologies disponibles offrent un rendement global (électronique + moteur) de l'ordre de 80 % et des puissances massiques compatibles avec une utilisation automobile (> 1kW/kg).

Le coût d'un véhicule électrique reste élevé du fait de sa production en petite série industrielle et des nouveaux composants nécessaires (batteries, moteur, électronique de commande, ...). Des expérimentations en vraie grandeur de flottes en libre service (Praxitèle et Liselec) permettent aux constructeurs de maîtriser le fonctionnement et l'usage des véhicules, en tirant de plus les enseignements nécessaires à la définition de nouvelles offres.

La batterie reste l'élément perfectible du système. Performances énergétiques et coût sont les points à améliorer. C'est pourquoi de gros efforts de R&D ont été entrepris, dans le cadre du PREDIT, pour le développement de nouvelles filières de stockage d'énergie. Les batteries au lithium constituent un enjeu mondial. Deux filières sont développées en France : Lithium-Ion (SAFT) et Lithium-Polymère (Bolloré et SAFT). Prévues à l'origine pour l'équipement des véhicules électriques, ces batteries sont également étudiées pour une utilisation sur des véhicules hybrides :

- soit principalement électrique : batteries dites d'énergie ou de "middle range" pour les véhicules dotés d'un générateur d'électricité (prolongateur d'autonomie),
- soit principalement thermique : batteries de puissance pour les véhicules thermiques équipés d'alternateur-démarrateur, avec donc un compromis puissance/énergie différent.

L'unité-pilote de SAFT est opérationnelle depuis mi-1999 avec une capacité de 100 batteries Lithium-Ion par an. La mise sur le marché de ces accumulateurs devrait intervenir d'ici à 2003, si les expérimentations programmées pour mi-2000 sur des flottes de VE sont concluantes.

Il n'en est pas de même pour le Lithium-Polymère ; cette technologie n'est guère envisagée par les constructeurs automobiles pour les véhicules électriques ou hybrides, mais seulement pour

des applications liées à l'augmentation de la tension à bord des véhicules (passage au 42 volts) qui ne devraient voir le jour qu'à l'horizon 2004-2006.

Les batteries au Lithium-Ion représentent une avancée importante. Les véhicules électriques équipés de tels accumulateurs verraient leur autonomie passer de 100 à 250 km. Selon les industriels, le coût de ces batteries produites en série pourrait être ramené à 1000 F/kWh contre 3000 F/kWh pour le Nickel-Cadmium actuel.

Deux véhicules prototypes d'essai roulent aujourd'hui en France afin de valider la technologie.

La maîtrise de la production industrielle des composants et des véhicules électriques donne une compétence technologique forte aux constructeurs nationaux, qu'ils devraient valoriser également dans la conception de véhicules hybrides. Cet avantage concurrentiel mérite d'être consolidé par la mise en œuvre de flottes expérimentales avec les nouvelles filières de batteries au lithium, lesquelles autorisent donc une plus grande autonomie.

Afin de contourner la contrainte d'autonomie et avant la disponibilité des batteries au lithium, les constructeurs français indiquent pouvoir proposer, à partir de fin 2000, des véhicules électriques avec prolongateur d'autonomie (en particulier des petits véhicules de livraison). Il s'agit de véhicules équipés d'une batterie analogue à celle des véhicules électriques et d'un groupe électrogène d'appoint. L'autonomie comprise entre 60 et 80 km en mode tout électrique pourrait atteindre 250 km grâce à l'alimentation en électricité du générateur embarqué. Renault devrait commercialiser fin 2000 un Kangoo fonctionnant sur ce principe et PSA a en projet le Berlingo Dynavolt. Pour l'usage ciblé (urbain et périurbain) dont 80 % des déplacements peuvent s'effectuer en mode tout électrique, l'intérêt fondamental de ce type de véhicule réside dans l'élimination du verrou psychologique que constitue la panne d'énergie. D'ici là, pour des raisons fonctionnelles et commerciales, le marché de l'automobile électrique restera un marché de niche (entreprises et flottes captives) concentré sur les véhicules utilitaires légers (Berlingo, Partner..).

Nouvelles filières : véhicules hybrides et piles à combustibles

Véhicules hybrides (VH)

Ces nouvelles filières combinent les avantages des motorisations précédentes : thermique (essence, gazole, GNV ou GPL) et électrique, en proposant des chaînes de traction hybride gérées par un système électronique qui leur permet de fonctionner avec un rendement optimum, donc une consommation et une pollution minimum.

Deux grandes familles d'hybridation sont en cours de développement :

- les hybrides principalement électriques où l'électricité est produite à bord ;
- les hybrides principalement thermiques avec une composante électrique écrétant les demandes de puissance lors des « stop and go ». Cette deuxième famille d'hybridation est développée afin de réduire significativement les émissions des véhicules classiques.

On notera que les composants nécessaires, proches dans les deux cas, doivent néanmoins être optimisés en fonction du type d'hybridation.

PSA et RENAULT prévoient de lancer des véhicules "hybridés" à partir de 2000 ou début 2001. Outre le véhicule électrique avec prolongateur d'énergie (vu précédemment), un autre

véhicule sera commercialisé avec un alterno-démarrreur (projet Citroën Dynalto), permettant de faire du "stop and go" et donc de réduire la pollution au démarrage. En effet, le système permet l'arrêt et le redémarrage automatique du moteur thermique lors des phases de ralenti et d'immobilisation momentanée. Un véhicule de ce type devrait être commercialisé rapidement par PSA.

Dans les prochaines années, l'évolution des systèmes devrait se faire vers des taux d'hybridation moyens (40 à 60 %), notamment pour les véhicules "long courrier". Le véhicule proposé combinerait ainsi tous les avantages des motorisations thermique et électrique.

