



# La technologie d'un nouveau carburant: "mélange gaz naturel/hydrogène"

M.Belacel<sup>1</sup>, B.Mahmah<sup>1</sup>, N.salhi<sup>2</sup>, G.Morsli<sup>1</sup>

1 Centre de Développement des Énergies Renouvelables, Division Hydrogène Énergies Renouvelables, route de l'Observatoire,  
Bouzaréah - Alger

muniabelacel@yahoo.fr

2 Laboratoire de Chimie du Gaz Naturel, Faculté de Chimie, USTHB 109 El-Alia Bab Ezzouar, Alger-Algérie

**Résumé**— L'une des principales sources d'énergie, est le pétrole qui va atteindre son "peak" de production dans une ou quelques dizaines d'années, puis se mettra à diminuer. De plus, l'utilisation des combustibles fossiles, pétrole, gaz, charbon, génère du CO<sub>2</sub> dont la prolifération peut produire un "effet de serre" sur le globe terrestre et induire un réchauffement de l'atmosphère. Pour ces différentes raisons, l'homme tente dès maintenant de réduire sa consommation de combustibles fossiles et cherche à les remplacer par des énergies renouvelables. En effet, le monde est actuellement face à deux problématiques qui sont d'un côté l'épuisement du pétrole, qui est la source principale pour les carburants de transport, et d'un autre côté la nécessité de diminuer les émissions des gaz à effet de serre, qui sont les causes principales des changements climatiques. Les solutions à proposer doivent alors faire face au dilemme de l'augmentation de la consommation de carburants face à l'obligation éminente de diminuer les gaz à effet de serre. Par ailleurs, les émissions polluantes du secteur du transport continuent de croître différemment suivant le carburant utilisé, et le type de polluant généré. Pour cela, il devient urgent de limiter puis faire baisser ces émissions, surtout celles des véhicules légers dont le parc mondial est en constante progression. Dans ce contexte, l'utilisation future de carburants d'origine renouvelable est la seule solution durable pour protéger le climat et assurer l'approvisionnement énergétique mondial du secteur du transport à long terme.

**mots clés:** l'hydrogène, les énergies renouvelables, mélange gaz naturel/hydrogène

## I. INTRODUCTION

Le gaz naturel, qui est principalement constitué de méthane, offre de nombreux avantages économiques et environnementaux. Le gaz naturel a des niveaux d'émission de polluants relativement bas comparés aux autres combustibles fossiles. En ce qui concerne de dioxyde de carbone, la combustion du gaz naturel engendre respectivement 30 à 40% moins que le pétrole et le charbon à quantité d'énergie consommée identique [1]. Toutefois, les émissions de polluants dues à la combustion du gaz naturel peuvent être réduites. Une alternative intéressante consiste à substituer l'hydrogène à une partie du gaz naturel, créant un combustible hybride moins polluant. Cette solution est une première étape vers une économie hydrogène afin d'adapter

graduellement les infrastructures, les normes et réglementations ainsi qu'informer et préparer le public. La participation de l'hydrogène provient de sa rareté sur la terre à l'état naturel, de sa forte capacité énergétique massique et de son caractère non polluant, sous réserve de le produire à partir de filières technologiques elles-mêmes propres.

