

# Journées Recherche et Industrie biogaz méthanisation

16-17-18 octobre 2013

Palais des Archevêques de Narbonne

# Utilisation/valorisation du biométhane :

la valorisation carburant, un avantage  
environnemental indéniable mais  
quelques contraintes utilisateurs

"crigen

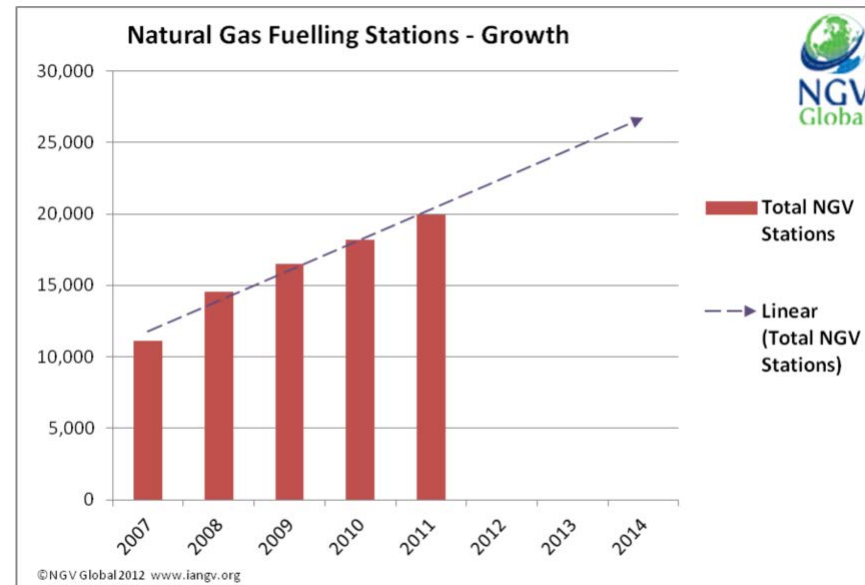
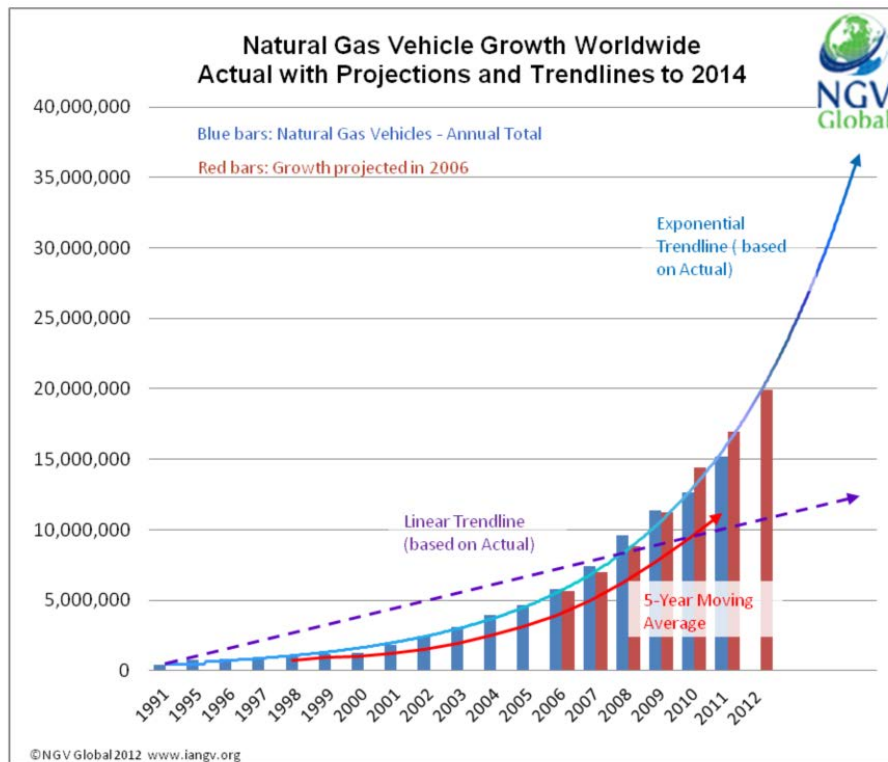
Narbonne, le 17/10/2013