L'électronique de puissance des véhicules hybrides met en jeu des composants et des fonctions identiques à celle des véhicules électriques. On retrouve donc des caractéristiques (rendement, fiabilité, coût) très proches. Il existe de multiples possibilités de transfert de puissance entre les parties thermique et électrique de la chaîne de traction. Les performances globales d'une configuration déterminée (bilan énergétique, impact environnemental, agrément de conduite, performances dynamiques, fiabilité) dépendent fortement de la stratégie appliquée. La mise au point des algorithmes de gestion fait l'objet de nombreuses études. La tendance actuelle consiste à élaborer plusieurs stratégies optimisées en fonction du mode d'utilisation prédominant (urbain, routier, autoroutier), le passage de l'une à l'autre pouvant être automatique ou manuel.

Selon des études commerciales menées chez PSA, l'hybride pourrait représenter 10 % des ventes de voitures particulières en 2010, à condition toutefois que son coût soit comparable à celui d'un véhicule conventionnel. Cette dernière condition n'est pas encore atteinte, notamment de par le surcoût engendré par le moteur électrique et la batterie de traction. La commercialisation en Europe d'un premier exemple de véhicule hybride est annoncée pour cette année : la PRIUS de Toyota.

A l'exception des batteries et de la gestion électronique qui nécessite le passage à une tension de 42 V, le véhicule hybride principalement thermique ne présente pas de rupture technologique très forte. Il associe dans une architecture nouvelle des éléments industriellement maîtrisés. Par sa nature même, cette filière pourra bénéficier des avancées technologiques des motorisations thermique et électrique.

Dans l'attente des véhicules équipés de piles à combustibles, il est possible que l'on assiste à un développement significatif du véhicule hybride car il représente une solution de transition performante. La maîtrise des coûts sera le défi à relever.

Ces premières architectures hybrides sont des précurseurs des systèmes de traction du futur. Néanmoins, la maîtrise de l'électronique de commande constitue une étape indispensable. L'apparition sur le marché de ces véhicules, fonction des possibilités de réduction des coûts des composants et de l'acceptation par le client d'un certain surcoût au départ, pourrait se situer vers 2005.

Les premières architectures hybrides évoluées pourraient voir le jour dans le secteur des transports collectifs soumis à une demande très forte de "système propre" dans les centres-villes et pour lequel l'appréciation du coût n'est pas fondée sur les mêmes critères.

La volonté de limiter les pollutions atmosphérique et sonore émises par les moteurs thermiques ainsi que le souhait de supprimer, en site urbain, l'intrusion visuelle due à la ligne aérienne de

contact conduiront vraisemblablement, dans ce secteur des transports collectifs de surface, à la mise au point d'un ensemble de technologies qui peuvent converger (telles que captage au sol, hybridation, véhicules bi-modes) sur l'ensemble de la gamme, des bus aux tramways en passant par les systèmes intermédiaires.

Piles à combustible (PAC)

Les piles à combustible constituent un système de traction "de rupture". Les véhicules avec des piles à combustibles font l'objet de recherches diversifiées. Vu le coût des programmes et les risques industriels liés au développement de cette technologie, on assiste à des regroupements de moyens. En France, Peugeot et Renault se sont associés ; à l'étranger, ce sont Daimler et Chrysler ou Toyota et G.M..

Un petit nombre de véhicules démonstrateurs roulent déjà dont certains paraissent très avancés (Nécar 4, Ford P2000). Une mise sur le marché aux environs de 2004 est annoncée par la presse. Beaucoup de chemin reste cependant à parcourir pour aboutir à un produit industriel. Outre les problèmes propres à la technologie, il faudra notamment mettre en place un outil de production industriel encore inexistant pour les systèmes de propulsion. Il semble donc plus réaliste d'envisager que les premiers véhicules seront commercialisés vers 2010.

Par ailleurs, les nombreuses annonces actuelles relèvent plus d'une stratégie de communication que d'une réalité commerciale. De gros problèmes restent en effet à résoudre : coût de la pile, intégration dans le véhicule, gestion de la dynamique de traction, fonctionnement sur une plage [-20°C,+80°C], fonctionnement avec de l'hydrogène embarqué ou avec un reformeur (méthanol, gaz naturel, GPL, essence).

Les piles à membranes échangeuses de protons (PEMFC) sont aujourd'hui les seules candidates aux applications automobiles. L'alimentation en hydrogène constitue un des principaux axes de recherche. Le stockage de l'hydrogène pur (gazeux ou liquide) ne présente toujours pas les caractéristiques suffisantes (densité énergétique, rendement, sécurité, coût). De plus, l'approvisionnement d'un parc important de véhicules demanderait une profonde mutation des réseaux de distribution d'énergie.

Le vecteur potentiel pressenti de fabrication de l'hydrogène est le méthanol. Ce carburant liquide riche en hydrogène présente l'avantage d'une production industrielle de masse à partir du gaz naturel. Deux modes d'utilisation sont envisagés, par reformage externe ou par oxydation directe au cœur de pile. Dans les deux cas, l'élimination du monoxyde de carbone résiduel, qui est un poison pour les catalyseurs, constitue le principal objectif. De plus, l'alimentation directe nécessite l'élévation de la température de fonctionnement des membranes.

Cependant, le méthanol est un produit toxique et certains envisagent l'utilisation d'autres alcools ou hydrocarbures. Pour cela, des reformeurs multi-carburants sont à l'étude. Le reformage du gaz naturel présente un bon bilan de CO₂ alors que l'éthanol issu de la biomasse permettrait l'introduction des énergies renouvelables dans le secteur des transports. Dans ce domaine, les recherches concernent les catalyseurs, l'intégration et la gestion dynamique du système.

Du point de vue environnemental, la filière de production d'hydrogène doit être considérée avec attention. Malgré le bon rendement des systèmes PAC pris isolément, certaines filières ne présentent pas un bilan CO₂ très favorable par rapport aux meilleures technologies classiques.