L'hydrogène est un combustible propre sans émission de carbone : sa combustion produit seulement de l'eau et une quantité réduite d'oxydes d'azote. Bien qu'il existe en abondance dans l'univers, l'hydrogène est un gaz qui n'existe pas à l'état naturel où il est combiné à l'oxygène ou à de longues chaînes carbonées. L'hydrogène n'est donc pas une énergie primaire mais un vecteur énergétique. La solution la plus économique aujourd'hui pour sa production est de dioxyde de carbone CO<sub>2</sub> émis en quantité importante lors de sa production, par exemple par séquestrations, sous peine de perdre l'un de ses principaux atouts. L'hydrogène permettant aussi d'intégrer et de stocker des énergies renouvelables non génératrices de gaz à effet de serre. L'hydrogène comme vecteur d'énergie présente donc de nombreux avantages : il peut être produit à partir d'un grand nombre d'énergies primaires et être utilisé dans une multitude d'applications mobiles et stationnaires, notamment via la technologie de la pile à combustibles. Même si l'hydrogène est vu comme un futur vecteur d'énergie clé, il subsiste plusieurs points de résistance d'aspect technique, «économique et sociétal. Premièrement, les technologies relatives à la production, au stockage et à la distribution doivent être développées afin que l'hydrogène soit utilisé comme un combustible usuel. Deuxièmement, les limites d'inflammabilité de l'hydrogène sont très étendues. Cela nécessitera de redéfinir certains normes de sécurité.

Les mélanges gaz naturel / hydrogène peuvent être une solution de transition vers une « énergie hydrogène ». La combustion de ces mélanges permettrait une réduction globale des émissions en attendant le développement de nouvelles technologies.

L'ensemble de la filière hydrogène est schématisé Figure 1 ci-dessous :



# Le 2<sup>ème</sup> Séminaire International sur les Energies Nouvelles et Renouvelables

## The 2<sup>nd</sup> International Seminar on New and Renewable Energies

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,  
Ghardaïa – Algérie 15, 16 et 17 Octobre 2012

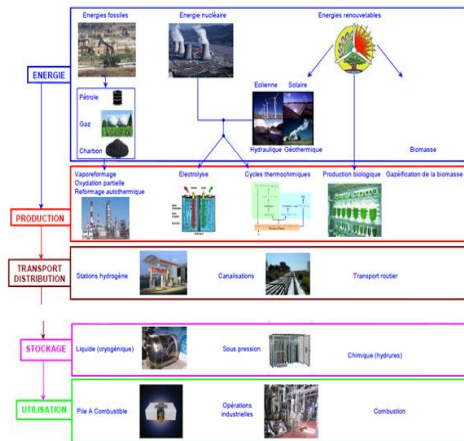


Fig. 1 La filière hydrogène

### II. ETUDE DES MÉLANGES MÉTHANE – HYDROGÈNE

L'utilisation d'hydrogène comme combustible est intéressante pour plusieurs raisons. Tout d'abord, le seul produit de combustion de l'hydrogène est l'eau. Son utilisation permet donc d'éliminer l'émission de dioxyde de carbone à l'endroit où se situe l'installation de combustion. De plus, il sera alors possible d'utiliser des combustibles qui contiennent une grande quantité d'hydrogène dans le but de produire de l'énergie et de la chaleur tout en produisant peu d'émissions polluantes, en ayant une grande efficacité thermique et un processus peu coûteux [2].

Pour ces raisons, l'Hydrogène, vecteur énergétique a le plus fort potentiel à moyen et long terme pour devenir le combustible propre et durable dans le secteur du transport. Cependant, divers obstacles technico - économiques retardent la généralisation de l'utilisation de l'hydrogène via la Pile à Combustible (PAC) dans le transport. En plus, il sera très difficile de remplacer tout le parc automobile mondial en un temps réduit.

C'est pour cela qu'une période de transition est nécessaire pour permettre la levée de ces obstacles. Cette période sera caractérisée par l'utilisation d'un nouveau carburant constitué du mélange Gaz Naturel Carburant dopé par de l'Hydrogène, (déjà connu sous le nom d'hythane au Québec).

TABLEAU -1: PROPRIETES CHIMIQUES DU METHANE ET DE L'HYDROGENE (SOURCE ASSOCIATION FRANÇAISE DE L'HYDROGENE) .