Philippe LIEGEOIS  
GDF SUEZ - CRIGEN

# **GNV & biométhane, des carburants déjà bien implantés dans le monde et en Europe ...**

JRI Biogaz méthanisation de Narbonne  
16-18 octobre 2013

# GNV/Biométhane carburant, un marché en pleine expansion dans le monde...



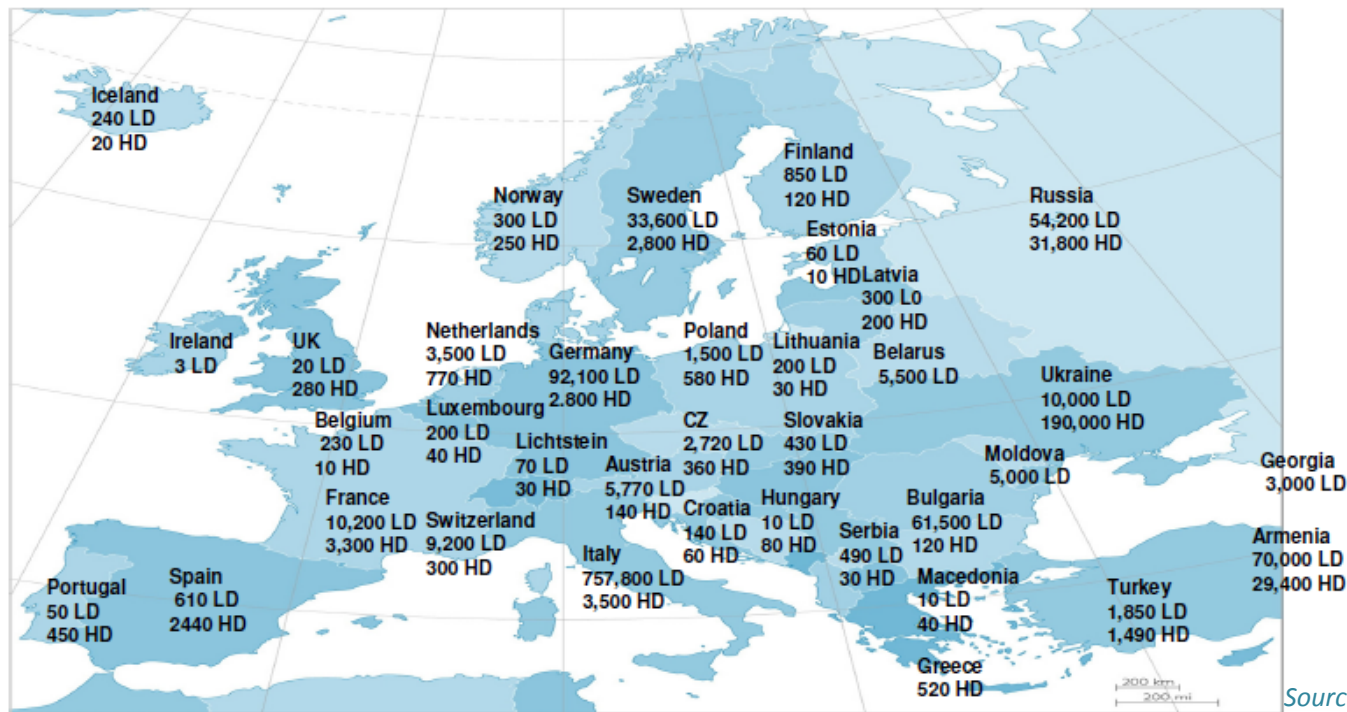
Source: NGV Global - 2012

Avec une croissance de +23%/an depuis 2002, le marché du GNV poursuit sa forte progression dans le monde et notamment en Asie-Pacifique et en Amérique du Nord.

Mi-2013, on comptait 17 millions de véhicules GNV dans le monde et plus de 22 000 stations-service.

# ...en Europe, GNV/Biométhane carburant tentent de s'implanter durablement...

1.4 million NGVs in Europe by mid 2011  
(500,000 at the end of 2003)



Source: NGVA Europe - 2011

Poussé par l'Italie et l'Allemagne, le marché du GNV pourrait atteindre une part de marché de 5% en Europe à l'horizon 2020.

Mi-2013, on comptait 1,8 millions de véhicules GNV en Europe.

# Le GNV / biométhane, une réalité en France aujourd'hui

**10 000 véhicules légers GNV** au sein de flottes de Collectivités Locales et d'Entreprises.

- Entreprises: GrDF, JC Decaux, SNCF, Chronopost, CPAM, PICARD, etc.
- Collectivités: Valenciennes, Bordeaux, Lille, Conseil Régionaux, etc.



**800 Bennes à Ordures Ménagères GNV**

- Entreprises: Nicollin, SITA, VEOLIA Environnement, Pizzorno, Coved, Derichebourg, etc.
- Régies Publiques: Mairie de Paris



**2400 Bus roulent aujourd'hui au GNV**, dans une trentaine de villes

- Opérateurs privés: Kéolis, Transdev, Connex, Transpole, VEOLIA Transport
- SEM: VITALIS, TAM, SEMITAN



**200 Poids Lourds GNV** (19 T, 26T et 40 T) pour le transport de marchandises

- Entreprises: SAMADA, VIR, Chronopost, Comagnac, Normapro, Sodexo, Mory, Lyreco, etc.



JRI Biogaz méthanisation de Narbonne

16-18 octobre 2013

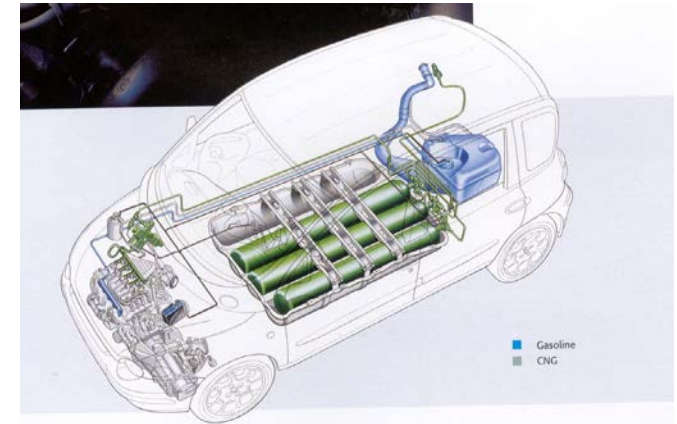
# **Le Gaz Naturel Véhicule (GNV)**

JRI Biogaz méthanisation de Narbonne  
16-18 octobre 2013



# Le GNV, un carburant performant qui couvre un large spectre des besoins des transports sur route

- Du gaz naturel à l'état gazeux, comprimé à 200 bar dans le réservoir d'un véhicule bicarburant (gaz/essence) (véhicules légers ou utilitaires légers) ou véhicule mono-carburant (poids lourds, bus) et couvert par un cadre réglementaire strict.
- Une composition simple par rapport aux autres carburants et des qualités intrinsèques
  - Au moins 95 % de  $\text{CH}_4$
  - Rapport H/C le plus élevé des carburants
  - Chimiquement différent du GPL
  - Indice d'octane équivalent très élevé (~130) → carburant performant
- Une « version renouvelable » avec le biométhane carburant
- De réels potentiels d'optimisation
  - Motorisations optimisées (injection directe, downsizing, mélange pauvre, etc.)
  - Stockage innovant (cartouches, réservoirs polymorphes)
  - Hybridation
  - Dual-Fuel (GNV/Gazole)



