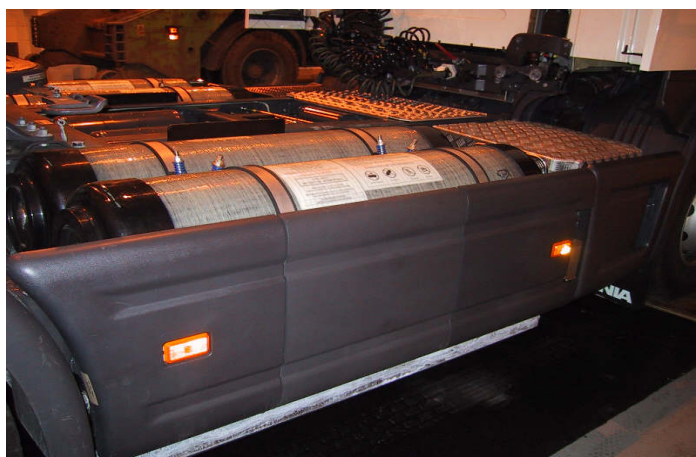


ETUDE DE L'EMERGENCE DE VEHICULES PROPRES DANS LE DOMAINE DES « GRANDS ROUTIERS »
PAR L'UTILISATION DU GNV

MINISTERE DES TRANSPORTS, DE L'EQUIPEMENT, DU TOURISME ET DE LA MER
DIRECTION DE LA RECHERCHE ET DE L'ANIMATION SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE

***ETUDE DE L'EMERGENCE DE VEHICULES PROPRES DANS LE
DOMAINE DES « GRANDS ROUTIERS »
PAR L'UTILISATION DU GNV***



DOCUMENT FINAL (arrêté au 26.06.2007)

LETTRE DE COMMANDE N° 06 MT E 037

TABLE DES MATIERES

1ère Partie

INTRODUCTION – Protection de l'environnement : cause nationale – cause planétaire.....	5
I.) - <u>LE GAZ</u>	
1.1.- Origine du gaz naturel.....	6
1.2.- Diversité géographique des réserves de gaz naturel dans le monde.....	6
1.3.- Diversification de la consommation d'énergie primaire en France.....	7
1.4.- Diversification des sources d'approvisionnement de la France en gaz naturel.....	7
1.5.- Composition du gaz naturel distribué en France.....	8 & 9
1.6.- Conséquence de la variation de la composition du gaz naturel sur ses propriétés physicochimiques.....	10 & 11
1.7.- Le Biogaz – Introduction du Bio méthane	12
1.8.- L'éthane	13
- Contexte et motivation.....	13
- Acquis technologiques.....	14
- Enseignements concernant le matériel et la durabilité (Sun Line)	15
- Risques.....	15
- Conclusions	15
II.) - <u>GENERALITES SUR LE CARBURANT GNV</u>	
2.1.- Le Gaz naturel, jamais une énergie n'a aussi bien porté son nom	17
2.2.- Les caractéristiques principales.....	18
2.3.- Les caractéristiques techniques.....	19
2.4.- Circuit de gaz sur les véhicules - Les réservoirs & composants gaz.....	19 à 22
2.4.1.- Stockage sous forme gazeuse à haute pression (GNV ou GNC, gaz naturel comprimé)	22 à 23
2.4.2.- Stockage sous forme gazeuse mais adsorbé dans un matériau (GNA, gaz naturel adsorbé)	24
2.4.3.- Stockage sous forme liquide (GNL, gaz naturel liquéfié).....	25
2.5.- Les véhicules disponibles sur le marché français.....	26 & 27
2.5.1.- Véhicules légers et utilitaires GNV.....	27
2.5.2.- Poids lourds et grands routiers motorisés gaz.....	27
2.6.- Les stations de compression GNV / GNL / LCNG	
2.6.1.- Description des principes de fonctionnement station GNV & LCNG.....	28 à 31
2.6.2.- Nombre de stations GNV en place (Situation France & Europe)	32
III.) - <u>ETAT DE L'ART DE LA TECHNIQUE ET BILAN ENVIRONNEMENTAL DISPONIBLE</u>	
<u>Des moteurs convertis en mode gaz. (Controverses France et étranger).</u>	
3.1.- Les caractéristiques principales – Moteur à allumage commandé fonctionnant au GNV.....	34 & 35
3.1.1.- Stoechiométrie et mélange pauvre.....	36
3.1.2.- Injection de carburant.....	36
3.1.3.- Catalyseur.....	38
3.1.5.- Homologation des moteurs à gaz.....	38
3.1.6.- Voies d'améliorations pour le moteur gaz.....	38
3.1.7.- Effet de la variance de la composition du gaz naturel sur les performances moteur	39
3.2.- Situation du GNV : Bilans environnemental, économique et technique, réduction des polluants et nuisances sonores, relation CO2/consommations	
3.2.1.- Synthèse des émissions de GES & rendement énergétique « du puit au réservoir ».....	41
3.2.2.- Bilans – L'environnement – L'écologie	42 à 44

3.2.3.- Controverses.....	45 à 47
3.3.- Situation du GNV dans quelques pays de la CE voisins de la France : Bilans et Informations diverses/ développements envisagés	
3.3.1.- Suède.....	48 à 50
3.3.2.- Grande Bretagne.....	51 à 57
3.3.3.- Norvège.....	58 à 60
3.3.4.- Suisse.....	62 & 64
3.3.5.- Allemagne.....	65.& 66
3.3.6.- Italie/Espagne	67
IV). <u>EVOLUTION DE LA REGLEMENTATION RELATIVE AU GNV</u>	
4.1.- Actualité du programme de la Commission Européenne – Objectifs pour la réduction d'émissions.....	69
4.2.- Evolution de la réglementation au niveau CE - Objectifs attendus – Homologation – Harmonisation des codifications, réglementations & standards contenus dans les normes.....	69 à 72
4.3.- Différences relevées dans la réalisation de la compression du gaz pour la fourniture du GNV.....	73
V). <u>BILAN ECONOMIQUE DE L'USAGE DU GNV</u>	
5.1.- Politiques d'accompagnement (Fiscalités en France et en Europe, favorables au déploiement du GNV).....	
5.1.1.- Situation en France.....	75 & 76
5.1.2.- Situation dans différents pays en Europe.....	76
5.2.- Rentabilité de l'utilisation de motorisations GNV pour tracteurs routiers (Exemple d'une expérience en Grande Bretagne dans le domaine de la Grande distribution).....	77
VI). <u>LES FREINS ACTUELS AU DEVELOPPEMENT DU GNV (La résistance au changement)</u>	
Principaux freins au développement. (Situation comparée en la France et l'Allemagne) Acceptabilité sociale : chauffeurs routiers, chefs d'entreprises, populations.....	78
2ème Partie	
VII). <u>LE DEPLOIEMENT DE LA SOLUTION</u>	
7.1.- Introduction.....	81
7.2.- Avantages pour une entreprise (ou un groupement d'entreprises) qui adopterait le GNV en 2007 pour sa Flotte de grands routiers.....	82
7.3.- Présentation d'une étude économique indicative Etude d'un scénario de fonctionnement - Simulation du fonctionnement d'une plateforme de transport concernant Une entreprise seule ou d'un regroupement de plusieurs entreprises (Organisation en GIE).....	83 & 84
- Données générales de base Et principaux paramètres économiques	85 à 90
7.4.- Les possibilités de réorganisation de transport routier avec l'utilisation de véhicules grands routiers motorisés GNV (Transport local, inter régional, liaisons internationales « courtes et moyennes distances » (exemple : France – PAYS BAS).....	91.
<i>- Acteurs possibles – Recherche de participation d'acteurs publics et/ou d'entreprises privées qui pourraient participer à une première expérience en France</i>	
VIII). <u>PROJET PILOTE (BUSINESS CASE)</u>	
8.1.- Participation : Sociétés approchées et décidées à participer à une première expérimentation.....	94
8.2.- Approche méthodologique : Contenu de l'expérimentation à définir selon les besoins des acteurs, Les aides financières obtenues et la participation des acteurs publics (ADEME, Conseil régional, Représentants des Ministères concernés – Industrie, Transport, Finance - Représentants de fédérations transport). Organisation et définitions de l'expérimentation en groupes de travail : <i>Ce travail doit faire l'objet d'une écoute précise des acteurs, ainsi que d'une documentation suffisante pour permettre son extension.</i>	

IX.) ANNEXES

- A. – Liste des véhicules GNV disponibles en France :
(Source Gaz de France)
A 1 - Véhicules de tourisme bi carburation gaz naturel/essence
A 2 - Utilitaires légers bi carburation gaz naturel/essence
A 3 - Récapitulatif des véhicules de transports de marchandises mono carburation gaz naturel
A 4 - Récapitulatif des véhicules de transport en commun
- B. – Liste des stations GNV disponibles en France
(Source Gaz de France)
- C. - Description du projet français gaz « ETHANE » (Projet ALTHYTUDE – Utilisation de Ethane Mélange de GNV & Hydrogène) dans 2 villes françaises : DUNKERQUE & TOULOUSE. (Source : Gaz de France)
- D. - Rapport du Président de l'association européenne du gaz naturel véhicules (Source : ENGVA)
« BIOMETHANE POUR VEHICULES – UNE VUE D'ENSEMBLE EUROPEENNE » (*Version originale : anglaise*).
- E. - Présentation synthétique de l'étude du Consultant suédois VATTENFAL POWER (*Version originale : anglaise*). (Source : VATTENFAL POWER)
- F. – Présentation de « CARBOTECH ENGINEERING GMBH » concernant l'expérience allemande de l'utilisation du biogaz en gaz carburant (*Version originale : anglaise de CARBOTECH ENGINEERING GMBH*)
- G. – Présentation de l'expérience britannique des grands routiers en mode « dual fuel » (ou encore appelée technologie « O.I.G.I. »). Offre du groupe britannique HARDSTAFF. (*Version originale de HARDSTAFF*)
- H. – Conférence CAP 0 C7 BRUXELLES (Compte rendu de la réunion du 30.08.06 résumant les mesures en cours de discussion concernant les évolutions des normes EURO 5 EURO 6 (*Version originale de la CE*))
- I. – Expérience de l'utilisation de tracteurs GNV dans les opérations de transport d'un grand groupe de distribution de produits alimentaires en Grande Bretagne (SAFEWAY MORISSON) (*Version préparée avec l'accord de la DG SAFEWAY*)
- J.- Rappel de l'historique des améliorations successives obtenues par les constructeurs de véhicules industriels (Informations Renault Trucks) de Euros 1 à 5 à partir des moteurs diesel
- K. – Etude IFP – « A detailed Well to Wheel Analysis of CNG compared to diesel oil and gasoline for the French and the European markets
- L. – Information de l'association Internationale du gaz naturel véhicules (Table ronde concernant l'harmonisation des standards et codifications des carburants gazeux et véhicules motorisés gaz).

INTRODUCTION

LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT - CAUSE NATIONALE ... CAUSE PLANETAIRE

(Source : Documents AFGNV & ADEME)

Dans le monde entier, la prise de conscience des dangers de la pollution atmosphérique et du réchauffement climatique explique l'intérêt croissant pour le développement durable et les énergies alternatives.

En effet, les questions relatives aux émissions de dioxyde de carbone (CO₂), paramètre clé du phénomène « effet de serre », prennent une importance de plus en plus considérable. C'est dans ce contexte que de nombreux Etats, parmi lesquels la France, se sont engagés sur des objectifs de réduction des émissions de gaz à effets de serre fixés à Kyoto.

Pour répondre à cette problématique, la Commission Européenne a mis en place depuis quelques années un plan d'actions visant à remplacer d'ici à 2020 au moins 20% des carburants classiques (essence, gazole) par des carburants alternatifs, dont la moitié concerne le GNV, soit 10% du volume.

En France, la loi sur l'air de 1996 concernant les véhicules légers va dans ce sens par une obligation qui est faite aux responsables de flottes de Sociétés publiques de plus de 20 véhicules, d'acquérir ou d'utiliser, lors du renouvellement de leur parc automobile, une proportion minimale de 20% de véhicules électriques, GNV ou GPL.

Aucune obligation n'existe à l'heure actuelle en ce qui concerne les poids lourds.

A l'exception des poids lourds utilisés dans le domaine des services publics (bennes à ordures, véhicules divers de voirie), aucune autre opération d'importance significative n'a été entreprise jusqu'à présent en France dans les autres domaines. Pour ce qui concerne les tracteurs routiers, également dénommés « les grands routiers », rien n'a été fait, alors que ce type de véhicule représente pourtant une part relative non négligeable du parc roulant.

Certaines expériences de tracteurs routiers motorisés gaz sont opérationnelles maintenant dans certains pays de la CE depuis près de 10 ans. Celles-ci présentent de très bons bilans sur les plans techniques, environnementaux et économiques, ainsi que sur le point de la réduction des nuisances sonores. Elles mériteraient d'être reconnues afin d'être étendues à un plus large usage de la part des professionnels du transport.

En l'absence de toute offre de la part des constructeurs de poids lourds/motoristes, les motorisations gaz équipant les véhicules existants ont été obtenues par transformation des moteurs diesel d'origine.

L'étude a pour objectif de faire connaître le contenu de ces expérimentations et les évolutions prévues par les pays qui ont déjà reconnu l'intérêt de l'utilisation de la motorisation gaz naturel et ont adapté leur réglementation en conséquence.

L'étude vise également à présenter :

- Les différents aspects de l'exploitation du gaz (gaz naturel ou biogaz) en tant que carburant de substitution aux produits pétroliers.
- Les bilans environnementaux et économiques obtenus et simuler les possibilités sur le marché français.
- La situation des véhicules GNV disponibles sur le marché français.
- La possibilité de mettre en place en France, une offre de transformation de moteurs diesel en mode gaz, dans l'attente d'une offre de la part des constructeurs de Poids lourds.
- Les conditions dans lesquelles toutes sociétés pourraient convertir progressivement ses véhicules du mode diesel en mode gaz (conversion des moteurs, aspects stations de compression, aspects économiques et environnementaux).

Actuellement, plus de 5.600.000 véhicules GNV sont opérationnels dans le monde. La hausse continue des prix des produits pétroliers, mais également les risques de pénurie ou de difficulté des approvisionnements de produits pétroliers renforcent l'engouement provoqué par l'utilisation de l'énergie gaz. Celle-ci devrait s'accroître rapidement et rester économiquement intéressante durablement, si elle peut bénéficier de la mise à disposition localement de l'industrie naissante du biogaz.

I.) – LE GAZ

1.1. – ORIGINE DU GAZ NATUREL *(Source documents ADEME Etude OPTICAMION)*

La formation de gaz naturel provient de la lente métamorphose de micro-organismes qui constituent le plancton. Ces organismes, déposés au fond des océans se sont lentement incorporés aux sédiments pour constituer la roche mère. Recouverts sans cesse de nouveaux dépôts, à l'abri de l'oxygène et de la lumière, ils se sont enfoncés dans la terre avant de connaître des migrations qui les ont conduits vers des pièges où ils se sont accumulés. On appelle ces structures géologiques caractéristiques des structures pièges pouvant contenir du gaz naturel (gisement sec) ou du pétrole et du gaz naturel (gisement mixte). A l'état brut, il est principalement présent sous trois formes différentes :

- le gaz non associé, qui n'est pas en contact avec le pétrole brut ;
- le gaz associé de couverture qui, sous forme libre, couvre la couche de pétrole brut ;
- le gaz associé dissout dans le pétrole dans les conditions de pression et de température du réservoir et qui est séparé lors du traitement sur champ du pétrole brut.

Le gaz naturel peut aussi contenir des impuretés en quantité très variable :

- le soufre, qui peut parfois être présent principalement sous forme d' H_2S jusqu'à des proportions supérieures à 15 % (c'est le cas du gaz de Lacq : 15,3 %).
- le dioxyde de carbone, qui est l'impureté la plus fréquente dans tous les gaz naturels. Ses proportions volumiques moyennes sont de l'ordre de 0,5 à 10 %, mais peuvent atteindre jusqu'à 70 % dans certains gisements (Indonésie).
- l'azote, qui comme le CO_2 , est quasiment toujours présent dans les gaz naturels. Ses proportions volumiques moyennes varient de 0,5 à 5 %, et peuvent dépasser les 25 % dans certains cas.

A leur sortie du gisement, les gaz naturels sont inutilisables en l'état. Le gaz naturel subit une série de traitements pour éliminer les éléments nocifs, conserver ceux qui peuvent être commercialisés et donner au gaz son odeur caractéristique. Ces opérations consistent à détendre, sécher (suppression de l'eau et des hydrocarbures à l'état liquide), extraire les gaz acides, séparer les hydrocarbures et les odoriser. Le traitement du gaz peut intervenir à deux stades distincts : lors de la production (sur le gisement) et après stockage (en réservoir souterrain ou dans les terminaux méthaniers). Dans ce dernier cas, on parle de retraitement. La mission secondaire du traitement est de récupérer les composés pouvant être commercialisés séparément comme l'éthane, le GPL ou l'hydrogène sulfuré (H_2S).

1.2. – DIVERSITE GEOGRAPHIQUE DES RESERVES DE GAZ NATUREL DANS LE MONDE *(Source documents ADEME Etude OPTICAMION)*

Les réserves mondiales de gaz naturel sont légèrement mieux réparties dans le monde que celles du pétrole. Alors que le Moyen-Orient détient près de 65 % des réserves mondiales de pétrole, sa part de réserves de gaz naturel s'élève à 36 %. Le reste des réserves de gaz naturel est réparti principalement en ex-Union Soviétique (34 %) et, dans une moindre mesure, en Afrique (7 %), en Amérique du Nord (7 %), en Amérique centrale et du Sud (5 %), en Europe (5 %) et en Asie (9 %).

Les réserves de gaz se définissent exactement de la même manière que pour le pétrole : elles ne correspondent pas à ce qu'il y a dans la terre, mais à son extraction. Avec une différence de taille : pour le pétrole, le taux de récupération est de l'ordre de 20 %, alors que pour le gaz ce taux est près de 80 %. Les possibilités de réévaluation des réserves par suite de progrès techniques sur les méthodes d'extraction, ou de hausse des prix sont donc marginales. Pour augmenter les réserves, de nouveaux gisements devront être trouvés.

Le gaz ne permet donc pas pour autant cette « réserve d'optimisme pour l'avenir » que le pétrole offre grâce à la réévaluation constante des réserves malgré une quasi-absence de découverte de nouveaux réservoirs. Le gaz partage une caractéristique avec le pétrole : les réserves de gaz ne sont pas plus illimitées, ni mieux réparties.

Grâce à la percée technologique des turbines à gaz/cycle combiné pour la production d'électricité et compte tenu des contraintes environnementales, le gaz naturel connaît un réel succès depuis les années 1990.

En parallèle, de nombreux champs gaziers ont été découverts ces dernières années. Alors qu'en 1970, les réserves prouvées de gaz naturel ne représentaient que 50 % des réserves prouvées de pétrole, ce ratio s'élève aujourd'hui à environ 100 %.

L'estimation AIE et « World Energy outlook » du nombre d'années de réserves est d'environ 50 ans, en tenant compte des réserves prouvées, probables et possibles et d'une croissance de la consommation de 3 % par an (tendance basse, car le taux de la croissance augmente).

Les potentiels d'amélioration pourront venir de l'utilisation de ressources non conventionnelles (notamment les hydrates de gaz) et de l'utilisation de champs éloignés en utilisant des procédés « Gas to liquid ». Une fois ce type de technologie disponible et rentable, le gaz naturel sera concurrencé par d'autres sources d'hydrocarbures, dont la biomasse, avec un meilleur bilan d'émissions de gaz à effet de serre.

1.3. – DIVERSIFICATION DE LA CONSOMMATION D'ENERGIE PRIMAIRE EN FRANCE

En 2000, la consommation de ressources fossiles en France s'est élevée à 144 Mtep (millions de tonnes équivalent pétrole). La part du gaz naturel est estimée à 25 % contre 65 % de pétrole brut.

Aujourd'hui, le gaz naturel est principalement utilisé dans les secteurs tertiaire - résidentiel, industriel - dans une moindre mesure, pour la production d'électricité et en tant que matière première pour l'industrie chimique.

L'utilisation du gaz naturel dans le secteur du transport est très faible. C'est pourquoi elle n'apparaît pas, ou très rarement, dans les publications officielles.

Ce sont les produits pétroliers, essence et gazole, qui sont encore aujourd'hui les carburants quasi exclusifs du secteur automobile.

Ils représentent en effet 98 % des énergies du parc automobile français. Les 2 % restants sont partagés entre les carburants dits alternatifs, tels que les biocarburants, le GPL et le gaz naturel.

Le développement du GNV contribuerait donc à une diversification de nature à rendre le secteur des transports moins dépendant des carburants classiques issus du pétrole brut.

1.4. - DIVERSIFICATION DES SOURCES D'APPROVISIONNEMENT DE LA FRANCE (Source documents ADEME Etude OPTICAMION)

Le gaz naturel importé en France provient principalement de Russie et d'Europe (Norvège et Pays-Bas) par pipeline et d'Algérie sous forme liquéfiée. La France a commencé une diversification de ses ressources en important du gaz du Nigéria et du Qatar depuis 1999. La France importe une part plus importante de GNL provenant du Nigeria. Ces chiffres n'apparaissent pas dans les données statistiques publiées, car ce GNL est destiné à l'approvisionnement de l'Italie d'une façon contractuelle. Ce pays ne pouvant pas accueillir ce gaz sous sa forme liquide par manque d'infrastructures, il a signé un accord avec la France pour l'échanger contre du gaz russe fourni sous sa forme gazeuse.

Gaz De France détient 85 % du marché ouvert à la concurrence le 1^{er} Juillet 2004, TOTAL en détient 11 %, BP, Distrigaz, Eni et Ruhrgas se partagent le reste.

Les sources d'approvisionnement en gaz naturel sont nombreuses : 32 000 km de gazoducs détenus par Gaz de France et 5 zones d'accès :

- Dunkerque (gaz de Norvège) ;
- Taisnières-sur-Hon (gaz de Norvège et Pays Bas) ;
- Montoir-de-Bretagne (gaz d'Algérie et du Nigéria) ;
- Obergailbach (gaz de Russie) ;
- Fos-sur-mer (gaz d'Algérie).

1.5. – COMPOSITION DU GAZ NATUREL DISTRIBUE EN France (Source documents ADEME Etude OPTICAMION)

Le gaz naturel contient des impuretés à l'état brut. Sur le champ d'extraction, il est traité afin de répondre aux spécifications des pays d'importation. Ces spécifications peuvent varier en fonction du pays d'exportation et de la qualité initiale du gaz à l'état brut. Le tableau ci-dessous présente, pour la part des 6 gaz naturels utilisés en France dans le volume total, leurs compositions chimiques et leurs caractéristiques principales. Il est aussi indiqué le mini, le maxi et la moyenne pondérée par la part du volume :

**ETUDE DE L'EMERGENCE DE VEHICULES PROPRES DANS LE DOMAINE DES « GRANDS ROUTIERS »
PAR L'UTILISATION DU GNV**

Origine du gaz naturel	Lacq	Groningue	Mer du nord	Russie	Algérie (par Fos)	Algérie (par Montoir)	Mini	Maxi	Moyenne pondérée par les volumes
Part du volume total français en %	5	13	28	27	13,5	13,5			
Composition en %									
CH4	97,3	83,5	88,2	96,2	91,2	88,6	83,5	97,3	90,6
C₂H₆	2,1	3,6	5,4	1,2	6,5	8,2	1,2	8,2	4,4
C₃H₈	0,2	0,7	1,2	0,3	1,1	2	0,2	2	0,9
C₄H₁₀	0,1	0,2	0,4	0,1	0,2	0,6	0,1	0,6	0,28
C₅H₁₂ et plus	0	0,1	0,2	0,1	0	0	0	0,2	0,09
N₂	0,3	10,8	3,2	1,8	1	0,6	0,3	10,8	3,02
CO₂	0	1,1	1,4	0,3	0	0	0	1,4	0,62
O₂	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Caractéristiques									
Masse volumique (kg/nm³)	0,73	0,82	0,81	0,74	0,76	0,8	0,73		0,78
Rapport stoechiométrique	17,1	13,9	15,6	16,5	16,8	16,8	13,9		16,02
PCI (MJ/kg)	49,6	40,27	45,46	47,99	48,89	48,95	40,27		46,61
Limite d'inflammabilité inférieure	5,1	5,6	5,2	5,1	4,9	4,7	4,7		5,11
Limite d'inflammabilité supérieure	14	15,4	14,5	14,1	13,9	13,7	13,7		14,3
Wobbe (kWh/nm³)	14,9	12,8	14,4	14,5	15,1	15,4	12,8		14,47

Sources Gaz De France, *Carburants et Moteurs*, Guibet, Combustibles gazeux (Oct 93)

Des restrictions sont appliquées sur la composition et les caractéristiques. Elles visent principalement à satisfaire aux exigences :

- des réseaux de distribution et des réservoirs de stockage (dans le but d'éviter tout phénomène de corrosion et de condensation) ;
- des systèmes d'utilisation. Pour conserver des conditions correctes de fonctionnement, le gaz naturel doit présenter une qualité de composition relativement constante.

Pour satisfaire ces exigences deux gammes de gaz, décrites ci-dessous, ont été identifiées parmi les gaz importés en France. Ces derniers sont distribués dans deux zones géographiques distinctes et répondent chacun à des spécifications :

- La gamme de « Gaz B » : ce gaz provient du champ de Groningue, il est distribué dans une zone délimitée dans le nord de la France. Il contient une grande proportion de composés inertes et présente un pouvoir calorifique plus faible. Les exigences de plages de variation de PCS et d'indice de Wobbe pour ce type de gaz sont respectivement 9,5 et 10,5 kWh/Nm³ et 11,8 et 13 kWh/Nm³ ;

La gamme de « Gaz H » : distribué dans le reste de la France, ce gaz à pour origine principalement l'Algérie, la Russie et la Norvège. Il contient peu de composés inertes et possède un haut pouvoir calorifique. Les exigences de plages de variation de PCS et d'indice de Wobbe pour ce type de gaz sont respectivement 10,7 et 12,8 kWh/ Nm³ et 13,4 et 15, 7 kWh/ Nm³. Selon la segmentation gaz H et B, les caractéristiques principales (composition et constantes physiques) des gaz naturels transportés sur le réseau Gaz de France sont réunies dans le tableau suivant :

**ETUDE DE L'EMERGENCE DE VEHICULES PROPRES DANS LE DOMAINE DES « GRANDS ROUTIERS »
PAR L'UTILISATION DU GNV**

Spécifications de qualité des gaz transportés par Gaz de France

	GAZ H	GAZ B	REFERENCES
Pouvoir calorifique supérieur KWh/m ³ (n)	10,7 à 12,8	9,5 à 10,5	Arrêté du Ministre de l'Industrie (16.09.1977)
Indice de Wobbe KWh/m ³ (n)	13,4 à 15,7	11,8 à 13,0	Gaz de France
Point de rosée "eau"	< -10°C à 80 bars		Gaz de France
Point de rosée "hydrocarbures"	< -5°C de 1 à 80 bars		Gaz de France
Composés sulfates	H2S : teneur moyenne < 7 mg/m ³ (n) sur 8 jours Teneur instantanée < 15 mg/m ³ (n) (durée de dépassement de 12 mg/m ³ (n) < 8 heures) S total : teneur instantanée < 150 mg/m ³ (n) Teneur H2S + teneur COS < 6 mg (S)m ³ (n)		Arrêté du Ministre de l'Industrie (28.01.1981) Gaz de France
	Teneur soufre mercaptique < 16,9 mg (S) m ³ (n)		Gaz de France
Monoxyde de carbone	Teneur CO < 2%		Gaz de France
Dioxyde de carbone	Teneur CO ₂ < 3%		Gaz de France
Hydrogene	Teneur H ₂ < 6%		Gaz de France
Oxygene	Teneur O ₂ < 0,5 %		Gaz de France
Impuretés	Teneur Hg < 10 mg/m ³ (n)		Gaz de France
Liquides	Teneur goudrons et poussières < 5 mg/m ³ (n)		Gaz de France
Teneur en huile	< 15 mg / Nm ³		Gaz de France
Odorisation	Environ 25 mg equiv THT/m ³ (n) (tétrahydrothiophène)		Gaz de France

1.6.-CONSEQUENCE DE LA VARIATION DE LA COMPOSITION DU GAZ NATUREL SUR SES PROPRIETES PHYSICO CHIMIQUES - IMPACT SUR LES MOTORISATIONS GNV (Source documents ADEME Etude OPTICAMION)

Conçues jusqu'à présent pour des applications stationnaires, les spécifications du gaz naturel (notamment PCI et indice de Wobbe) ne sont pas adaptées pour d'autres applications, telles que celles du GNV. En effet, les attentes de performances sont différentes, notamment en termes de stabilité de fonctionnement et l'aspect mobilité de l'application véhicule ne peut se satisfaire de la mise en place des deux zones de distribution de gaz H et B non interchangeables. Pour le bon fonctionnement d'un moteur alimenté en gaz, quatre caractéristiques du carburant sont essentielles :

- l'indice d'octane,
- le PCI,
- le rapport stoechiométrique,
- l'indice de Wobbe.