	Gaz naturel (méthane CH <sub>4</sub> )	Hydrogène H <sub>2</sub>
Masse molaire (g/mol)	16	2
Masse volumique (conditions atmosphériques) (en kg/m <sup>3</sup> )	0.7	0.08
Chaleur de combustion (inférieure) (en kJ/g)	50	120
Limite du domaine d'inflammabilité dans l'air (en %vol)	5.3-15.0	4.0-75.0
Energie minimale d'inflammation (en mJ, pour mélange stœchiométrique à pression et température ambiante)	0.29	0.02
Température d'auto-inflammation (en °C)	540	585
Température de flamme (en °C)	1875	2045
Limite de détonabilité (en %vol)	6.3-13.5	13-65
Energie explosive (en kg TNT/m <sup>3</sup> )	7.03	2.02
Coefficient de diffusion dans l'air (en cm <sup>2</sup> /s)	0.16	0.61
Vitesse de flamme dans l'air (cm/s)	37	260
Vitesse de détonation dans l'air (km/s)	1.8	2

#### A. L'hythane

(Hythane est un nom déposé par l'UQTR, Université de Québec).

L'hythane est un enrichissement du gaz naturel (méthane) par de l'hydrogène jusqu'à 20%. Il permet d'utiliser les infrastructures existantes de transport et de distribution de gaz ainsi que les chaudières à gaz, cuisinières, chauffe-eau.

#### B. Avantages de l'hythane

- il permet de lancer la production de masse de l'hydrogène ainsi que son transport et sa distribution en utilisant le réseau de gazoducs existants, et l'acceptation de l'hydrogène par le public et de progressivement augmenter le pourcentage d'hydrogène dans l'hythane,

- il permet une petite réduction des gaz à effet de serre. Le fait que les particuliers utilisent quelques pourcents d'hydrogène mélangés au gaz naturel entraînera la banalisation de ce nouveau vecteur énergétique et son acceptation par le public avec une image positive de combustible écologique.

Il y a une synergie entre le gaz naturel et l'hydrogène au niveau de l'utilisation et du transport (hythane, gazoducs, etc). L'hythane peut aussi être utilisé pour les transports, les véhicules fonctionnant au gaz naturel peuvent être additionnés d'hydrogène pour fonctionner à l'hythane comme le propose Volvo.

L'hythane permet une combustion avec une température de flamme plus basse, il n'y a pas de production de Nox.

#### - La solution du transport d'hydrogène mélangé au méthane dans des gazoducs, avec séparation à la fin :

De plus l'hythane peut être séparé en méthane et en hydrogène à la sortie du gazoduc avec des membranes, ce qui permet d'avoir de l'hydrogène pur pour le transport, etc. Par exemple, en France il y a 27 000 Km de gazoducs à 60 bars, cet immense réseau existant peut être utilisé pour transporter l'hydrogène [3].



## Le 2<sup>ème</sup> Séminaire International sur les Energies Nouvelles et Renouvelables

### The 2<sup>nd</sup> International Seminar on New and Renewable Energies

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,  
Ghardaïa – Algérie 15, 16 et 17 Octobre 2012



#### 1. Les performances techniques de l'Hythane

##### 1.1. Des Performances Environnementales

L'hydrogène permet d'augmenter les performances environnementales du GNV en :

- réduisant de 8 % les polluants locaux et gaz à effet de serre par rapport au GNV
- réduisant de 10 % des NOx par rapport au GNV.

L'Hythane est également un carburant propre dans sa production, ne générant aucune pollution. L'électrolyseur, qui décompose l'eau en oxygène et produit l'hydrogène sur site, peut être alimenté en électricité verte (éolienne...). [9 5] (Althytude 2009).