		Road/passengers			Road/freight			Rail	Water			Air
		short	med	long	short	med	long		inland	short-sea shipping	maritime	
Electric	BEV											
	HFC											
	Grid											
Biofuels: (liquid)												
Synthetic fuels												
Methane	CNG											
	CBG											
	LNG											
LPG												

Source: Future Transport Fuels – Expert Report- January 2011

JRI Biogaz méthanisation de Narbonne

16-18 octobre 2013



# Le GNV, un carburant sûr

## Des réservoirs sûrs

- Des pressions d'éclatement à plus de 600 bar
- Testés pour résister aux chocs et impacts (tests de tirs à balle)
- Équipés de fusibles thermiques pour laisser le gaz s'échapper en cas d'incendie

## Concrètement, il n'y a pas de différence d'autorisation d'utilisation des véhicules GNV par rapport aux véhicules essence ou gazole

- Autorisés dans les parkings les souterrains et les tunnels.



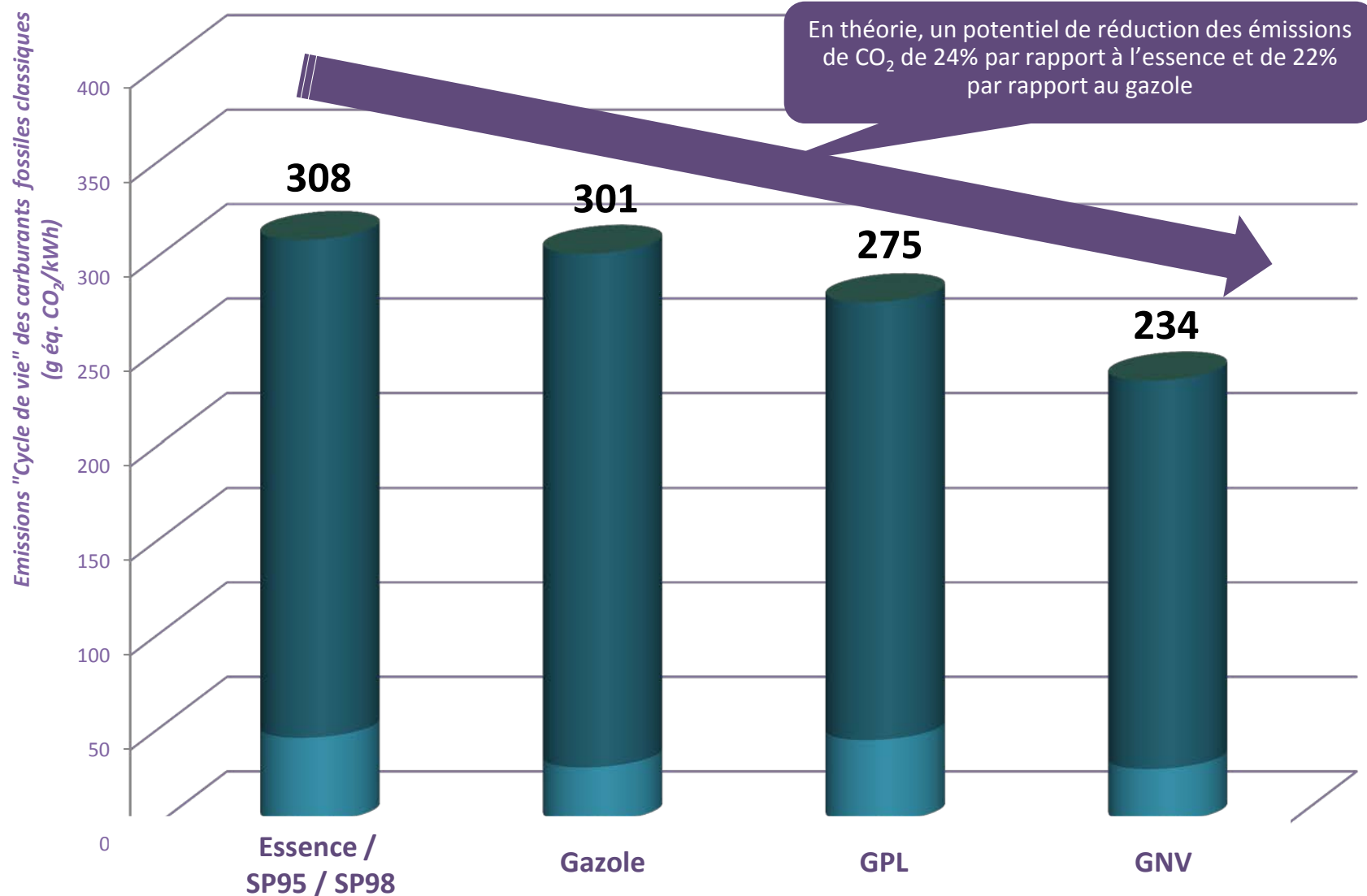
# **GNV / biométhane, des qualités intrinsèques intéressantes pour réduire les émissions de CO<sub>2</sub>**

# Le GNV, des qualités intrinsèques pour réduire les émissions de CO<sub>2</sub> (1/2)

Paramètres	Essence/ Gazole (liquide)	GPL (liquide)	CH <sub>4</sub> pur (vap)	Hythane® (GNV/H <sub>2</sub> ; 80/20) (vap)
H/C	1,85	2,52	4	4,86
g CO <sub>2</sub> / MAJ carburant*	73	66	56	50
Réduction CO <sub>2</sub>	-	10%	>23%	32%