Dans ce cadre, les différences sur le gaz ont été traduites dans des termes adaptés aux besoins des motoristes. Pour les calculs, les pourcentages volumiques indiqués par Gaz de France sont considérés dans les conditions normales, c'est-à-dire à 0 °C et sous une pression de 1 013 mbar.

Les variations obtenues sont les suivantes :

- De l'ordre de 18 % pour les PCI massiques. Ces variations induisent directement des écarts de consommations volumiques qui se traduisent par une variation de l'autonomie du véhicule et du coût moyen du kilomètre parcouru, si le prix du carburant est fixé en fonction du volume (ce qui est le cas pour les carburants en général). Pour éviter une trop grande disparité du prix du kWh de gaz, plusieurs options pourraient être examinées.

- Equiper chaque station service d'un chromatographe. Cet appareillage permettrait ainsi d'avoir un prix unique du kWh du gaz naturel carburant. Cependant, cette solution paraît complexe et onéreuse.

- Distinguer les zones H et B de distribution du gaz naturel en France en fixant pour chacune d'entre elles un prix du Nm³ de gaz naturel. Ces prix correspondraient à la composition moyenne du gaz par zone.

Dans ce cas, les variations de PCI, donc les variations de prix du kWh du gaz, seraient minimisées. Des écarts de l'ordre de 10 % dans la zone H pourraient être observés. Cette option, simple de mise en oeuvre, risquerait donc de poser des problèmes d'acceptabilité pour le consommateur.

- Spécifier un produit dédié à l'application véhicule et répondant à une norme de qualité.

Cette solution ultime ne serait cependant justifiée que par un très grand développement de la filière GNV :

- D'environ 13 % pour l'indice d'octane. Ceci limite donc l'optimisation de la combustion du moteur.

- De 18 % le rapport stoechiométrique. Cette variation sensible peut affecter les performances des systèmes de dépollution si le système de contrôle du moteur n'est pas adapté. En effet, un changement brutal et aussi important nécessite un temps de réponse rapide pour injecter la nouvelle quantité de carburant qui correspond à la richesse pour laquelle les systèmes de dépollution sont dimensionnés.

Par comparaison, les carburants classiques, tels que l'essence et le gazole, présentent beaucoup moins de variations.

Ces carburants sont issus d'un procédé de raffinage très complexe et doivent répondre à des normes précises, notamment en matière d'indice d'octane ou de cétane minimum. En ce qui concerne les PCI massiques, qui ne font pas l'objet de spécifications, les écarts ne seraient que de l'ordre de 3 à 4 % pour les essences.

Cette disparité de la qualité du gaz naturel se retrouve au plan mondial. En effet, les indices de Wobbe peuvent être très contrastés d'un pays à l'autre.

Ce dernier constat souligne la nécessité d'une harmonisation européenne, voir internationale, sur la qualité du gaz naturel carburant destiné aux véhicules. Sur ce sujet, la norme ISO 15403 détaille les caractéristiques du gaz naturel pour application carburant, la norme ISO 6976 présente les calculs permettant d'obtenir l'indice de Wobbe, la densité, la masse volumique, à partir des caractéristiques du gaz.

Le Gaz carburant peut rapidement évoluer dans sa composition et son utilisation sur les applications où il est actuellement utilisé, type bus ou bennes à ordures ménagères, vers des compositions de carburants gazeux ayant des caractéristiques très proches, apportant de nouveaux avantages. Le GNV peut également se substituer aux produits pétroliers plus ou moins rapidement selon les décisions prises par les autorités politiques et les priorités de développement choisies par les constructeurs de véhicules :

- a) le bio méthane (obtenu à partir de source de biogaz « épuré »). Cette solution est déjà utilisée en France, notamment à Lille. Elle devient l'objectif principal dans de nombreux pays en Europe et dans le monde, visant à privilégier l'utilisation de bio gaz (énergie renouvelable) à l'utilisation de gaz naturel (énergie fossile).

- b) L'éthane est déjà utilisé à l'étranger dans quelques opérations pilotes. Il va être expérimenté à très court terme en France dans une expérimentation limitée à 5 bus. 2 à DUNKERQUE courant 2^{ème} semestre 2007 et 3 à TOULOUSE début 2008. L'éthane est un mélange de gaz naturel (généralement de 80 à 90 %) et d'hydrogène. La fin de cette expérimentation est prévue en 2009 et devrait permettre d'obtenir les enseignements nécessaires à des développements ultérieurs.

- c) Le GNL (Gaz naturel liquéfié) fait son apparition dans les gaz carburants embarqués sur les véhicules, notamment dans le domaine des poids lourds, afin d'améliorer les autonomies.

Pour ces carburants, certaines modifications sont nécessaires au niveau des cartographies moteurs et des stations de compression. Les caractéristiques principales de ces carburants sont présentées ci-après. Les modifications sur les véhicules et sur les stations sont présentées dans la suite du document.

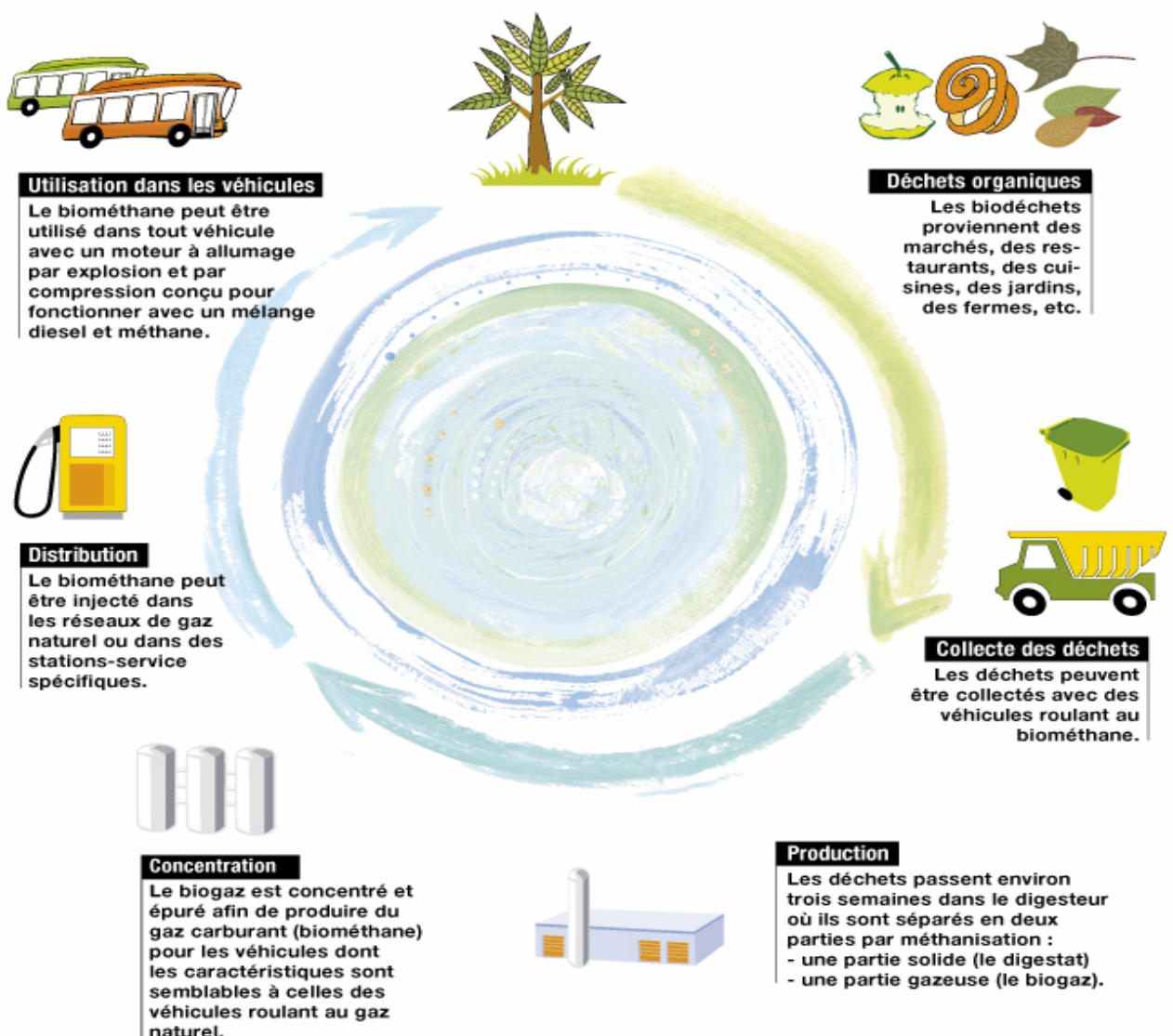
1.2.7.- LE BIOGAZ – INTRODUCTION DU BIO METHANE (Source : Biogazmax / ENGVA)

En France, la production de biogaz est actuellement relativement faible comparée à celle de nombreux pays en Europe, où cette production est devenue une des sources les plus prometteuses sur le plan des bilans environnementaux et économiques pour assurer le remplacement des produits pétroliers.

Actuellement les modes de valorisation du biogaz en France sont de 167 ktep de valorisés sur un potentiel total de 3, 720 ktep produites, qui se répartissent entre :

- 66 ktep consommés par des chaudières, fours, sécheurs, uniquement pour produire de la chaleur,
- 101 ktep consommés par des moteurs, turbines à gaz ou à vapeur, moto-compresseurs, bus urbains, (dont 17 ktep en cogénération de chaleur et d'électricité, et 85 ktep en production d'électricité seule).

Exemple : Lille Métropole possède sur son site de Marquette, une flotte de bus GNV alimentés en bio méthane pour certains et d'autres consommant à partir de gaz naturel. Lille participe au projet Civitas (www.civitas.org). Le conseil municipal a déjà décidé de poursuivre dans cette voie avec une nouvelle station qui pourra alimenter 100 bus fonctionnant au bio méthane (75 M€). Les autres véhicules lourds urbains seront conduits vers l'utilisation du GNV (bennes à ordures par exemple).



Actuellement, les volumes de biogaz consommés en période de pointe sont de l'ordre de 200 000 m³/jour. Les 2/3 sont utilisés sur des moteurs à gaz (dual fuel) pour fournir de l'électricité, 1/6 est valorisé dans des chaudières sous forme de chaleur et 1/6 est brûlé en torchère.

Les caractéristiques du biogaz au départ, puis après épuration, sont :

Caractéristiques du biogaz au départ	Caractéristiques du biogaz après traitement d'épuration
CH4 entre 45 et 65 %	96 à 98%
CO2 entre 25 et 40%	< 3%
5 à 40 mg/m ³ d'H ₂ S	< 5 ppm
0,5 x 2% de N ₂	
Eau	< 55 mg/m ³
O ₂	< 0,5 %

1.8. - L'ETHANE (Source documents ADEME Etude OPTICAMION)

Les données de ce chapitre ont été fournies par Gaz de France.

CONTEXTE ET MOTIVATION

L'hydrogène est aujourd'hui considéré par les instances européennes et les gouvernements de l'Union comme un des vecteurs d'énergies qui aideront l'Europe à assurer son indépendance énergétique tout en contribuant à réduire les problèmes d'émissions de gaz à effet de serre et de polluants urbains.

Une économie de l'hydrogène, basée essentiellement sur l'utilisation d'énergies primaires renouvelables disponibles dans l'Union, constitue l'objectif ultime - au delà de 2050 - et l'Europe met en place des moyens importants pour y parvenir (cf. rapport du *High Level Group* sur l'hydrogène de la Commission Européenne).

Cependant, des contraintes majeures restent à lever avant que le scénario d'une utilisation massive de l'hydrogène dans les transports et les applications stationnaires ne deviennent réalité. Avant cette mise en place, des solutions de transition faisant encore largement appel aux combustibles fossiles est indispensable pour amorcer le mouvement vers l'économie de l'hydrogène.

Une solution de transition réaliste sur les plans économique et technique dans le secteur des transports consiste en l'utilisation d'hydrogène mélangé avec le gaz naturel dans des véhicules GNV classiques. Ce mélange est communément appelé « éthane », c'est ce dernier terme que nous utiliserons par la suite.

Des ajustements technologiques et réglementaires sont encore nécessaires pour rendre l'éthane commercialisable. Contrairement aux véhicules utilisant des piles à combustible, le risque technologique est minime, comme l'ont déjà montré depuis 1995 des démonstrations sur le continent Nord-Américain et Européen (voir paragraphe suivant *Acquis technologiques*).

L'éthane présente les intérêts suivants :

- *C'est quasiment la seule technologie permettant de faire pénétrer l'hydrogène commercialement et à brève échéance dans le pool des carburants. Pour mémoire, l'objectif de la Commission européenne est 2 % en 2015 et 5 % en 2020.*

- *Son utilisation génère des émissions de polluants locaux extrêmement faibles, inférieures de moitié à celles du GNV. De plus, il permet au moteur de fonctionner dans des zones très pauvres*

• *Son utilisation induit une réduction des émissions de CO₂ par rapport au GNV, si l'hydrogène mélangé au gaz naturel est d'origine renouvelable.*

Ethane devrait permettre de faire admettre l'idée de l'utilisation de l'hydrogène en tant que carburant auprès du grand public en France.

- *Sa mise en oeuvre peut être aisément réalisée à partir de l'infrastructure GNV existante et future. Cette infrastructure est la meilleure filière pour préparer celle de l'hydrogène du futur.*

- Les technologies associées liées à la compression, au stockage et à la fabrication d'un hydrogène le moins émetteur possible de CO₂ pourraient commencer à se développer rapidement pour des applications en usage réel.

ACQUIS TECHNOLOGIQUES

L'intérêt de l'ajout d'hydrogène pour améliorer la combustion des carburants fossiles, afin d'augmenter l'efficacité énergétique et de réduire les émissions polluantes, est connu depuis le début du 20^e siècle. Néanmoins, les difficultés attachées à cet ajout ont toujours supplanté les bénéfices attendus et il faut attendre le début des années 1990 et le dépôt du brevet sur l'éthane pour assister à la mise en place d'un ensemble de données cohérentes sur les performances des moteurs fonctionnant aux mélanges hydrogène/gaz naturel. Les démonstrations concernant des bus menées depuis les années 1995 sont présentées ci-dessous.

MONTREAL (Canada)

Le projet EQHPP (*Euro Québec Hydro Hydrogen Pilot Project*), financé par la Commission européenne et le gouvernement du Québec, a démontré en 1996 l'intérêt de l'éthane. La Société de transport de la Communauté urbaine de Montréal a fait fonctionner pendant 9 mois en service commercial, deux bus construits par la société Québécoise Novabus, Les bus étaient équipés d'un moteur Cummins L10 modifié spécifiquement pour utiliser l'éthane et d'un catalyseur d'oxydation. Le carburant contenait 20 % d'hydrogène en volume, soit 7 % en énergie, correspondant à un optimum pour le ratio bénéfice environnemental/coût.

Il a été observé que l'ajout d'hydrogène au gaz naturel procurait une réduction des émissions de CO₂ de 7,5 % par une augmentation du rendement et une diminution des NOX de l'ordre de 40 %, sans augmentation du taux d'émission d'hydrocarbures.

PALM SPRINGS (USA)

SunLine Transit Agency, la société de transport urbain de Palm Springs, Californie, a acheté les deux bus Novabus de Montréal et les a exploités dans sa flotte qui fonctionnait déjà à 100% au GNV, obtenant des résultats similaires à ceux de Montréal. Récemment, SunLine les a re-motorisés en y plaçant des moteurs Cummins-Westport de nouvelle génération.

VANCOUVER (Canada)

BC Hydro est un autre promoteur du carburant hydrogène/gaz naturel. Il fait état, par rapport au GNV, d'une réduction des NOX d'un facteur compris entre 4 et 10, selon les conditions opératoires et d'une augmentation de 17 % de la puissance du moteur pour des mélanges à 50 % d'hydrogène (BC Hydro, une compagnie électrique, cherche à vendre de l'hydrogène produit par électrolyse).

LAS VEGAS (USA)

Un projet a débuté depuis 2003 à Las Vegas, coordonné par Air Products, où une quinzaine de bus GNV devraient être convertis à l'éthane.

MALMÖ (Suède)

Sydgas, la compagnie gazière locale, fait fonctionner l'un des bus de la flotte GNV au mélange hydrogène/gaz naturel (8 % jusqu'à présent). L'hydrogène est produit par un électrolyseur alimenté par une éolienne.

REYKJAVIK (Islande) (Source : Journal Le monde du 14.12.2006)

Depuis Octobre 2003 3 prototypes de bus alimentés en hydrogène ont été mis en service. Quelques difficultés d'exploitation ont été rencontrés pendant cette première partie de l'expérimentation (Manque de puissance des bus, en particulier temps de réponse à l'accélération jugé trop long et surtout autonomie trop courte nécessitant de refaire les pleins jusqu'à 3 fois par jour). Actuellement il n'existe pas encore une fiabilité totale, mais les progrès réalisés sont tout à fait incroyables. Une nouvelle génération de bus disposant d'une plus grande autonomie, plus puissants devraient être mis en service en 2008 et vont être mis en service en visant une mise en commercialisation en 2010. Cet événement devra s'accompagner d'une baisse des coûts d'exploitation qui sont encore actuellement très élevés. Entre temps, 9 autres grandes villes (dont BERLIN, PEKIN, MADRID, LONDRES, vont à leur tour, entamer une phase d'expérimentation.

DUNKERQUE & TOULOUSE (France)

La France expérimentera dès 2007 l'éthane à partir de 2 bus à DUNKERQUE et 3 bus à TOULOUSE à partir de début 2008. La fin de l'expérimentation est prévue de se terminer en 2009 afin d'exploiter les enseignements au plus tôt, et permettre de déterminer une nouvelle orientation avant 2010. (Voir description de l'expérimentation en annexe A.)

. ENSEIGNEMENTS CONCERNANT LE MATERIEL ET LA DURABILITE (SUNLINE)

- Compresseurs : SunLine utilise un compresseur d'hydrogène pour comprimer 1'éthane avant remplissage des réservoirs à 250 bars.
- Réservoirs : les bus GNV de SunLine utilisent des réservoirs Dynetek qui sont compatibles avec l'hydrogène (réservoirs composite avec liner en aluminium) et à fortiori avec l'éthane.
- Adaptabilité des moteurs GNV à l'éthane : d'après SunLine, un réglage de la cartographie moteur est suffisant. Westport (www.westport.com) est un motoriste qui a une certaine expérience de ce carburant.
- Durabilité des moteurs, compatibilité avec les moteurs GNV : SunLine n'a pas connu de problèmes particuliers au cours des trois dernières années d'exploitation.

. RISQUES

- Autorisations d'implantation et de mise en service : des demandes d'autorisations spéciales sont nécessaires.
- Sécurité : des démonstrations réalisées à Montréal et chez SunLine, il ressort que les risques sécuritaires de la mise en oeuvre de 1'éthane sont tout à fait gérables.
- Ces enseignements doivent être adaptés à la réglementation européenne.

Un projet de recherche « NATURALHY » financé par la Commission européenne a été lancé en juillet 2004. Ce programme implique 39 partenaires.

. CONCLUSIONS

Parmi les nombreuses études universitaires, on peut citer celles de Sierens et Rosseel, de l'Université de Ghent, sur un moteur GM V8 avec le soutien de la Commission européenne et celle de Gauducheau sur un moteur de poids lourd Mack E7.

Elles concluent également de façon positive sur les mérites de l'éthane.

II - GENERALITES SUR LE CARBURANT GNV

2. 1. – LE GAZ NATUREL, JAMAIS UNE ENERGIE N'A AUSSI BIEN PORTE SON NOM !

(Source : Extrait de documentation AFGNV – Association Française du gaz naturel véhicules)

Qu'il s'agisse de l'eau chaude de notre bain, du chauffage de la maison ou bien de la cuisson de nos repas, le gaz naturel fait partie intégrante de notre vie.

Le gaz naturel pour les véhicules s'est développé prioritairement en France sur le marché des flottes de véhicules captifs comme les bus (Plus de 2000 sont en circulation en France depuis fin 2006) ainsi que celui des véhicules urbains comme les bennes à ordures (Plus de 400 en France). Le doublement, voir le triplement de ces flottes est prévu dans les quelques années à venir.

Il s'agit maintenant d'étendre l'utilisation de ce carburant aux autres marchés que sont les flottes d'entreprises et de collectivités, les véhicules des particuliers ainsi que dans le domaine des grands routiers.

C'est notamment dans cet objectif qu'a été signé le 4 juillet 2005 par M. François Loos, Ministre délégué à l'Industrie, et par les membres fondateurs de l'Association Française du Gaz Naturel pour Véhicules : Gaz de France, Carrefour, Total, PSA Peugeot Citroën, Renault et Renault Trucks, le troisième protocole quinquennal pour assurer le succès du GNV en 2010.

Au travers de ce protocole, les pouvoirs publics se sont engagés à développer de façon très significative l'utilisation du GNV sur une période de 5 ans, de 2005 à 2010.

Le GNV est une énergie moderne, disponible, abondante, respectueuse de l'environnement et de notre santé. Dans les 15 prochaines années, l'emploi du GNV comme solution alternative sera donc une étape incontournable à la construction d'une Europe énergétique durable.

Protocole pour assurer le succès du GNV en 2010

SIGNATURE SOUS L'ÉGIDE DE L'AFGNV
LE 4 JUILLET 2005 PAR LE MINISTRE DÉLÉGUÉ
À L'INDUSTRIE ET PAR LES MEMBRES FONDATEURS
DE L'AFGNV (GAZ DE FRANCE, CARREFOUR,
TOTAL, PSA PEUGEOT CITROËN, RENAULT ET
RENAULT TRUCKS) DU PROTOCOLE POUR ASSURER
LE SUCCÈS DU GNV EN 2010.

CE PROTOCOLE CONTIENT DEUX GRANDS VOLETS :

➤ Le 1^{er} consiste à amplifier les succès actuels de la filière GNV en termes de véhicules lourds.

Objectifs 2010 :

- doublement du parc roulant de bus GNV,
- triplement du parc de bennes à ordures,
- élargissement de l'utilisation du GNV au transport de marchandises en milieu urbain.

➤ Le 2^e volet a pour ambition de donner au gaz naturel à l'horizon 2010 le statut de carburant alternatif attractif pour tous les véhicules des particuliers en proposant :

- des voitures capables de recevoir ce carburant avec un niveau de prestations équivalent aux autres véhicules,
- une distribution sous deux formes : appareil de remplissage à domicile et bornes GNV dans des stations-service classiques.

Objectifs 2010 :

- 100.000 voitures,
- 300 stations-service.

Logos: CITROËN, RENAULT, PEUGEOT, RENAULT TRUCKS, Carrefour, TOTAL, Gaz de France, GNV Association Française du Gaz Naturel pour Véhicules

Nota : Il ne faut pas confondre GNV et GPL (Gaz de Pétrole Liquéfié) :

Le GPL est un produit liquide constitué de butane et de propane ;

Le Gaz Naturel Véhicules est un produit gazeux composé principalement de méthane.

Pour des raisons techniques, un véhicule GPL ne peut absolument pas fonctionner au GNV et inversement.

2.2. - CARACTERISTIQUES PRINCIPALES

(Source : Extrait de documentation AFGNV – Association Française du gaz naturel véhicules)

Fort de quatre qualités fondamentales qu'il est le seul à offrir conjointement, le GNV s'affirme donc comme l'énergie de substitution au pétrole la plus prometteuse, à la fois pour ses qualités environnementales, mais également pour les avantages économiques qu'il présente.

UNE ENERGIE ABONDANTE POUR LONGTEMPS

Disponible en grandes quantités, provenant de sources variées et pour lesquelles on découvre toujours de nouveaux gisements, le gaz naturel constitue une diversification des approvisionnements en carburant.

UNE SOLUTION ECOLOGIQUE

Le GNV est composé essentiellement de Méthane (CH₄) qui est le plus simple et le plus propre des hydrocarbures. Le Méthane ne possède qu'un atome de carbone, là où le GPL en a trois, l'essence et le diesel, une dizaine. Le moteur GNV dispose d'un potentiel qui permet, à rendement équivalent par rapport aux autres carburants, d'émettre jusqu'à 25% en moins de CO₂, principal gaz responsable de l'effet de serre. Pour les polluants réglementés NOx¹, CO², particules et autres particules non méthaniques³, la majorité des véhicules utilisant le gaz naturel comme carburant sont déjà en mesure de respecter les normes environnementales EURO

Par ailleurs, le GNV ne nécessite ni transformation, ni transport par route; il est propre de l'approvisionnement à l'utilisation, il n'émet ni odeurs désagréables, ni fumées noires et autres composants nocifs pour la santé et responsables de la détérioration du patrimoine bâti.

UN GAZ NATURELLEMENT SÛR

Difficilement inflammable (540°C contre 280°C pour l'essence), plus léger que l'air, il se dissipe rapidement dans l'atmosphère sans former de nappe explosive ou de flaque inflammable, contrairement aux autres carburants.

Par ailleurs, la conception des réservoirs (acier ou composites résistants à de très fortes pressions) a fait l'objet de nombreux tests de résistance (aux crash-tests et fortes agressions, assauts aux balles et aux grenades) et ceux-ci sont implantés : - soit en toiture (bus), soit en bas de caisse (utilitaires et camions), limitant ainsi les impacts directs sur l'ensemble du système de stockage. Enfin, ils sont équipés d'organes de sécurité.

UN CONFORT ET DU BIEN ETRE DANS LE VEHICULE

Passagers et chauffeurs apprécient le peu de vibrations émis par le moteur GNV : confort pour les riverains et les utilisateurs puisqu'un véhicule GNV émet moins de bruit qu'un véhicule classique (> de 50 % de réduction des nuisances sonores).

¹ NOx : Oxydes d'azote

² CO : Monoxyde de carbone

³ Il est à noter que le GNV montre également de très bons résultats sur les niveaux d'émissions de polluants non encore réglementés tels que : hydrocarbures aromatiques cycliques (HAP) et benzène (tous deux cancérogènes reconnus), éthylbenzène, toluène, xylène et formaldéhyde.

2.3. – CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DES CARBURANTS *(Source : Extrait de documentation AFGNV – Association Française du gaz naturel véhicules)*

L'ensemble des caractéristiques physico-chimiques du GNV est mis en comparaison avec celles d'autres carburants habituellement utilisés :

	GNV	GPL	ESSENCE SANS PLOMB	DIESEL
Formule Chimique	CH ₄ (Méthane)	C ₃ H ₈ (Propane) + C ₄ H ₁₀ (Butane)	C ₇ H ₁₆ (Heptane)	C ₁₂ H ₂₆ (Dodécane)
Etat	Gazeux	Liquide	Liquide	Liquide
Acheminement	Canalisations (enterrées)	Camion	Camion	Camion
Pression dans le réservoir (en bar)	200	5	1	1
Indice d'octane	125 / 130	92/96	95/98	-
Masse volumique (en kg / litre stocké)	0,16 (Pression de stockage : 200 bar)	0,6	0,75	0,83
Densité par rapport à l'air	0,55 à 0,65	1,55	4	Variable et très élevée
LIE - LSE (% en volume)⁴	5 - 15	1,9 à 9	1,2 à 7,6	-
Température d'auto inflammation (en °C).	540	420 à 480	255	235

Source : GDF

Les différentes appellations du Gaz Naturel en France sont :

- ❖ GNL (Gaz Naturel Liquéfié) : sous forme liquide (-160°C)
- ❖ GNC (Gaz Naturel Comprimé) : comprimé à haute pression (200 bar)
- ❖ GNV (Gaz Naturel Véhicules) : utilisé comme carburant pour véhicules

Les différentes appellations du GNV en Europe sont :

- ❖ Metano en Italie
- ❖ Erdgas ou CNG en Allemagne
- ❖ CNG en Grande Bretagne et nombreux autres pays
- ❖ Gas Natural en Espagne

Le gaz naturel est inodore. Pour permettre de déceler les fuites de faible importance, il est odorisé (seuil de perception pour l'homme : environ 1% de dilution dans l'air). Les composants du GNV ne sont pas toxiques

2.4. - RESERVOIRS ET COMPOSANTS GAZ – CIRCUIT DE GAZ SUR LES VEHICULES *(Source : Documentation AFGNV)*

Circuit de gaz

Le système d'alimentation en carburant gazeux est très différent de celui d'un carburant liquide comme le gazole. Les avantages du gaz sont essentiellement liés à la qualité du démarrage puisque la vaporisation est déjà faite.

