

Calculer les consommations de carburant des différents types de moteurs à gaz naturel par rapport aux moteurs diesel et à essence.

Dans le cadre d'un projet de conversion d'un parc de véhicules vers le gaz naturel, l'évaluation de la consommation d'énergie future est bien sûr une étape essentielle dans l'analyse de rentabilité du projet. Le calcul de la consommation de carburant d'un véhicule à gaz naturel et sa comparaison avec celle d'un véhicule de référence mu au diesel ou à l'essence doit tenir compte de trois facteurs :

- l'efficacité énergétique des technologies de moteurs;
- les pouvoirs calorifiques respectifs des carburants;
- les conditions d'utilisation.

Efficacité énergétique

Il est important de savoir qu'un moteur, peu importe son carburant, n'aura pas la même efficacité énergétique qu'un autre selon la technologie utilisée. C'est le cas par exemple des motorisations diesel (allumage par compression) dont le taux de compression élevé et le flot d'admissions d'air non restreint leur donnent une efficacité énergétique d'au moins 15 % supérieure aux motorisations à essence (allumage par étincelles).

On retrouve actuellement deux technologies de moteurs à gaz naturel : allumage par étincelles (conversion de moteur à essence existant ou moteurs Cummins Westport 6,7 L, 8,9 L et 11,9 L) et allumage induit (moteurs Westport GX 15L et moteurs diesel avec injection de gaz naturel). Peu importe la forme de stockage du gaz naturel sur le véhicule (GNC ou GNL), le gaz naturel est toujours injecté sous forme gazeuse à l'intérieur du moteur. Le gaz naturel ayant un très haut indice d'octane (> 120), il ne peut s'enflammer de lui-même par compression. Il faut alors l'apport d'une étincelle pour initier la combustion, comme dans les motorisations à essence. Dans ce cas, les efficacités énergétiques comparées d'un véhicule propulsé par un moteur à essence et un véhicule avec moteur à gaz naturel à allumage par étincelles sont identiques (1 pour 1). Dans le cas de l'allumage induit, la combustion du gaz naturel est initiée par l'auto-allumage par compression d'une faible quantité de diesel directement injectée dans la chambre de combustion du moteur. Les efficacités énergétiques comparées d'un véhicule propulsé par un moteur diesel et un véhicule avec moteur à gaz naturel à allumage induit sont donc elles aussi identiques (1 pour 1).

C'est lorsque l'on compare le rendement d'un véhicule à moteur diesel à celui d'un véhicule avec un moteur à gaz naturel à allumage par étincelles que l'on doit tenir compte de l'efficacité énergétique relative des deux technologies. Dans ce cas, le véhicule à gaz naturel consommera généralement environ 15 % plus d'énergie pour le même travail que sa contrepartie au diesel, et ce, étant donné les caractéristiques mécaniques de ces types de moteurs (présentées ci-dessus).

À des fins de calcul, voici les facteurs d'efficacité énergétique généralement utilisés :

Motorisations			Efficacités énergétiques par rapport au moteur diesel
Carburants et % d'utilisation	Technologies	Allumages	
Diesel (100 %)	Dédié	Compression	1
Essence (100 %)	Dédié	Étincelle	0,87
Gaz naturel (100 %)	Dédié	Étincelle	0,87
Gaz naturel (95 %) Diesel (5 %)	Injection directe à haute pression	Compression (pilote de diesel)	1
Gaz naturel (90 %) Essence (10 %)	Bicarburant	Étincelle (bicarburant)	0,83
Gaz naturel (30 % à 50 %) Diesel (50 % à 70 %)	Dual-fuel	Compression (mélange avec diesel)	0,95

Pour les mélanges de gaz naturel avec du diesel (aussi appelés Diesel Blend, Mixed-fuel ou Dual-Fuel), les systèmes après-marché ne peuvent être optimisés au même niveau que s'ils avaient été intégrés par le manufacturier d'origine du moteur diesel. De ce fait, on observe habituellement une surconsommation d'énergie jusqu'à 5 % supérieure à un moteur fonctionnant à 100 % au diesel. Cette observation peut s'appliquer aussi aux conversions bi-carburant (essence-gaz naturel).