Il est probable que ces technologies s'affirmeront au départ sur des véhicules lourds. Des autobus avec des piles à combustibles à hydrogène liquide sont en expérimentation au Québec et en Allemagne. Il faut constater que la réglementation de ces pays est très différente de la notre. Un réseau de recherche et d'innovation technologique "piles à combustible" a été mis en place par le MENRT et le MEFI pour favoriser les recherches en partenariat avec l'industrie.

Bilan

	ÉLECTRIQUE	HYBRIDE	PAC
État de développement	Mûr	Émergent	Prototypes
Défis technologiques	Batterie Lithium Charge rapide	Maîtrise des coûts et des masses Électronique et gestion système Réseau 42V	Coûts Vecteur d'hydrogène Intégration et gestion système
Freins	Coût des batteries Autonomie pour un usage conventionnel	Système complexe Coûts	Réglementation Pas d'industriel PAC Coûts système Technologie de rupture
Impact environnemental	Très positif	Positif à très positif selon gestion	Modéré à positif selon filière hydrogène
Marché	Limité	Important y compris transports en commun	Important y compris transports en commun
Disponibilité	Immédiate (pour la filière batterie Ni/Cd) 2003 (filiale Lithium-Ion)	2000/2002	2006/2010
Grandes séries	Peu probable en Europe pour la voiture particulière	2003/2004	2010 ?

II-1-2. Évolutions technologiques à l'étranger

Dans le secteur automobile, les innovations sont souvent le fait des pressions réglementaires. Dans un contexte de mondialisation et de concurrence exacerbée entre les constructeurs, chaque protagoniste se doit de prendre en compte les évolutions introduites par les autres acteurs. De ce point de vue, les Etats-Unis et le Japon jouent un rôle de premier plan. Ils reflètent bien les grandes tendances internationales avec une forte implication des pouvoirs publics dans la définition des orientations de la R&D en matière de véhicule propre.

Rappel sur les programmes en cours

Le programme américain

Aux Etats-Unis, a été mis au point (1994) un programme de développement à court terme de véhicules de nouvelle génération -programme PNGV- avec pour priorité la réduction des consommations. Le nouveau type de véhicule (prototype en 2004) devrait diviser par plus de 3 la consommation de carburant et atteindre la performance de 3 litres/100 km pour un véhicule de catégorie moyenne.

L'initiative PNGV permet de fixer un objectif quantifié, mobilisant les trois principaux constructeurs, avec une hausse des budgets (\cong 70 M\$ supplémentaires en 1999) et une sélection sévère des options technologiques.

Les moteurs à combustion interne à injection directe, les batteries et les piles à combustible sont au centre des options retenues par le PNGV depuis 1997. Les technologies connexes sont étudiées pour favoriser la réduction de la consommation (allègement du véhicule, contrôle électronique, récupération d'énergie de freinage). Les options écartées pour le court terme sont : les turbines à gaz, le moteur Stirling et, dans les systèmes de stockage de l'énergie, les supercondensateurs et les volants d'inertie.

Il faut constater, en 1997, le report du "clean air act" californien pour tenir compte des difficultés de mise au point par les industriels des véhicules à très basses émissions.

Le programme japonais

Au Japon, le MITI a engagé un programme pour le développement (1997) à moyen terme d'une nouvelle génération de véhicules à "énergie propre" -le projet ACE- avec une vision plus environnementale insistant sur la réduction des émissions de CO₂. Il s'agit de soutenir directement et exclusivement la réalisation de prototypes d'hybrides spécifiques pour différents types de véhicules (automobile, bus, tracteur de poids lourd). Le programme vise un véhicule consommant deux fois moins d'énergie, émettant deux fois moins de CO₂ et utilisant des énergies plus "propres" (gaz naturels, carburants de synthèse). A ce titre, sont étudiés dans le cadre de l'ACE (et écartées du PNGV) des technologies comme les supercondensateurs, les volants d'inertie ou les moteurs céramiques... On constatera donc que le programme japonais ouvre un spectre de recherche plus large.

Principales orientations de la R&D

Les grandes orientations retenues sont :

- pour les Etats-Unis : véhicule hybride électrique équipé d'un générateur d'électricité avec comme base un moteur à essence ou une pile à combustible et des batteries électrochimiques ;
- pour le Japon : véhicule hybride électrique doté d'un générateur d'électricité à "combustible propre" (gaz naturel notamment) avec différents types de systèmes de batteries (électrochimique, supercondensateur et volant d'inertie).

Le moteur à combustion interne

Les orientations américaines portent à court terme sur le moteur CIDI (Compression Ignition Direct Injection). Des problèmes subsistent en matière de traitement des émissions d'oxyde d'azote et de particules solides. La catalyse assistée par plasmas est à l'étude ; elle implique sans doute des modifications du carburant pour aboutir aux objectifs du PNGV. Les moteurs à essence ne sont pas traités dans le programme ACE.

De façon générale, l'amélioration des performances des moteurs ne peut se faire qu'en adoptant une approche intégrée de l'ensemble moteur, train moteur, carburant, post-traitement et des différents systèmes de senseurs et de contrôle. Ce thème apparaît comme la voie prioritaire dans l'ensemble des pays et n'est rendue possible que par une électronique évoluée. Dans le prolongement de cette option, apparaissent les véhicules hybrides avec un apport d'énergie de type électrique pour pallier aux phases d'émission moteur les plus polluantes.

Les piles à combustibles

Les piles à combustible ont sans aucun doute le plus grand potentiel de remplacement à long terme des moteurs à combustion interne comme générateur primaire de puissance. En pratique, et sur le plan du véhicule, des problèmes importants restent à résoudre comme le stockage de l'hydrogène. Sa faible densité ne permet pas de le stocker dans une structure comparable à celle prévue pour l'essence. Par conséquent, les principales solutions retenues actuellement sont la substitution de l'hydrogène par un combustible hydrocarboné liquide : le méthanol et bien entendu l'essence. La transformation du combustible liquide en gaz riche en hydrogène passe par un reformeur, autre point critique du système.