\* Calculs réalisés pour une combustion à la stœchiométrie

# Le GNV, des qualités intrinsèques pour réduire les émissions de CO<sub>2</sub> (2/2)



JRI Biogaz méthanisation de Narbonne  
16-18 octobre 2013

# Pollution urbaine et locale: comparaison 1 flotte Diesel vs. 1 flotte biométhane pour une Collectivité Locale de 100 000 habitants (comparaison sur 1 année)

## Rappel Composition d'une flotte d'une Collectivité Locale de 100 000 habitants:

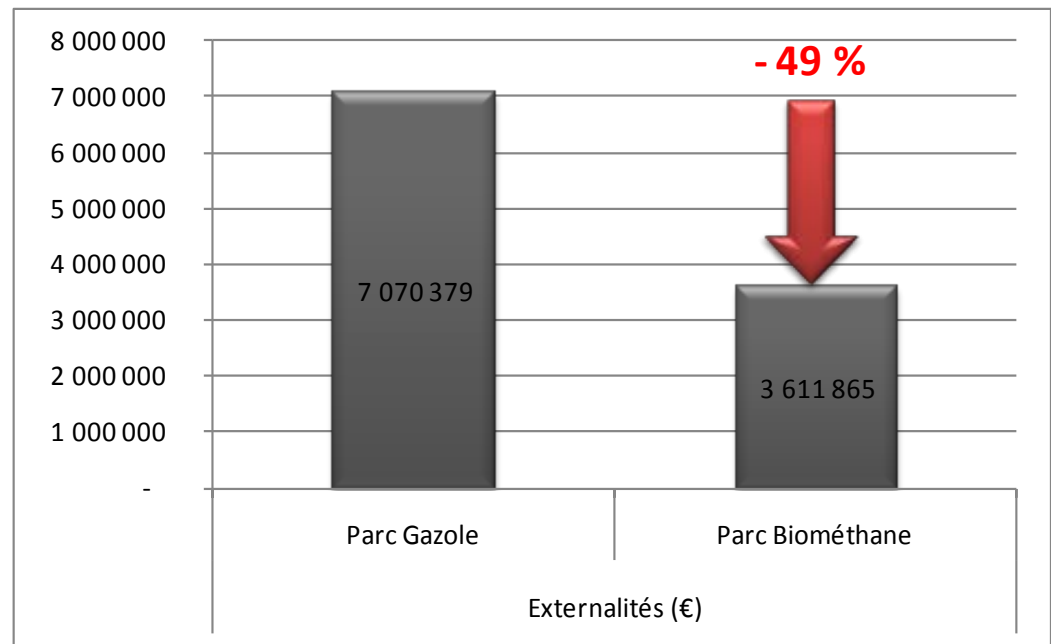
- 33 bus
- 15 BOM
- 310 Véhicules légers/utilitaires légers



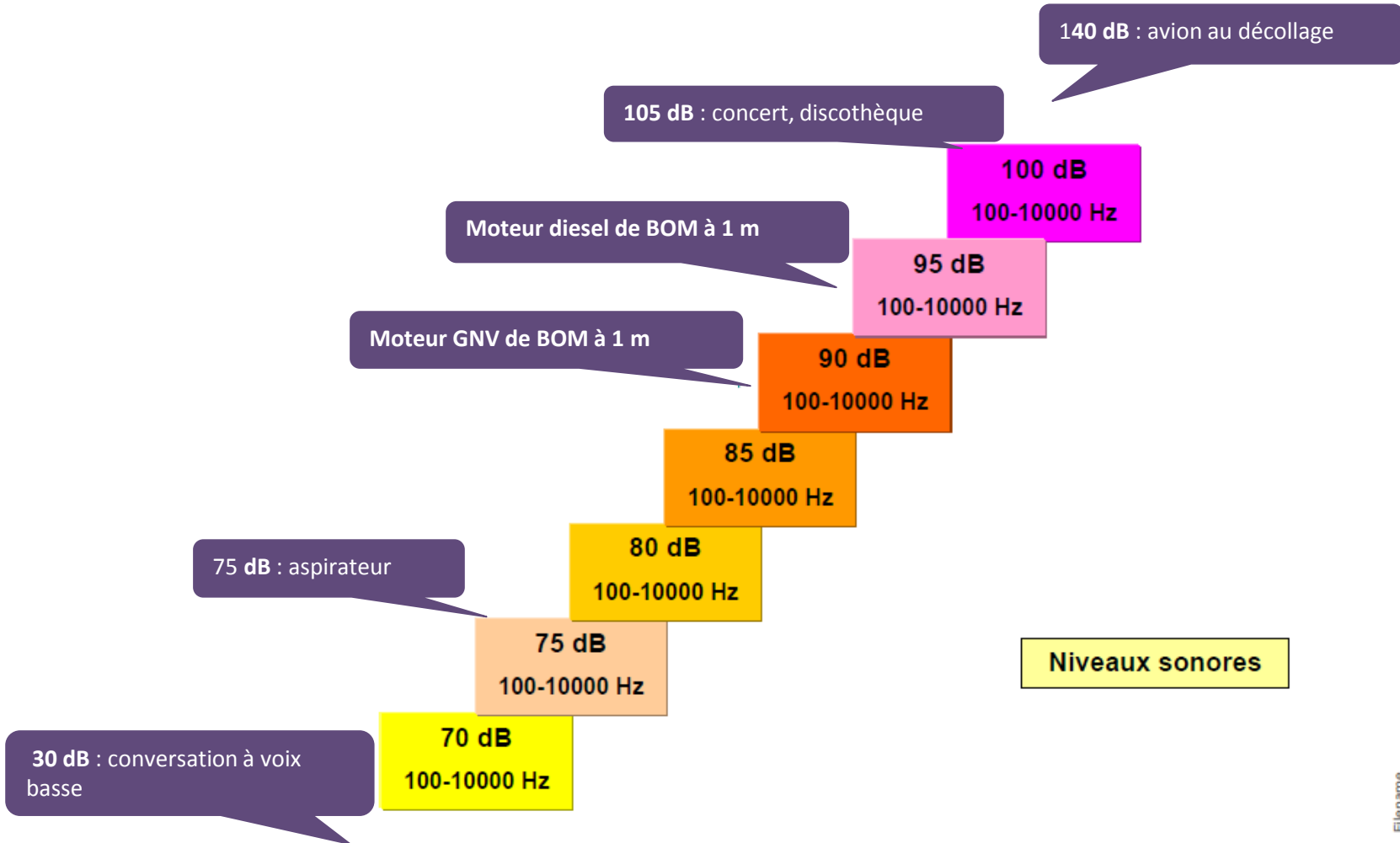
Externalités (€)	
Parc Gazole	Parc Biométhane
7 070 379	3 611 865