TABLEAU -2 : REDUCTION DES EMISSION DE POLLUANTS EN FONCTION DE L'AJOUT D'HYDROGENE DANS LE GAZ NATUREL

gram/Km	CO	HC	CH <sub>4</sub>	NOX	Particules
GNV (GNC)	0,010	0,000	0,250	2,080	0
HGNC (20%)	0,008	0,000	0,205	1,248	0
HGNC (30%)	0,008	0,000	0,180	1,000	0
H <sub>2</sub> (MCI)	0	0	0	>0	0

De plus, le moteur à combustion interne n'exige pas un hydrogène de haute pureté. Cette technologie, permet le fonctionnement du moteur avec le carburant HGNC ou en parallèle avec des carburants classiques (Essence ou Diesel) en mode bicarburant. Un ajout d'une quantité d'hydrogène supérieure à 8 % en volume au gaz naturel nécessite des adaptations mineures (cartographie, injecteurs et réservoirs) aux technologies GNC existantes. Cependant, dans le cas de l'utilisation d'un pourcentage en hydrogène inférieur à 8%, il n'y aura aucune modification du moteur GNC (Fig. 2).

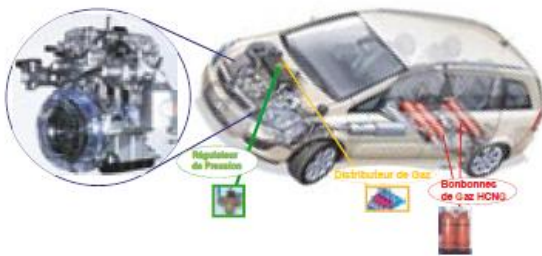


Fig. 2 Véhicule à Moteur à Combustion Interne (MCI) fonctionnant au carburant HGNC

##### 1.2. Des Performances Techniques

Le mélange de gaz naturel et d'hydrogène a des propriétés voisines de celles du gaz naturel dont les risques sont connus et maîtrisés. L'ajout de l'hydrogène comme carburant améliore le rendement des moteurs et permet

une combustion rapide et plus stable, tout en maintenant un haut niveau de sécurité. Seul inconvénient, le mélange gaz naturel et d'hydrogène diminue très légèrement l'autonomie des véhicules. [4].

#### - Quel est l'intérêt de doper en hydrogène le gaz naturel utilisé pour les moteurs ?

« Cela a pour effet d'augmenter le rendement et de réduire les émissions polluantes. Tout d'abord, en introduisant de l'hydrogène dans le gaz naturel, celui-ci brûle mieux. Les performances du moteur s'en trouvent donc améliorées. Le dopage en hydrogène permet aussi de réduire la consommation de gaz. Les moteurs de cogénération fonctionnent en mélange pauvre, c'est-à-dire avec davantage d'air que de gaz. En ajoutant de l'hydrogène, on abaisse encore la proportion de gaz nécessaire à l'allumage du mélange. » [5].

#### C. L'hythane, carburant du futur

Au terme de plusieurs années de tests, GDF SUEZ et la Communauté Urbaine de Dunkerque ont dressé un bilan de l'utilisation de l'hythane, un carburant composé à 80 % de gaz naturel et à 20 % d'hydrogène. Une réponse possible aux questions d'indépendance énergétique, de réduction des émissions de gaz à effet de serre et de pollution locale.

La sévérité des normes de pollution locale pour les véhicules (Euro I, II, III...), ainsi que les pressions croissantes liées aux enjeux du réchauffement climatique incitent les constructeurs à toujours plus d'innovations sur les modes de combustion, les systèmes de post-traitement ou même les carburants. La filière GNV (Gaz Naturel Véhicule) s'est développée fortement, notamment pour les applications sur des bus et des bennes à ordures ménagères, car elle présente des avantages certains en termes de réduction des polluants locaux et des émissions de gaz à effet de serre. Toutefois, comme l'ont montré différentes expériences étrangères, l'ajout d'hydrogène dans le gaz naturel doit permettre d'obtenir de meilleures performances techniques et environnementales. Agissant pour l'émergence de transports propres et pour l'intégration des énergies renouvelables à ce secteur, la direction Recherche de GDF SUEZ et la Communauté Urbaine de Dunkerque ont, en 2005, avec l'appui de l'ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie), lancé le projet Althytude (L'Alternative Hydrogène dans les Transports Urbains à Dunkerque). Cette expérimentation qui a consisté à faire circuler deux bus DK'Bus Marine du réseau dunkerquois, circulant habituellement au gaz naturel, avec un carburant innovant composé à 80 % de gaz naturel et à 20 % d'hydrogène