Aux USA, les piles à combustible constituent une grande orientation du programme. Le choix de l'essence s'impose comme combustible hydrocarboné (du fait de l'existence de l'infrastructure de distribution), avec une légère reformulation. Les efforts de R&D portent sur le développement et la démonstration de systèmes complets mais avec, en parallèle, des recherches sur les éléments de base des piles : cœur de pile, reformeur.

Au Japon, les piles à combustibles sont largement étudiées pour un large éventail d'applications. Toyota, en particulier, travaille sur une PAC à hydrogène direct. A plus court terme, les orientations nipponnes se portent sur les piles à combustible au méthanol avec reformeur (Nissan) ou au méthanol direct (Toyota).

Une nouvelle orientation d'un reformeur multi-combustible acceptant non seulement l'essence et le méthanol, mais aussi le gaz naturel, semble faire son chemin dans les deux programmes.

Les systèmes de stockage d'énergie

Le stockage d'énergie est un élément clé des technologies de véhicules hybrides électriques ou, à terme, tout électrique. Les grandes technologies concurrentes se divisent en deux catégories principales : les systèmes électrochimiques (supercondensateurs et batteries) et les systèmes mécaniques (volant d'inertie) :

- sur les supercondensateurs, les Japonais semblent convaincus de leur potentiel et développent des recherches importantes (en revanche, les américains ont arrêté) ;

- les batteries Lithium/ION restent une orientation majeure aux Etats-Unis avec des difficultés (durée de vie en cycles, longévité, coût). Au Japon, existe un programme spécifiquement dédié aux batteries Lithium/ION (LIBES) qui ne vise pas uniquement les applications transport ; subsistent également des recherches sur le couple Nickel/MH. Mais le programme nippon soutient uniquement la technologie Lithium-ION ;
- sur les volants d'inertie, le principal intérêt dans les véhicules hybridés est de disposer instantanément d'une très grande quantité de puissance (bus hybride fonctionnant au DME, automobile au gaz naturel stocké sous forme "adsorbé"). La mise en œuvre de tels systèmes de stockage d'énergie n'est pas envisageable avant 2010 au regard des efforts à conduire portant sur le développement de matériaux adaptés pour l'enceinte de confinement et le rotor (les américains ont abandonné tout effort financé).

Les énergies propres ou "carburants alternatifs"

En attendant l'avènement du véhicule tout électrique, la transition vers des carburants de substitution à l'essence et au gazole est un scénario retenu pour le concept de véhicule propre, au moins au Japon. Les réserves relatives à l'utilisation du gaz naturel portent sur le stockage qui nécessite une installation volumineuse et lourde.

Aux Etats-Unis, le gaz naturel n'est pas retenu comme une option technologique dans le PNGV. Cependant, des recherches se poursuivent et les applications se développent sur les véhicules lourds : camions, engins de chantier. En matière de carburant, les américains sont orientés sur une reformulation de l'essence pour son application à la pile à combustible.

Le Japon semble voir dans le gaz naturel une option énergétique intéressante à court et moyen terme pour le véhicule propre. Quatre prototypes d'hybrides envisagés dans le projet ACE pour les véhicules lourds du type camion et bus s'appuient sur le gaz naturel comme combustible sous forme comprimée (camion) et liquide (bus) et comme source primaire à la fabrication de DME pour l'autre prototype de bus. Un prototype d'automobile au gaz est aussi envisagé pour développer les technologies de stockage par adsorption.

Allègement des véhicules

Aux Etats Unis et au Japon, l'allègement est une priorité (remplacement de l'acier par l'aluminium ou des composites, utilisation de métaux spéciaux comme le magnésium). Cet allègement doit se faire sans négliger la sécurité et, en particulier, les problèmes de compatibilité entre les véhicules.

Véhicules dédiés, nouveaux services

Tant aux USA qu'au Japon, une réflexion émerge sur la base d'opérations de démonstration relatives à des véhicules dédiés associés à une offre de service et articulés sur les transports en commun.

Une offre potentielle de véhicules de proximité apparaît avec insistance depuis 1996. Elle est en général associée à une offre de service dont le slogan est : "disposez du véhicule qui vous convient pour l'activité que vous souhaitez ". Cette offre, étudiée par les grands constructeurs avec les grands loueurs, est de nature à favoriser l'émergence de véhicules dédiés à côté et en complément de véhicules "généralistes" ou "long courrier".

Ces projets de véhicules dédiés intègrent à la fois la technologie électrique, l'allègement des matériaux, une architecture compacte ainsi que des systèmes d'exploitation. Il en est de même pour la livraison en ville.

Conclusion

La première priorité des recherches est le perfectionnement des motorisations actuelles (injection directe) avec notamment un enjeu dans le champ de l'électronique de commande. Une seconde étape correspond au développement en série de véhicules hybrides. Cette option est commune aux principaux pays intéressés.

Le Japon accorde une place importante aux carburants alternatifs à la différence des Etats-Unis qui privilégient une optique de continuité. Parallèlement, les Etats-Unis, comme le Japon, donne la priorité aux piles à combustible malgré les nombreux écueils techniques.

II-2. Autres facteurs de développement

II-2-1. Nouveaux services liés aux véhicules (temps partagé et modification des comportements)

Les constructeurs ne cherchent plus seulement à fabriquer une voiture mais à améliorer sa valeur d'usage.

Un des traits dominant de la stratégie des constructeurs réside dans leur désengagement du domaine des équipements, les industriels équipementiers devenant des partenaires ayant leur autonomie propre et travaillant avec l'ensemble de la profession. Cette tendance à l'externalisation trouve sa limite dans la diminution de la valeur ajoutée dévolue aux intégrateurs.

