

# 2

## Mécanique automobile et production de GES

**50 % des émissions de GES en territoire montréalais sont attribuables au « Transport ».**

Un moteur conventionnel produit de l'énergie mécanique à partir de la combustion d'un mélange d'air et de carburant. Or, les carburants utilisés par nos automobiles, camions et autobus, l'essence et le diesel, sont deux dérivés du pétrole, un hydrocarbure.

## 2.1 COMBUSTIBLES FOSSILES ET GAZ À EFFET DE SERRE

Un hydrocarbure est un concentré d'hydrogène et de carbone que l'on ne trouve **que** dans le sol ou le sous-sol. Les hydrocarbures sont en effet le produit de millions d'années d'activités géologiques. D'où leur appellation de « combustibles fossiles », une catégorie à laquelle appartient aussi le charbon. Depuis que l'on a découvert le potentiel énergétique des combustibles fossiles, l'industrie a créé diverses techniques pour les extraire et les raffiner. La dernière en date s'applique aux sables bitumineux de l'Alberta.

### EXTRACTION DE SABLES BITUMINEUX

Pour extraire 10 barils de pétrole des sables bitumineux de l'Alberta, il a fallu d'abord en consommer 5 et utiliser des milliers de litres d'eau douce des rivières environnantes. Les procédés utilisés à ce jour crachent dans l'atmosphère

du dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) et libèrent des quantités phénoménales de méthane et de CO<sub>2</sub>. Entre 1995 et 2006, les entreprises pétrolières ont triplé la production de pétrole dans cette région, passant de 400 000 à 1, 2 million de barils par jour. Elles visent maintenant un objectif de 5 millions de barils par jour, chaque baril représentant un profit approximatif de 20 \$.

Sables bitumineux



WIKIPEDIA

Depuis le milieu du XIX<sup>e</sup> siècle, des milliards de tonnes d'hydrocarbures ont donc été extraites du sol et brûlées pour faire fonctionner des usines, chauffer des maisons et faire avancer des automobiles. Résultat : le rejet dans l'atmosphère d'énormes quantités de gaz carbonique qui, sans le moteur à combustion, seraient demeurées confinées dans le sol et le sous-sol terrestre.



## LES BIOCARBURANTS : SOLUTION OU MIRAGE?

Pourquoi les « biocarburants » apparaissent-ils parfois comme une solution de rechange écologique aux hydrocarbures? Parce que les biocarburants utilisent des molécules de carbone présentes dans la végétation de surface (par exemple, un champ de maïs ou une plantation de canne à sucre). En récupérant ce carbone, notamment par des procédés de distillation, on peut l'utiliser comme carburant. **Théoriquement**, l'utilisation de biocarburant n'ajouterait pas de nouveau CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère et n'accroîtrait pas l'effet de serre.

En pratique, la production de biocarburant à grande échelle exige d'importants apports énergétiques pour faire fonctionner la machinerie agricole et requiert des quantités importantes d'engrais, deux facteurs qui contribuent à l'effet de serre. De plus, ces cultures exigent beaucoup d'eau. Le National Research Council des États-Unis prévoit qu'intensifier la production d'éthanol aurait pour effet de tarir les réserves d'eau disponibles après en avoir compromis la qualité. Enfin, la production de biocarburant nécessite des terres fertiles pouvant servir à la production de céréales ou de produits maraîchers.



## 2.2 MOTEUR À ESSENCE À QUATRE TEMPS

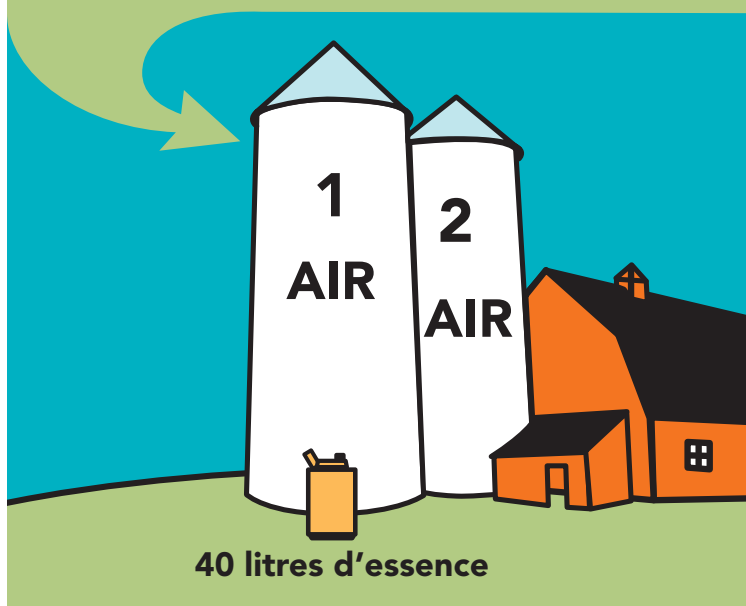
Suivons le trajet du carburant depuis le réservoir d'essence jusqu'au pot d'échappement. Ces étapes sont décrites et illustrées dans les pages suivantes.