# Le 2<sup>ème</sup> Séminaire International sur les Energies Nouvelles et Renouvelables

## The 2<sup>nd</sup> International Seminar on New and Renewable Energies

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,  
Ghardaïa – Algérie 15, 16 et 17 Octobre 2012



(hythane), s'est achevé en septembre 2010. Elle a permis de tester et de suivre le fonctionnement des équipements sur toute la chaîne, depuis la production de l'hydrogène jusqu'à son utilisation. Une première en France. Au total, les véhicules ont parcouru 40 000 kilomètres chacun et transporté des passagers pendant un an.

### 1. Diminution des émissions de GES et de NOx

Les études montrent que ce carburant permet d'obtenir des bénéfices immédiats pour l'environnement. En effet, l'hydrogène améliore la combustion de gaz naturel, ce qui permet d'atteindre de meilleures performances techniques et de réduire les émissions de gaz à effet de serre (diminution d'environ 8 % par rapport au GNV) et les émissions de polluants locaux (réduction des NOx de 10 % par rapport au GNV). Le bilan carbone est d'autant plus amélioré que l'hydrogène est produit sur site : l'électrolyseur qui décompose l'eau et produit l'hydrogène peut être alimenté en électricité d'origine renouvelable (éolien, biomasse...).

Le carburant mélange gaz naturel/hydrogène permet de réduire la consommation énergétique et apporte un agrément de conduite reconnu par les conducteurs de bus. Des essais récents, ont permis de visualiser la propagation de la flamme de mélanges de gaz naturel (en fait du méthane pur) et d'hydrogène et de montrer une augmentation sensible de la vitesse de flamme, signifiant une combustion rapide et plus stable. Par ailleurs, pour les collectivités déjà équipées d'une station GNV, le mélange H<sub>2</sub>/GNC est applicable aux technologies existantes. Par ailleurs, l'adaptation des moteurs des bus GNV à H<sub>2</sub>/GNC n'a demandé que de légères adaptations.

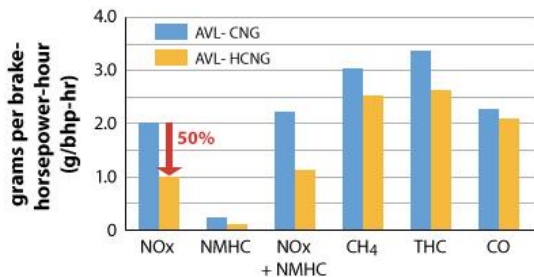


Fig 3 La diminution des émissions polluantes de carburant HGNC.

Par ailleurs, pour les collectivités déjà équipées d'une station GNV, l'hythane est applicable aux technologies existantes : GNVert a pu, sans difficulté, adapter la station GNV de Dunkerque en y installant une station de production hydrogène d'une capacité de 120 m<sup>3</sup> par jour. Par ailleurs, l'adaptation des moteurs des bus GNV à l'hythane n'a demandé que de légères adaptations [6].