→ Directive 2009/33/CE – Promotion de véhicules de transports routier propres et économes en énergie

Polluants	Coûts externes
CO <sub>2</sub>	30 – 40 €/tonne
HCNM	1 000 €/tonne
NOx	44 000 €/tonne
Particules	87 000 €/tonne



# Pollution urbaine et locale: les motorisations GNV sont moins bruyantes que les motorisations Diesel



**Un bénéfice de -5 dB du GNV p/r Diesel d'un point de vue du bruit: une BOM au GNV fera donc 2 fois moins de bruit qu'une BOM au diesel**



# **GNV / biométhane, perspectives technologiques**

JRI Biogaz méthanisation de Narbonne  
16-18 octobre 2013

# GNV / biométhane, améliorations technologiques potentielles - Hybridation -

## Smart GNV mild-hybrid



*Partenariat GDF SUEZ, IFP, VALEO & INRETS*

### Description du système

- Mild hybrid (système Stop&Start + récupération énergie de freinage)
- Downsizing (diminution taille/cylindrée du moteur)
- Réservoirs GNV intégrés sous le châssis
- Autonomie : 200km

### Performances

- ~ 80 g CO<sub>2</sub>/km (-32% vs. Version essence)
- Respect des normes EURO 5

## Toyota Prius II hybride GNV



*Partenariat GDF SUEZ, IFP*

### Description du système

- Adaptation du moteur original essence au carburant GNV
- Pas de modification du système de management de l'énergie
- Réservoirs GNV intégrés sous le châssis
- Autonomie : 250km

### Performances

- 78 g CO<sub>2</sub>/km\* (-25% vs. Version essence) (\* sur cycle NEDC)
- Respect des normes EURO 4
- Médaille d'or au Challenge Bibendum



JRI Biogaz méthanisation de Narbonne  
16-18 octobre 2013

# GNV / biométhane, améliorations technologiques potentielles - Hybridation -

## Pick-up électrique (VE) avec un range-extend GNV/biométhane *Prototype plug-in hybride série GNV*



*Partenariat GDF SUEZ, France Craft Automobile*

### Description du prototype

- Pick-up électrique
- Batteries Li-ion ou Ni-MH
- Range-extend intégré sous le châssis
- 2 réservoirs GNV intégrés dans les ailes du véhicule
- Autonomie : 100km + 100km (*en cours de validation*)
- Charge utile: **600kg** / Volume utile: jusqu'à **2.6 m<sup>3</sup>**

Range-extend de 3 kW  
alimenté au GNV / biométhane



Réservoir de GNV / biométhane



# GNV / biométhane, améliorations technologiques potentielles – Nouveaux segments -

## Scooter 125 cm<sup>3</sup> alimenté par des cartouches de GNV/biométhane



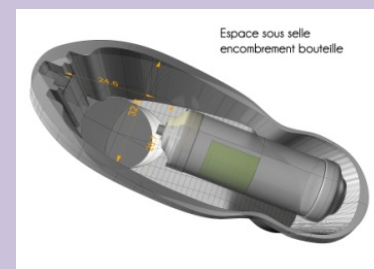
Source: GDF SUEZ (2010)

### Description du prototype

- Scooter 125 cm<sup>3</sup> bicarburation (Essence/GNV)
- Cartouche de GNV: 6,8 litres / 4kg
- Connectique "rapide" développée avec Stäubli
- Cartouche de GNV intégrée sous la selle

### Performances

- CO<sub>2</sub>/km (~-26% vs. version essence)
- NOx/km (-39% vs. version essence)
- Pas de particule
- Autonomie: 300km essence + 55km GNV



# **Quelques contraintes utilisateurs**

# Indice de Méthane, soufre et siloxanes, des paramètres fortement impactant pour les utilisateurs (motoristes/constructeurs automobiles)

- CEN TC 408 → spécifications du gaz naturel carburant & biométhane (carburant et injection)
- Les sujets de débat:
  - Niveau minimum de l'**Indice de Méthane (MN)**
  - Problématique des **siloxanes et Si**
  - Teneur en **Soufre** (y compris l'odorisant)
- Pourquoi ces paramètres en particulier?
  - **Indice de Méthane** → Cliquetis → **Casse moteur**
  - **Siloxanes et Si** → Dépôt → **Casse moteur**
  - **Soufre** → **Destruction des catalyseurs** et émissions



# Siloxanes et Si : un impact direct sur les moteurs et sur les sondes $\lambda$ des véhicules (1/3)

- Les **Siloxanes**, avant tout une problématique « biogaz »
  - Fortes concentrations potentielles de siloxanes dans les « biogaz de décharge »
  - De plus en plus de siloxanes dans les « biogaz de boues de STEP » (sources: cosmétiques et autres produits de grande consommation)