### 2.2.1 Injection

L'injecteur est l'organe du moteur qui confectionne le « bon » mélange air/carburant à pulvériser dans la chambre de combustion (à la tête du piston). Dans le cas de l'essence, le mélange optimal est de 14,7 parties d'air pour 1 partie de carburant (en poids). Cette combinaison permet de concilier performance mécanique, économie d'essence et lutte à la pollution. Devenu en 1972 une norme internationale dans l'industrie automobile, le rapport 14,7 à 1 assure un taux d'efficacité de plus de 90 % au convertisseur catalytique qui est la pièce maîtresse du dispositif antipollution dont il sera question à la section 2.2.3.

L'air ambiant est composé à 78 % d'azote ( $N_2$ ) et à 21 % d'oxygène ( $O_2$ ). Les carburants traditionnels sont composés d'hydrogène (H), de carbone (C) et de soufre (S). Selon le poids et la densité de l'air, l'injecteur ajuste la quantité de carburant à pulvériser dans la chambre de combustion au moment où le piston est en phase descendante.

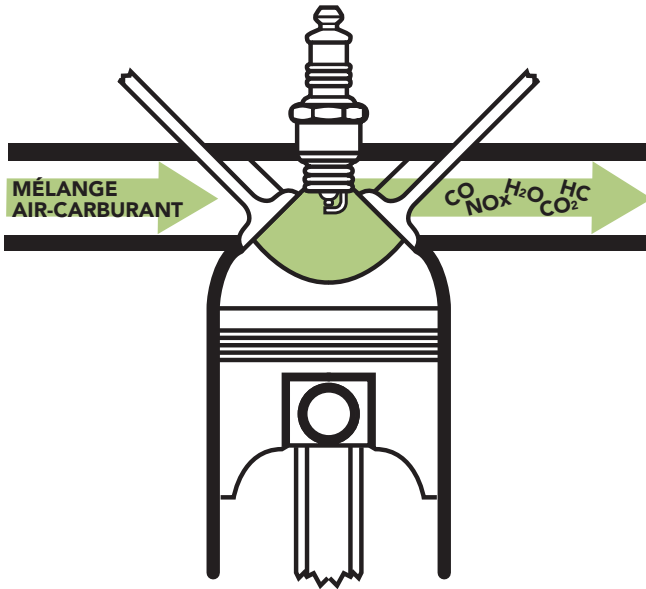
**POUR CONSOMMER 40 LITRES D'ESSENCE, UN MOTEUR STANDARD ASPIRE L'ÉQUIVALENT DE DEUX SILOS D'AIR!**



*Comparaison des volumes air-essence nécessaires au fonctionnement des moteurs essences*

## 2.2.2 Combustion

Chambre de combustion



Le va-et-vient du piston le long du cylindre est le résultat d'explosions qui se succèdent dans la **chambre de combustion**. Le mélange air/carburant est d'abord comprimé par le mouvement ascendant du piston. Il est ensuite brûlé après qu'une étincelle produite par la bougie ait déclenché cette combustion. La dilatation des gaz repousse alors le piston vers le bas, entraînant la rotation d'un vilebrequin qui entraîne la mécanique.

Pendant que l'énergie ainsi générée permet à nos véhicules d'avancer, les réactions chimiques qui se produisent sous l'effet de la chaleur qui règne à l'intérieur génère des émissions de nouvelles substances.