Le circuit comprend, en partant des réservoirs où le gaz est stocké à 200 bars :

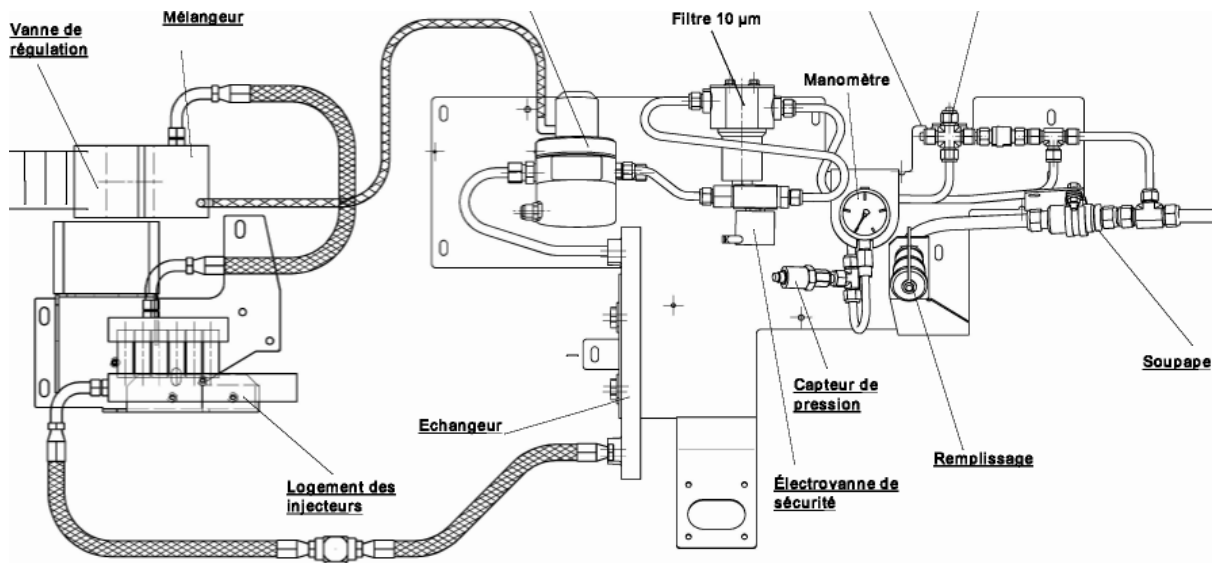
- une électrovanne qui va piloter le passage du gaz ;
- un manomètre,
- un filtre à huile : cet élément permet de réduire la quantité d'huile provenant des compresseurs. Selon le type d'injecteur, la quantité d'huile contenue dans le gaz doit être plus ou moins réduite. En effet, le moteur Irisbus/Renault Euro 3 fonctionne avec des teneurs très faibles, le moteur Irisbus / Iveco accepte des teneurs plus élevées. Ceci est aussi lié à la position des injecteurs dans la rampe d'admission.

**ETUDE DE L'EMERGENCE DE VEHICULES PROPRES DANS LE DOMAINE DES « GRANDS ROUTIERS »
PAR L'UTILISATION DU GNV**

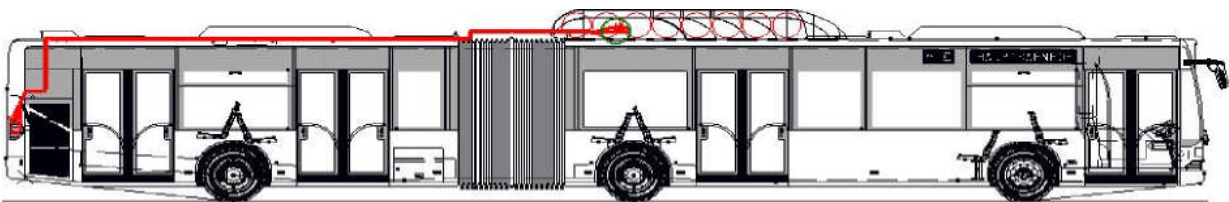
- un pré-détendeur qui va effectuer une première détente ;
- le détendeur (2 ou 3 étages) qui effectue la détente principale et régule le débit ;
- les injecteurs qui distribuent le gaz dans le répartiteur d'admission.

L'ensemble des composants du circuit gaz est réglementé par la norme R110 (disponible en intégralité sur www.unece.org/trans/main/wp29/wp29regs/110fpdf). Pour les bus, cet aspect est détaillé dans l'ouvrage de l'AFGNV *Guide pour une bonne exploitation des bus GNV* (juin 2004). Le circuit ci-après est celui du dernier bus GNV d'Evobus.

CIRCUIT GAZ SUR BUS



IMPLANTATION DES RESERVOIRS GNV SUR BUS ARTICULES

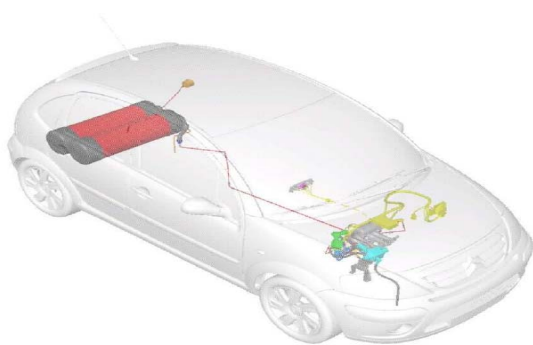


Tous les composants gaz et leur montage sont conformes au règlement européen ECE 110 du 19 juin 2001.

Dans la catégorie des voitures légères, selon le type de véhicule, les réservoirs peuvent être implantés, soit : sous le plancher ou en fond de coffre, voir derrière les sièges.

IMPLANTATION DES RESERVOIRS SUR UNE VL

(Citroën C 3 – Réservoirs sous le plancher du coffre).



IMPLANTATION DES RESERVOIRS SUR UN GRAND ROUTIER



Pour la catégorie des tracteurs routiers « grands routiers », les réservoirs sont implantés de chaque côté du véhicule, 3 ou 4 réservoirs, soit un total de 6 ou 8, selon les besoins en autonomie.

Les réservoirs de la flotte de SAFEWAY sont des réservoirs en matériaux « composites série 3 de la société ULLIT. » Pendant l'utilisation des véhicules, les réservoirs sont protégés par un carter de protection signalant la présence de réservoirs GNV..

(Source : Expérience de SAFEWAY Grande Bretagne)

Les réservoirs sont réalisés en acier ou en matériaux composites et équipés de limiteurs de débit qui ferment automatiquement les réservoirs en cas de rupture de canalisation.

Compte tenu de la pression de 200 bars (pression inférieure à celle utilisée dans les bouteilles de plongée sous marine) leur forme est cylindrique ce qui permet une meilleure résistance pour une épaisseur donnée.

Concernant la résistance des réservoirs, le règlement européen ECE 110 du 19 juin 2001 prévoit qu'un réservoir en acier (catégorie 1) doit tenir une pression de 450 bars soit 2,25 fois la pression de service et un réservoir en composite doit tenir une pression comprise entre 470 et 730 bars, selon la catégorie (partiellement ou totalement composite : catégories 2, 3 ou 4).

Les réservoirs sont donc homologués après des contrôles très stricts de résistance à la pression, aux chocs et au feu. En cas d'incendie, les réservoirs sont protégés par des fusibles thermiques.

Par ailleurs les canalisations GNV sont elles aussi très sûres, elles résistent à 5 fois la pression de service, soit 1000 bars, et sont situées hors de l'habitacle ou dans des fourreaux étanches et ventilés.

Contacts avec les Concessionnaires/constructeurs de véhicules :

La capacité des réservoirs de gaz installés sur les véhicules s'expriment en litres.

Le volume de gaz développé s'obtient par la règle : Nm3 (liquide) *soit capacité par réservoir x nombre de réservoirs X Pression (bars).*

En France la pression utilisée est 200 bars. Soit par exemple : pour un véhicule lourd équipé de 6 réservoirs de 126 litres soit 756 litres = $\frac{756 \times 200}{1000} = 151.2 \text{ Nm}^3$.

(Le volume de gaz comprimé est appelé GNV pour une utilisation comme gaz carburant).

Au niveau de l'Europe, et donc dans de nombreux pays, la règle est d'appliquer le kilogramme de GNV. Cette règle devrait se généraliser prochainement dans le cadre de l'harmonisation des normes et standards recherchée par l'ISO internationale.

La conversion Nm3 en kilo s'exprime comme suit : 1 kg GNV = 1,316 ou encore de façon plus simple, plus approximative **1Nm3 = 0,8 kg de GNV.**

Soit l'exemple cité ci-dessus 151,2 Nm3 : 1,316 = 114.89 kgs Ou 151.2 x 0.8 = 120.96 kgs.

Poids des réservoirs et carburant

Dans le cas du grand routier motorisé GNV, pour une configuration de 8 réservoirs – la plus complète apportant la plus grande autonomie de l'expérimentation SAFEWAY en Grande Bretagne, les réservoirs sont en matière composite (voir descriptif ci-après par. 2. 4. 1.). Le poids d'un réservoir vide équipé de son dispositif de sécurité est de 40 kgs, avec le plein de GNV, il passe à 65 kgs, soit un poids total d'environ 500 kgs pour les 8 réservoirs pleins.

Par contre, l'utilisation de réservoirs en acier, moins onéreux à l'achat mais nettement plus lourds que ceux en matière composite nécessite pour des raisons de sécurité, des supports de maintien de réservoirs, également très lourds.

L'expérience britannique montre que le gain de poids obtenu sur les réservoirs entre l'usage de matière composite et celui de l'acier, est d'environ 750 kgs.

2.4.1. - STOCKAGE SOUS FORME GAZEUSE A HAUTE PRESSION (GNC, Gaz Naturel Comprimé) (Source documents ADEME Etude OPTICAMION)

La pression de stockage de 200 bar constitue une valeur optimale pour une énergie embarquée, compte tenu de la masse des réservoirs (plus la pression augmente, plus l'épaisseur des parois, et donc la masse des réservoirs augmente).

Selon la norme ISO 11439, les réservoirs sont classés selon quatre types en fonction des technologies utilisées :

Type	Technologies
CNG 1	Métal
CNG 2	Liner (*) métallique renforcé par un filament continu imprégné de résine (bobiné sur la partie cylindrique)
CNG 3	Liner métallique renforcé par un filament continu imprégné de résine (entièrement bobiné)
CNG 4	Filament continu imprégné de résine sur liner polyéthylène (tout composite)

(*) Liner : composant interne de la bouteille prévenant les fuites de gaz à travers la structure composite de la bouteille.

(**) Filament : fibres continues (carbone, aramide, verre).

Les réservoirs utilisés en France sur les bus GNV sont uniquement de type 3 (Dynetek www.dynetek.com, Raufoss www.raufoss.com) et de type 4 (Ullit www.ullit.com). Les réservoirs Ullit (resp. Dynetek et Raufoss) sont des composites de fibres de carbone et d'époxy avec le liner en polyéthylène (resp. aluminium). Alors que l'aluminium supporte 20 % de la charge (80 % sont supportés par le composite), le polyéthylène ne réalise que l'étanchéité (le composite supporte alors 100 % de la charge).



Sur les autobus, le gaz est stocké sur le toit, ce qui permet de limiter les risques de chocs sur les bombonnes et d'évacuer le gaz en altitude. L'autonomie offerte est compatible avec l'utilisation de ces véhicules : elle varie de 200 à 400 kms, selon le nombre de réservoirs embarqués (5 à 8 de 190 litres environ selon les constructeurs). Pour les poids lourds, le stockage est généralement latéral sur chaque côté du véhicule, selon le type de conduite et l'utilisation des véhicules, **l'autonomie enregistrée dans l'exploitation des tracteurs GNV utilisés par l'entreprise SAFEWAY en Grande Bretagne est de 750 kms en mode route (parcours sur autoroute à vitesse constante sur tracteurs SCANIA Série 3 motorisés 350 CV transformés en mode gaz)**. Les véhicules sont équipés de 4 réservoirs de chaque côté du véhicule.

Essais et Crash-tests :

Les réservoirs résistent aux crash-tests, aux arrachements et aux fortes agressions, assauts aux balles et aux grenades, même après de forts chocs les réservoirs restent intacts.

Par ailleurs la réglementation est très exigeante vis-à-vis des fixations des réservoirs, afin qu'ils restent bien à leur place lors d'un choc accidentel.

Les composants subissent de multiples essais :

- Les essais basés sur le règlement européen ECE 110 du 19 juin 2001 sont impératifs pour une homologation :

- Essais sur composants :

Réservoir : essais de pressions, chocs sur arrête vive, essais feu

Tous les autres composants (injecteur, tuyau basse pression, électrovanne, détendeur...), essais divers : pression, fuite, corrosion, essais feu.....

- Essais sur « Caisse en blanc » ou sur bâti :

Réservoir, électrovanne et canalisation : essais d'ancrage en configuration véhicule (accélération de 20 g en longitudinal et 8 g en transversal)

- Hors réglementation, les constructeurs réalisent des crashes tests sur véhicule complet suivant leurs cahiers des charges internes, et au même niveau que les autres véhicules de la gamme.

2.4.2. - STOCKAGE SOUS FORME GAZEUSE MAIS ADSORBE DANS UN MATERIAU (GNA, Gaz naturel adsorbé)

(Source : Documentation ADEME – Etude OPTICAMION)

Cette technologie utilisant des charbons actifs ou des oxydes métalliques permet de stocker des composés gazeux en limitant la pression de stockage à quelques dizaines de bars en utilisant des matériaux poreux ou des structures offrant de grandes surfaces de contact. Les molécules de gaz sont alors retenues par les forces de Van der Waals.

L'intérêt est de réduire la compression du gaz pour la distribution et le stockage du gaz, de réduire ainsi la masse des réservoirs et de pouvoir ainsi adapter plus facilement les formes de réservoirs aux véhicules (car les contraintes sont réduites). L'application pour les véhicules est en phase de recherche. Les problèmes à résoudre concernent l'adsorption, la désorption du gaz et la durée de vie des matériaux. Les phénomènes d'adsorption/désorption sont pilotés par la température, sachant qu'une augmentation de température conduit à la désorption du méthane, puis des espèces plus lourdes. Un lit de garde peut être rajouté à l'entrée du réservoir pour piéger les espèces lourdes. Le pilotage de ce lit de garde est une piste de progrès. Enfin, le cyclage adsorption/désorption réduit la capacité à stocker.

Le laboratoire de Perpignan (www.imp.cnrs.fr) travaille sur ce sujet.

Les travaux de recherche sur ce sujet sont nombreux, car le stockage est un des freins au développement de l'hydrogène. Récemment (voir la revue Nature, www.nature.com), un cristal à base d'oxyde de zinc (MOF Metal Organic Framework -177) a permis de stocker 36 grammes d'azote dans 28 grammes de cristal, soit une augmentation de 100 par rapport à un stockage classique. Ceci est obtenu grâce à la surface disponible à l'intérieur du cristal, la surface offerte est de 4.500 m²/gramme de cristal. Par ailleurs, des travaux ont prouvé que les nanotubes de carbone ont des propriétés intéressantes d'adsorption.

(Voir également le site http://www.afh2.org/archive/fiche_4_4.pdf, stockage d'hydrogène adsorbé).

2.4.3 - STOCKAGE SOUS FORME LIQUIDE (GNL, Gaz Naturel Liquéfié)

(Source documents ADEME Etude OPTICAMION)

Ce dernier mode de stockage est le plus performant d'un point de vue densité énergétique car, pour une même quantité d'énergie, le volume du GNL est environ 600 fois inférieur à celui du gaz naturel à l'état gazeux (ce qui le rapproche du gazole, 24 000 MJ/m³ pour 35 000 MJ/m³).

C'est d'ailleurs pour cela que le gaz est transporté liquide par des méthaniers.

De plus, la liquéfaction supprime les composés inertes et le GNL est composé à 99 % de méthane.



Le point de liquéfaction du gaz naturel à la pression normale de 1 bar est de - 164 °. La liquéfaction est pratiquée à l'échelle industrielle à -82 °C, sous 47 bars. La liquéfaction ne s'obtient pas uniquement par un apport de froid au gaz, mais par un

**ETUDE DE L'EMERGENCE DE VEHICULES PROPRES DANS LE DOMAINE DES « GRANDS ROUTIERS »
PAR L'UTILISATION DU GNV**

effet combiné de ce refroidissement et de la propre détente adiabatique du gaz après qu'il ait été préalablement comprimé. En France, il y a actuellement 2 ports méthaniers (Fos-sur-mer et Montoir-de-Bretagne). D'autres projets sont en cours de préparation (Dunkerque, Le Havre et estuaire de la Gironde). La vaporisation du gaz naturel liquéfié s'effectue en le soutirant des réservoirs de stockage. Le GNV est ensuite comprimé (80 bars) sous phase liquide par des pompes, avant d'être réchauffé dans des échangeurs thermiques, puis re-gazéifié grâce à la chaleur apportée de l'eau de mer ou de l'eau chaude. En application mobile, le stockage du GNL est effectué à -161° , ce qui nécessite des réservoirs cryogéniques complexes à doubles épaisseurs, le vide étant réalisé entre les 2 parois pour améliorer l'isolation thermique. Mais cette isolation thermique, aussi bonne soit-elle n'est pas totale (les conditions adiabatiques ne sont pas réalisables). Ceci a pour conséquence une légère ébullition du gaz liquide due aux petits apports de chaleur correspondants à cette imperfection d'isolation. Les réservoirs sont donc munis de soupapes tarées à quelques bars pour permettre de ne pas monter en pression en laissant évaporer du liquide. Cette évaporation permanente a été évaluée pendant un temps à environ 1 % par jour. Elle a été considérée comme un des inconvénients majeurs du stockage sous forme liquide. Il semble que grâce aux améliorations apportées dans la fabrication des nouveaux réservoirs, cet inconvénient soit maintenant surmonté ou en voie d'y parvenir très rapidement.

Informations économiques concernant le transport du gaz : (Source : *Images économiques du monde 2007*)

Jusqu'à présent le transport du gaz naturel a été majoritairement assuré par gazoduc. Il faut rappeler que ce mode d'acheminement du gaz est onéreux (jusqu'à 4 fois plus coûteux que le transport du pétrole par oléoduc). Ce coût s'explique par le procédé utilisé pour le transport. Le déplacement du gaz naturel s'effectue par compression (tous les 120/150 kms), permettant une vitesse de déplacement du gaz de 15 à 20 kms/heures. Cette méthode a été suivie jusqu'à présent pour des distances allant jusqu'à 4.000 kms. Au de là le GNL devient compétitif.

Quelques éléments de coût concernant l'exploitation du GNL :

- Coût d'une usine de liquéfaction du gaz : environ 1 Milliard \$ US.
- Coût d'un terminal de re - gazéification : environ 500 Millions \$ US
- Coût d'un méthanier : environ 100 Millions \$ US

Il faut un minimum de 4 méthaniers pour disposer d'un train (1 méthanier en position de chargement – 1 en position de déchargement – 1 dans le sens aller vers le centre de déchargement – 1 dans le sens retour vers le centre de chargement. En raison de l'augmentation de la demande, la tendance est à disposer d'un train à 8 méthaniers. – 1 Méga méthanier transporte 150.000 m³ de GNL - Le coût de la liquéfaction a diminué de moitié ces dernières années.

Le triplement de la production de GNL est annoncé pour 2020 pour atteindre 450 Millions de tonnes.

2.5. - LES VEHICULES GNV ACTUELLEMENT DISPONIBLES SUR LE MARCHÉ FRANÇAIS

(Source : Gaz de France GNV)

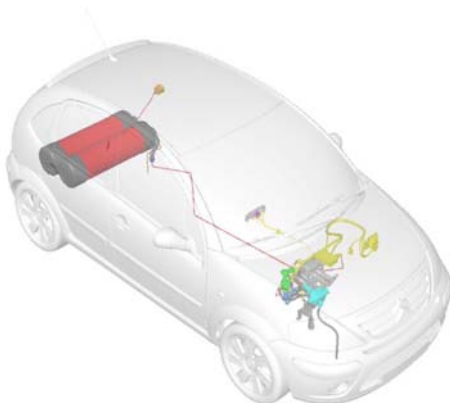
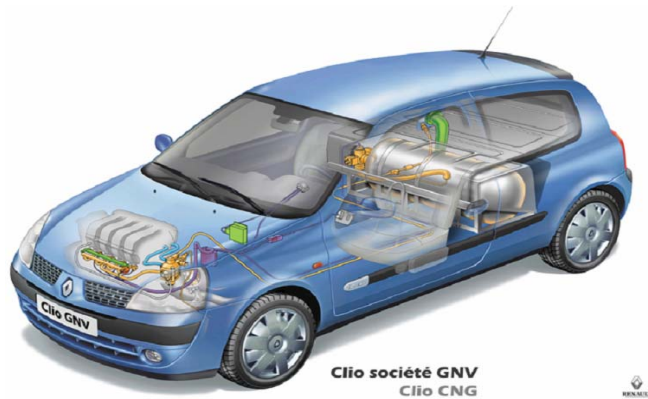
Bien que cette étude concerne les grands routiers, nous avons jugé intéressant d'introduire des informations sur les autres types de véhicules GNV disponibles en France, pour présenter les différentes options de motorisations expérimentées et les différents types de stations de compression.

2.5.1. - Véhicules légers et utilitaires GNV

Il existe actuellement trois modes de carburation pour les véhicules légers GNV (Voir liste des véhicules GNV disponibles sur le marché français en annexe A.1 & A.2)

- Bicarburant « bivalente »: (essence et GNV),
- Bicarburant « Monovalente »: mode principal GNV et mode secours essence (réservoir essence < 15 litres),
- Mono carburant stricte uniquement au gaz naturel (actuellement limité à certains VUL (véhicule utilitaire léger) de type fourgon).

Exemple de véhicule bi carburant - Sources : Renault et Citroën.



Source : Citroën

Caractéristiques des véhicules GNV (Source *Well-to-Wheels analyses of future automotive fuels and powertrains in the european context – March 2007*)

Eléments	Technologie injection Allumage commandé Essence	Technologie injection Allumage commandé CNG Bi-fuel	Technologie injection Allumage commandé CNG	Observations
Puissance				
Cylindrée (Litre)	1, 6	1, 6	1, 9	
Puissance (kW)	77	77/68	85	
Poids moteur (kg)	120	120	150	Ecart de 30 kgs pour Le moteur CNG
Poids boîte de vitesse (kg)	50	50	50	
Système de stockage				
Pression reservoir (MPa)	0, 1	25	25	
Capacité nette réservoir	31, 5	14/17, 5	30	
Poids reservoir vide (kg)	15	12/61	103	Réservoir CNG acier dans l'exemple. Différence de poids supprimée en version composites
Augmentation du poids du incluant 90 % de carburant	0	59	87	
Véhicule				
Poids de référence (kg)	1181	1181	1181	
Poids véhicule (kg)	1181	1240	1298	
Poids du cycle test(kg)	1250	1360	1360	
Poids performance(kg)	1321	1380	1438	

2.5.2. - Poids lourds – Bus, camions et grands routiers motorisés Gaz (Source : *Gaz de France GNV*)

Il existe actuellement 2 modes de carburation pour les véhicules lourds GNV (Voir liste des véhicules GNV disponibles sur le marché français en annexe A.3)

- **Mono carburation** uniquement au gaz naturel (Véhicules utilitaires lourds et camions porteurs limités actuellement à 26 tonnes). Des véhicules grands routiers motorisés gaz (motorisations transformées en mode gaz sont opérationnels à l'étranger – voir annexe A 3 et expérience britannique annexe « I »

- **Dual fuel** Motorisation ayant fait l'objet d'une transformation permettant l'allumage moteur en mode diesel et la marche du véhicule en mode gaz (voir expérience britannique - Groupe HARDSTAFF en Annexe G et expériences Suisse – Paragraphe 3.3.4.).

2.6. – LES STATIONS DE COMPRESSION CNG / GNL / LCNG

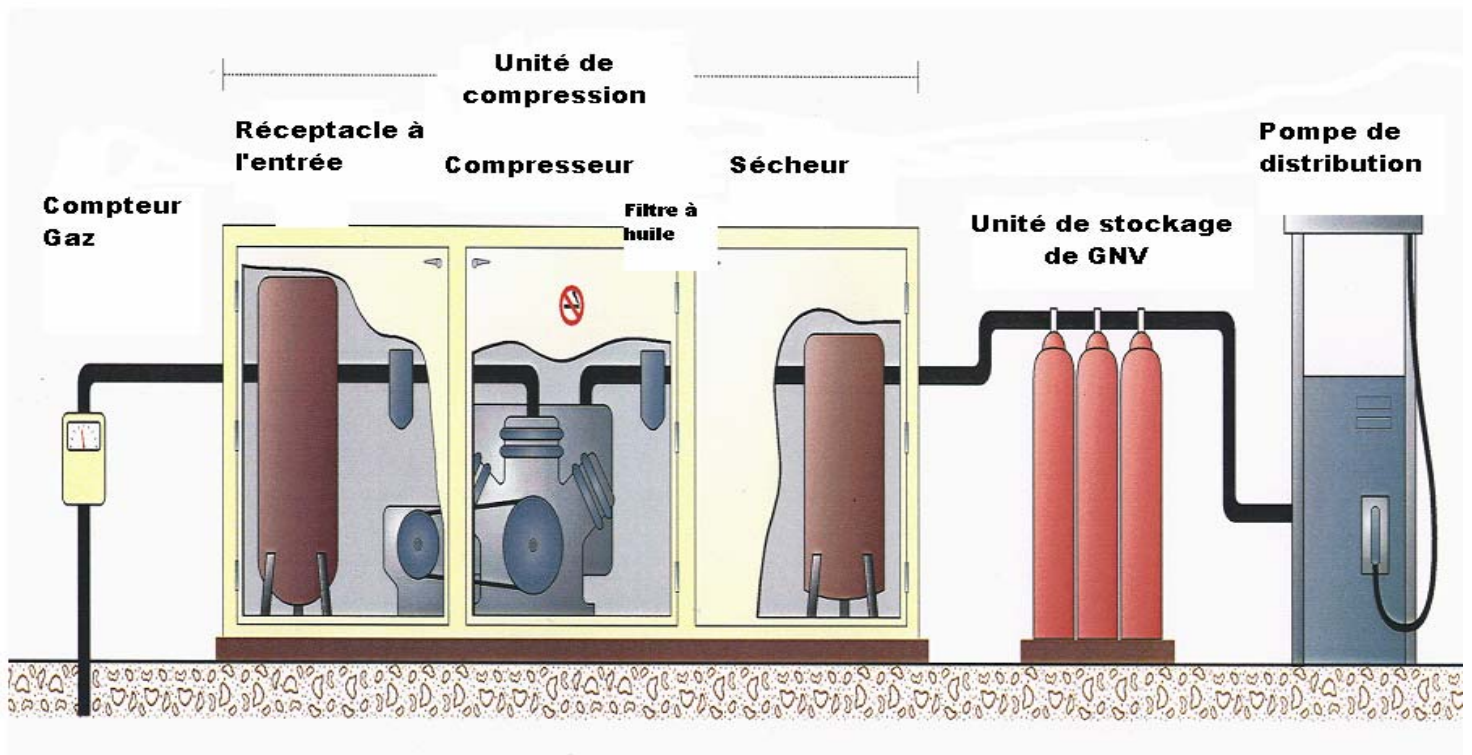
2.6.1. - DESCRIPTION DES PRINCIPES DE FONCTIONNEMENT D'UNE STATION GNV

Toute station de compression gaz fonctionne selon le même principe. Seule varie, la composition des équipements périphériques prévus en sortie de la compression pour assurer la fourniture du gaz comprimé dans les conditions souhaitées par l'utilisateur de la station.

La composition standard d'une station comprend :

- Un compteur de gaz à l'entrée de la station (mesure la quantité de gaz absorbée par la station) :
- Une unité de compression, comprenant :
 - Un réceptacle par où transite le gaz avant d'être absorbé par le compresseur.
 - Le compresseur avec son filtre à huile.
 - Le sécheur qui permet d'éliminer tout risque d'humidité du gaz comprimé produit.
 - Une unité de stockage du gaz comprimé dont le nombre de réservoirs varie les besoins de l'utilisateur de la station.
 - Un (ou des) poste(s) de distribution de GNV, selon l'organisation des distributions de gaz carburants.