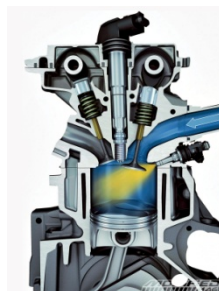
Concentrations en Siloxanes de différents biogaz sur différents sites		
Type de biogaz	Localisation	Concentration siloxanes (mg/m <sup>3</sup> )
Biogaz de STEP	Zurich, Suisse	25,1
Biogaz de STEP	Neuburg, Allemagne	59,8
Biogaz de STEP	Sint-Truiden, Belgique	20,0
Biogaz de STEP	Trecatti, UK	Jusqu'à 400
Biogaz de STEP	Minworth, UK	Jusqu'à 16
Biogaz de décharge	Berlin, Allemagne	36,3
Biogaz de décharge	Augsburg, Allemagne	4,8
Biogaz de décharge	Vienne, Autriche	9,3

*Source: Dewil, Appels & Bauyens - 2006*

- Les motoristes et constructeurs automobiles rencontrent trois problèmes majeurs liés aux siloxanes
  - Problème de dépôt de SiO<sub>2</sub> dans les chambres de combustion
  - Problème de mélange de SiO<sub>2</sub> avec les lubrifiants
  - Perturbation des capteurs et sondes  $\lambda$  sur les lignes d'échappement

# Siloxanes et Si : un impact direct sur les moteurs et sur les sondes $\lambda$ des véhicules (2/3)

Biométhane  
(incl. méthyl siloxanes)



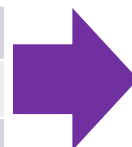
combustion

$\text{SiO}_2$



- Les dépôts solides de  $\text{SiO}_2$ , après accumulation, conduisent généralement à une casse moteur.
- Au-delà des dommages dans la chambre de combustion, les dépôts conduisent à des combustions incomplètes et une augmentation des émissions polluantes .

Motoriste (cogénération)	Spécification Siloxanes (mg/m <sup>3</sup> )
CATERPILLAR	28
JENBACHER	10
WAUKESHA	25
DEUTZ	5



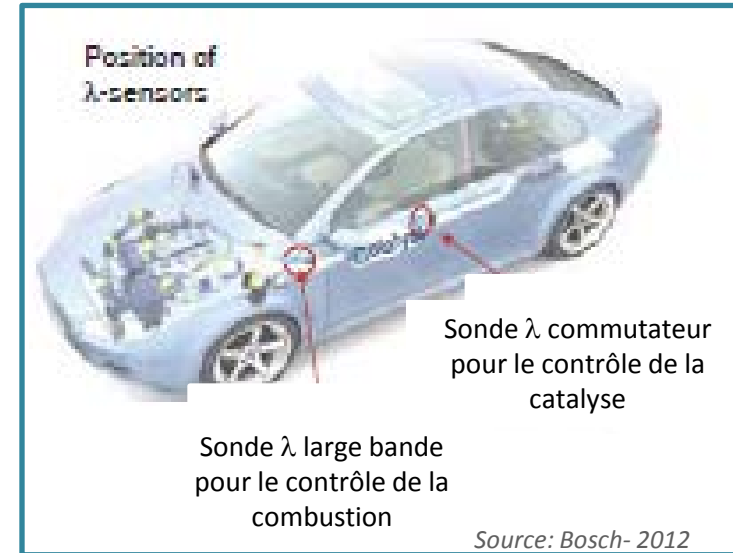
**Forte disparité dans les spécifications/exigences des motoristes: besoin d'études complètes sur ces sujets.**

Source: Wheles & Pierce - 2005

JRI Biogaz méthanisation de Narbonne  
16-18 octobre 2013

# Siloxanes et Si : un impact direct sur les moteurs et sur les sondes $\lambda$ des véhicules (3/3)

- Les dépôts solides de Si, après accumulation, conduisent généralement à deux types de problèmes sur les sondes  $\lambda$ :
  - Dépôt de Si vitrifié sur les électrodes catalytiques actives
  - Dégradation des électrodes de Pt:  $(\text{SiO} + \text{Pt} + \text{H}_2 \rightarrow \text{PtSi} + \text{H}_2\text{O})$
- La dégradation des sondes  $\lambda$  se traduit par:
  - Mauvais échanges gazeux entre électrode et gaz d'échappement.
  - Faux signal de concentration d' $\text{O}_2$  dans les gaz d'échappement.
  - Niveaux de polluants dans les gaz d'échappement supérieurs aux limites autorisées.
  - Signal de mal fonction de l'OBD sur tableau de bord.



## • Evaluation limites maximales de Si:

### – Sonde $\lambda$ commutateur:

- 800 mg de Si max (tests en laboratoires)
- Hypothèse kilométrage total: 240 000 km
- Consommation moyenne véhicule: 5,3 kg biométhane/100 km



Spécification équipementiers pour sonde  $\lambda$  commutateur:  
max. 0,06 mg Si / kg biométhane

### – Sonde $\lambda$ large bande:

- Quantité max. tolérée de Si: 1 mg Si / kg de gazole (tests en laboratoires)
- 1,1 kg de gazole = 1 kg de biométhane