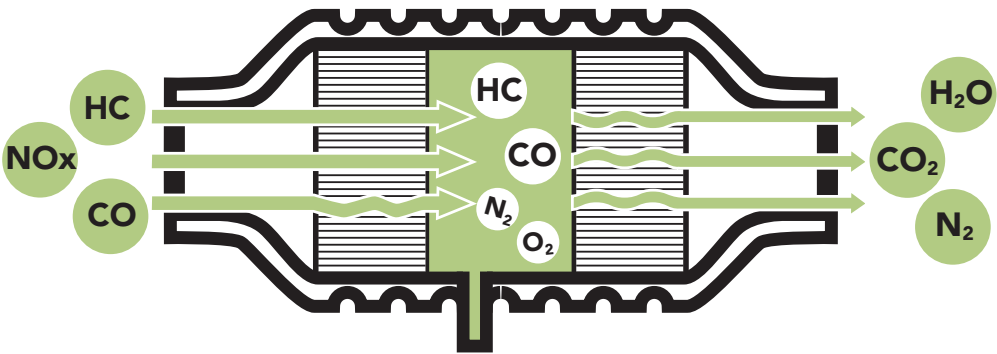
| Émissions   | Origine  | Effets  |
|---|--|---|
| <b>Monoxyde de carbone (CO)</b><br>(gaz inodore)            | Combustion incomplète de l'essence   | Extrêmement nocif<br>Une concentration d'à peine 1 % est mortelle   |
| <b>Oxyde d'azote (monoxyde ou dioxyde - NO<sub>x</sub>)</b> | À très haute température, des molécules d'azote se lient à 1 ou plusieurs atomes d'oxygène | Entraîne de la toux et potentiellement des lésions pulmonaires.<br>Précurseur de smog et de pluies acides |
| <b>Hydrocarbures</b><br>(vapeurs odorantes)                 | Combustion incomplète de l'essence   | Irritation des yeux<br>Potentiellement cancérigène<br>Précurseur de smog                                  |
| <b>Dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>)</b>                  | Produit de la rencontre de molécules de carbone et de molécules d'oxygène                  | Sans danger pour la santé humaine   |

Malgré son utilité, le moteur à combustion est une machine à fabriquer des polluants atmosphériques et des gaz à effet de serre! La concentration de CO<sub>2</sub> à la sortie est 3 500 fois plus importante qu'à l'entrée!

### 2.2.3 Le convertisseur catalytique

La prolifération de véhicules routiers a généré une telle dégradation de la qualité de l'air que l'industrie automobile a dû mettre au point des dispositifs antipollution. Le convertisseur catalytique reçoit et traite les gaz d'échappement du moteur avant qu'ils ne soient émis dans l'air ambiant par le pot d'échappement. En 1972, c'est devenu un équipement obligatoire sur tout véhicule vendu en Amérique du Nord. Depuis 1985, au Canada, il est interdit d'enlever ou d'altérer le convertisseur catalytique d'un véhicule.

L'intérieur d'un catalyseur ressemble à un nid d'abeilles. Il est composé d'un ou de plusieurs blocs poreux en céramique sur lesquels a été apposée une pellicule microscopique de métaux précieux (platine, rhodium, palladium). La porosité a pour effet de multiplier les surfaces de contact. Une fois atteinte sa température de fonctionnement (entre 250 à 300 °C selon les modèles), les réactions chimiques réduisent la nocivité des gaz avant de les acheminer vers le pot d'échappement. Il faut compter une dizaine de minutes avant que la température de fonctionnement du moteur soit atteinte.



- Le monoxyde de carbone (CO) est transformé en dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>)
- Les hydrocarbures se transforment en eau (H<sub>2</sub>O) et en dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>)
- Les oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>) se décomposent en azote (N<sub>2</sub>) et en eau (H<sub>2</sub>O)