Il faut noter que la fourniture du GNV s'effectue à partir de la réserve de GNV contenu dans l' (ou les) unité (s) de stockage, le compresseur complète le stockage au fur et à mesure des fournitures. Cette technique permet d'éviter tout temps d'attente lors des opérations de fourniture.



2.6.2. – DESCRIPTION DES PRINCIPES DE FONCTIONNEMENT DES STATIONS LCNG (Stations mixtes GNV /GNL).

Ce type de station (voir photo ci-après) comprend 2 parties :

- a) Fourniture de LNG

Les stations LCNG disposent d'une réserve de LNG. Celles-ci sont :

- soit approvisionnées en LNG transporté directement par des remorques spécialement conçues pour le transport du LNG (remorques de 21 tonnes), quand les stations ne sont pas raccordées au réseau de distribution du gaz. Ces stations sont présentes en Suède depuis mi-2006.

- soit alimentées en LNG à partir des installations cryogéniques dont les stations sont pourvues. Ces stations sont connectées au réseau de distribution du gaz.

Il faut rappeler que dans les pays qui ont adopté les stations LCNG, le réseau de distribution achemine indifféremment du gaz naturel ou du bio méthane.

Les stations délivrent du gaz liquéfié pour les véhicules pourvus de réservoirs LNG, en principe pour les poids lourds (bus et grands routiers) ou encore seront appelées à ravitailler (selon leur emplacement), d'autres moyens lourds de transport (exemples : tractions ferroviaires ou bateaux maritimes ou fluviaux équipés de moteurs gaz).

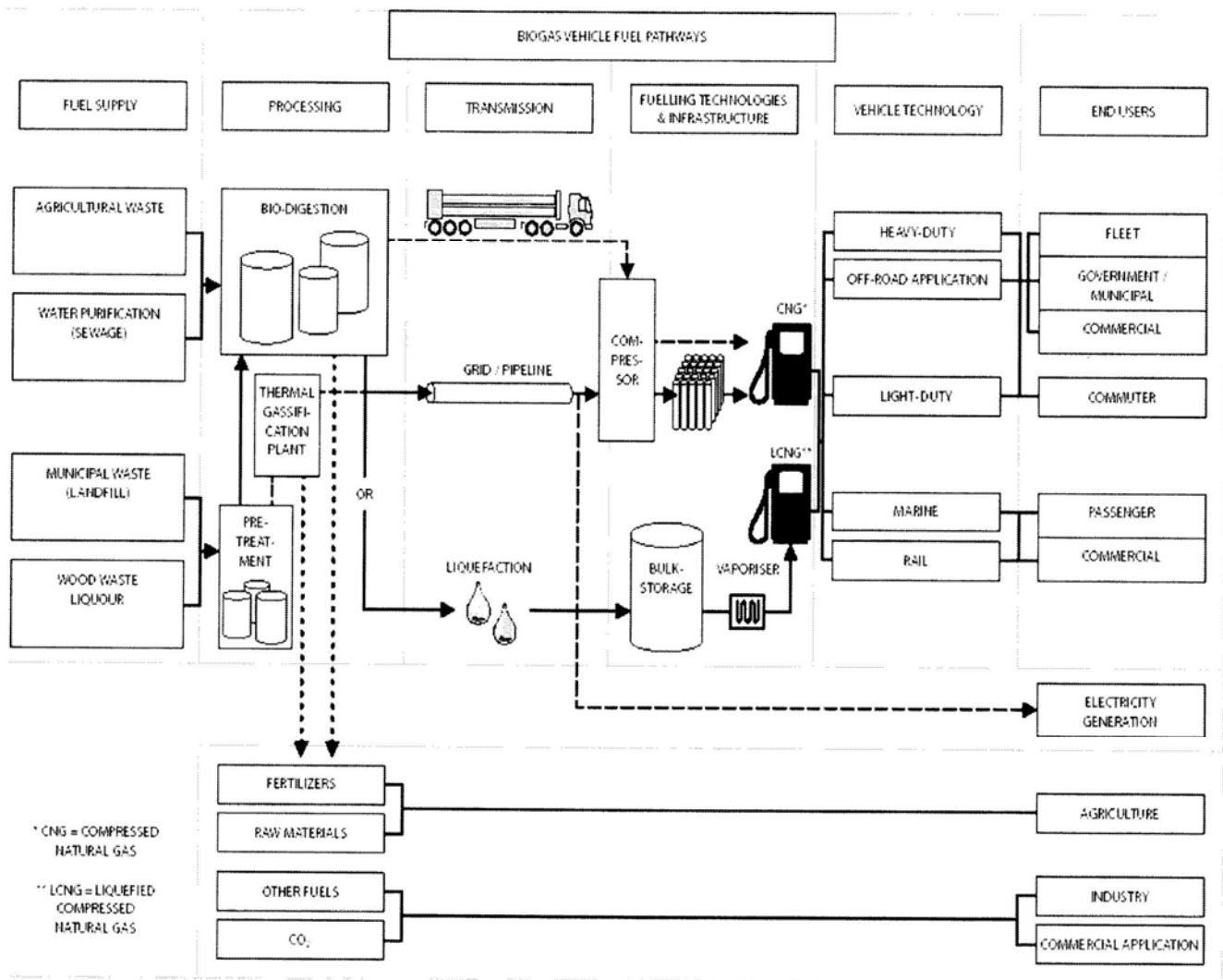
- b) Fourniture de CNG

Les stations LCNG assurent la distribution du CNG (GNV en Français) comme les stations CNG classiques. La station est équipée d'une pompe cryogénique permettant la transformation en CNG à partir du LNG provenant du stockage pour les stations qui ne sont pas reliées au réseau de distribution du gaz, permettant de délivrer le gaz sous forme gazeuse aux véhicules motorisés gaz pourvus de réservoirs GNV.

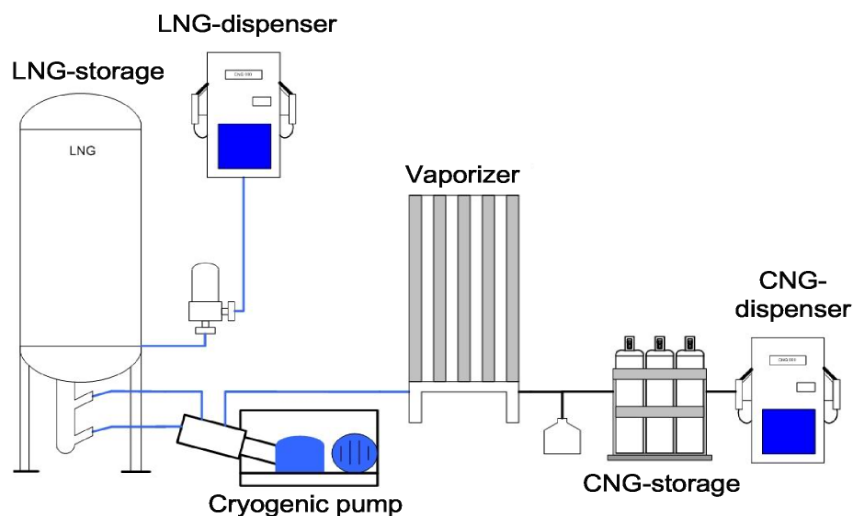


Ces stations se développent rapidement en Scandinavie, principalement en Suède, mais également en Allemagne, Suisse et Autriche.

Schéma de l'organisation de la distribution du bio méthane dans les stations CNG & LCNG (englobant la collecte des déchets, la production du biogaz et son épuration pour lui permettre de devenir gaz carburant) (Source : ENGVA)



Principes de fonctionnement d'une station LCNG : (Source : VATTENFALL POWER Consultant Suède)



LES VOLUMES ACTUELS DES FLOTTES ET MOYENS DE COMPRESSION GNV OPERATIONNELS (en France, en Europe, dans le monde)

(Situation des réseaux de stations de compression GNV début 2006)



Situation Française :



Pour tous renseignements sur l'usage de carburant GNV au moyen de stations de remplissage à domicile (usage voitures légères et utilitaires)

Renseignements au 0811 01 02 20.

(Pour connaître la localisation des stations de compression GNV publiques en place en France situation début 2007 voir Annexe B).

Pour l'Allemagne, l'Autriche et la Suisse, consulter :

www.erdgastanken.ch
www.erdgaszuerich.ch
www.gaz-naturel.ch
www.gvm-ag.ch
www.kompagas.ch
www.biogas.ch
www.erdgasfahrzeuge.de
www.gibgas.de
www.erdgasinfo.at
www.metanautist.com
www.guidametan.com
www.engva.org

Situation au niveau mondial « THE TOP TEN WORLWIDE" (Source : ENGVA)

Pays	Flottes véhicules	Nb stations	Prix GNV % Prix/essence
Argentine	1.450.000	1.494	40, 1 %
Brésil	1.030.000	1.182	42, 5 %
Pakistan	700.000	766	34, 0 %
Italie	402.300	543	37, 1 %
Indes	222.306	192	31, 2 %
USA	146.876	1.600	68, 1 %
Chine	97.200	355	44, 8 %
Iran	91.314	120	23, 4 %
Colombie	72.136	168	49, 3 %
Ukraine	67.000	147	33, 6 %
Monde	5.692.397 (1)	8.130 (2)	

(1) Dont 3.77.584 Voitures légères - 110.967 bus & 93.002 camions

(2) Amérique du sud : 3.299 - Asie & Moyen Orient : 2.631 - Europe : 2.200 (Situation fin 2006)

Cette situation concerne uniquement les stations « GNV » distribuant du gaz à l'état gazeux (gaz comprimé à 200 ou à 250 bars, selon les pays).

Les prix locaux de vente du GNV varient considérablement, selon la fiscalité localement appliquée. Afin d'apporter un éclairage significatif sur les écarts de prix, le prix de vente indiqué du GNV a été exprimé en % du prix local appliqué à l'essence.

Les dernières informations connues concernant les prix du GNV à partir du biogaz (Source d'approvisionnement du gaz en rapide développement dans certains pays de la CE) font état de tendance de coûts d'investissement nettement à la baisse. Les coûts des stations LNG étant inférieurs aux coûts de station GNV et les coûts de revient de la production du biogaz, moins onéreux que le coût du gaz naturel.

III. - ETAT DE L'ART DE LA TECHNIQUE & BILAN ENVIRONNEMENTAL DISPONIBLE DES MOTEURS CONVERTIS EN MODE GAZ (CONTROVERSES FRANCE ET ETRANGER).

3.1. - MOTEUR A ALLUMAGNE COMMANDE FONCTIONNANT AU GNV :

(Source : Documents ADEME/Technologie des moteurs – OPTICAMION)

La présentation de ces moteurs et leurs différences par rapport au Diesel permettront de mieux comprendre l'impact des variations observées sur le gaz et l'origine des résultats d'émissions polluantes. Les informations sont aussi valables pour le biogaz et l'héthane et, en grande partie, pour le GPL, qui utilise aussi un moteur à allumage commandé. Compte tenu de la résistance à l'autoallumage élevée du méthane (indice d'octane), sa combustion est réalisée sur des moteurs à allumage commandé, généralement par une bougie, au lieu d'un autoallumage (moteur Diesel). Il convient de rappeler que l'allumage peut aussi être réalisé par injection de gazole qui va initier la combustion. Le moteur est alors appelé « *Dual fuel* ». Actuellement, cette technologie n'est pas utilisée en France pour les applications transports, mais pour certaines applications fixes. Westport, www.westport.com, et Detroit Diesel, ainsi que le groupe HARDSTAFF sont actifs sur ce sujet. (Voir présentation de l'offre HARDSTAFF en annexe G).

Les véhicules légers adoptent des moteurs à essence modifiés (système d'admission du gaz par détentés successives et électrovanne). Afin que le fonctionnement soit possible avec les deux carburants, le rapport volumétrique n'est que faiblement augmenté par rapport à l'essence.

Les véhicules lourds sont équipés de moteur Diesel modifiés (voir ci-dessous), abaissement des compressions, système d'allumage et d'admission spécifiques. Pour les véhicules légers, la bicarburation est possible (et généralement réalisée). Pour les véhicules lourds, elle est impossible et pas strictement nécessaire puisque les véhicules ont été jusqu'à présent essentiellement des véhicules à usages captifs et peuvent faire le plein dans une station donnée. L'augmentation des autonomies des véhicules lourds motorisés gaz (expériences des grands routiers GNV en Grande Bretagne (expérience SAFEWAY), ainsi que celle de HARDSTAFF « dual fuel », suppriment progressivement les restrictions d'utilisation connues précédemment.

Pour les véhicules lourds, ce point est très important, car l'optimisation du moteur GNV dépend de la base moteur de départ. Il n'existe pas à ce jour de moteur GNV conçu uniquement pour ce carburant au niveau de la production d'origine. Les modifications sont lourdes (voir graphiques ci-après et présentation de l'expérience britannique chapitre 3.3.2)

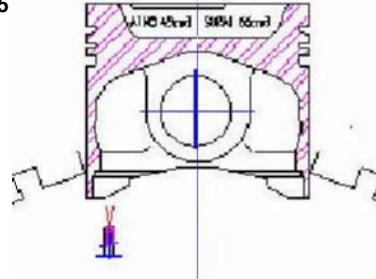
- mise en place de bougie d'allumage dans la chambre de combustion, généralement à la place de l'injecteur, et des bobines d'allumage,
- changement ou modification du répartiteur d'admission pour placer les injecteurs (ou carburateur) et du boîtier papillon qui va réguler la charge,
- modification du piston au niveau de sa face supérieure pour augmenter la turbulence et pour réduire le taux de compression (par rapport à un Diesel),
- changement de tout le circuit carburant : pompe, mise en place d'un détendeur et filtre à huile sur le circuit gaz.

Mise en place d'une bougie dans une culasse Diesel à la place de l'injecteur gazole

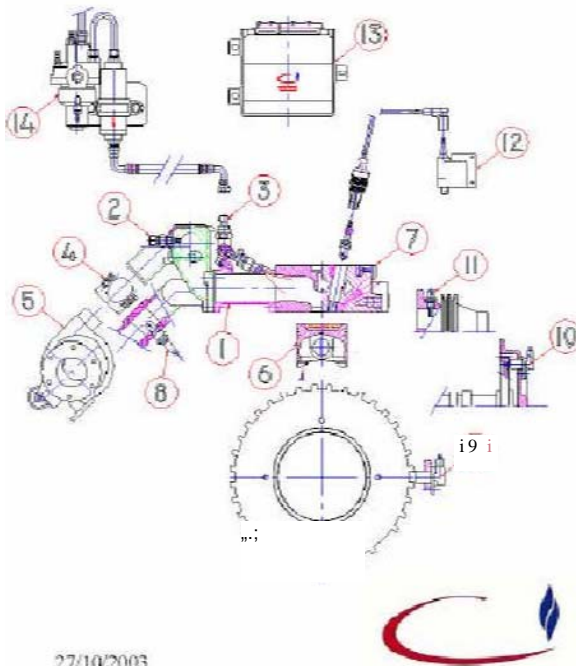
Modifications sur le piston

Piston

- taux compression 13 (NA) ou 10,5 TC
- refroidissement hautement recommandé
- forme à ajuster (tête)
- chambre de combustion centrée



Circuit carburant



1. Collecteur d'admission
2. Capteurs de température
3. Rail gaz
4. Boîtier papillon
5. Turbo compresseur
6. Pistons
7. Bougies
8. Sonde lambda
9. Cible 36 dents et capteur
10. Magnétique
11. Capteur de phase
12. Capteur de température d'eau
13. Bobines d'allumage
14. Calculateur
15. Détendeur, électrovanne,
16. filtre

27/10/2003

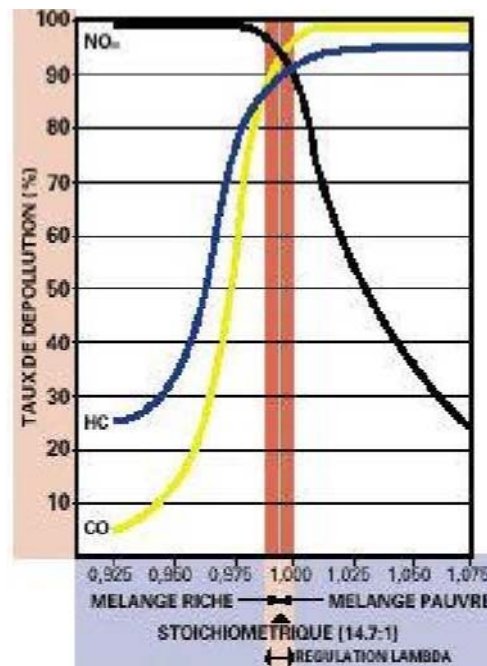
13

Source CRMT

3.1.1 – STOECHIOMETRIE ET MELANGE PAUVRE (Source documents ADEME Etude OPTICAMION)

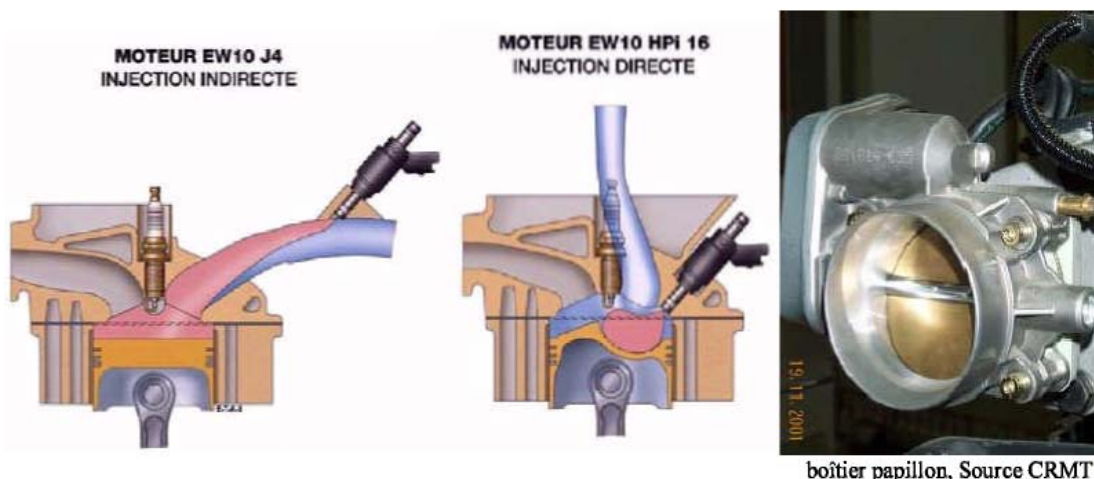
Il existe deux stratégies de mélange, la stoechiométrie et le mélange pauvre.

- **Les moteurs stoechiométriques** ont un fonctionnement qui permet l'utilisation d'un catalyseur dit "à trois voies" associé à une sonde lambda qui effectue une réduction des NOx et une oxydation des CO et HC. Cette sonde mesure la quantité d'oxygène dans les gaz d'échappement. Le signal est transmis au calculateur électronique qui agit sur le système d'injection pour ajuster le dosage air/gaz et conserver en permanence les proportions idéales pour un bon fonctionnement du catalyseur. La sonde lambda permet au moteur (si toutes les stratégies ont été intégrées au calculateur) de s'adapter à la qualité du gaz, puisque la quantité d'oxygène mesurée à l'échappement traduit la proportion de gaz inertes. Cette technologie conduit à des émissions polluantes très faibles, mais demande un contrôle précis de la richesse et conduit à des consommations élevées en faibles charges, surtout en comparaison à un Diesel (voir le chapitre suivant). Ce mode de combustion permet l'utilisation de l'EGR (recirculation des gaz d'échappement pour réduire Les émissions de NO_x, sans risques d'instabilité.



- **Les moteurs à mélange pauvre** permettent de réduire la quantité de carburant injecté, donc la consommation. Le moteur émet moins de polluants à la source, mais la catalyse n'est pas efficace sur les NOx en présence d'excès d'air (la réduction est impossible, le catalyseur fait uniquement l'oxydation). Au bilan, les émissions peuvent être supérieures à un moteur stoechiométrique (notamment au niveau des NOx). Cependant, ce type de combustion présente un potentiel d'amélioration important. Apparue en essence sur les véhicules légers, l'injection directe (Mitsubishi GDi, PSA HPi) permet, notamment, de réguler la charge par la quantité de carburant, donc de supprimer le boîtier papillon pour réduire les pertes par pompage. De plus, des solutions de De NO_x en excès d'air sont en cours de développement

3.1.2.) - INJECTION DE CARBURANT (Source documents ADEME Etude OPTICAMION)



L'injection de carburant peut se faire, comme sur les véhicules légers, grâce à deux technologies, aussi bien pour un mélange stoechiométrique que pauvre :

- un système à carburateur.
- un système d'injection électronique.

Cette deuxième voie se généralise pour sa précision, sa robustesse, le bouclage possible avec une sonde lambda. Un progrès important est à attendre de l'avènement de l'injection multipoint pour améliorer le dosage par cylindre, puis de l'injection directe.

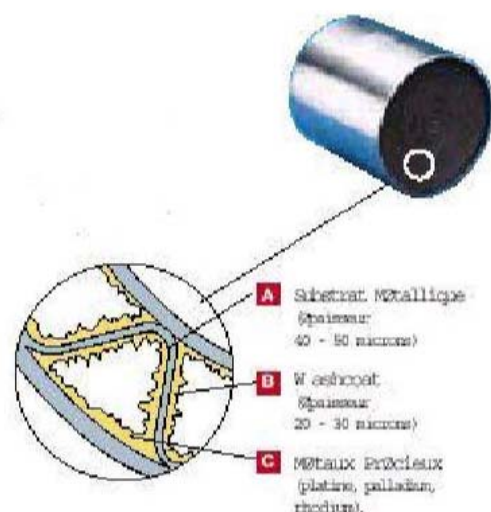
La mise en oeuvre d'un système boucle par sonde lambda réduit les émissions et surtout améliore la robustesse des émissions vis-à-vis des variations de la qualité du gaz.

Enfin, l'injection permet dans certain cas (ralenti notamment) de faire fonctionner 3 cylindres sur 6 pour réduire la consommation.

12 injecteurs type mono point et boîtier papillon sur le nouveau moteur de Mercedes



Source Evobus



3.1.3. – CATALYSEUR *(Source : Documents ADEME/Technologie des moteurs – OPTICAMION)*

Concernant le catalyseur, les métaux précieux utilisés sont généralement un mélange de deux ou trois des éléments suivants: platine, palladium, rhodium. Le platine favorise l'oxydation des hydrocarbures et du monoxyde de carbone alors que le rhodium favorise plutôt la réduction des oxydes d'azote.

Le rhodium est aussi utilisé pour améliorer les propriétés d'amorçage. En règle générale, il y a environ 1 à 2 grammes de métaux précieux dans chaque pot catalytique.

La catalyse du méthane est très difficile à réaliser compte tenu de la stabilité de la molécule même à haute température. De plus, l'efficacité de la catalyse se détériore avec le temps. Les émissions d'HC doivent donc être limitées à la source, au niveau moteur, par une régulation de richesse soignée.

Augmenter la charge en métaux précieux permet d'augmenter l'efficacité de la catalyse mais en grève aussi le prix. Les systèmes OBD ou OBM, qui apparaîtront pour Euro 4, permettront de contrôler l'efficacité de l'ensemble (régulation de richesse et catalyse).

3.1.4. - HOMOLOGATION DES MOTEURS A GAZ *(Source documents ADEME Etude OPTICAMION)*

Concernant les moteurs a gaz, deux gammes de gaz naturels sont données pour l'homologation des véhicules.

- le gaz de type H, de pouvoir calorifique élevé, délimité par les gaz de référence GR et G23,
- le gaz L, de bas pouvoir calorifique, délimité par les gaz de référence G23 et G25. Les carburants de référence définissant ces deux gammes sont données par la Directive 2001/27/CE et rassemblés dans le tableau ci-dessous :

Gaz de référence pour l'homologation des véhicules PL

Gaz de référence	GR	G23	G25
Type	H	H et L	L
Méthane (% mol.) Min. - Max.	84 - 89	91.5 - 93.5	84 - 88
Ethane (Min. - Max)	11 - 15	-	-
AZOTE	-	6.5 - 8.5	12 - 16
Soufre Max: (mg/Nm)	10	10	10

Les véhicules lourds peuvent être adaptés pour rouler avec l'une des gammes de gaz proposées ou avec les deux. De la même manière que pour les véhicules légers, une procédure a été mise en oeuvre pour s'assurer du respect des normes d'émissions prescrites par la nouvelle Directive. Le moteur PL «parent» doit satisfaire aux normes d'émissions de la Directive 1/27/CE.

Pour faciliter l'adaptation du moteur lors du passage d'un carburant à l'autre, un fonctionnement sur cycle ETC sans mesure est permis après le changement de carburant.

3.1.5. - VOIES D'AMELIORATIONS POUR LE MOTEUR GAZ *(Source documents ADEME Etude OPTICAMION)*

- A court terme :

- injection multipoint bouclée par sonde lambda,
- catalyseur dédié au GNV, chargé en métaux nobles,
- « down sizing » du moteur pour améliorer les consommations spécifiques,
- modes de fonctionnement sur 3 cylindres au ralenti.

- A moyen terme :

Si la catalyse De NOx est disponible, l'injection directe pourra s'appliquer couplée avec l'utilisation de systèmes de distribution variable et, éventuellement, d'un taux de compression variable.

3.1.6. - EFFETS DE LA VARIANCE DE LA COMPOSITION DU GAZ NATUREL SUR LES PERFORMANCES DES MOTEURS *(Source documents ADEME Etude OPTICAMION)*

Compte tenu des caractéristiques d'un moteur à allumage commandé décrites dans le chapitre précédent, l'exploitation optimale du GNV nécessite deux éléments :

La conception d'un moteur et d'un véhicule dédié, en effet, dans le cas d'un véhicule bicarburation, le taux de compression du moteur est limité par l'utilisation possible d'essence. Pour les véhicules lourds, **la mono carburation est utilisée à partir d'un moteur Diesel,**

Cette technologie permettant d'optimiser les réglages du moteur en fonction de la variation de la composition du gaz. Ce type de technologie est disponible à partir de la norme Euro 3 chez certains constructeurs ou par transformation du moteur diesel d'origine.

Le tableau suivant présente les conséquences d'une variation de composition de gaz sur les émissions de polluants et le rendement du moteur pour un moteur à gaz testé à iso-avance d'allumage et à iso-richesse.

	Gaz 1	Gaz 2	Gaz 3
RAFST	17,1	13,8	16,9
PCI	48790	40020	49120
CH4	100	85	84
C₂H₆	6	27	100
CO2+N2	8	100	16
NON	100	90	130
THC	100	113	79
Rend Eff.	100	97	96

Les effets d'une forte quantité de gaz inerte dans le gaz naturel puis d'une forte quantité d'éthane sont analysés.

Par comparaison avec les combustions obtenues avec un gaz de référence (gaz 1) riche en méthane, les inertes ont tendance à ralentir les vitesses de combustion, quels que soient la charge du moteur, le régime et la richesse de fonctionnement. Sans correction d'avance d'allumage, la présence d'inertes conduit donc à une chute de rendement de cycle et modifie sensiblement les émissions de polluants avec notamment une réduction des émissions de NOx.

Concernant la présence d'éthane en forte quantité, les effets sur la combustion sont inversés par rapport au cas précédent, avec une accélération de la combustion conduisant là aussi à un décalage de la combustion dans le cycle. Il s'ensuit également des effets sur le rendement de cycle (détérioration) et les émissions de NOx (augmentation).

En première approximation, les effets constatés sont comparables aux effets d'une sous-avance par rapport à l'avance optimale, dans le cas d'une présence importante d'inertes dans le gaz et d'une sur-avance dans le cas de la présence d'une forte quantité d'éthane.

L'utilisation d'un gaz fortement chargé d'éthane pose des problèmes d'apparition de cliquetis dès que la charge du moteur tend à augmenter, contraignant à retenir des avances d'allumage plus faibles. Dans le cas d'une utilisation commerciale d'un véhicule, l'implantation de stratégies adaptant l'avance d'allumage est satisfaisante (en fonction des caractéristiques du gaz naturel).

3.2. – SITUATION DU GNV EN FRANCE : BILAN ENVIRONNEMENTAL, ECONOMIQUE ET TECHNIQUE, REDUCTION DES POLLUANTS & NUISANCES SONORES, RELATION CO₂/ CONSOMMATIONS *(Source documents ADEME Etude OPTICAMION)*

3.2.1. - SYNTHESE DES EMISSIONS DE GES ET RENDEMENTS ENERGETIQUES « DU Puits AU RESERVOIR »

Cette partie a été rédigée à partir de la bibliographie des études réalisées sur ces sujets et d'un rapport externe de Gaz de France sur ce sujet (M.DRX.ESCG.03J60368-CBA). Les émissions considérées sont les gaz à effet de serre (CO₂, CH₄, N₂O). Les valeurs obtenues montrent la difficulté de ces bilans qui prennent en compte de nombreuses étapes. Malgré tout, cette démarche du puits au réservoir, et du réservoir à la roue, est la seule qui permette des bilans comparatifs complets de plusieurs filières, notamment les filières sans émissions de gaz à effet de serre sur le véhicule (hydrogène).