Ceux-ci cherchent donc à améliorer leur modèle économique en élargissant le champ de leur action à l'ensemble de la durée de vie des automobiles. Ainsi, ils s'impliquent de plus en plus dans les services : la location de véhicule, l'extension des garanties, le recyclage des véhicules en coopération, l'assurance automobile, le financement de l'achat de voiture, la réparation automobile... Ford tire déjà près de la moitié de ses profits de ses activités financières. En France, Renault et PSA ont des participations dans les chaînes de rechange de pneus et d'échappement. Les constructeurs participent plus directement à la gestion de leurs réseaux de concessionnaires, notamment en essayant de les rationaliser et de les préparer ainsi à la fin de l'exclusivité des concessions. Certaines firmes envisagent même de s'impliquer dans le domaine des télécommunications. Toyota vend des abonnements pour les téléphones mobiles qu'il fournit avec ses voitures. General Motors a récemment passé des accords pour commercialiser l'accès à internet qui deviendra nécessaire après l'introduction de fonctions multimédia dans leurs véhicules : guidage, mais aussi consoles de jeux, accès au web.

Les constructeurs ont en effet des atouts pour prendre place sur certains de ces marchés. En effet, aux Etats-Unis, les clients ne sont pas satisfait des agences commerciales ; en Europe, la marge des distributeurs baisse. Le développement des véhicules, notamment quand ils sont basés sur un concept nouveau, impose de mieux évaluer le client. Pour cela, il faut aussi disposer d'un réseau commercial motivé.

Des études récentes montrent ainsi que le niveau de vente des véhicules électriques résulte de l'absence de motivation des concessionnaires et des vendeurs qui préfèrent vendre un véhicule thermique (ou GPL s'ils sont agréés pour la maintenance). En effet, rémunéré sur la vente du véhicule, le placement d'un prêt d'acquisition, d'un contrat d'entretien et le niveau de prix de l'éventuel reprise de la voiture de l'acquéreur, le tout conjugué à un objectif de vente mensuel, le commercial a peu d'intérêt à la vente de ce type de véhicule. Renault annonce d'ailleurs que la commercialisation du Kangoo électrique va disposer d'une force de vente spécifique.

Vers un remplacement du modèle du véhicule généraliste ...

En ce qui concerne les véhicules propres, cette stratégie d'implication des constructeurs dans l'aval de la vie des véhicules pourrait entrer en synergie avec la constatation que le véhicule généraliste actuel n'est pas bien adapté aux déplacements urbains. Il est surdimensionné, surmotorisé et sous-utilisé.

Un des modèles d'utilisation est la location de voiture en libre service à une clientèle d'abonnés. Des expériences menées en ce sens avec des véhicules électriques se sont montrées concluantes. On a déjà cité plus haut les exemples de La Rochelle et de Saint-Quentin en Yvelines...

Le premier caractère innovant de ces expérimentations réside d'abord dans l'utilisation collective des voitures.

Bien sûr, ce nouveau mode de propriété de la voiture n'est pas encore passé dans les mœurs. Néanmoins, il pourrait entraîner les constructeurs à participer à la constitution et l'exploitation de flottes de véhicules adaptés à ces besoins. Un véhicule adapté, propre et fiable pourrait y trouver sa place. Ainsi ces usages, bien adaptés aux qualités et à l'autonomie de ces véhicules, amélioreraient la position concurrentielle de la filière électrique et permettraient d'aller vers la production en plus grande série, seul moyen de résoudre les problèmes de coût.

Mais certains constructeurs envisagent de vendre l'automobile sous de nouvelles formes. Ainsi Mercedes proposait-il lors de l'achat d'une Smart la possibilité de louer à prix avantageux une autre voiture.

...par la constitution de flottes de véhicules propres ?

D'autres phénomènes pourraient conduire à la constitution de flottes de véhicules propres. Il faut citer le développement, lié à une fiscalité favorable, des flottes d'entreprise aux Etats-Unis et au Royaume-Uni. Les entreprises ont en effet intérêt à verser à leurs employés une partie de leur rémunération sous forme de véhicule mis à disposition. Ces flottes de véhicules pourraient permettre de voir émerger un marché pour un véhicule plus adapté aux déplacements urbains, c'est à dire moins puissant.

Mais l'acceptation sociale de ce phénomène n'est pas acquise : la fourniture d'un véhicule électrique comme véhicule de fonction est-elle valorisante ? Dans le cas de véhicules électriques, des dirigeants indiquent que l'entreprise pourrait fournir la gratuité de la charge du véhicule pendant la journée de travail.

II-2-2. Stratégie des constructeurs automobiles et des équipementiers

PSA Peugeot Citroën

Afin d'optimiser les performances, Peugeot et Citroën proposent une gamme de véhicules GPL bicarburant en première monte. À partir du constat de l'utilisation du GNV par des flottes captives, PSA souhaite développer un véhicule mono-carburant.

Le groupe propose aujourd'hui une gamme électrique diversifiée utilisant le Nickel-Cadmium. Il est partie prenante dans le programme français sur les batteries Lithium-Ion.

Dans le domaine des véhicules hybrides, PSA a deux projets en cours :

- le projet Dynalto d'alternateur-démarrateur, commercialisé à court terme, permet de démarrer instantanément ce qui autorise à couper automatiquement le moteur au-delà d'un arrêt supérieur à deux secondes au feu rouge. Le gain de consommation peut aller jusqu'à 20% en usage urbain ;
- le projet Dynavolt présenté au salon de Genève de mars 1999 est un véhicule électrique doté d'un petit moteur GPL. Sa date de commercialisation n'est pas encore connue.

Pour les projets du réseau technologique "piles à combustible", Peugeot n'envisage pas de commercialisation avant 2010.

Renault

GPL : Renault propose un véhicule en bicarburant pour chaque modèle de sa gamme.

Électrique : après une première expérience de 1995 à 1998, Renault indique lancer la commercialisation d'une version électrique du Kangoo courant 2000. Ce véhicule serait disponible en voiture particulière et en véhicule utilitaire léger.