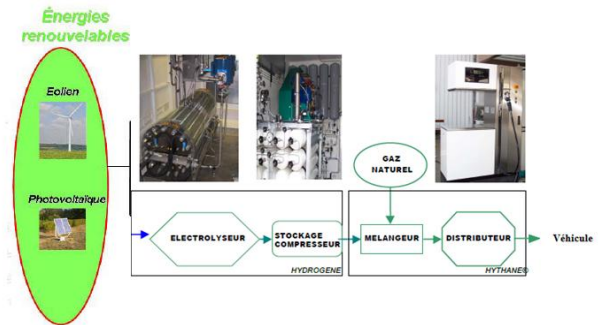


Fig 3 Station de production et de distribution de carburant HGNC

### B. Perspective de l'utilisation de ce nouveau carburant en Algérie

La mise au point de ce carburant est, depuis plusieurs années, un objectif des chercheurs algériens. Le mélange hydrogène solaire - gaz naturel (HCNG) présente de nombreux avantages, il est pratiquement la « seule passerelle technologique » permettant d'introduire l'hydrogène commercialement et à brève échéance dans le pool des carburants. La première expérience d'utilisation du GNC/Carburant a été lancée par Naftal et Sonatrach vers la fin des années 80. Le carburant hybride génère des « émissions de polluants locaux extrêmement faibles, inférieures de moitié à celles du GNC ». Il permet aussi « au moteur de fonctionner dans des zones de combustion très pauvres et améliore le rendement de la combustion par rapport au GNC ». Selon le CDER, l'utilisation de ce carburant « induit une réduction des émissions de CO<sub>2</sub> par rapport au GNC, si l'hydrogène mélangé au gaz naturel est d'origine renouvelable ».

Le projet est présenté alors comme une « solution de transition réaliste » au plan économique et technique dans le secteur des transports [7].

### III. CONCLUSION CONCLUSIONS

L'Hythane est une phase transitoire pour l'introduction de l'hydrogène comme carburant dans les moteurs à combustion interne. Dans les années à venir l'ajout d'installation de production et de stockage de l'hydrogène aux installations du GNV déjà existant est une solution très facilement réalisable et semble être la solution la plus appropriée pour l'utilisation de l'hydrogène à court terme en Algérie.

### À quoi ressemblerait un monde alimenté à l'hydrogène?

Nul ne doute qu'il s'agira d'un endroit beaucoup plus propre et tranquille que celui où nous habitons maintenant, car l'hydrogène sera devenu d'ici à 2075 le vecteur énergétique



## Le 2<sup>ème</sup> Séminaire International sur les Energies Nouvelles et Renouvelables

### The 2<sup>nd</sup> International Seminar on New and Renewable Energies

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,  
Ghardaïa – Algérie 15, 16 et 17 Octobre 2012



de prédilection. Les systèmes de piles à combustible seront aussi répandus que les réseaux électriques et les moteurs à combustion interne du passé, mais les véhicules produiront de l'énergie en faisant un minimum de pollution et permettront le transport des voyageurs et des marchandises grâce à des moteurs électriques pratiquement silencieux. L'air des grandes villes du monde sera pur et les gens respireront plus facilement. Le changement climatique, quoiqu'inévitable, se fera plus lentement et nous aurons gagné le temps nécessaire pour nous y adapter.

#### REFERENCES

[1] Réseau Action Climat-France, en collaboration avec UICN, Gland, Suisse. "Vers un accord équitable sur le climat pour l'après 2012", Propositions du Réseau

Climat-Développement , Étude du Réseau Climat Développement, Novembre 2008.

- [2] F.AMROUCHE, Transition douce vers l'application de l'Hydrogène dans le transport : Gaz Naturel Enrichi par de l'Hydrogène « HGNC », CDER, Alger, N°15 - 16, 2009,
- [3] C. ROTTIER, Etude expérimentale de l'influence des mélanges gazeux sur la combustion sans flamme Thèse de Doctorat, Rouen, France, 2010
- [4] SITE INTERNET : [www.althytude.info/fr/](http://www.althytude.info/fr/).
- [5] F. N.VEOLIA, Toute notre énergie tournée vers l'efficacité, Environnement, 2011
- [6] Article\_58867, Editions T.I, 2011
- [7] Actualité nationale & internationale, économie, Des chercheurs algériens mettent au point un nouveau carburant, Science/Tech, 2010