Liste des études considérées

ACV	Auteur/commanditaire	Date	Horizon	Zone géographique
Nigge	Dr. Nigge (thèse) "Generic Spatial Classes for Human Health Impacts Application in a life cycle assessment of natural gas vehicle"	2000	actuel	Allemagne
IFP mars 2001	Institut Français du Pétrole (IFP) pour le Commissariat Général au Plan "évaluation des émissions de CO ₂ des filières énergétiques conventionnelles et non conventionnelles de production des carburants à partir des ressources fossiles"	2001	2010	Europe
AFGNV	IFP pour l'AFGNV "rapport environnemental AFGNV 2002"	2002	actuel	France
GM Europe	Partie TTW : General Motors (GM) ; partie WTT et intégration WTW: L-B-Systemtechnik GmbH. BP, Exxonmobil, Shell et TotalFinaElf ont contribué à la partie WTT. "GM well to wheel analysis of energy use and greenhouse gas emissions of advanced fuel vehicle systems - a european study"	2002	2010	Europe
EUCAR	Etude pour la Commission Européenne. Partie TTW : EUCAR et IFP ; partie WTT : CONCAWE et LBST. "Rapport intermédiaire de l'Alternative fuels contact group, mars 2003"	2003	2002 2010	Europe

Les résultats des émissions de gaz à effet de serre (en gramme d'équivalent CO₂/MJ) du puits au réservoir varient de 9 à 22 egCO₂/MJ.

Ces différences peuvent se détailler, dans certaines études, en décomposant la chaîne de fabrication du GNV :

- extraction et traitement du gaz naturel,
- transport du gaz jusqu'en France selon la zone d'approvisionnement,
- distribution du gaz,
- compression à 200 bars dans la station.

**ETUDE DE L'EMERGENCE DE VEHICULES PROPRES DANS LE DOMAINE DES « GRANDS ROUTIERS »
PAR L'UTILISATION DU GNV**

Etape	GESegCO2/MJ)	Paramètres influents
Extraction - traitement	2.1 a 3.7	Taux de fuite a l'extraction Efficacité énergétique des procédés
Transport - distribution	2.7 a 12.6	Part de GNL Distance de transport par gazoduc Fuites de CH 4 Efficacité énergétique des moyens de transport
Compression	0.4 a 4.9	Pression en amont Mixte électricité utilisé Fuite de CH 4
Total	9 a 22	

Selon les études :

	Etude	GES CO2 (g/MJ)	GES CH4 (g/MJ)	Total (g egCO₂/MJ)
Extraction Traitement	IFP			3.72
	AFGNV sans fuite de CH4	2.38	0.0016	2.4
	AFGNV avec fuite de CH4	2.38	0.0491	3.5
	GM Europe mixte Europe			2.1
	GM Europe GNL			3.2
Transport Distribution	IFP			2.7
	AFGNV sans fuite de CH4	3.66	0.0011	3.7
	AFGNV avec fuite de CH4	3.66	0.08	5.5
	GM Europe mix Europe			7.3
	GM Europe GNL			12.6
Compression	IFP			3.3
	AFGNV sans fuite de CH4	0.47	0.0007	0.5
	AFGNV avec fuite de CH4	0.47	0.0047	0.6
	GM Europe mix Europe			4.9
	GM Europe GNL			0.4

Les paramètres les plus influents sur les émissions de GES du puits au réservoir pour le GNV sont décrits ci-dessous :

- Le mode de transport du gaz :

Sous forme gazeuse ou liquide, et la distance. Si la distance est inférieure à 4.000 kms, la phase gazeuse est mieux placée, sinon le transport liquide apporte des gains. Pour l'Europe (mixte européen), le transport gazeux est plus économique compte tenu des approvisionnements. Cependant, pour la Russie, le gaz est transporté sur 7.000 kms de gazoducs avec des taux de fuites nettement supérieurs aux autres gazoducs (1,67 % pour la Russie contre 0,01 % pour la Hollande et 0,03 % pour la Norvège, données Gaz De France).

- Les fuites de gaz :

Le méthane ayant un GWP (*Global Warming Potential*) de 23, au niveau extraction et transport,

- Le mixte électricité pour la compression et le type de compression.

Pour la France, le nucléaire permet de limiter les émissions de GES.

Les améliorations suivantes permettraient de réduire les émissions de GES de la phase amont.

- Réduire les approvisionnements en provenance de la Russie et/ou réduire les fuites sur ces gazoducs.
- Améliorer l'efficacité énergétique de l'extraction et du transport.
- Utiliser la compression lente dite «à la place» dans les situations où les exigences de service le permet
- Utiliser le GNL (gaz liquéfié) à proximité des ports méthaniers.
- Favoriser le développement du bio méthane

3.2.2. – BILANS - L'ENVIRONNEMENT – L'ÉCOLOGIE

UNE ENERGIE PROPRE DANS UNE APPROCHE GLOBALE POUR LE TRANSPORT: (Source : ADEME & SAFEWAY GB)

La distribution du GNV est facile et non polluante : le gaz arrive à son point de distribution par le réseau général de canalisations souterraines de gaz naturel.

Ce mode d'acheminement jusqu'au point de distribution concourt à la réduction de la pollution et des risques liés aux transports du réapprovisionnement de carburant, par voie routière, comme c'est l'usage pour la distribution des autres carburants.

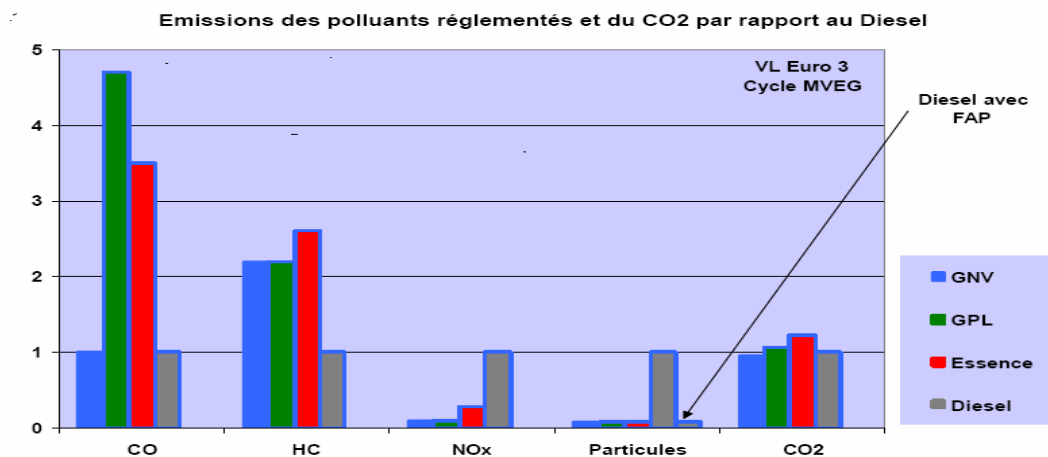
De plus, grâce à son état gazeux, il est moins polluant lors de démarrage à froid des moteurs.

Le GNV est une réponse naturelle aux préoccupations environnementales. Il ne dégage ni fumées, ni particules, ni mauvaises odeurs. Il est naturellement inodore mais odorisé pour des raisons de sécurité.

Les véhicules GNV satisfont largement aux normes européennes EURO actuelles (IV & V) et à venir (VI), et disposent du potentiel pour répondre aux nouvelles exigences qui pourront être décidées dans l'avenir.

LE GNV S'AFFIRME COMME UNE SOLUTION ALTERNATIVE ÉCOLOGIQUE DURABLE AUX CARBURANTS CLASSIQUES

Source : ADEME, les véhicules légers – Bilan des filières, Avril 2005



Le graphique ci-dessus présente le positionnement relatif des différentes filières les unes par rapport aux autres pour chaque polluant réglementé et le CO₂. Les valeurs d'émissions de chaque filière ont été rapportées à la valeur obtenue avec les véhicules Diesel (les valeurs des différentes filières sont des multiples des valeurs obtenues pour les véhicules Diesel). Cette hiérarchisation est obtenue pour des véhicules légers Euro 3 à partir de mesures sur le cycle d'homologation européen MVEG (conditions urbaines et extra urbaines).

Selon la note ADEME précitée :

- Il apparaît que les véhicules GNV sont les moins émetteurs de CO (oxyde de carbone), au même niveau que le Diesel.
- Il faut également noter que pour les véhicules GNV, la plus grande partie des hydrocarbures (HC) est du méthane, gaz non toxique.

**ETUDE DE L'EMERGENCE DE VEHICULES PROPRES DANS LE DOMAINE DES « GRANDS ROUTIERS »
PAR L'UTILISATION DU GNV**

- Concernant les oxydes d'azote (NO_x), les moteurs GNV avec les GPL sont les moins émetteurs, plus de 10 fois moins que les moteurs Diesel.
- Au niveau des particules émises, un véhicule Diesel non équipé de Filtre à Particules (FAP) émet 30 fois plus de particules que les motorisations GNV, GPL ou essence qui sont au même niveau d'émission.

Enfin, les véhicules GNV émettent moins de CO₂ que les véhicules Diesel et GPL de même puissance et beaucoup moins que les véhicules essence (-25%).

Bilan des mesures d'émissions des premiers tracteurs convertis en mode GNV de la flotte SAFEWAY en 1999/2000, de nombreuses améliorations ont été apportées depuis cette première version déjà très prometteuses, mais les mesures n'ont pas été communiquées.

MOTORISATIONS	HC	CO	NO _x	CO ₂	PART.	OBS.
DIESEL SCANIA SAFEWAY Euro 3	0,864	1,442	7,014	756,30	0,373	
DIESEL NORME PRÉVUE (Euro 5)	0,550	4,000	2,000	?	0,030	
Moteur transformé en mode GNV	0,212	0,018	0,962	674,00	0,007	

Concernant les nuisances sonores, LE GNV REDUIT SIGNIFICATIVEMENT LE BRUIT, UNE DES CAUSES PRINCIPALES DE STRESS

En phase d'accélération, on peut noter une sensible diminution du niveau sonore perçu à l'extérieur du véhicule, *exemple* : - Une réduction de 2 dBA en modèle VL pour la Citroën C3 GNV.

En Grande Bretagne où les tracteurs routiers motorisés gaz sont localement homologués, plusieurs grandes municipalités ont apporté des déréglementations permettant aux utilisateurs de bénéficier de mesures particulières : exemple pour la grande distribution il est autorisé aux véhicules GNV de livrer les surfaces de vente en milieu urbain en fin de journée jusqu'à 22 heures.

Bilan constaté sur les tracteurs routiers motorisés gaz (*Expérience britannique SAFEWAY*)

MESURES COMPARATIVES DU BRUIT MOTEUR RELEVÉES SUR LE MEME TYPE DE TRACTEUR ROUTIER ENTRE LES MOTORISATIONS DIESEL & GNV

POSITIONS	DIESEL	GNV	OBSERVATIONS
A 7,5m sur le Devant	71,1	60,6	Nuisances sonores relevées à l'extérieur du véhicule
A 7,5m sur le Côté Gauche	69,6	59,8	Idem
A 7,5m sur le Côté Droit	69,6	60,0	Idem
A l'intérieur de la Cabine (<i>L'oreille du Chauffeur</i>)	60,6	54,7	L'oreille du chauffeur

Le GNV possède de nombreuses qualités écologiques permettant de préserver la santé publique autant que l'environnement. De plus, contrairement aux autres solutions de carburant de substitution, il ne nécessite aucune transformation potentiellement polluante avant son utilisation, et n'entraîne aucun complément de pollution en liaison avec la distribution, étant acheminé dans les stations de compression, par l'intermédiaire du réseau de distribution du gaz par tuyauteries souterraines.

Le GNV dispose d'excellents bilans; les dernières études pratiquées, tant au niveau de la Commission européenne, que localement en France par l'IFP en partenariat avec l'AFGNV indique des résultats en nette amélioration :

a) Etude « EUCAR/JRC/CONCAWE » à l'attention de la Communauté urbaine vise à apprécier les différentes solutions de carburant de substitution par rapport aux produits pétroliers, en ce qui concerne les émissions gaz à effet de serre (Du puit à la roue), ainsi que les critères économiques, incluant les ressources disponibles à partir de la bio masse.

b) Etude « A detailed well to wheel analysis of CNG compared to diesel oil and gasoline for the French and the European markets », conduite par l'IFP en partenariat avec l'AFGNV, vise à mettre en lumière une analyse comparative du cycle de vie du gaz naturel, du gazole et de l'essence dans les situations d'utilisation de véhicule léger en France et en Europe.

Il n'existe pas actuellement de données de ce type concernant les véhicules lourds.

Les mesures effectuées à l'IFP ont été réalisées sur un véhicule léger, motorisé « bi carburant » essence et GNV. Le cycle de tests réalisé est le « NEDC » (Normalized European driving cycle). Des corrections de réglages moteurs ont permis d'obtenir une optimisation du véhicule qui procure d'intéressantes améliorations concernant les principaux objectifs visés :

- Réduction de CO2
- Réduction de consommation de carburant

NEDC	Essence	CNG bi fuel		Optimised NGV		Diesel	
			Vs Essence		Vs Essence		Vs Essence
CO 2 (g/kms)	185.0	139.0	- 24, 9 %	123.7	- 33, 1 %	156	- 15, 7 %
Fuel consumption							
L/100 kms or Nm3/100 kms	7, 8	6, 6		5, 9		6, 7	
Energy							
(MJ/100 kms)	248	246, 6		221, 3		209, 4	

(Source :IFP)

D'autres améliorations ont été relevées à partir de différentes formules d'hybridations de ces véhicules et permettent d'envisager les réductions souhaitées de CO2.

Pour davantage de détails, voir l'étude « 2007-01-0037 » de l'IFP en annexe K.

**ETUDE DE L'EMERGENCE DE VEHICULES PROPRES DANS LE DOMAINE DES « GRANDS ROUTIERS »
PAR L'UTILISATION DU GNV**

3.2.3. – CONTROVERSE

Selon les pays on constate une méconnaissance de l'intérêt de l'utilisation des carburants gazeux à partir du gaz naturel ou du bio méthane. En Europe, le parlement a récemment modifié sa position et à demander à la CE de produire prochainement, une directive visant à rééquilibrer l'utilisation du gaz par rapport aux autres solutions de carburant de substitution. La même situation existe pour les moyens de transport, plus particulièrement en ce qui concerne les véhicules grands routiers motorisés gaz, et demande à être corrigée rapidement.

Les principales controverses identifiées concernent les domaines suivants :

- le carburant gaz pour le marché des grands routiers,
- l'autonomie des véhicules,
- longévité des moteurs
- le coût d'acquisition des véhicules,
- le coût d'exploitation,
- l'absence d'infrastructure GNV en France,

3.2.3.1. - Utilisation du carburant gaz pour le marché des grands routiers

L'utilisation de ce type carburant (GNV ou GNL) dans le domaine des grands routiers, est tout à fait méconnue en France, bien qu'opérationnelle dans quelques pays (Grande Bretagne, Allemagne, Italie, Suisse, USA) à la satisfaction de leurs utilisateurs. De nouvelles expérimentations, de plus grande importance sont mises en place dans certains pays et confirment l'intérêt grandissant des entreprises pour la solution carburant gaz.

Les constructeurs de poids lourds ont développé des moteurs GNV répondant aux exigences des camions « mi – lourds » < 26 tonnes, (dont la principale application est l'utilisation en véhicules de voirie, bennes à ordures, il n'existe que peu de véhicules de ce type utilisés en camions de transport de marchandises), ainsi que des moteurs « bus » permettant un développement satisfaisant du marché « bus GNV », mais ont jusqu'à présent, rejeté l'idée de développer des moteurs gaz correspondant aux cylindrées des camions poids lourds 40 tonnes et +.

Pour pallier à cet état de fait, quelques initiatives ont été développées dans plusieurs pays (Royaume Uni, Allemagne, Suisse, etc), visant à développer des prototypes de moteurs gaz. Elles consistent à transformer les moteurs diesel d'origine de certains types de poids lourds en mode gaz. (Voir détails dans la présentation des expériences en Grande Bretagne).

3.2.3.2. - Autonomie des véhicules

En France, la consommation connue des poids lourds GNV a pour référence des camions porteurs, utilisés exclusivement en application de bennes à ordures. Cette référence est faussée, compte tenu de l'utilisation « bennes à ordures », c'est-à-dire en mode de circulation urbaine particulièrement pénalisante, à laquelle s'ajoute l'usage du compacteur et/ou autres accessoires manœuvrés à l'aide du moteur du véhicule, qui augmentent considérablement la consommation du véhicule. Cette situation est identique en mode diesel.

Nota : Il n'est pas pertinent de se baser sur les consommations constatées sur les bus ou les BOMs urbaines pour estimer une approche de la consommation de ce type de véhicule. Il faut noter que, les pays qui utilisent des moteurs 11 & 12 litres transformés en mode gaz, obtiennent des consommations tout à fait intéressantes comparées au mode diesel (Voir ci-après le relevé des consommations/kilométrages effectués par un groupe de tracteurs l'entreprise SAFEWAY).

**ETUDE DE L'EMERGENCE DE VEHICULES PROPRES DANS LE DOMAINE DES « GRANDS ROUTIERS »
PAR L'UTILISATION DU GNV**

Tournées quotidiennes de réapprovisionnement de magasins de l'entreprise SAFEWAY (GB)	Distances par tournées locales	Consommations Nm3 GNV/100 kms	Observations
Véhicule 1	367	26, 59	Parcours principal autoroute
Véhicule 2	349	26, 95	Pa Parcours principal autoroute
Véhicule 3	339	29, 67	Pa Parcours principal autoroute
Véhicule 4	337	27, 17	Parcours principal autoroute
Véhicule 5	319	34, 36	Parcours en zone urbaine
Véhicule 6	154	41, 84	Parcours en zone urbaine
Véhicule 7	67	71, 42	Parcours en zone urbaine

Les véhicules SAFEWAY sont équipés de 6 ou 8 réservoirs GNV (Réservoirs en matière composite ULLIT Type 3 de 126 litres) qui leur permet de disposer d'une autonomie suffisante pour assurer leurs missions :

- Pour 6 réservoirs l'autonomie est de 560 kms environ ($126 \times 6 = \frac{756 \times 200}{1000} = \frac{151,2 \text{ Nm}^3}{27 \text{ Nm}^3/100 \text{ kms}} = 560 \text{ kms}$.)
- Pour 8 réservoirs l'autonomie est de 750 kms environ ($126 \times 8 = \frac{1008 \times 200}{1000} = \frac{201,6 \text{ Nm}^3}{27 \text{ Nm}^3/100 \text{ kms}} = 750 \text{ kms}$.)

Pour augmenter l'autonomie, la pratique d'une compression à 250 bars augmente le chargement des réservoirs. Selon le besoin, l'autonomie obtenue est ainsi augmentée (dans le cas d'un véhicule équipé de 8 réservoirs, l'autonomie sera portée à 930 kms environ).

3.2.3.3. - Longévité des moteurs

L'expérience britannique de SAFEWAY a permis en particulier, de **mettre en évidence la très longue longévité des moteurs en mode gaz.**

Les véhicules SCANIA de SAFEWAY (utilisés en compte propre) dont les moteurs diesel d'origine ont été transformés en mode gaz à partir de 2000, avaient été utilisés en mode diesel pendant 2/3 ans avant leur conversion. L'arrêt définitif de cette flotte de véhicules, en raison de leur vieillissement et de kilométrage très important, a été plusieurs fois reporté.

Le dernier groupe de tracteurs GNV de l'entreprise SAFEWAY a été regroupé en Ecosse à GLASGOW et devrait être définitivement arrêté au printemps 2007.

Cette décision n'est nullement motivée pour des raisons de contre performances des véhicules, mais répond à une nouvelle stratégie du groupe MORISSON, nouveau propriétaire de SAFEWAY depuis 2005.

3.2.3.4. - Coût d'acquisition des véhicules

Les commandes d'un nombre relativement faible de véhicules gaz expliquent en partie, les surcoûts demandés par les constructeurs de poids lourds, principalement en raison de l'absence de procédure optimisée concernant la production, mais également du coût des composants spécifiques gaz utilisés en faible quantité.. L'expérience indique que les constructeurs devraient pouvoir diminuer les surcoûts demandés pour le mode gaz au fur et à mesure de l'accroissement du nombre de véhicules commandés. Les aides financières publiques (ADEME, Régionales de la part des Conseils Régionaux) destinés à aider à l'acquisition des véhicules propres ont été jusqu'à présent essentiellement réservées aux services publiques. L'attribution de ces aides dans les mêmes conditions au secteur privé (Transport de marchandises en particulier) devrait inciter les entreprises, en particulier les groupes de transports à considérer l'offre des grands routiers GNV.

3.2.3.5. - Coûts d'exploitation

Contrairement aux idées reçues, l'expérience britannique de l'entreprise SAFEWAY a permis de vérifier, à partir de l'utilisation opérationnelle de tracteurs routiers GNV, pendant près de 10 ans, par une flotte d'environ une centaine de véhicules, qu'il n'a été noté aucune différence significative de coûts d'entretien entre les véhicules GNV et les modèles correspondants restés en mode diesel.

3.2.3.6 - Absence d'infrastructure

Contrairement à ces voisins qui disposent de réseaux de stations de compression : l'Allemagne (720 stations), la Suisse (70 stations) et l'Italie (598 stations), la France n'a pas encore développé ses infrastructures en stations publiques de compression GNV. Les installations existantes services de GDF. Le petit nombre de stations publiques existantes en France actuellement, sont en nombre nettement insuffisant pour permettre de circuler à travers le pays en utilisant un véhicule GNV. La récente finalisation de textes réglementaires concernant l'installation des stations de compression en France, devrait permettre la mise en place du 3ème protocole GNV.

Ce 3ème Protocole GNV signé en Juillet 2005 par le Ministre de l'industrie et un groupe de grands industriels, prévoit la mise en place de 300 stations publiques destinées à supporter les 100.000 premiers véhicules légers visés en 2010, ainsi que le doublement, voir le triplement des flottes de bus et de véhicules de voirie GNV.

Force est de constater qu'actuellement en début 2007, pour des raisons d'adaptation réglementaire et/ou administratives, le plan d'actions du protocole n'a pas encore été mis en application.

3.2.3.7. - Mise en place des solutions de transition précédant la mise en place de l'hydrogène

Les bilans économiques et environnementaux actuels du GNV sont bons et reconnus par rapport aux autres solutions de carburant de substitution aux produits pétroliers. Les résultats du gaz carburant pourraient être très significativement améliorés dans des délais courts, par l'utilisation de « ETHANE » (Revoir chapitres 1.2.7.1 & 1.2.7.2. décrivant l'intérêt de cette solution et les bilans obtenus par les différentes expérimentations en cours dans plusieurs pays dans le monde).

Il est reconnu par tous que « ETHANE » est quasiment la seule technologie permettant de faire pénétrer l'hydrogène commercialement et à brève échéance dans le pool des carburants. Pour mémoire, l'objectif de la Commission Européenne est de 2 % en 2015 et 5 % en 2020 (Revoir chapitre 1.2.7.1. ETHANE – Contexte et situation).

3.3. - SITUATION DU GNV DANS QUELQUES PAYS DE LA CE VOISINS DE LA FRANCE : BILANS ET INFORMATIONS DIVERSES/DEVELOPPEMENTS ENVISAGES.

3.3.1. - SUEDE

3.3.1.1. - Situation de la disponibilité de carburant gaz

La Suède est le pays européen où le développement du gaz carburant semble être le plus avancé en Europe. La dernière initiative décidée est l'ambitieux plan concernant l'accélération de la mise en place du programme bio méthane dans les stations service, présenté lors du séminaire de GÖTEBORG fin Novembre 2006, sur le thème « BIOGAS HIGHWAY – « Fueling the future – biomethane as a vehicle fuel ». Le bio méthane est du biogaz débarrassé de toute impureté - 97 % de méthane. (Voir rapport du Président de l'Association européenne du gaz naturel véhicules en annexe A).

CARTE DU RESEAU DE DISTRIBUTION DU GNV/BIOMETHANE EN SUEDE

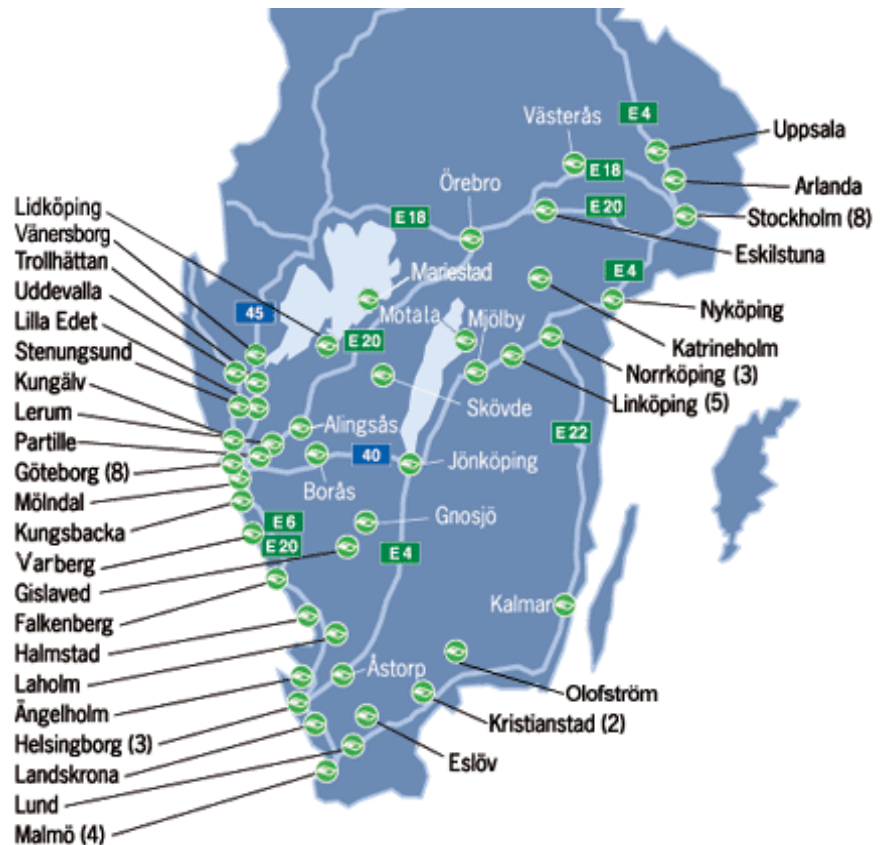
On the right you can see all of the gas filling stations in Sweden.

All filling stations relate to methane gas (natural gas/biogas). Please feel free to contact us if you are unsure of anything.

If you click on a location, you will bring up a map with information about the filling stations at the location. You can also zoom in and print the map.

Please note: There is now also a map function for mobile telephones. Go into www.fordonsgas.se/mobil, click on the log to bring up a list of the places that have gas filling stations. Select the desired location and then the relevant street address to bring up an image of the map on your mobile phone. You can click on the map to zoom in. You can zoom out with a click.

All you need is a phone with an Internet connection. You will usually find the settings you need on your mobile operator's website. They are sent to you as a text message; follow the instructions and the whole process will only take a minute or so.



Nota: Dernières informations connues (Février 2007) Environ 16.6 M € vont être investis très rapidement pour accélérer l'accroissement du développement de l'industrie du bio méthane, principalement dans la région Ouest de la Suède. 50 M € devront être utilisés pour augmenter le nombre de stations de distribution de gaz carburant, actuellement de 95 unités à 200 en 2010.

L'expérience de la Suède pour produire le bio méthane permet d'évaluer par million d'habitants une possibilité de production annuelle de 1. 8 TWH de ce gaz (équivalent de 150.000 tonnes de pétrole). Soit, pour un grand pays comme l'Allemagne (Population de 84. 000. 000 d'habitants), il serait possible de remplacer annuellement 63 M tonnes de pétrole (Volume nécessaire pour alimenter environ 7, 5 M de voitures).

La Suède dispose actuellement de **quelques 25 usines de production de biogaz** (beaucoup de nouvelles installations sont prévues dans les prochaines années). **15 villes disposent de bio méthane pour leurs véhicules GNV à partir du réseau de distribution de gaz.**

Pour couvrir les larges régions de la Suède qui sont encore sans bio méthane ou fourniture de gaz naturel, non connectées au réseau de distribution de gaz, des stations mixtes « LCNG » distribuant à la fois du LNG (gaz naturel liquéfié) et du GNV (ou bio méthane) sont en cours de mises en place.