Matra

Ce constructeur annonce la commercialisation d'un véhicule électrique d'ici deux ans.

Technologies de batteries

Pour les véhicules électriques ou hybrides, quatre technologies sont utilisées ou en cours de développement. Les véhicules actuels utilisent des technologies éprouvées Nickel-Cadmium ou Plomb.

La génération de véhicules légers qui sera commercialisée à court terme (2000-2001) est développée en France sur la base de batteries Nickel-Cadmium et aux USA sur la technologie Nickel-Métal Hydrure dont les performances sont 1,3 fois supérieures (projets pour la Californie...).

Les constructeurs français se proposent de développer des opérations de test et de démonstration sur la base de batteries de technologie Lithium-Ion ou Lithium-Polymère dont les performances seraient au moins deux fois supérieures au Nickel-Cadmium.

II-2-3 Stratégie des producteurs et distributeurs d'énergie et de carburants

En ce qui concerne le GPL, la stratégie des distributeurs est d'améliorer d'ici 2007 la couverture nationale par l'installation de 400 nouvelles stations de GPL.

Pour le GNV, il est à signaler que l'UFIP est signataire du protocole 1999-2004 pour la promotion et le développement du GNV. Dans ce cadre, les compagnies s'engagent à apporter leur compétence dans la mise en place d'un réseau grand public de distribution en gaz naturel comprimé.

Quant à l'énergie électrique, Électricité de France poursuit un effort particulier en faveur du développement des véhicules électriques, se traduisant notamment par :

- le développement de l'offre de services d'énergie embarquée ;
- l'équipement en bornes de charge dans les parkings, les entreprises, les stations-service et sur la voie publique ;
- des partenariats avec les constructeurs automobiles et les sociétés de location de voitures ;
- une implication dans la R&D pour les différents volets relatifs à l'approvisionnement en énergie des véhicules électriques.

III. Propositions de politiques publiques d'accompagnement des filières

III-1. Plans stratégiques

III-1-1. Ensemble des filières

Le Comité estime que les trois filières de véhicules propres présentent aujourd'hui un bilan avantages-inconvénients positif au regard notamment de leur intérêt environnemental, énergétique et du cadre de vie en milieu urbain. Les problèmes de sécurité doivent être résolus. Potentiellement, le développement de ces véhicules renforcera leur intérêt environnemental et leur intérêt industriel, tout en contribuant à la diversification d'approvisionnement énergétique du pays.

Le Comité constate que le niveau de pénétration de ces véhicules dans les différents marchés cibles est encore insuffisant pour que, sans intervention publique, le développement de ces filières, soutenues depuis 1996, s'effectue de lui-même. En effet, la durée de mise en œuvre d'une innovation majeure dans le secteur de la construction automobile et de sa diffusion vers les marchés-cibles est de l'ordre d'une dizaine d'années. Comme dans les autres pays, un soutien de l'État reste indispensable.

S'agissant de l'état de développement technologique des filières, le Comité s'est forgé une double conviction :

- les véhicules mis actuellement sur le marché ne sont pas encore optimisés. Un effort d'adaptation des technologies utilisées pourrait permettre pour un coût acceptable d'améliorer sensiblement leurs performances environnementales et énergétiques ainsi que leur situation en matière de sécurité ;
- il ne faut pas s'attendre à court terme à des sauts technologiques significatifs dans aucune des filières concernées. En revanche, à moyen et plus long terme, les technologies prometteuses et leur adaptation (différents types d'hybridation, batteries à hautes performances ou moteurs dédiés GPL et GNV) pourraient accéder au marché (vers 2003-2005 dans la meilleure des hypothèses). Pour les piles à combustibles, l'horizon 2010 paraît réaliste. Les opérations de démonstrations en cours (autobus GNV ou électriques, livraisons en ville, voitures en temps partagé) paraissent ouvrir des opportunités en matière de véhicules et de services urbains de déplacements et de livraisons.

Dans le domaine de la recherche et du développement technologique, la stratégie de l'Etat devrait donc consister à amplifier les efforts de recherche sur les technologies prometteuses, et, dans l'attente des résultats de ces recherches, continuer d'encourager l'optimisation des technologies existantes au regard des enseignements tirés de leur utilisation, ainsi que les opérations de démonstration validant des nouveaux services ou usages.

Le Comité propose qu'un rendez-vous soit pris, début 2002, pour faire le point sur l'évolution des technologies et performances des véhicules propres, en France et à l'étranger, en comparaison de celles des véhicules thermiques classiques essence et diesel.

La stratégie de soutien à l'accès aux marchés-cibles des véhicules propres adoptée jusqu'à ce jour par l'État reposait sur la constatation que la création d'une nouvelle filière automobile nécessite des investissements élevés tant au niveau de l'offre (mise au point d'un nouveau modèle, qualification des équipementiers, intégration dans les chaînes de fabrication, mise en place d'une force de vente spécifique...) qu'au niveau de l'utilisation (acquisition de l'énergie et stations d'avitaillement, services de maintenance et d'entretien, formation des professions avales de l'automobile et des opérateurs...). Cette stratégie, suivie au cours des cinq dernières années par les pouvoirs publics, s'est traduite par la concentration des efforts sur des niches d'application. Il s'agissait de déterminer, compte tenu des caractéristiques propres à chaque filière, la ou les applications où elles avaient le plus de chance de succès et d'y focaliser les efforts de tous les intervenants : État, collectivités territoriales, constructeurs et leur réseau de distribution, équipementiers et distributeurs d'énergie.

À la lumière de l'expérience acquise et des perspectives de développements techniques, cette stratégie orientée vers des marchés-cibles mérite d'être renforcée pour les trois-quatre prochaines années.