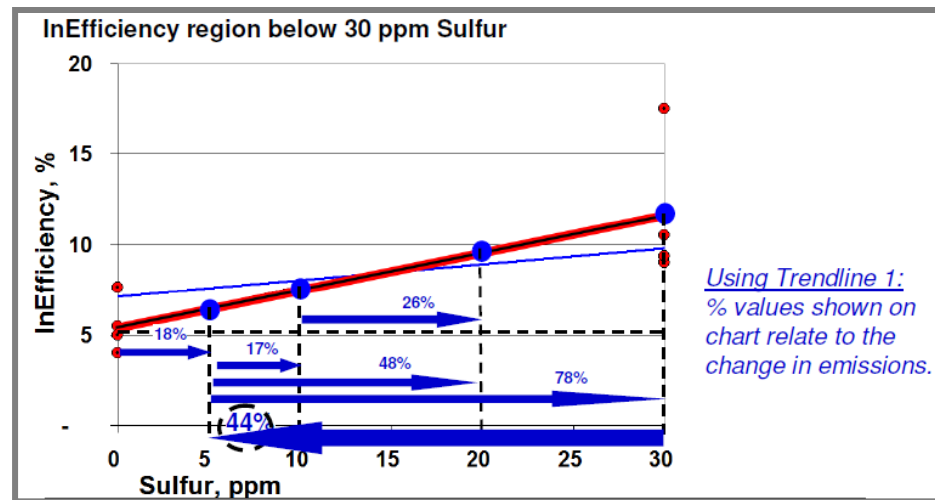
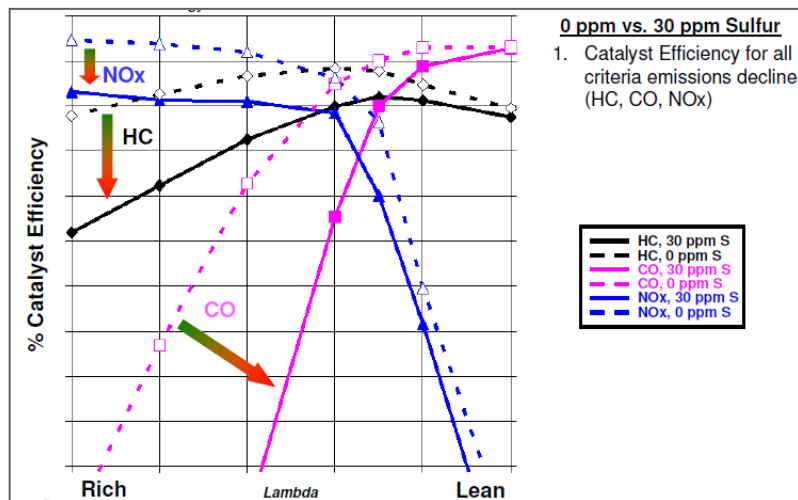
Spécification équipementiers pour sonde  $\lambda$  large bande:  
max. 1,1 mg Si / kg biométhane

## Soufre: un impact sur les catalyseurs qui reste à confirmer (1/2)

- Aujourd'hui, une réglementation européenne (98/70/CE) fixe la teneur maximale en **soufre** dans **l'essence et le gazole à 10 mg/kg**
- Dans le gaz naturel, la valeur consensuelle pour le soufre maxi est de **30 mg S/m<sup>3</sup>**
- Les Allemands souhaitent fixer une norme pour **le carburant gaz naturel** (DIN 51264) avec un seuil maximum de **8 mg S/m<sup>3</sup>**

# Soufre : un impact sur les catalyseurs qui reste à confirmer (2/2)

- Certains constructeurs, souhaitent limiter la teneur maxi en soufre dans les carburants (incl. carburant gaz naturel) à 5 mg/kg
  - Les catalyseurs pour traiter NOx, CO et HC perdent en efficacité
  - L'inefficacité du catalyseur est plus que doublée entre un carburant à 5 ppm de soufre et un carburant à 30 ppm de soufre
  - Les émissions (NOx, CO, HC) sont réduites de ~44% entre un carburant à 30 ppm de soufre et un carburant à 5 ppm de soufre



## ■ Néanmoins, trop peu de résultats d'études sont disponibles à ce jour sur l'impact du soufre sur les catalyseurs

- Besoins de travaux/études complémentaires.
- Des pistes de progrès envisagées avec des formulations catalytiques dédiées/optimisées.

# **Le biométhane carburant**

JRI Biogaz méthanisation de Narbonne  
16-18 octobre 2013



# Le biométhane carburant, quels atouts?

## ❑ Une même composition que le GNV → des propriétés identiques

- Performant sur les polluants locaux : NOx, poussières, etc.