Ces stations fourniront du LNG aux poids lourds (en principe des grands routiers équipés de réservoirs spécifiques LNG) assurant les transports longue distance nécessitant des autonomies importantes, et du GNV pour les véhicules GNV conventionnels. Les bilans environnementaux et économiques de cette solution permettent d'obtenir les meilleures performances par rapport à toutes les autres solutions de transition devant conduire à la mise en place de l'hydrogène.

Les stations LCNG seront réapprovisionnées par des remorques spécifiques de 21 tonnes de LNG. (Voir présentation de l'étude du Consultant Suédois WATTENFAL – Annexe b).

Le LNG peut être produit à partir, soit de biogaz, soit à partir du gaz naturel. Il y a possibilité, considérant la technologie disponible et l'aspect économique, de remplacer une grande partie des carburants utilisés actuellement utilisés, essence et ou diesel, par le bio méthane ou le gaz naturel fourni sous la forme de LNG.

3.3.1.2. - Une expérience significative dans les opérations de transport utilisant l'énergie gaz : La traction ferroviaire au bio méthane

Svensk Biogas – Suède «appartient à la ville de Linköping) et par EUROMAINT (une des principales entreprises de maintenance ferroviaire en Suède).

Quatre mois après avoir été pour la première fois présenté au public dès le 21 juin 2005, le train a emmené ses premiers voyageurs à l'occasion de cette inauguration. *Amanda* est utilisé pour desservir quotidiennement la ligne Linköping – Västervik, deux villes distantes de 80 kms.



SVENSK BIOGAS a construit cette voiture sur la base d'une vieille motrice FIAT (construite en 1981), en remplaçant les moteurs diesel par deux moteurs à gaz VOLVO (GH 10 B) utilisés pour les bus, d'une puissance de 210 kW. Ce train dispose dans sa nouvelle configuration de 54 places assises. Il peut se déplacer à une vitesse maximum de 130 kms/h et dispose d'une autonomie de 600 kms. Les réservoirs de gaz ont un volume de 530 m³ en conditions normales. Le coût du développement de ce train s'est élevé à 10 millions de couronnes, soit 1,05 million d'euros.

Photo 1 : Train Amanda de Svensk Biogas lors de l'inauguration Source : Svensk Biogas, octobre 2005

L'unité de production de biogaz est basée à Västervik. Le méthane produit dans la région sert aussi à de nombreuses autres applications, puisque Linköping compte actuellement 65 bus motorisés gaz alimentés au bio méthane, mais aussi de nombreux taxis, bennes à ordures ménagères et voitures particulières qui sont motorisés gaz et qui utilisent également le bio méthane. La Suède est un des pays européens les plus ambitieux en ce qui concerne le développement du biogaz. Les performances environnementales des moteurs au biogaz sont bien meilleures que celles des moteurs diesel traditionnels :

	Nouveaux moteurs au bio méthane	Anciens moteurs diesel
CO	0,01	0,60
NOx	2,00	6,15
Hydrocarbures non-méthaniques	0,10	0,35
PM	0,01	0,16
Conforme à	Euro 5	Euro 1

Figure 2 : Performances environnementales des moteurs du train Amanda
(Source : Svensk Biogas, octobre 2005).

La Suède a acquis une très grande expérience dans l'industrie de la production du biogaz, ainsi que dans l'épuration du gaz qui permet de transformer le biogaz en bio méthane utilisable comme gaz carburant. (voir exemple ci-après).

Stockholm / Sweden



Capacité de production de cette unité pilote : 2 x 350 Nm³/h bio gaz, soit après épuration 2 x 200 Nm³/h de bio méthane. (Purity : 97 %+- 1 vol - % CH₄).

3.3.2. - GRANDE BRETAGNE

L'expérience de la Grande Bretagne concerne les grands routiers et le processus de transformation des moteurs diesel en mode gaz.

Deux modes de fonctionnement sont opérationnels actuellement :

- Moteur dédié mono carburation
- Moteur « dual fuel » (Technologie également appelée « O.I.G.I. » (Oil injection gas injection)).

3.3.2.1. - Moteur transformé mono carburation

En raison du manque d'offre de moteur gaz de forte cylindrée sur le marché de la part des constructeurs de Poids lourds et pour répondre à la fois au besoin d'utiliser une énergie de substitution aux produits pétroliers, ainsi qu'aux exigences de réductions d'émissions, plusieurs projets de transformation de moteur ont été développés au cours des dix dernières années.

Les buts visés par ce type d'expérimentations répondaient également aux besoins des entreprises de surmonter les difficultés liées aux conditions de hausses des prix des carburants conventionnels et sécuriser leurs approvisionnements.

Un autre objectif visé par ces expérimentations était, en outre, de permettre aux Constructeurs de préparer la mise en production de motorisation et véhicules gaz directement dans leurs centres de production.

Projet 1

Association de EST/ESSO CNG/SCANIA/British Gas,

Ce projet industriel développé en commun dès 1999 a abouti à la Série des véhicules SCANIA 3 CNG/LNG.

Les moteurs diesel convertis en mode gaz des véhicules 350 HP ont produit dès 2001 des niveaux d'émission comparables à ceux attendus pour Euro 5. Une partie de ces véhicules sont toujours opérationnels actuellement.

Malgré une utilisation quotidienne régulière en opération et bien que leur fabrication originale en tant que véhicule diesel remonte à plus de 10 ans.

Synthèse du processus de transformation du moteur :

La transformation du moteur nécessite sa dépose et le réalésage des pistons.



Photo : L'opération de réalésage des pistons est réalisée à partir d'une machine développée spécialement pour la réalisation de cette opération.

L'obstacle principal à l'introduction générale des moteurs Gaz de forte cylindrée est le refus jusqu'à présent des constructeurs de poids lourds, de développer et produire certains types de véhicules, notamment le tracteur routier.



Photo : Vue d'une première coupe de l'opération de réalésage de piston



Photo : Vue du piston réalésé en fin d'opération



Vue du moteur en fin d'opération de transformation avant la phase d'essais sur route

ETUDE DE L'EMERGENCE DE VEHICULES PROPRES DANS LE DOMAINE DES « GRANDS ROUTIERS »
PAR L'UTILISATION DU GNV



Vue d'une partie de la flotte de l'entreprise SAFEWAY MORISSON assurant quotidiennement des opérations d'approvisionnement des super marchés de la firme en Grande Bretagne. Les véhicules GNV sont identifiés par une plaque d'identification spécifique sur la façade des véhicules (Plaque « CNG ») accrochée à côté du phare gauche.



Les véhicules sont pourvus de 3 ou 4 réservoirs de type III (126 litres) en matière composite (ULLIT) localisés de chaque côté du tracteur, selon les besoins d'autonomie, soit un total de 6 ou 8 réservoirs. (Autonomie maximum de 750 kms).

Les consommations (m³/100 kms) varie selon le type d'usage de 27 à 71 Nm³/GNV entre une conduite autoroute en régime régulier et une circulation en zone urbaine dans des conditions de forte circulation. (Voir relevé dans une tournée de distribution – paragraphe 3.2.3.2).

**ETUDE DE L'EMERGENCE DE VEHICULES PROPRES DANS LE DOMAINE DES « GRANDS ROUTIERS »
PAR L'UTILISATION DU GNV**

A la fin du programme, un travail important avait été effectué sur la série actuelle des tracteurs routiers, concernant les aménagements du moteur de base diesel, afin de le transformer aisément en mode gaz. Ces aménagements ont été proposés à SCANIA UK pour leur permettre de l'adopter en mode gaz directement au niveau de la fabrication.

Objectifs et principales options visés dans ce programme :

- Mise au point en mode CNG & LNG,
- Réduction du coût de l'opération de transformation du moteur diesel en mode gaz (- 30 %),
- Mise au point d'un module technique englobant les organes de contrôle pour le moteur gaz,
- Etude d'une possibilité de production en série (150 à 500 unités).



SCANIA EUROPE n'a pas donné suite à ces propositions.

Projet 2

EST/ESSO CNG/Renault Trucks,

Un autre projet industriel de développement moteur gaz a été réalisé avec succès en Grande Bretagne entre 2004 et mi-2005, entre EST (Ex. TAA LEP Ltd), ESSO CNG et Renault Trucks.

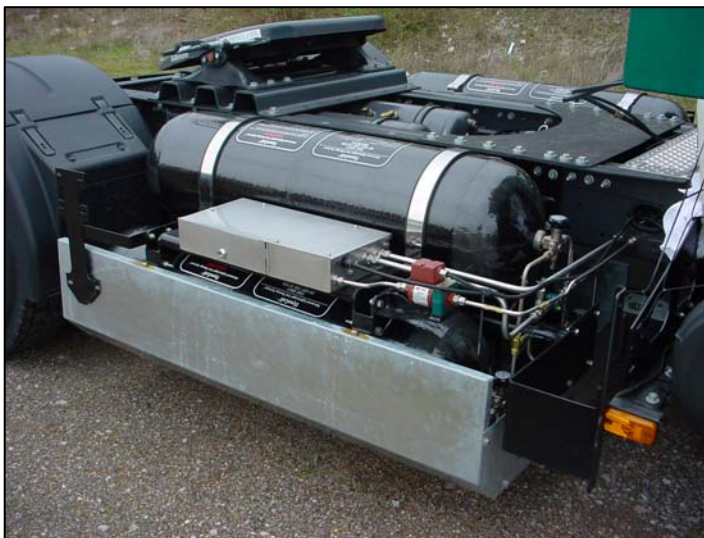
L'objectif était d'équiper des tracteurs routiers de moteurs gaz obtenus par conversion du moteurs diesel d'origine, tout en réalisant les niveaux d'émission attendus par EURO 5.

Bien qu'ayant abouti à de bons résultats (Le moteur 11 litre DCI diesel d'origine a été transformé en mode gaz dans de bonnes conditions), ce projet est resté sans suite. Renault trucks a décidé de se retirer du projet.



Principales remarques émises par l'équipe en charge de la transformation du moteur :

- Le cycle Otto a été utilisé comme stratégie pour le développement du projet. Celui-ci représente l'itinéraire le plus propre et le plus avantageux financièrement à la réalisation de l'objectif de réalisation de réduction des émissions.
- L'allumage commandé du cycle Otto complété du système de gestion en boucle de la stratégie de combustion « mélange pauvre » est actuellement la meilleure option pour le contrôle des émissions, l'économie, la fiabilité et la durée d'utilisation du moteur. Différents types de réservoirs ont été testés sur le véhicule pendant le développement du projet.



3.3.2.2. - Motorisation « Dual Fuel » Technologie également appelée O.I.G.I. (Oil injection gaz injection)

Le groupe HARDSTAFF installé à NOTTINGHAM (Royaume Uni) est un des rares groupes industriels sur le marché, proposant actuellement une offre complète de mise à disposition d'une solution complète véhicules et stations de gaz carburant) permettant l'utilisation du gaz carburant en tant que substitution aux produits pétroliers.

HARDSTAFF propose une offre de transformation du moteur diesel des tracteurs routiers en mode dit « dual fuel », technologie également appelée « O.I.G.I. » (Oil Injection Gas Injection). Cette offre est actuellement limitée au modèle VOLVO FH 12 et DAF 65 - 430 CV. (Motorisation compatible avec la première génération de moteurs « dual fuel » produite, il y a quelques années par HARDSTAFF sur tracteurs FODEN. (Production britannique arrêtée en 2005). (Pour davantage de détails se reporter à l'annexe E)

La transformation opérée par HARDSTAFF sur les moteurs est limitée. Il n'y a pas de dépose moteur, ni d'opération de réalésage de pistons comme dans la formule de transformation pour aboutir à la mono carburation gaz, ou encore d'opérations de mécanique lourde. HARDSTAFF apporte cependant, quelques modifications/adjonctions d'éléments au moteur d'origine permettant de conserver l'usage du gazole et d'y ajouter l'alimentation gaz.

La grande majorité des éléments mécaniques utilisés sont classés R 110.

L'alimentation gazole est utilisée pour la mise en marche du moteur et éventuellement, en cas d'épuisement de la réserve de gaz pour assurer le fonctionnement du moteur et la marche du véhicule.

Le moteur est alimenté en gaz aussitôt après la mise en marche du moteur. Le gaz peut être du GNV (gaz naturel véhicule comprimé) et/ou du GNL (gaz naturel liquéfié).

Selon la nature de gaz choisi, le véhicule est équipé de réservoirs GNV ou GNL. Le réservoir gazole d'origine est remplacé par un autre réservoir de plus petite taille (environ une vingtaine de litres). HARDSTAFF propose d'installer éventuellement une réserve de gaz à l'avant de la remorque reliée au tracteur routier (voir présentation détaillée de l'offre HARDSTAFF en annexe E), permettant aux utilisateurs de ces véhicules d'augmenter l'autonomie du véhicule pour les longues distances et/ou limiter le nombre d'opérations de remplissage des réservoirs.

HARDSTAFF indique que dans la configuration de réservoirs installés sur son véhicule VOLVO FH 12, l'autonomie est d'environ 1.000 kms environ (480 kms obtenus à partir du réservoir LNG en place sur le tracteur et 515 kms obtenus à partir des 2 réservoirs supplémentaires CNG installés dans la remorque).

Le bilan environnemental de la motorisation « dual fuel » apporte de bons résultats, mais demeure toutefois inférieur à ceux obtenus par le moteur gaz mono carburation.

Par contre, le bilan économique est excellent, surtout en Grande Bretagne où le coût des produits pétroliers est particulièrement élevé. Le coût du gaz (acheté en grande quantité avec un tarif industriel) permet dans les mêmes conditions que pour la France, de disposer de tarifs « industriels », procurant des prix de revient nettement inférieurs aux prix des produits pétroliers, réduisant le coût de revient kilométrique de moitié.

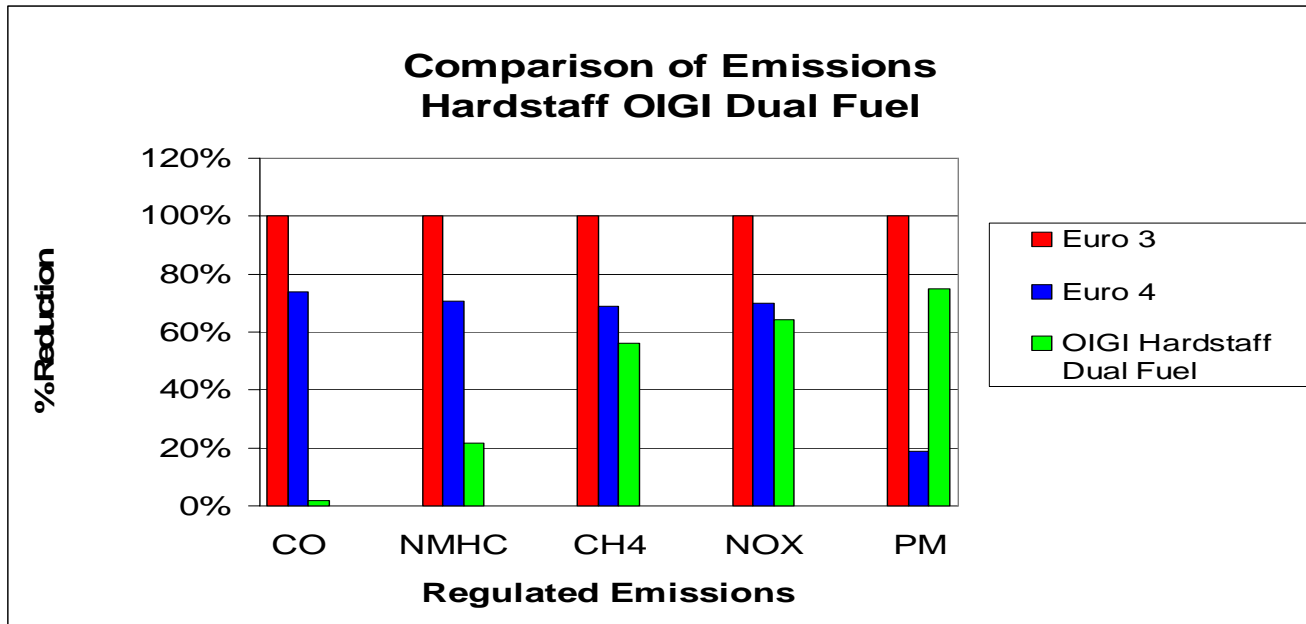
HARDSTAFF indique un coût de 0,124 €/km (sur la base des coûts pratiqués en Grande Bretagne). Voir explications des critères pris en compte dans ce calcul en Annexe E.

La formule « dual fuel » est également intéressante pour les utilisateurs, car elle permet dans la situation actuelle, du fait de l'inexistence de marché du véhicule lourd GNV d'occasion, de permettre une remise en mode diesel du moteur, sans coût significatif, pour organiser la revente du véhicule (si le besoin existe d'opérer de cette façon dans l'attente de la mise en place d'un marché du véhicule lourd motorisé gaz d'occasion).

La technologie « DUAL FUEL » (O.I.G.I.) a été reconnue par les pouvoirs publics britanniques.

HARDSTAFF a engagé différentes démarches auprès de la CE pour obtenir l'autorisation de circulation hors de Grande Bretagne.

Ce coût est à rapprocher du coût actuellement mesuré connu en France de 0,xx € en mode diesel (Situation de l'officiel des Transports du xx Avril 2007).



Comparison of Emissions Hardstaff OIGI Dual Fuel

	Euro 3	Euro 4	OIGI Hardstaff Dual Fuel
CO	10,84	8	0,2
NMHC	1,56	1,1	0,34
CH4	3,2	2,2	1,8
NOX	10	7	6,42
PM	8	1,5	6

% Reduction

	Euro 3	Euro 4	OIGI Hardstaff Dual Fuel
CO	100%	73,8%	1,8%
NMHC	100%	70,5%	21,8%
CH4	100%	68,8%	56,3%
NOX	100%	70,0%	64,2%

3.3.3. – NORVEGE

La Norvège est un des pays européens où le développement de l'utilisation du gaz carburant sous forme liquéfiée (LNG) est très avancé.

Les infrastructures ont été développées dans de bonnes conditions au cours des dix dernières années.

Visjon "Kystgass"

- Salg av LNG, grossist, direkte salg
- Etablering av skipsbasert distribusjonskjede
- NOx reduksjonstiltak, koblet mot overgang til naturgass
- Utvikling av verdikjede som salgbar internasjonalt konsept
- Norge som ledende nasjon på maritime løsninger knyttet til naturgass
- Oppbygging av marked for gassrør



23

La particularité qui mérite d'être mise en exergue dans ce pays est une utilisation du GNV dans le milieu du transport maritime où un savoir-faire particulier existe dans les chantiers navals.

Il faut cependant souligner que l'utilisation du carburant gaz liquéfié dans le domaine des transports maritimes est largement pratiqué dans le monde entier de longue date, et vient d'être adopté par la France (Chantiers navals de Loire Atlantique) qui a retenu cette énergie pour les derniers méthanières mis en service par GAZ DE France.

Gas fuelled ships

Klatawa



International experience

- "Accolade II", Bulk carrier - Adelaide Australia (1982)
- "Klatawa" and "Kulleet", Car/passenger ferries - Vancouver Canada (1985/1988)
- Canal boats - Amsterdam Netherlands
- Tourist boats - St.Petersburg, Moscow Russia (1994/1998)
- "James C. Ecolds", Passenger ferry - Norfolk, Virginia, USA (1995)
- "Glutra", Car/passenger ferry - Molde, Norway (2000)
- Two supply ships - Bergen, Norway (2003/2004)

Plus récemment les Pays bas ont mis en service des bateaux motorisés gaz. La Hollande dispose de 8 bateaux de ce type. (Situation : début 2007).

La motorisation gaz s'utilise dans différents types de bateaux :

Natural gas as fuel – Type of ships

Need relatively large space for storage
Not to be weight sensitive

- Car/passenger ferries
- Coastal freight ships
- Offshore supply ships
- Large high speed crafts



4

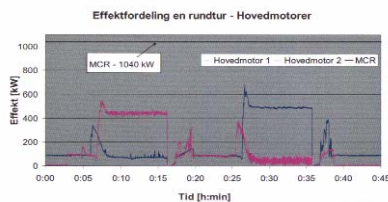
NOTA : Les améliorations technologiques récentes en matière de motorisation gaz apportent un complément intéressant à l'utilisation de cette énergie pour les moyens de transports maritimes ou fluviaux, en raison de leurs caractéristiques (en disposant d'espaces suffisants pouvant recevoir des réservoirs pour le stockage du gaz).

M/F Nordfjord – Installert SCR eksos rensing



Samband: Isane – Stårheim

- Målinger
 - Aksel effekt
 - Drivstofforbruk
 - Avgassmålinger
- Tilfredstiller DNV klassenotasjon "clean design"



To hovedmotorer, to katalysatorer

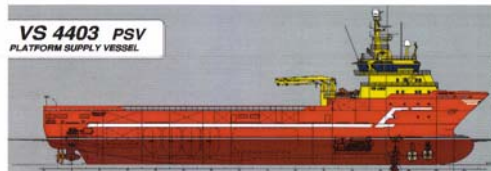
- Katalysatoren taes ut av drift når:
 - Motorbelastningen er under 10%
 - Eksos temp. under 270 °C
 - Eksos temp. over 500 °C

Le manque d'informations récentes sur les expériences norvégiennes ne permet pas de commenter l'aspect technique de ces expériences.

Gas fuelled High Speed Crafts?



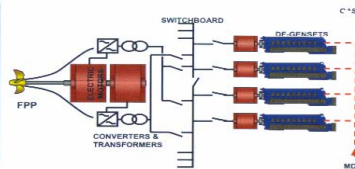
LNG powered supply ship



LNG storage: 230 m³ (one tank)
Propulsion: Diesel electric
4 Dual Fuel gas engines 2000 kW/unit
4 Wärtsilä 6x32 DF (micro pilot)
Two supply ships in operation in the beginning of 2004

FIRST LNG Carrier with gas engine propulsion

- 74 000 m³ LNG Carrier with electric propulsion system
- Owner: Gaz de France
- Shipyard: Chantiers de l'Atlantique
- 4 x Wärtsilä 9L50DF Gensets
Total 34,2 MW
- Normally 16,0 knot service speed
- Spot cargoes on 18,5 knot speed



Indépendamment des travaux conduits par les autorités maritimes norvégiennes et d'autres pays pour mettre en place une réglementation spécifique aux transports maritimes utilisant l'énergie gaz, il est utile de souligner que la question de l'harmonisation des standards, codes et procédures a été récemment prise en charge par l'ISO international. (Source : Information ENGVA de 02.2007).

**ETUDE DE L'EMERGENCE DE VEHICULES PROPRES DANS LE DOMAINE DES « GRANDS ROUTIERS »
PAR L'UTILISATION DU GNV**

La Norvège dispose également d'installation de productions de biogaz permettant de disposer de bio méthane pour les véhicules GNV

Frederikstad / Norway



Exemple d'un petit centre de production : 150 Nm³/h biogaz permettant d'obtenir 100 Nm³/h de gaz
Pureté : 97 +/- 1 vol. % CH₄

3.3.4. - SUISSE

La SUISSE dispose d'un réseau public de stations de compression GNV relativement dense (70 stations) apportant une couverture nationale complète de circulation à travers l'ensemble du pays pour tout véhicule GNV. 15 villes disposent de stations de compression.

La flotte de véhicules GNV, bien que relativement modeste encore à > 2000 unités, indique une forte croissance en 2006, avec une mise en circulation de 656 véhicules, soit 22 % d'augmentation.

La Suisse dispose également d'une expérimentation de véhicules tracteurs routiers GNV utilisés dans différents domaines (transports inter-régionaux, distribution et travaux publics. Il s'agit de moteurs transformés en mode « dual fuel ».

GRANDS ROUTIERS & CAMIONS LOURDS GNV EN CIRCULATION EN SUISSE

CAMIONS GNV EN CIRCULATION EN SUISSE



T800 SH 6x4 mit Auflieger

Motor
Schadstoffklasse
max. Leistung
Drehmoment
Reichweite ca.
Gesamtgewicht
Nutzlast

Caterpillar C12 Dual Fuel
EURO4
301kW (410PS) @ 1900rpm
1950Nm @ 1200rpm
kA
40.0t
27.0t



T800 B 6x4

Motor
Schadstoffklasse
max. Leistung
Drehmoment
Reichweite ca.
Gesamtgewicht
Nutzlast

Caterpillar C12 Dual Fuel
EURO4
301kW (410PS) @ 1900rpm
1950Nm @ 1200rpm
kA
34.0t
27.0t

Expérience de véhicule dual fuel de transport inter régional.



Expérience Suisse de véhicule KEENWORTH dual fuel dans le domaine de la distribution



Expérience Suisse véhicule Mercedes dual-fuel



La Suisse dispose également d'un certain nombre d'installations de production de biogaz permettant de produire du bio méthane.

Biogas Upgrading Plants Luzern / Switzerland



140 Nm³/h biogas – 87 Nm³/h product gas
purity: 97 % + 1 vol. - % CH₄

3.3.5. - ALLEMAGNE

L'Allemagne dispose du plus important réseau public de stations de compression GNV (720 sont recensées en Février 2007) avec un développement continu des mises en place.

La liste des stations service proposant le service de fourniture de carburant gaz est disponible sur Internet et permet aux utilisateurs de véhicules GNV, de circuler en toute sécurité concernant les réapprovisionnements en gaz carburant. La forte densité du réseau de stations de compression en place permet une couverture complète du territoire.

L'Allemagne dispose également d'une industrie automobile proposant de nombreux nouveaux modèles de véhicules GNV, présentant de nombreuses améliorations techniques et disposant d'autonomie en nette augmentation.

L'augmentation du nombre de véhicules GNV en circulation entre 2005 et 2006 a été de 23.000 unités, pour un parc total roulant de 55.000 véhicules en début 2007.

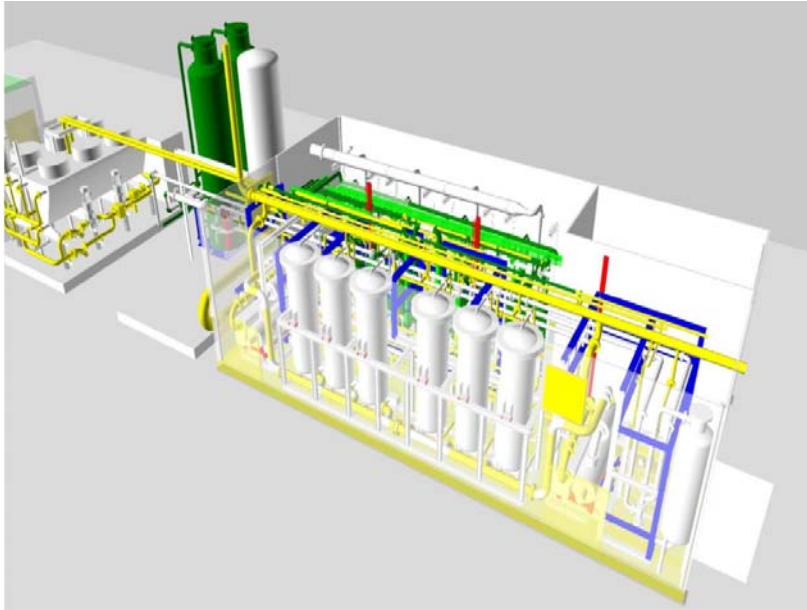
Concernant les véhicules lourds, les constructeurs allemands disposent d'offres véhicules GNV dans le domaine des bus et des camions porteurs jusqu'à 26 tonnes, mais aucune offre n'existe actuellement en ce qui concerne la gamme des tracteurs routiers.

L'Allemagne poursuit la même stratégie de développement que la Suède en matière d'énergie renouvelable et surtout d'utilisation du biogaz en tant que carburant de substitution aux produits pétroliers et développe un réseau de Centres de production de bio méthane. Les entreprises allemandes spécialisées dans cette industrie naissante dispose d'un savoir-faire qui va leur permettre de développer rapidement cette nouvelle source d'énergie.