III-1-2. Filière GNV

Stratégie actuelle

Pour des raisons techniques (moteur diesel plus facilement adaptable, capacité à supporter un réservoir lourd, dépôt commun pour l'avitaillement, ...), le carburant GNV a d'abord été adapté aux autobus et à certains véhicules lourds urbains (collecte d'ordures ménagères, ...). Cette orientation a été soutenue au cours des deux dernières années par une demande forte des collectivités locales.

Concernant les bus GNV, les intérêts principaux par rapport au carburant gazole sont :

- la réduction des émissions nocives pour la santé humaine, dans l'attente de l'introduction sur le marché de poids lourds conformes aux prescriptions européennes pour 2005 et 2008 ;
- la réduction des nuisances sonores et olfactives ;
- la diversification énergétique.

Stratégie proposée

Elle consiste à accompagner une adaptation des véhicules actuels pour les trois-quatre prochaines années, en préparant les éléments nécessaires à la prise d'une éventuelle décision d'extension de cette filière après 2005 au marché des voitures particulières. Elle peut se décliner en cinq thèmes :

- meilleure adaptation des véhicules au carburant GNV (moteur, stockage embarqué, ...) ;
- développement du parc de bus GNV, notamment par une poursuite des aides actuelles permettant de tirer le marché (aides à l'acquisition de l'ADEME) ;

- engagement des distributeurs de gaz sur une limitation de la variation de composition du GNV et sur une meilleure lisibilité des coûts de fonctionnement de la filière ;
- développement de moteurs dédiés GNV pour les véhicules légers ;
- préparation d'une réglementation nationale "installations classées" spécifique pour les stations d'avitaillement GNV.

Rendez-vous en 2002

Un rendez-vous en 2002 mérite d'être pris pour réexaminer la situation des bus GNV pour l'après-2005 au vu des considérations suivantes :

- le retour d'expérience des expérimentations en cours, notamment ADEME-GART-UTP-GDF ;
- les résultats des travaux d'adaptation des bus GNV sur le plan des émissions polluantes, de la consommation énergétique et des conditions d'exploitation comparées à celles de bus diesel répondant aux normes 2005 et 2008.

Au même moment, la question d'un soutien spécifique au développement de cette filière pour les véhicules légers devra être abordée, en fonction notamment de :

- l'état des recherches sur les moteurs dédiés pour ces véhicules ;
- l'impact des contraintes d'utilisation liées à la sécurité gaz sur un développement de la filière hors flottes captives.

III-1-3. Filière GPL

Stratégie actuelle

Le marché spécifique de cette filière est constitué pour l'essentiel de véhicules légers bi-carburant (voitures particulières et véhicules utilitaires légers).

Par rapport aux véhicules "classiques", ces véhicules GPL, lorsqu'ils sont équipés d'origine ("1^{ère} monte"), présentent un intérêt certain pour la réduction des émissions nocives, dans l'attente de l'introduction sur le marché des véhicules conformes aux prescriptions européennes pour 2005. Sur le parc existant, les véhicules dits "2^{ème} monte" suscitent quant à eux des inquiétudes sur les aspects liés à la sécurité et des préoccupations sur leurs émissions et leur consommation.

Stratégie proposée

Elle consiste à conforter l'axe de développement de la filière constitué par les véhicules légers "1^{ère} monte". Elle se décline en 3 thèmes :

- stabilité pluriannuelle des incitations existantes ;
- mesures complémentaires visant des utilisations particulières (taxis) ;
- renforcement des garanties demandées aux véhicules "2^{ème} monte" en terme d'émissions polluantes et de sécurité via les contraintes réglementaires liées à la remise à niveau des véhicules essence.

Rendez-vous en 2002

Un rendez-vous en 2002 mérite d'être pris pour réexaminer la situation de ces véhicules pour l'après-2005 au vu des considérations suivantes :

- le retour d'expérience lié à l'utilisation de ces véhicules ;
- les progrès réalisés sur le plan des performances environnementales, par comparaison aux normes 2005 applicables aux véhicules essence et diesel.

III-1-4. Filière électrique

Stratégie actuelle

Pour les véhicules électriques, l'action de l'Etat a consisté à favoriser l'émergence de cette filière dans les secteurs où les technologies disponibles ne constituaient pas, notamment en terme d'autonomie et de coût, un obstacle rédhibitoire : il s'agit pour l'essentiel de flottes captives de véhicules légers (voitures particulières, petits véhicules utilitaires, minibus, bennes à ordures ménagères) des entreprises, des collectivités locales et des administrations circulant en milieu urbain et, pour un public plus large, des scooters.

Par rapport aux véhicules classiques, leur intérêt principal est :

- la réduction à zéro des pollutions atmosphériques et du bruit produits sur le lieu d'utilisation ;
- un véhicule plus "urbain", notamment en matière de comportement de conduite ;
- l'utilisation d'une énergie produite en France.

De plus, les composants électriques ou électroniques embarqués sur ces véhicules sont utilisables pour le développement des véhicules dits "hybrides". Le renforcement d'une compétence nationale de fabrication de ces composants présente donc un intérêt industriel stratégique.

Stratégie proposée

Elle consiste à engager le développement d'une filière "véhicule électrifié" allant du "véhicule électrique" au "véhicule hybride" avec une part plus ou moins grande d'hybridation. Cette stratégie permet d'offrir un marché élargi pour les composants électriques et électroniques des véhicules. Le développement de la solution "véhicules électriques" permet l'acquisition des connaissances nécessaires à la mise au point de ces composants spécifiques (électronique de commande, moteurs, batteries).

Il s'agit également de s'engager plus fortement en matière de R&D relative aux composants de la prochaine génération, dont les batteries et les moteurs, et aux piles à combustibles tout en intégrant dès maintenant, pour ces dernières, les enjeux de sécurité des biens et des personnes.

Il convient enfin d'encourager la mise en œuvre de l'utilisation non privative du véhicule léger pour laquelle l'énergie électrique apparaît la plus appropriée.