## ❑ Une part renouvelable qui renforce les avantages du GNV :

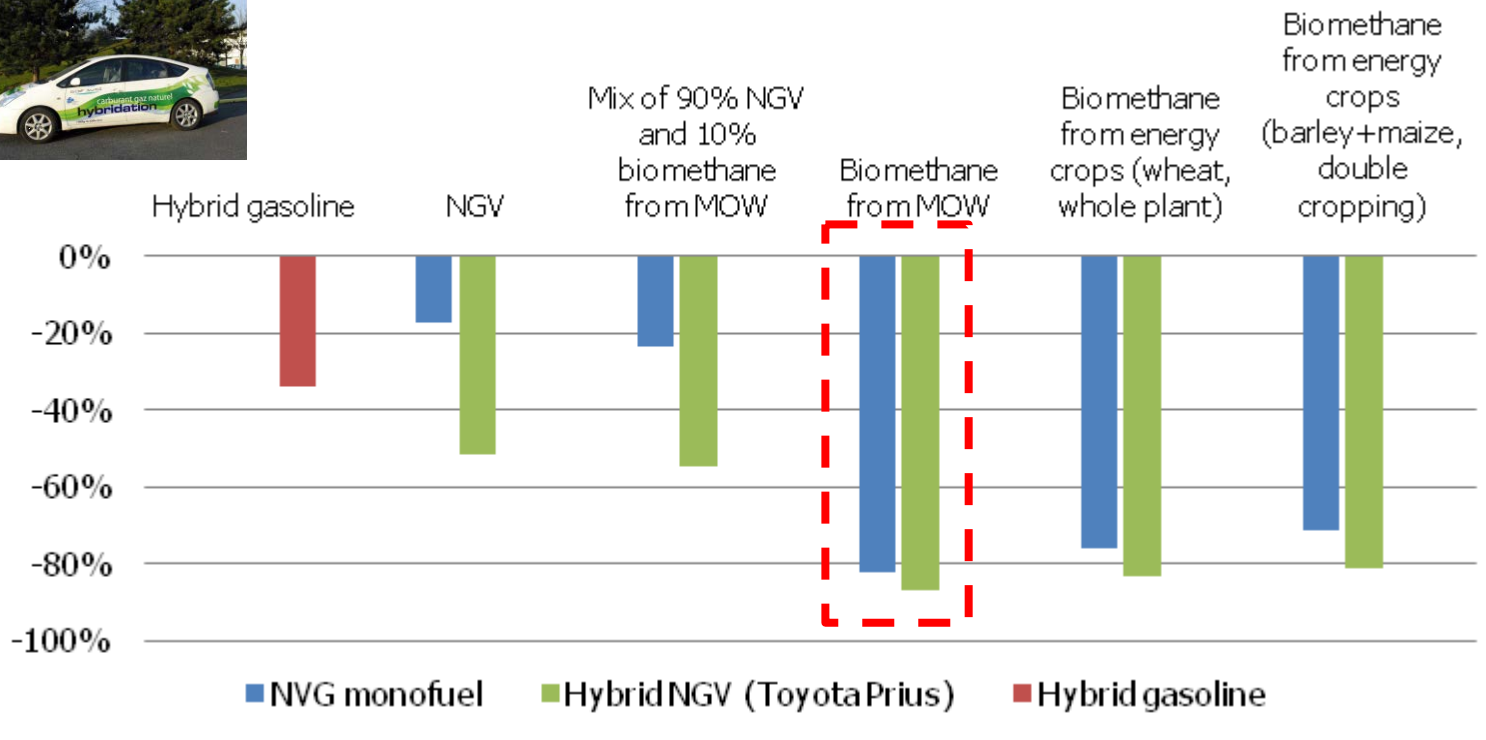
- Et des émissions de GES réduites d'1 facteur 2 à 5 par rapport au Diesel (études suisse et allemande)
  - utilisation de déchets et/ou plantes entières
  - limitation du transport routier pour les ressources tout comme pour le biogaz
  - remplacement d'engrais chimiques par le digestat

## ❑ Mais aussi de nombreux autres atouts :

- une incorporation flexible dans le GNV : de 0 à 100%
- des technologies de production (méthanisation) et d'utilisation (moteurs) déjà disponibles
- des filières locales et intégrées :
  - valorisation de **ressources locales**
  - **utilisation locale des produits : biogaz et digestats**
- un appauvrissement des sols **réduit par l'utilisation des digestats**
- une opportunité de relâcher la tension sur le pétrole

# Le biométhane carburant, des émissions de GES considérablement réduites

## Emissions GES



Source: GDF SUEZ - 2011

**Lorsqu'un véhicule hybride GNV est alimenté à 100% par du biométhane, les émissions de Gaz à Effet de Serre (GES) sont réduites de 86%\* (\*par comparaison à un véhicule essence de même catégorie)**



# GNV/Biométhane:

## Exemples de véhicules « nouvelle génération » (1/3)



### Volkswagen Passat TSi EcoFuel

- $\text{CO}_2 = 119\text{g/km}$
- Euro 5
- 150 ch
- $V_{\text{max}} = 213 \text{ km/h}$
- Autonomie GNV = 450-500 km



### Volkswagen Eco Up! GNV

- $\text{CO}_2 = 79\text{g/km}$
- Euro 5
- 68 ch
- Autonomie GNV = 400 km

# GNV/Biométhane:

## Exemples de véhicules « nouvelle génération » (2/3)



### Audi A3 Sportback g-tron

- $\text{CO}_2 < 95\text{g/km}$
- Euro 6
- 110 ch
- $V_{\text{max}} = 190 \text{ km/h}$
- Autonomie GNV = 400 km (+ 900 km essence)



### Mercedes-Benz B 200 Natural Gas

- $\text{CO}_2 = 115\text{g/km}$
- Euro 6
- 156 ch
- $V_{\text{max}} = 200 \text{ km/h}$
- Autonomie GNV = 500 km



JRI Biogaz méthanisation de Narbonne  
16-18 octobre 2013

# GNV/Biométhane:

## Exemples de véhicules « nouvelle génération » (3/3)



### Volkswagen Golf TGI BlueMotion (GNV)

- $\text{CO}_2 = 92\text{g/km}$
- Euro 6
- 110 ch
- $V_{\text{max}} = 194 \text{ km/h}$
- Autonomie GNV = 420 km (+ 940 km essence)

## Pour résumer...

- ❑ **Contraintes de plus en plus fortes sur le secteur des transports routiers (normes Euro, émissions CO<sub>2</sub>, diversification énergétique, etc.)**
- ❑ **Les technologies classiques sont « en fin » d'optimisation?:**
  - Moteurs essence: potentiel de ~ -15%?
  - Moteurs diesel : potentiel de ~ -10%?
- ❑ **Besoin évident d'alternatives (technologies et/ou carburants):**

**Etant donné ses avantages, le GNV a toute sa place sur le marché grâce :**

- à la disponibilité long terme du gaz naturel et son réseau de distribution
- au biométhane carburant
- aux progrès techniques encore facilement atteignables sur les moteurs
- aux performance du couplage GNV/hybrides
- aux technologies Dual-Fuel (GNV/Diesel), Hythane<sup>®</sup> (GNV/H<sub>2</sub>)



Merci de votre attention !

**GDF SUEZ**

ÊTRE UTILE AUX HOMMES



**Contact:** [philippe.liegeois@gdfsuez.com](mailto:philippe.liegeois@gdfsuez.com)

JRI Biogaz méthanisation de Narbonne  
16-18 octobre 2013