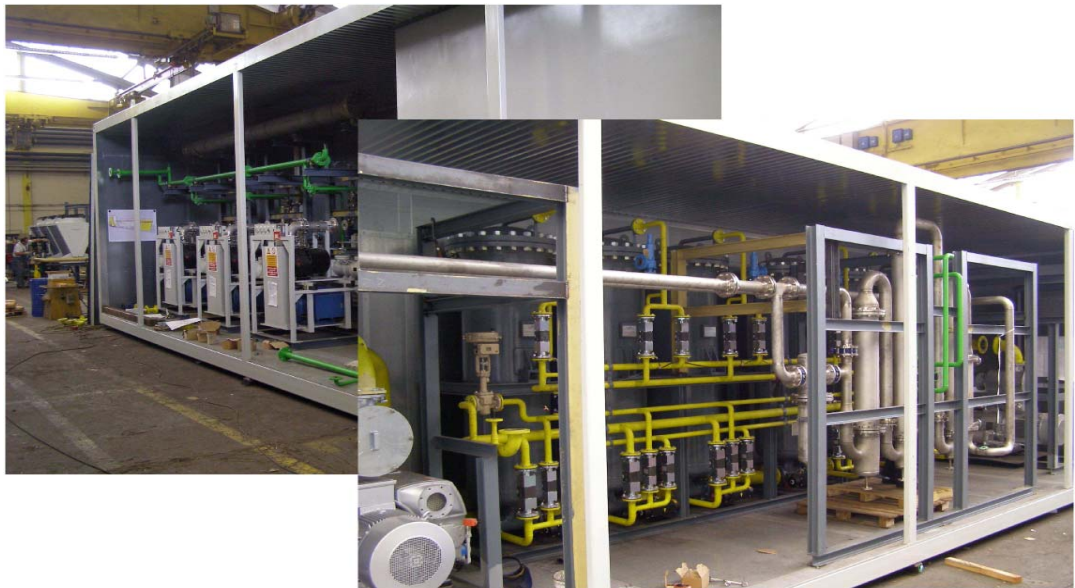


Centre de Braunschweig – Petite unité de production de 2 Nm³/h biogaz permettant la production de 2 Nm³/h de gaz
Pureté : 99, 999 vol. % H₂.

ETUDE DE L'EMERGENCE DE VEHICULES PROPRES DANS LE DOMAINE DES « GRANDS ROUTIERS »
PAR L'UTILISATION DU GNV



Modèle de conception des grands centres de production bio méthane



Exemple d'un centre de production de taille moyenne

3.3.6. – ITALIE / ESPAGNE

L'ITALIE dispose d'une importante flotte de véhicules GNV en Europe - 412.550 unités recensées en février 2007 (Source : ENGVA), dont 1950 buses et 600 camions GNV. Le réseau de stations de compression est de 588 unités, soit une croissance 2005/2006 de 8 % en ce qui concerne les véhicules et 13 % pour les stations de compression).

L'accroissement du nombre de petits véhicules GNV devrait s'accélérer en 2007 avec la mise en circulation de nouveaux modèles très attrayants (Exemple : Le groupe FIAT qui propose un nouveau modèle de la Panda – Ce constructeur a enregistré 3.000 commandes dès le 1^{er} mois du lancement de ce véhicule).

Le constructeur IVECO qui dispose de 15 ans d'expérience du GNV et qui a déjà produit 7.000 bus, camions (jusqu'au modèle de 26 tonnes) et fourgons GNV vient de lancer récemment un nouveau modèle de camion GNV (270 CV) – Moteur CURSOR 8 GNV. Ce véhicule a été choisi par la ville de MADRID pour compléter sa flotte de bennes à ordures de 445 à 675 unités GNV.

Un autre modèle de camion, l'EUROCARGO GNV a déjà fait l'objet de production de pré-séries. Ce camion de moyen tonnage devrait être disponible prochainement à la commercialisation, mais IVECO n'annonce toutefois pas encore sa stratégie commerciale. Ce véhicule est équipé du moteur TECTOR CNG (NEF). Celui-ci a été produit, dans un premier temps à 1.300 unités, destinés à équiper essentiellement les bus urbains de PEKIN.

Il faut souligner que le niveau d'émissions produites par ce moteur est nettement inférieur aux valeurs EEV.

Le groupe IVECO avec sa branche bus : IRISBUS réalise une très forte pénétration du marché (exemple : + 65 bus GNV à BARCELONE, 650 bus et camions à MADRID, 800 bus à ROME, 400 à ATHENES, etc.

Par contre, il n'existe pas encore d'informations disponibles ou de confirmation d'intentions du groupe IVECO pour une offre de motorisation/véhicules GNV concernant les tracteurs routiers/grands routiers en général.

IV – EVOLUTION DE LA REGLEMENTATION RELATIVE AU GNV

4.1. - Actualités du programme de la Commission Européenne - Objectifs pour la réduction d'émissions

Le deuxième semestre 2006 et le début 2007 ont été des périodes très chargées dans la recherche des moyens visant à réduire les émissions.

En particulier, le parlement européen votait le 14.12.2006 différentes mesures concernant le « *sustainable, competitive and secure energy for Europe Green paper* ». Ce rapport souligne le rôle futur des carburants gazeux, plus spécifiquement le gaz naturel et le bio méthane.

Le rapport « Morgan » reconnaît le gaz carburant, sous sa forme liquide et/ou gazeuse, comme une option pour le secteur des transports, et non uniquement comme un carburant destiné à générer de l'électricité.

Jusqu'à maintenant la Commission Européenne avait plus ou moins décrété que le biogaz était destiné uniquement à générer de l'électricité et non utilisé pour remplacer le pétrole.

Le Parlement a recommandé que la Commission de la CE publie une directive « gaz naturel véhicule » pour mieux équilibrer son utilisation avec les biocarburants et l'hydrogène. Alors qu'initialement la Commission avait fixé que le gaz naturel devait remplacer 10 % du pétrole utilisé dans les transports en 2020.

Le gaz naturel en tant que carburant pour véhicule a souffert jusqu'à présent d'un manque d'attention politique, même si cette énergie est vue par la Commission Européenne comme le seul carburant alternatif, en mesure de remplacer 5 % de la consommation de produits pétroliers en 2010 dans le secteur des transports.

Le bio méthane produit à partir des déchets agricoles et urbains pourrait remplacer en Europe 20 % de la consommation des produits pétroliers pour 2030, selon l'étude produite par l'Institut WUPPERTAL en Allemagne.

La conférence CAP0C7 tenue à BRUXELLES fin août 2006, était revenu sur l'ensemble des dispositions destinées à faire évoluer les points à traiter, afin de finaliser les différents aspects liés à l'application de EURO 5, et au de-là de EURO 5 les standards devant conduire à EURO 6. (Voir ci après le CR de cette réunion.

)
Concernant l'objectif essentiel de réduction du CO2, le GNV apporte une réduction de 20 – 25 % par rapport à l'essence ; le bio méthane réduit le CO2 de 100 % sur une base « du puit à la roue ».

Le bio méthane deviendra probablement plus visible et important dans l'avenir en raison de l'orientation apportée à la politique énergétique européenne qui vise à se prémunir des risques liés aux approvisionnements et aux transports de pays producteurs de gaz, tel que la Russie.

Planification actuellement retenue pour les nouvelles réglementations :

Attendu au plus tôt en 2007	Confirmation du vote du parlement par les états membres
Septembre 2009	Application de Euro 5 à tous nouveaux modèles de voitures (véhicules commerciaux légers et besoins spécifiques voitures en Septembre 2010)
Janvier 2011	Application de Euro 5 à tous nouveaux modèles de voitures (véhicules commerciaux légers et besoins spécifiques voitures en Janvier 2012)
Septembre 2014	Application de Euro 6 à tous nouveaux modèles de voitures (véhicules commerciaux légers et besoins spécifiques voitures en Janvier 2015)
Septembre 2015	Application de Euro 6 à tous nouveaux modèles de voitures (véhicules commerciaux légers et besoins spécifiques voitures en Janvier 2016)

4.1.1. - Rappel des dispositions actuelles et objectifs de réduction d'émissions pour les normes EURO 5 & 6

Renforcement des limites d'émission des véhicules après l'adoption des normes Euro 5 et 6 par le Parlement européen

Le Parlement européen a adopté une proposition visant à durcir progressivement les limites d'émission de polluants, notamment d'oxydes d'azote (NOx) et de particules, par les voitures. Les nouvelles normes (désignées Euro 5 et 6) qui s'appliqueront à compter du 1^{er} septembre 2009, fixeront des niveaux plus stricts d'émission de particules et de NOx pour les nouveaux véhicules et les camionnettes vendus sur le marché communautaire (la norme Euro 5 prévoit par exemple un abaissement de 80% de la limite d'émission de particules par les véhicules à moteur diesel). Ce durcissement entraîne l'obligation d'équiper les véhicules à moteur diesel de filtres à particules. Euro 6 abaissera notablement les limites d'émission de d'oxydes d'azote par les véhicules à moteur diesel (réduction de 68% par rapport à la limite d'émission actuelle) et entrera en vigueur cinq années après Euro 5, c'est-à-dire en 2014. Le vote du Parlement européen s'appuie sur un compromis réalisé avec le Conseil qui devrait adopter prochainement ce train de mesures.

D'après le vice-président de la Commission chargé de la politique des entreprises et de l'industrie, M. Günter Verheugen:

“La réglementation Euro 5 et 6 est importante pour l'amélioration des performances environnementales des véhicules. Elle va aussi permettre de maintenir la position concurrentielle de l'industrie automobile européenne. Celle-ci bénéficie d'un délai suffisant pour planifier convenablement les mesures à prendre et réagir à ces exigences.”

La réduction des émissions des transports routiers est considérée comme un facteur essentiel pour améliorer la qualité de l'air, compte tenu notamment du fait que le pourcentage des véhicules diesel, dont les ventes globales de véhicules utilitaires légers sont en augmentation. Les réglementations Euro 5 et 6 révisent les limites d'émission en vigueur pour les véhicules à moteur (les normes Euro 4 appliquées depuis le 1^{er} janvier 2005) au fur et à mesure de l'amélioration de la technologie.

Euro 5 entrera en vigueur en septembre 2009 et imposera l'installation d'un filtre à particules sur tous les nouveaux modèles de voitures à moteur diesel. À compter de janvier 2011, les versions à moteur diesel d'un modèle de voiture existant devront être équipées d'un filtre à particules à leur sortie d'usine. **Euro 6 entrera en vigueur en 2014.**

Le tableau ci-dessous indique le **calendrier d'entrée en vigueur des nouvelles valeurs limites** pour les véhicules Euro 5 et Euro 6. Il montre clairement que les nombreux types de véhicules qui ont bénéficié des valeurs limites moins strictes imposées aux camionnettes par les normes Euro 4 seront progressivement soumis aux valeurs limites plus strictes appliquées aux voitures particulières par la norme Euro 6. Cela concerne notamment les gros modèles tels que les véhicules tout-terrains et les monospaces pouvant emporter jusqu'à 7 passagers (chauffeur inclus). Plus précisément, les gros véhicules 4X4 (VLT) devront satisfaire aux valeurs limites plus strictes imposées aux voitures particulières à compter du 1^{er} septembre 2012.

En ce qui concerne les avantages attendus, l'étape Euro 6 permettra de réduire de 60 à 90% les effets nocifs pour la santé par rapport à la réduction résultant de l'application de la norme Euro 5.

La nouvelle législation implique également que les informations sur les réparations de véhicules soient rendues facilement accessibles aux réparateurs indépendants.

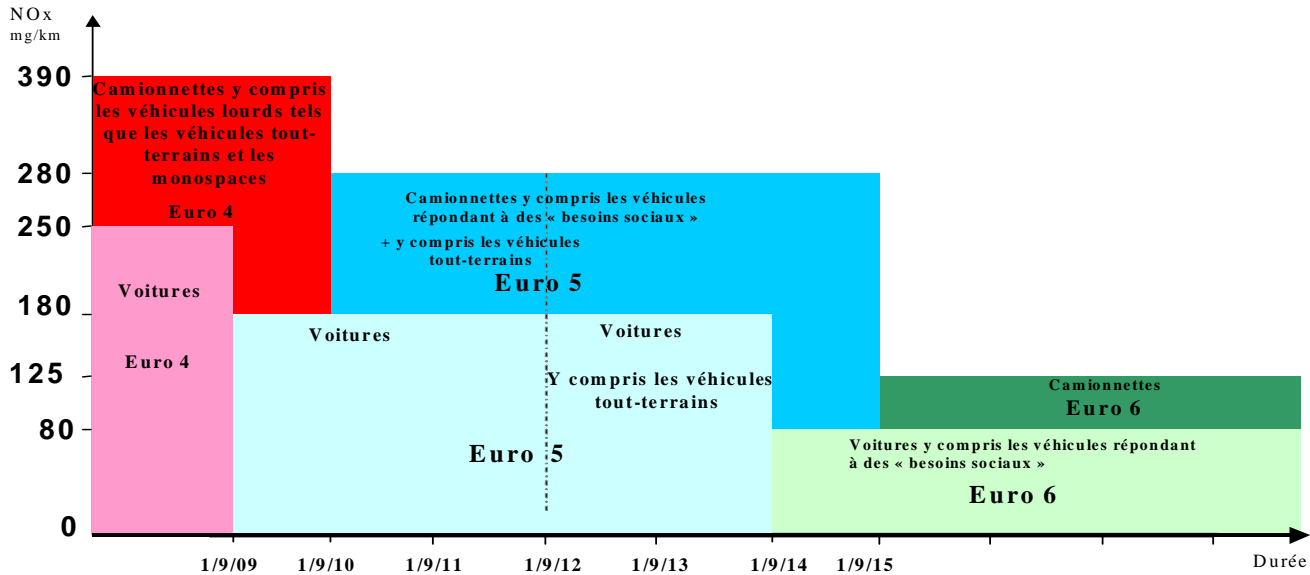
Nota : L'ensemble de ce catalogue de mesures concerne pour l'instant que les Véhicules légers & utilitaires. Les éléments concernant les poids lourds (grands routiers compris) sont en attente).

4.1.2. – OBJECTIFS ATTENDUS

Les véhicules doivent conserver les mêmes performances environnementales de leur sortie d'usine jusqu'à la fin de leur vie. Sans accès pratique aux informations de réparation et de maintenance, un suivi est impossible. Les fabricants automobiles auront également la responsabilité de veiller à ce que les voitures puissent être conduites, réparées et entretenues dans les meilleures conditions, où qu'elles se trouvent dans le marché intérieur. Il s'agit essentiellement de protéger les opérateurs indépendants, qui sont des PME pour la plupart et éviter qu'ils ne disparaissent progressivement du marché en raison de leur incapacité à entretenir les véhicules modernes sans accès aux informations pertinentes.

Pour en savoir plus: http://ec.europa.eu/entreprise/automotive/index_en.htm.

**Émissions de NOx des nouveaux types de véhicules à moteur diesel selon les normes
Euro 5 et 6**



Concernant les Poids lourds - rappel de l'historique des améliorations successives obtenues par les constructeurs de VI de la mise en place des normes Euros 1 à 5 à partir des moteurs diesel. (Source : Renault Trucks)

(Base Réglementation européenne T/T).

- NOx : - EURO IV = - 81 %
- EURO V = - 89 %
- HC : - EURO V = - 87 %
- CO : - EURO V = - 89 %
- Particules : - EURO V = - 98 %

Rappel des normes Euro en vigueur (Cycle ETC (European Transit Cycle))

NORMES	Date D'application	CO en g/kWh	NMHC en g/kWh	CH4 en g/kWh	NOx en g/kWh	Particules en g/kWh
Euro 3	1/10/2001	5.45	0.78	1.6	5.0	0.16
Euro 4	1/10/2006	4.0	0.55	1.1	3.5	0.03
Euro 5	Horizon 2010	4.0	0.55	1.1	2.0	0.03
EEV		3.0	0.40	0.65	2.0	0.02

4.3. - HOMOLOGATION

Un grand nombre de réglementations sont actuellement en cours de refonte. L'inventaire de ces textes n'est pas aisé et de toute façon ne présente pas d'intérêt particulier dans le cadre de cette étude. Le choix a été de mettre en exergue les points de réglementation qui pourraient faciliter la promotion et la mise en place des véhicules propres GNV dans le domaine des poids lourds et plus particulièrement des grands routiers.

La principale innovation pourrait venir du processus et des documents existants concernant l'homologation des véhicules. L'actuel document « WVTA » (*Whole vehicle type approval*) devrait être revu en priorité par les services de la CE, pour devenir à l'avenir un document européen unique visant à permettre une nécessaire simplification de l'homologation des véhicules dans les différents états de la CE.

Il faut rappeler que dans le système actuel, l'homologation oblige au respect des puissances moteurs et des niveaux d'émissions fixés dans la réglementation européenne. Par contre, tous les autres aspects du véhicule font l'objet de réglementations nationales.

La lourdeur administrative de ce processus entraîne des coûts très élevés et une gestion complexe pour les constructeurs de Poids lourds, en raison de la nécessité de produire et de maintenir de nombreuses procédures d'homologation. De plus, cette situation répercute des retards considérables dans la mise en place des nouveaux modèles de véhicules, tout à fait préjudiciables aux objectifs recherchés de réduction des émissions de polluants et de GES.

4.4.- HARMONIZATION DES CODIFICATIONS, REGLEMENTATIONS & STANDARDS CONTENUS DANS LES NORMES

Une importante table ronde a été tenue à GENEVE en Janvier 2007, organisée par ISO International. Deux années de préparations ont été consacrées à la préparation de cette rencontre.

L'objectif était de traiter les problèmes posés par l'utilisation, le transport et la distribution du gaz carburant (gaz naturel et hydrogène tant en ce qui concerne les véhicules que les infrastructures).

Le besoin disposer de standards GNV dans certains domaines, en particulier pour le GNL a été souligné afin de parvenir à une nécessaire harmonisation des standards et de la réglementation. Le lien avec UNECE afin de prendre en compte GTR (Global Technical Regulations) est inclus dans l'approche ISO.

Les conclusions générales apportées sont prometteuses :

« Des normes et une réglementation harmonisées sont nécessaires pour faciliter le développement du marché et réduire les coûts de l'industrie des carburants gazeux destinés aux transports et fournir une position internationalement acceptée par les régulateurs et les assurances. Une communication et un partage d'informations avec les différentes organisations sont nécessaires et devra être mis en œuvre par l'ISO INTERNATIONAL en collaboration avec UNECE et divers autres régulateurs. La mise à disposition d'une base de données contenant les nouvelles normes internationales et ainsi que les textes nationaux, réglementations et statut devra être inclus dans le travail en préparation. L'accent sera mis pour disposer en particulier de nouvelles normes internationales particulièrement pour l'hydrogène, le LNG et les mélanges d'hydrogène et de gaz naturel. »

Pour davantage de détails voir en Annexe L le texte original anglais produit par l'ISO.International (Source : ENGVA).

4.6.- DIFFERENCES RELEVÉES CONCERNANT DES POINTS DE FONCTIONNEMENT DANS L'UTILISATION DES CARBURANTS GAZEUX

Disponibilité des réseaux de stations de distribution des gaz carburants

En Europe la situation actuelle des réseaux de distribution du GNV varie très fortement d'un pays à l'autre. Certains pays (Allemagne, Suisse, Autriche, Italie) disposent de réseaux de stations de compression en nombre suffisant pour assurer une couverture nationale très fournie, qui sans être tout à fait aussi dense, que pour les carburants pétroliers, apportent un service répondant parfaitement aux besoins des utilisateurs.

Toutefois, la grande majorité des stations offrent actuellement le service aux seuls véhicules légers et devront être réaménagées pour apporter également le service de réapprovisionnement de GNV aux véhicules lourds.

La situation de la France est très différente. Un grand retard a été pris dans la mise en place de son réseau de stations de compression GNV publiques (Il faut rappeler que le 3ème protocole GNV signé en Juillet 2005 par le Ministre de l'Industrie, prévoit la mise à disposition de 300 stations publiques de compression en 2010).

La même tendance existe concernant la promotion des véhicules GNV. La pénétration en 2006 du marché français en nombre de véhicules reste très faible à 6 %, à comparer pour la même période à 102 % de croissance en Allemagne, 46 % en Suède, 22 % en Suisse, 49 % en Autriche. Cette croissance forte existe également dans les pays de l'Est : 49 % en Ukraine, 44 % pour la Russie.

Les flottes de véhicules GNV français ne progressent que très lentement et faiblement. Exception faite, du nombre de bus et de véhicules lourds de voirie qui continuent d'augmenter régulièrement.

Il faut noter que les opérations promotionnelles, dont les mises en place en place bénéficient d'aides financières particulières par l'ADEME jusqu'au 31.12.2007, avec 10 sites pilotes, n'ont pas encore apporté de résultats significatifs.

La disponibilité du GNL, actuellement très limitée à quelques pays et à un nombre relativement restreint de stations de compression, devrait progresser dès 2007. Le LCNG (Concept de station offrant à la fois le CNG et le LNG) est recommandé par l'ENGVA et l'INGVA comme une des actions prioritaires, apportant des gains très significatifs, à la fois sur le plan des bilans économiques, mais également environnementaux. Ces premières stations existent en Grande Bretagne, en Suède, en Allemagne et en Suisse. (Revoir par. 2. 8. 1.)

4.7. – DIFFERENCES RELEVÉES DANS LA RÉALISATION DE LA COMPRESSION DU GAZ POUR LA FOURNITURE DU GNV

La règle la plus fréquemment utilisée en Europe est d'appliquer une compression à 200 bars. Il arrive, cependant que dans certains pays cette règle ne soit pas suivie et que la compression soit opérée par des opérateurs à 250 bars. Cette pratique vise à augmenter le volume de gaz embarqué, mais reste dans la limite des consignes d'utilisation fournie par les constructeurs.

Il est également nécessaire de souligner que l'opération de compression pour obtenir 250 bars est nettement plus onéreuse que pour respecter 200 bars et demande un temps de fonctionnement plus important des compresseurs et une utilisation supplémentaire d'énergie).

La recherche d'harmonisation des pratiques et la définition de standards européens entamée par les associations militant pour l'utilisation du gaz naturel véhicules (ENGVA & INGVA) ainsi que l'ISO international devrait apporter une procédure unique et imposer rapidement un standard européen. Cette action est engagée (voir ci-après le communiqué de l'ENGVA) qui suit particulièrement ces dossiers et participe à l'élaboration des textes européens qui devrait être uniformément appliqués dans les tous les états.

« CEN Fuelling Station Standard Unblocked

ENGVA participated in a meeting of the Committee for European Normalisation (CEN) "Technical Committee 326" in Brussels on 13 December 2006 where members met to work out a number of contentious elements and inconsistencies in the fuelling station standard that have been a cause for the standard not moving forward in the final part of the approval process. Committee Chairman Martin Seifert led the meeting of experts who sorted through CEN's list of objections. Together with the ENGVA director and others, linguistic changes and concerns about compatibility with other CEN standards were worked out. "TC 326 leadership" believes that the CEN fuelling station standard (European Norm 13638) should be able to move forward in the final Draft International Standard (DIS) stage for a final vote by the participating countries to a completed standard at some point before the end of 2007."

V. - BILAN ECONOMIQUE DE L'USAGE DU GNV

5.1. – POLITIQUE D'ACCOMPAGNEMENT (Fiscalités en France et en Europe, favorables au GNV)

5.1.1. Situation en France

Le GNV est soumis en France, comme tous les carburants, à un dispositif fiscal et para - fiscal.

Par ses qualités intrinsèques, notamment en faveur de la protection de l'environnement, le Gaz Naturel Véhicules bénéficie d'incitations fiscales favorables. Cependant, comme pour les autres carburants l'utilisation du GNV est redevable de taxes :

- **TICGN (Taxe Intérieure de Consommation Gaz Naturel)**, est une taxe payée essentiellement par les grands industriels forts consommateurs de gaz. (Il existe actuellement un seuil de 5 GWH pour déclencher le paiement de cette taxe).

- **TIPP (Taxe Intérieure sur les produits pétroliers)**, s'applique sur le gaz comprimé dans la mesure où il est reconnu comme un carburant. Le montant de la « TIPP du gaz » est fixé par la loi, il est révisable en début d'année, mais demeure indépendant du prix du gaz. Le montant de taxe est calculé d'après le nombre de m³ vendu en tant que GNV. Le montant actuel de la taxe en France est de 0,084 €/m³ et se situe dans la fourchette moyenne européenne.

Selon les usages et les types de véhicules, des mesures spécifiques sont accordées aux utilisateurs de véhicules GNV:

- Le remboursement de la taxe jusqu'à un volume de 40.000 litres par an et par véhicule est accordé pour les exploitants de réseaux de transport en commun et pour les exploitants de bennes à ordures ménagères égales ou supérieures à 12 tonnes.

- Le remboursement de la taxe est également accordé jusqu'à un volume de 9000 litres par an et par véhicule pour les taxis.

- **TVA sur le GNV**, récupération à 100%.

- **TVA sur véhicule GNV**, récupération de la TVA sur les véhicules VLs 2 places pour les sociétés.

- **TVS (Taxe véhicule société)** exonération de la taxe sur les véhicules de société pour les véhicules fonctionnant au GNV, exclusivement ou non.

- **Amortissement exceptionnel sur 12 mois** pour les véhicules et les matériels de stations de compression.

- **Cartes grises** : Les conseils régionaux peuvent, sur délibération, exonérer en totalité ou à concurrence de la moitié de la taxe sur les certificats d'immatriculation pour les véhicules fonctionnant, exclusivement ou non, au GNV.

- **Crédit d'impôt pour les particuliers**: Pour les véhicules VLs acquis à l'état neuf et fonctionnant exclusivement ou non au Gaz Naturel Véhicules. Ce crédit d'impôt d'un montant de 2.000 euros est porté à 3.000 euros, si l'achat du véhicule s'accompagne de la mise au rebut d'un véhicule particulier immatriculé avant le 1er janvier 1992.

MODALITES DU CALCUL DE LA TAXE SUR LE CARBURANT GAZ

En France, actuellement c'est la douane qui assure le contrôle de la taxe du Gaz et qui détermine les modalités d'application. Concernant la TIPP du gaz, celle-ci s'applique au gaz dans la mesure où le code général des douanes assimile le gaz comprimé à 200 bars à une huile minérale soumise à la taxe Intérieure sur les produits pétroliers.

Lors de la mise en place d'une nouvelle station de compression, son propriétaire doit procéder à 2 opérations :

- Vis-à-vis de la Douane :

Déposer une demande « d'entrepositaire agréé » et solliciter l'autorisation de produire du GNV et de collecter la taxe sur les carburants. Pour chaque station, appelée « usine exercée » par la douane, celle-ci délivre « un agrément d'usine exercée » et demande un engagement de paiement.

Toutes les caractéristiques de la station (Compresseurs (s) marque, type, puissance, stockage et volume de GNV stocké (estimation) doivent être communiqués.

Tous les mois (Il semble que la périodicité devienne trimestrielle prochainement), une déclaration doit être communiquée aux douanes (Compteurs début et fin) pour déterminer le montant de la taxe en fonction des débits calculés. Il est demandé de tenir une comptabilité matière. Les douaniers sont amenés à procéder à des contrôles sur place.

- Vis-à-vis de la DRIRE :

Selon le niveau de stockage de GNV, le propriétaire de la station est amené à établir une simple déclaration ou à solliciter une autorisation pour l'ouverture de sa station. Dans ce dernier cas, un dossier technique élaboré sera demandé avec la participation de la Société qui installe la station. Copie des dossiers doit être adressée à la douane.

POSSIBILITE D'EXONERATION DU PAIEMENT DE LA TICGN (Taxe intérieure sur la consommation de gaz naturel)

Pour les entreprises qui paient actuellement la TICGN, le gaz naturel comprimé pour produire du GNV n'est pas soumis au paiement cette taxe. En effet, cette utilisation du gaz naturel rentre dans le cadre de l'usage matière première, usage exonéré de TICGN (article 266 quinquies 3-a du code des douanes).

Les personnes qui compriment du gaz naturel pour fabriquer du GNV doivent déclarer cet usage auprès des services douaniers pour s'acquitter de la TIPP, mais également pour bénéficier de l'exonération de TICGN. Une fois la déclaration enregistrée par les services douaniers, elle doit être transmise par l'utilisateur à son fournisseur de gaz, qui applique le coefficient d'exonération de TICGN sur ses factures d'achat du gaz. A la fin de chaque année civile, un état récapitulatif des quantités de gaz utilisées pendant l'année doit être présenté au bureau de douane qui régularisera la TICGN (perception complémentaire ou remboursement).

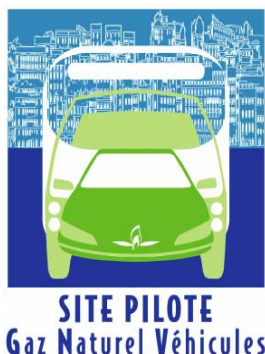
AIDE FINANCIERE A L'ACQUISITION D'UN VEHICULE PROPRE

L'ADEME (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie), l'AFGNV (Association Française du Gaz Naturel pour Véhicules), le GART (Groupement des Autorités Responsables de Transport) et Gaz de France se sont associés en 2005 pour mettre en place des « sites pilotes » gaz naturel véhicules.