Ces objectifs se déclinent en deux axes :

Marchés –cibles et nouveaux services

- prorogation des incitations existantes donnant une visibilité aux acteurs (avec plafonds et dates limites), y compris aux véhicules électriques à prolongateur d'autonomie, et extension aux deux roues ;
- soutien à la création de nouveaux services de mobilité et de livraison.

Recherche et développement, opération de validation

- soutien à la recherche et aux validations sur les batteries et les composants électriques et électroniques, ainsi que sur les architectures et systèmes d'exploitation dédiés ;
- soutien à la recherche sur les piles à combustibles et préparation d'une réglementation relative à leur utilisation (aspects sécurité liés au transport ou à la fabrication d'hydrogène).

Rendez-vous en 2002

Ce rendez-vous devra permettre d'évaluer plus précisément l'état et les perspectives de développement des différents types de composants et de véhicules électriques (purs, hybrides principalement électrique, hybrides principalement thermique, piles à combustibles) et les nouveaux systèmes d'exploitation ou de services à l'aune des résultats des actions engagées d'ici là.

III-2. Actions proposées

Ces actions constituent les propositions concrètes issues des stratégies proposées au chapitre précédent pour chacune des filières de véhicules propres.

III-2-1. Ensemble des filières

- intégration systématique de l'ensemble des types de véhicules propres dans le catalogue UGAP.

III-2-2. Filière GNV

- maintien de la valeur de la TICGN à hauteur de 55 F pour 100 m³ ;
- maintien des aides ADEME à l'acquisition groupée de bus de transports publics urbains et de bennes à ordures ménagères ;
- mobilisation du PREDIT pour le soutien au développement de nouveaux modes de stockage et de moteurs dédiés GNV pour les véhicules légers, et si nécessaire, à l'optimisation des moteurs de bus ;
- engagement de discussions avec GDF en vue de la réduction du prix du GNV (carburant et services) ;
- rédaction d'un arrêté type "installations classées" relatif aux stations d'avitaillement GNV.

III-2-3. Filière GPL

- résolution des problèmes de sécurité du parc existant (financement de la remise à niveau) ;
- maintien de la valeur de la TIPP à 65,71 F pour 100 kg (et positionnement sur le projet de directive relative à la taxation de l'énergie compatible avec un niveau plancher pour le GPL correspondant à cette valeur) ;
- institution d'une prime versée sous forme contractuelle pour les taxis acquérant un véhicule GPL sur trois ans selon les modalités suivantes : volume plafond de 3 000 unités
en 2000 et 2001 : montant de 20 000 F
en 2002 : montant de 13 000 F ;

La signature d'une convention entre l'ADEME et le bénéficiaire en conditionnera le versement ; ce dispositif s'inscrira dans le cadre d'un protocole national par lequel tous les acteurs (constructeurs et pétroliers compris) de la filière s'engagent à en favoriser le développement ;

- modification de la réglementation nationale relative à la réception à titre isolé des véhicules transformés (2^{ème} monte) tenant compte du contexte international.

III-2-4. Filière électrique

- prorogation du décret instituant une prime à l'achat des véhicules électriques (y compris à prolongateur d'autonomie) sur trois ans selon les modalités suivantes :
volume plafond de 3000 unités
en 2000 et 2001 : montant de 15 000 F
en 2002 : montant de 10 000 F ;
- institution d'une prime (ou dispositif équivalent) pour l'acquisition d'un scooter électrique sur trois ans selon les modalités suivantes : volume plafond de 3 000 unités
en 2000 et 2001 : montant de 2 500 F
en 2002 : montant de 2 000 F
sous réserve d'une prise en charge complémentaire équivalente de la part des constructeurs et importateurs de scooters ;
- reconduction jusqu'au 1^{er} janvier 2003 des aides à l'acquisition de véhicules électriques par l'ADEME en faveur des collectivités locales (2 roues, véhicules légers, bennes à ordures ménagères, minibus).
- négociation d'un nouvel accord-cadre entre les constructeurs nationaux, EDF et l'État (cet accord devra prévoir le ciblage des moyens de chacun des partenaires dans les agglomérations qui conduisent une action d'ensemble propre au développement des véhicules électriques dans les domaines des déplacements, de l'urbanisme et de l'environnement) ;
- mobilisation du PREDIT pour le soutien au développement de composants électrochimiques servant à produire ou emmagasiner l'énergie à bord, en particulier batteries et piles à combustibles, ainsi qu'à la mise en oeuvre d'opérations de démonstration à dimension organisationnelle (temps partagé, location longue durée, livraisons) ;
- aides aux constructeurs et équipementiers dans le cadre d'opérations de validation technologique des composants électriques ;
- véhicules à architecture hybride : veille technologique et définition d'un statut spécifique ;
- préparation d'une réglementation nationale relative à l'utilisation des piles à combustibles (aspects sécurité liés au transport ou à la fabrication d'hydrogène).

Suivi

Le Comité se dotera des dispositifs permettant de juger de l'impact des actions des pouvoirs publics sur l'évolution des filières de véhicules propres. Il mettra également en place un dispositif de veille de l'évolution internationale de ces différentes filières.

Le Comité préparera le rendez-vous qu'il a prévu d'organiser en 2002 pour réexaminer la situation des filières, sur la base des considérations indiquées dans la partie III. Ce rendez-vous sera l'occasion de juger de la pertinence du soutien des pouvoirs publics et d'apprécier l'opportunité et les modalités de sa poursuite au-delà de 2005.

La première de ses missions en la matière consistera à définir et faire connaître rapidement les conditions de cette nouvelle évaluation ; elle devra porter à la fois sur l'état des filières elles-mêmes en termes d'évolution et de maturité technologiques, de considérations économiques, de développement atteint sur le marché ..., ainsi que sur les progrès en matière de « propreté » des filières thermiques classiques -véhicules et carburants essence et gazole-, voire éventuellement d'autres carburants disponibles sur le marché.