Pouvoirs calorifiques

Contrairement aux appareils de chauffage, les moteurs à combustion interne ne peuvent récupérer la chaleur de la vapeur d'eau générée par la combustion du carburant. Dans un moteur, cette vapeur d'eau n'est d'aucune utilité et ne peut donc pas être considérée comme utile au travail mécanique moteur. C'est pourquoi il faut prendre en considération le pouvoir calorifique inférieur (PCI) lorsque l'on compare des carburants utilisés dans des moteurs à combustion interne. Ceci peut faire varier considérablement le ratio énergétique, tel que le tableau suivant le démontre.

Carburant	Pouvoir calorifique (PC)		Ratio avec gaz naturel	
	inférieur	supérieur	PCI	PCS
Diesel	34 132 BTU / litre	36 311 BTU / litre	1,06	1,01
Essence	30 745 BTU / litre	33 059 BTU / litre	0,95	0,92
Gaz naturel	32 330 BTU / m ³	35 992 BTU / m ³	1,00	1,00

Sources : http://www.efficaciteenergetique.gouv.qc.ca/fileadmin/medias/pdf/Facteurs_emissions.pdf
http://www.afdc.energy.gov/fuels/fuel_comparison_chart.pdf

Conditions d'utilisation et configurations des véhicules

Contrairement aux conversions, dans les cas de remplacement de véhicules, les puissances et couples des nouveaux véhicules ne seront généralement pas les mêmes que les véhicules remplacés. Il faudra donc tenir compte de cet aspect dans le calcul final de consommation de carburant. Par exemple, dans le cas d'un camion avec moteur diesel de 15 litres tirant de fortes charges (puissance motrice surutilisée) qui serait remplacé par un camion avec moteur à gaz naturel de 12 litres, une consommation d'énergie supérieure par rapport au moteur diesel est prévisible. Par contre,

dans le même scénario, si la puissance du moteur de 15 litres est sous-utilisée, il pourrait y avoir un gain d'efficacité énergétique étant donné le nouveau moteur de 12 litres, et les consommations d'énergie seraient ainsi similaires. De plus, la configuration du véhicule (aérodynamisme, rapport d'essieux et transmission, type de pneus, etc.) ainsi que l'évolution technologique des moteurs et des normes antipollution peuvent grandement influencer le rendement énergétique d'un véhicule. Cet aspect est cependant difficile à quantifier sans recourir à des essais comparatifs entre véhicules dans des conditions d'opération réelles. Pour ces raisons, et afin d'être impartial par rapport à la configuration des véhicules choisis par le client, il est fréquent d'omettre cette étape dans le calcul préliminaire de consommation. Cependant, il devient évident que la rentabilité d'un projet de conversion pourrait être tributaire de telles variables. Elles ne devraient donc pas être ultimement négligées ni sous-estimées.

Exemples de calcul

En terminant, voici quelques exemples de calcul de consommation, sans tenir compte des différences finales de configurations entre véhicules :

- Remplacement d'un camion à moteur de 12 L au diesel par un camion à moteur Cummins Westport de 12 L à gaz naturel :
 - 70 000 litres de diesel → 85 287 m³ de gaz naturel (70 000 x 1 /0,87 x 1,06);

- Remplacement d'une camionnette à essence par une camionnette à gaz naturel (moteur dédié) :
 - 10 000 litres d'essence → 9 500 m³ de gaz naturel (10 000 x 0,95);

- Conversion d'une camionnette à essence avec un système bicarburant à gaz naturel (90 % d'utilisation gaz naturel) :
 - 10 000 litres d'essence → 9 000 m³ de gaz naturel (90 % x 10 000 x 0,95 x 1/0,95) + 1 000 litres d'essence (10 % x 10 000);

- Conversion d'un camion à moteur diesel avec un système dual-fuel à gaz naturel (taux de substitution de 45 %) :
 - 60 000 litres de diesel → 30 126 m³ de gaz naturel (45 % x 60 000 x 1,06 x 1/0,95) + 33 000 litres de diesel (55 % x 60 000);

David Ducasse, ing.
Conseiller, Technologies gaz naturel pour véhicules
Groupe DATECH, Gaz Métro

L'informa-TECH est une publication du Groupe DATECH de Gaz Métro et vous est offerte gracieusement. Si vous désirez de plus amples informations au sujet du contenu des articles, communiquez avec : Marie-Joëlle Lainé, ing., au 514 598-3444, poste 3507.

Copyright ©2016. Gaz Métro. Tous droits réservés. | [Avis juridique](#)