L'objectif du programme sites pilotes est de créer une nouvelle dynamique sur la filière gaz naturel véhicules en fédérant les différents acteurs (collectivités, pouvoirs publics, constructeurs, distributeurs d'énergie, gestionnaires de flotte, transporteurs...) afin d'expérimenter et de montrer sa viabilité sur une échelle représentative

Les dix sites pilotes retenus jusqu'au 31 décembre 2007 sont :

- Bourges
- Charleville Mézières
- Colmar
- Montpellier
- Nevers
- Orsay
- Pays de Couserans
- Poitiers
- Strasbourg
- Toulouse



Les aides financières de l'ADEME peuvent dans certains cas, s'accompagner d'aides régionales, concernant uniquement les achats de véhicules neufs équipés d'origine en gaz naturel véhicule (**il n'existe actuellement pas d'aide financière pour la transformation de moteur en mode GNV**).

L'ADEME apporte un soutien financier aux sites retenus et finance à hauteur de 7.500 € toute acquisition de bus ou BOM. Cependant un financement de 30% du surcoût de l'équipement sera accordé pour les véhicules de transports de marchandises (PTAC > 3,5 tonnes).

Une aide à l'acquisition d'un véhicule fonctionnant au gaz naturel d'un montant de 1.500 € est versée pour les voitures de particuliers ou véhicules de collectivités et entreprises privées (inférieurs à 22 places).

Une aide financière est également apportée pour l'installation de stations de compression pouvant alimenter au moins 5 véhicules : 20% maxi du coût de l'installation plafonnée à 20.000 € (soit une aide maxi de 4.000 €, en attente de notification par la Commission Européenne).

5.1.2. - Situation dans différents pays en Europe

Les montants de taxes varient considérablement selon les pays en Europe. Certains pays ont adopté volontairement pour une politique incitative forte afin de favoriser le gaz carburant ; quelques exemples :

- Allemagne :

Le GNV produit à partir du bio méthane ne fait l'objet d'aucun « excise duty » (équivalent de la TIPP ou de la TICGN Française), Le GNV produit à partir du Gaz naturel fait l'objet d'une « excise tax » de 13, 9 € per MWH valeur calorifique brute (Ce qui revient à environ 0, 12 €/Nm³), plus la TVA qui est de 19 %.

A comparer à 0, 4704 €/litre (« excise tax » assujetti au diesel).

- Suède :

Le GNV produit à partir du bio méthane ne fait l'objet d'aucun « excise duty » (équivalent de la TIPP ou de la TICGN Française),

Le GNV produit à partir du Gaz naturel fait l'objet d'une « excise tax » de 1, 133 SEK (0, 13 € approx.) valeur calorifique brute (Ce qui revient à environ 0, 12 €/Nm³), plus la TVA qui est de 25 %.

- A comparer à 3, 72 SEK/litre (Environ 0, 37 € « excise tax » assujetti au diesel)

- Tchécoslovaquie :

Le GNV est entièrement détaxé pour la période 2006 – 2011.

La détaxe accordée par ces pays au bio méthane devrait rapidement permettre de promouvoir les véhicules GNV, ainsi que le développement du réseau de distribution, avec un nombre accru de stations service complétant leurs installations en ajoutant le

service de fourniture du GNV ou en créant de nouvelles stations GNV ou LCNG.

5.2. - RENTABILITE DE L'UTILISATION DE MOTORISATIONS GNV POUR TRACTEURS ROUTIERS

(Présentation de l'expérience de SAFEWAY/MORISSON– Secteur de la Grande distribution en Grande Bretagne).

L'expérience de SAFEWAY/MORISSON (Grande Bretagne) est une des rares expériences d'utilisation d'une flotte relativement importante de tracteurs routiers GNV sur une longue période, dans la réalisation de ses opérations de transport. (Réapprovisionnement de magasins, d'entrepôts, etc) correspondant à des déplacements régionaux et inter régionaux. (Voir présentation complète de cette expérience en Annexe « I »).

Cette expérience a été développée entre SAFEWAY et ESSO CNG pour l'aspect de la fourniture du GNV. En 1999, le point de départ de l'expérience, SAFEWAY était un groupe indépendant (4ème grande entreprise de distribution dans le domaine des produits alimentaires au Royaume Uni – Disposant de 478 magasins + 59 magasins annexés à des stations service – générant un important volume d'activités logistiques : 10,8 M de caisses/colis/palettes distribués chaque semaine au cours des réapprovisionnements magasins – 42.000 produits – 2400 fournisseurs – 7.100 personnes (y compris les sous-traitants – 800 tracteurs routiers en propriété – 1500 remorques.

Les buts visés par SAFEWAY lors de l'initialisation du projet étaient :

- de pratiquer le transport propre dans ses opérations de transport,
 - de rechercher un partenariat pour exploiter les premiers véhicules lourds en privilégiant l'abandon des produits pétroliers.

Les principaux critères du cahier des charges étaient :

- Sur le plan environnemental : la réduction des principaux polluants Co₂, CO, NO_x, particules, nuisances sonores, tout en conservant une puissance moteur équivalente aux performances du diesel,

- Sur le plan économique :

**ETUDE DE L'EMERGENCE DE VEHICULES PROPRES DANS LE DOMAINE DES « GRANDS ROUTIERS »
PAR L'UTILISATION DU GNV**

- Réduire significativement la consommation de produits pétroliers, voir la supprimer. – Obtenir l'autorisation de s'affranchir de restrictions/d'interdiction de circulation par la réduction des pollutions et des nuisances sonores.
- Rechercher la possibilité de réduire l'importance de la flotte de véhicules (Objectifs à terme : Environ 20 %),
- Sur le plan social : Amélioration des conditions de travail des chauffeurs : Véhicules nettement moins bruyants et plus souples à la conduite (réactions du véhicule) – suppression des odeurs après les pleins – Moins de stress grâce à la levée des restrictions permettant de circuler hors des horaires d'embouteillages.

Analyse financière : Le coût des premières conversions de moteur était de 40.000 € par opération - L'aide financière apportée par l'état Britannique était à l'époque de 75 %, soit un coût réel résiduel de 10.000 € pour l'entreprise SAFEWAY.

La consommation GNV dépend essentiellement du type de conduite (comme pour le diesel) : soit une consommation relativement élevée dans le cas d'une circulation en zone urbaine avec des conditions de circulation difficile comportant de nombreux arrêts et redémarrages, soit une consommation basse dans le cas d'une circulation à vitesse régulière constante sur route/autoroute

L'expérimentation de cette flotte de véhicules devrait se terminer en Avril/Mai 2007 avec l'arrêt du dernier groupe de 40 tracteurs GNV toujours en opération en Ecosse, les autres sites SAFEWAY du bassin londonien et de Grande Bretagne ayant déjà été vendus entre fin 2005 et 2006.

VI. - LES FREINS ACTUELS DU DEVELOPPEMENT DU GNV (LA RESISTANCE AU CHANGEMENT)

6. - Principaux freins au développement du GNV

Liste des principaux freins identifiés concernant le développement du GNV en France :

- 1) absence d'informations concernant le carburant gaz,
- 2) absence de réseaux de stations sur le territoire français,
- 3) absence complète d'offre de grands routiers motorisés gaz,
- 4) absence de réglementation et de fiscalité spécifique pour les grands routiers GNV,
- 5) l'utilisation de bio méthane nécessite la mise en place d'un réseau de producteurs de bio gaz épuré pour le transport, ainsi que d'une fiscalité incitative,
- 6) la politique publique française visant l'utilisation de carburant de substitution et plus particulièrement le carburant gaz est insuffisamment incitative.

D'autres freins existent également identifiés dans les autres pays :

- a) Avant tout et d'une façon générale en Europe, il faut souligner le manque d'offre de véhicules GNV adaptés aux besoins des utilisateurs
- b) Méconnaissance des responsables politiques pour l'intérêt de l'utilisation du gaz carburant et plus particulièrement pour ce qui concerne le biogaz, jusqu'à maintenant essentiellement destiné à générer de l'électricité.
- c) Le manque de réseau de distribution (particulièrement pour la France)
- d) Le manque d'information pour l'utilisation du gaz en tant que carburant, à nuancer plus ou moins, selon les pays. Exemple ci-après comparaison entre la France et l'Allemagne :

.France :

Malgré une action de promotion initialisée par le Ministère de l'Industrie et plusieurs grands industriels en Juillet 2005 (Signature du 3ème protocole au bénéfice du développement du GNV, la situation est restée sans développement significatif (exception faite de la part des services publics). Pas de nouveau modèle de véhicule – Publicité très limitée de la part de Gaz de France pour l'utilisation du GNV par les particuliers (Programme concernant l'offre de mise à disposition du petit compresseur à domicile). Aucune publicité particulière pour les industriels. Aucun développement concernant le bio méthane (exception faite du site de LILLE développé dans le cadre du programme européen CIVITAS). Longs délais enregistrés pour la mise à disposition des textes réglementaires concernant les stations de compression.

.Allemagne : Revoir la situation de l'Allemagne chapitre 3.3.5

La situation est tout à fait différente – Le réseau de stations de compression couvre la totalité du territoire. L'industrie automobile allemande propose de nombreux modèles de véhicules GNV, à l'exception des constructeurs de Poids lourds, qui pour l'instant maintiennent l'exclusivité de leur développement à la motorisation diesel. Dans le domaine de l'énergie, le savoir-faire technologique acquis dans l'industrie de transformation du bio gaz en bio méthane est également très fort, ce qui donnera rapidement un très gros avantage à ce pays.

L'utilisation du GNV dans les opérations de transport de la distribution des produits alimentaires par le Groupe SAFEWAY avait été très bien accueillie en Grande Bretagne lors de la mise en place. Les directions de SAFEWAY et de ESSO CNG avaient préparé une information détaillée expliquant les buts visés par l'expérimentation, les attentes, etc, tant à l'attention des personnels, mais également des Municipalités /Communautés urbaines concernées. Le grand public avait été également largement informé de l'expérience.

**ETUDE DE L'EMERGENCE DE VEHICULES PROPRES DANS LE DOMAINE DES « GRANDS ROUTIERS »
PAR L'UTILISATION DU GNV**

Les pouvoirs publics avaient apporté une aide considérable en acceptant de modifier la réglementation pour permettre aux véhicules GNV de circuler en zones urbaines hors des horaires autorisés (Revoir Annexe I).

Cet avantage avait considérablement aidé SAFEWAY et plus particulièrement les personnels chauffeurs qui avaient été les principaux bénéficiaires de cette dérogation en assurant les livraisons en dehors des horaires d'embouteillages urbains, de gagner beaucoup de temps dans leurs opérations de livraison, d'éviter le stress et de bénéficier de nombreux avantages procurés par la conduite de véhicules GNV (conduite beaucoup plus souple, limitation du bruit du moteur et suppression des odeurs de gazole)

L'ensemble des opérations avaient fait l'objet de larges concertations avec les représentants des personnels et des syndicats.

Nota : Les mêmes observations avaient été relevées par le personnel de MIGROS en SUISSE à ZURICH qui dispose également d'une flotte de véhicules GNV (Type porteurs urbains).

VII. LE DEPLOIEMENT DE LA SOLUTION

7.1. - INTRODUCTION :

L'étude de la solution se focalise sur les 2 points essentiels permettant la mise en place en France des grands routiers GNV :

- a) La station de compression et l'amorce du réseau à mettre en œuvre
- b) L'offre véhicule Grands routiers GNV.

Actuellement nous ne disposons pas en France de station publique dédiée aux professionnels du transport routier, ni de véhicules motorisés gaz dans la catégorie des grands routiers.

Une partie des professionnels acceptera le statut quo et attendra la mise à disposition d'offre constructeur, ainsi que la mise en place progressive d'un réseau de distribution de GNV (prévue par le 3ème protocole GNV du gouvernement).

Pour ceux qui souhaiteront prendre un avantage compétitif sur leurs carburants (réduction de coût de l'ordre de 30 à 40 % sur le poste carburant selon le nombre et l'usage de la flotte de véhicules), il ne reste que la solution, déjà utilisée en France par certaines sociétés (Exemple : VEOLIA dans le secteur privé et par plusieurs communautés urbaines dans le secteur public pour leurs flottes de véhicules de voirie ou de transport de personnes), et davantage de sociétés à l'étranger, qui est de développer une station, puis un réseau de stations privatives.

La mise en place de ces infrastructures peut être effectuée isolément, par Société ou en GIE, en réunissant plusieurs partenaires utilisant la (les) station (s).

A l'instar de leurs homologues Anglais, Hollandais, Suisses, etc, qui ont déjà procédé à la transformation de leurs véhicules grands routiers en mode gaz, les sociétés devront procéder à la réalisation de ces transformations des motorisations et adaptations des véhicules au fonctionnement en mode gaz.

Nota : Un important projet est en cours de réalisation en Hollande et doit concerner une flotte de tracteurs d'un groupe privé.

Il faut rappeler que pour les entreprises qui ne souhaiteraient pas investir dans l'acquisition de station de compression, celle(s) ci peut (vent) sous-traiter ce service et obtenir d'un professionnel (exemple : GN VERT filiale de GAZ DE France) la mise à disposition d'une station de compression sur leur site.

Dans ce cas le service proposé est un service « clés en main » comprenant :

- La mise à disposition d'une station complète sur leur site,
- l'entretien/dépannage,
- la fourniture du GNV.

Ce service s'entend sur la base d'un prix fixé du m3 GNV consommé par rapport à des engagements de consommation.

7.2. - AVANTAGES POUR UNE ENTREPRISE (OU UN GROUPEMENT D'ENTREPRISES) QUI ADOPTERAIENT LE GNV EN 2007 POUR SA FLOTTE DE GRANDS ROUTIERS)

- Par rapport à l'utilisation du gaz carburant et à l'usage d'une station de compression privative

- Supprime les problèmes d'approvisionnement de la station (alimentée par le réseau de distribution de gaz) et sécurise l'approvisionnement de l'énergie,
- Durée indéfinie de stockage,
- Procure un très faible impact environnemental sur le site des utilisateurs et la plus faible émission de polluants générée par les carburants,
- Aucune émission de polluants produite pendant les opérations de remplissage,
- Satisfait largement les niveaux d'émission requis des normes Euro au delà de 2015,
- Donne une image environnementale très positive,
- Fournit une mesure très précise de la quantité de carburant consommée et empêche tout vol de carburant et permet la

pratique d'un système self service de distribution du carburant,

- Aucun vêtement de protection (ni gants) n'est requis pour réaliser les opérations de pleins,- Réduit considérablement le niveau de nuisance sonore – peut permettre de décaler les livraisons en soirée (hors des périodes de pointe d'embouteillage,
- Possibilité de prévoir un système de management des consommations si plusieurs utilisateurs partagent la station (Répartition des coûts de fonctionnement de la station entre plusieurs partenaires),
- Réduction très significative du coût du poste carburant (De 30 à 40 % selon le nombre de véhicules et l'utilisation des véhicules).

Une étude indicative de coûts de fonctionnement décrit dans le paragraphe suivant les possibilités actuellement offertes.

7.3.- ETUDE D'UN SCENARIO DE FONCTIONNEMENT – SIMULATION DU FONCTIONNEMENT D'UNE PLATE FORME DE TRANSPORT CONCERNANT UNE ENTREPRISE SEULE OU D'UN GROUPEMENT DE PLUSIEURS ENTREPRISES (ORGANISATION EN GIE).

RENTABILITE DE L'UTILISATION DE MOTORISATION GNV POUR LES « GRANDS ROUTIERS »

La motorisation gaz (GNV) a déjà fait largement ses preuves en France et dans de nombreux pays dans le monde pour différents modes de transports : routiers, fluviaux et/ou maritimes.

Malgré des bilans très positifs sur les plans économiques, environnementaux et techniques, l'offre de tracteurs routiers motorisés GNV a jusqu'à présent, été délaissée par les constructeurs /motoristes de poids lourds. Il n'existe donc pas actuellement d'offre 'constructeur' pour le véhicule « grand routier GNV ».

Par contre, depuis une dizaine d'années, des expériences ont été développées en Grande Bretagne et d'autres pays sur des véhicules équipés de motorisations GNV, obtenues par transformation du moteur diesel d'origine.

Cette opération de conversion en mode gaz est reconnue par les pouvoirs publics britanniques, mais ne bénéficie pas de label européen type « R 110 ». Par contre, l'utilisation opérationnelle prolongée, acquise par les utilisateurs de ces véhicules permet de valider l'intérêt de la solution de la motorisation GNV pour des grands routiers. C'est à partir de ce modèle de moyens et d'organisation que nous proposons de mettre en place une expérimentation sur le territoire français.

L'objet de cette étude est de fournir quelques informations financières relatives aux coûts de la conversion du moteur diesel en mode gaz, de l'énergie gaz et de l'exploitation d'une station de compression GNV privative, afin de fournir des éléments indicatifs concernant l'aspect rentabilité des « grands routiers » GNV.

Cette étude est basée sur la simulation de la situation d'une flotte de véhicules « grands routiers » d'une entreprise (ou de plusieurs) qui exploiterait (ent) la même installation. Celle-ci pourrait se concevoir en région Ile de France, puis se développer dans les différentes régions de province pour répondre aux besoins des grands routiers couvrant des lignes régulières de transport.

Les données de l'étude sont les suivantes :

**La flotte serait constituée de 50 véhicules tracteurs motorisés GNV (Par conversion du moteur diesel d'origine).
L'organisation du fonctionnement :**

- 20 véhicules affectés à des transports régionaux (300 kms/jour).
- 30 véhicules affectés à des lignes régulières de transport (500/kms/jour).

- La rentabilité du GNV est différente dans les 2 types d'usage – La rentabilité est plus forte selon l'usage des véhicules, les distances et le type de conduite sur autoroute avantagent nettement les lignes de transport.

- Les véhicules disposent d'une autonomie d'environ 750 kms entre chaque plein.
 - L'activité est sur 250 jours/an.

Les véhicules sont ravitaillés en GNV à partir d'une station de compression privative (L'entreprise ou le GIE - si il y a regroupement de plusieurs entreprises - est propriétaire de la station). La station est dimensionnée pour supporter le ravitaillement des véhicules sans temps d'attente (Configuration comprenant 2 compresseurs de 800 Nm³/heure – 2 unités de stockage GNV – 2 pompes de distribution). Le coût de l'installation technique a été pris en compte.

Commentaires concernant les éléments financiers contenus dans cette étude :

Dans le cadre d'un projet de conversion d'une flotte de tracteurs en mode G.N.V., une étude synthétique a été réalisée afin de comparer les coûts d'exploitation entre les modes diesel et G.N.V.

Cette étude vise à comparer un certain nombre d'indicateurs économiques induits par la conversion au gaz d'une flotte de tracteurs et la mise en place d'une station de compression. Elle ne peut donc pas être considérée comme une analyse exhaustive d'un projet précis sur les plans économiques et financiers.

La présentation de cette étude comporte deux parties:

La première présente les caractéristiques de la flotte concernée par cette conversion, les hypothèses retenues dans cette étude et les coûts globaux et sont donc exprimés en milliers d'euros (indication spécifique en annexe du tableau du tableau et in fine de celui-ci), la deuxième partie présente les principaux éléments comparatifs des coûts d'exploitation de cette flotte entre les 2 modes de carburants dont les coûts unitaires sont exprimés en Euros.

Dans les conditions financières de cette analyse, le retour de l'investissement initial comprenant la transformation des moteurs et la moitié du coût de la station, (l'autre moitié étant supposée être financée par un emprunt à 5 % l'an sur une durée de 5 ans de la station de compression), serait de 2 ans et demi. Il est évident qu'un recours plus important au financement externe des investissements réduirait le délai de retour sur investissement.

Signalons que le financement de cette station par un crédit-bail sur une durée de 5 ans à 5 % l'an entrainerait une redevance annuelle de 135.000 €.

Enfin, il convient de préciser que ni l'impact d'aides financières (ADEME & autres), ni les aspects fiscaux n'ont été retenus dans cette approche synthétique, tant sur des possibilités de participation au financement de la conversion des moteurs ou de l'installation de la station de conversion, que sur celles d'amortissement accéléré de ces conversions et installation.

**ETUDE DE L'EMERGENCE DE VEHICULES PROPRES DANS LE DOMAINE DES « GRANDS ROUTIERS »
PAR L'UTILISATION DU GNV**

A - Données générales de bases.

Partie 1 AMORTISSEMENTS.

1-1 Conversion moteur (diesel en G.N.V.).				Durées de vies.
	Coût de la conversion des moteurs =		30 000 € par tracteur.	5 ans.
1-2 Coût initial de l'installation de la station de compression.				
		Nombre	Prix unitaire	Somme
	des compresseurs	2	208 800 €	417 600 €
	du stockage G.N.V.	2	33 355 €	66 710 €
Coûts	des pompes de distribution	2	15 000 €	30 000 €
	de l' installation du matériel		70 000 €	70 000 €
	Coût initial de la station =		584 310 €	10 ans.

Partie 2 COÛTS DE FONCTIONNEMENT.

2-1 Coût annuel de la consommation électrique des compresseurs.

Puissance du moteur: 148 KW.
Utilisation annuelle: 15 heures par jour.

Consommation annuelle = 555 000 KWh.
Prix du KWh: 0,07650 €

Coût annuel de la consommation électrique = 42 458 € par an.

2-2 Estimation du coût annuel de la station de compression.

Durée de vie de l'installation : 10 ans

Production annuelle : 2 062 500 Nm3

Coût annuel du compresseur = 100 889 € par an.

Soit : 0,04892 € par Nm3.

2-3 Fourniture du gaz.

Coût du m3 gaz: 0,34974 €
TIPP 0,084 €
Soit: 0,43374 € TTC

Consommation: 2 062 500 Nm3 par an.

Coût annuel du gaz = 894 589 € par Nm3

**ETUDE DE L'EMERGENCE DE VEHICULES PROPRES DANS LE DOMAINE DES « GRANDS ROUTIERS »
PAR L'UTILISATION DU GNV**

Principaux paramètres économiques.	G.N.V.	Diesel	Ecart.
1- Coûts annuels de la flotte. (a)			
1.1. Coûts variables d'exploitation			
1.1.1. Flotte à usage régional			
Carburant	325	536	-210
Conversion des moteurs	120		120
Coûts variables (1).	445	536	-90
1.1.2. Flotte à usage grandes lignes			
Carburant	569	1 116	-546
Conversion des moteurs	180		180
Coûts variables (2).	749	1 116	-366
1.2. Coûts fixes d'exploitation			
Amortissement annuel de la station	58		58
Consommation électrique	42		42
Frais financiers (b).	9		9
Coûts fixes d'exploitation (3).	110		110
1.3. Coûts totaux annuels (1+2+3). (a).	1 305	1 651	-346
2. Coûts par véhicule et par jour.			
2.1. Flotte à usage régional (300 kms/jour).			
Carburant	65,06 €	107,10 €	-42,04 €
Conversion du moteur	24,00 €		24,00 €
Coûts fixes d'exploitation ©.	8,21 €		8,21 €
Coût total journalier par véhicule:	97,27 €	107,10 €	-9,83 €
Coût complet par Km.	0,32 €	0,36 €	-0,03 €
2.2. Flotte à usage grandes lignes (500 Kms/jour).			
Carburant	75,90 €	148,75 €	-72,85 €
Conversion du moteur	24,00 €		24,00 €
Coûts fixes d'exploitation ©.	9,12 €		9,12 €
Coût total journalier par véhicule:	109,02 €	148,75 €	-39,73 €
Coût complet par Km.	0,22 €	0,30 €	-0,08 €

(a) : Chiffres exprimés en milliers d' €.

(b): Frais financiers moyens d'un emprunt à 5% l'an sur 5 ans, finançant la moitié de la station de compression.

©: Les coûts fixes de la station sont répartis entre les 2 types de flottes en fonction de leur consommation de gaz.

7.4.- Les possibilités de réorganisations de transport (Local – Inter régional – Liaisons internationales « courtes & moyennes distances » (ex : Liaisons Pays Bas/ Belgique - France).

L'introduction du GNV dans l'organisation des transports de marchandises locaux ou inter régionaux peut bénéficier de l'expérience acquise dans l'exploitation des poids lourds utilisés par les Services Municipaux et/ou Sociétés prestataires de services assurant la collecte et le transport des ordures ménagères, pour ce qui concerne les procédures d'entretien et de contrôles spécifiques à l'utilisation de véhicules GNV (Organisation des ateliers de maintenance, stratégie de vidange des réservoirs, étanchéité des réservoirs, méthode de contrôle : CID et méthode équivalente, etc).

En complément de l'organisation de la station de compression, l'(ou les) entreprise(s) devront rechercher des coopérations avec d'autres utilisateurs de véhicules disposant de stations en place dans la zone où ces sociétés exercent leurs activités, de façon à disposer de solutions de secours pour éventuellement, en cas de besoin, compléter les pleins de leurs véhicules. La mise en place progressive de stations publiques devrait au fur et à mesure de leurs installations diminuer tout risque de défaut de possibilité de réapprovisionnement.

Concernant les liaisons internationales, les infrastructures en stations GNV étant beaucoup plus nombreuses dans de nombreux pays, qu'en France, l'opération de complément de pleins de véhicules GNV qui transiteraient dans ces pays devrait pouvoir être résolue simplement. Dans la majorité des cas, il existe sur Internet les cartes des réseaux de stations service avec les différents services offerts. De plus, des expérimentations de véhicules lourds sont déjà en place dans ces pays, ou vont l'être très prochainement :

Exemple : Les pays Bas. Il existe un important projet de mettre sur la route une flotte de tracteurs routiers motorisés gaz qui devraient être opérationnels prochainement. (Voir ci-après avis de confirmation de l'ENGVA dans son bulletin d'information de Janvier 2007)

DUTCH NGVs MOVING FORWARD... FINALLY

Netherlands has struggled in past years, though some slow but steady progress has been made in the development of industry interest as the creation of a fueling infrastructure. At the end of 2006 and moving into 2007, however, much more activity is planned across all country with large natural gas holdings.



Dutch4, a consulting and contracting company in the Netherlands is devoted to the long term development of a CNG fueling infrastructure. On 7 December 2006 they opened a fueling station in Forepark in The Hague that will be used by some of the 300 NGV's being purchased by the Dutch government, mostly light duty vehicles but also including a variety of other natural gas vehicles. (For more information, please visit www.dutch4.com) or contact Peter Commandeur at info@commandeur.nl.

The fueling station network currently consists of seven stations with four more in process. Most are public with a capacity of 300 m3/hr and a bus station in Haarlem with two 800 m3/hr compressors. By 2008 the Dutch4, who have put in a majority of the existing stations, anticipate expansion to 40 CNG fueling stations.

The city of Haarlem currently has 85 natural gas buses and 45 taxi cabs all belonging to the transit company Connexion. The city was one of the initial partners in the European Commission-funded BiogasMax project, however, the Dutch government was subsidizing biogas for electricity generation and not for vehicle applications. The biogas upgrading company, therefore, was not motivated to provide biomethane to the bus company and, sadly, the city of Haarlem dropped out of the program. Dutch NGV lobbyists – including ENGVA – approached the government to 'level the playing field' and provide the same subsidy for biomethane for vehicles as they were for biogas for electricity generation. The reaction of the Dutch authorities? They leveled the playing field by taking back the subsidy for biogas for electricity generation!!! (???)

“LNG could take a prominent role in the Netherlands as plans are underway with a large trucking company to develop its fleet along with a supporting LNG fuelling infrastructure” (Source : ENGVA NEWS February 2007)

Un autre pays voisin complète actuellement ses expérimentations dans le domaine des transports propres pour des grands routiers, il s'agit de la SUISSE, qui en plus du groupe de distribution de produits alimentaires MIGROS, qui dispose d'une expérience d'utilisation de poids lourds GNV depuis une dizaine d'années, les entreprises COCA COLA & MAC DONALD disposent de véhicules « dual fuel ».

VIII Projet pilote (Business case)

8.1.- PARTICIPATION : SOCIETES APPROCHEES ET DECIDEES A PARTICIPER A UNE PREMIERE EXPERIMENTATION

8.2.- APPROCHE METHODOLOGIQUE :

Contenu de l'expérimentation à définir selon les besoins des acteurs, les aides financières obtenues et la participation des acteurs publics (ADEME, Conseil régional, Représentants des Ministères concernés – Industrie, Transport, Finance- Représentants de fédérations de transport). Organisation et définitions de l'expérimentation en groupes de travail : *Ce travail doit faire l'objet d'une écoute précise des acteurs, ainsi que d'une documentation suffisante pour permettre son extension.*