*La chimie du catalyseur*

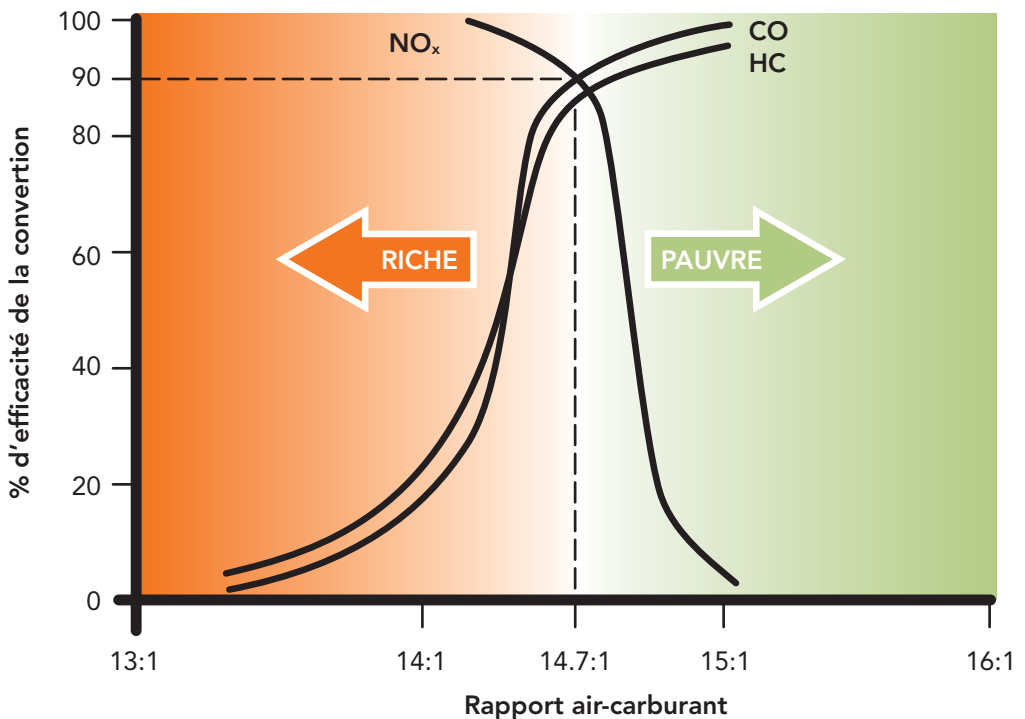
## DEUX SITUATIONS À ÉVITER

1. Laisser tourner un moteur à froid pour chauffer le véhicule avant le départ.
2. Utiliser son véhicule pour un déplacement de quelques minutes (ex. : acheter un litre de lait au dépanneur du coin).

Dans les deux cas, en plus d'ajouter des GES dans l'atmosphère, les émissions nocives ne sont pas transformées par le convertisseur catalytique qui n'a pas le temps d'atteindre sa température de fonctionnement.

*Pourcentage d'efficacité du convertisseur catalytique pour les trois principaux polluants (CO - HC - NO<sub>x</sub>) en fonction du rapport air-carburant*

Toutefois, même les convertisseurs les plus performants ne peuvent pas éliminer la totalité des émissions polluantes. Au mieux, leur efficacité atteint-elle 90 %, tel que le démontre le tableau ci-dessous.





On retiendra que même une voiture en excellente condition dont le convertisseur catalytique a atteint sa température de fonctionnement génère toujours du CO, des NO<sub>x</sub>, des hydrocarbures et beaucoup de CO<sub>2</sub>.

Dans l'air que l'on respire et, par conséquent, dans l'air injecté à la tête du piston, le dioxyde de carbone est présent dans une proportion de 0,00380 % (380 ppm). À la sortie du pot d'échappement, il compte pour 15 % des émissions. La combustion du mélange air-carburant aura donc eu pour effet de multiplier par 3 500 la concentration de CO<sub>2</sub> à la sortie du pot d'échappement.

## CALCULEZ LA QUANTITÉ DE GES QUE VOTRE VÉHICULE GÉNÈRE

1. Un moteur à essence produit 2,36 tonnes de CO<sub>2</sub> par 1 000 litres consommés (ou 2,36 kg / litre), alors qu'un moteur diesel en produit un peu plus, soit 2,73 kg. **Combien de litres de carburant votre véhicule a-t-il consommé dans la dernière année?**

2. Pour une distance de 15 000 kilomètres parcourus, on estime qu'un véhicule produit, chaque année, deux fois son poids en CO<sub>2</sub>. **Quel est le poids de votre véhicule ?**



## 2.3 MOTEUR À ESSENCE À DEUX TEMPS

Dans un moteur à deux temps, l'admission du mélange air-carburant dans la chambre de combustion se fait en même temps que l'évacuation des gaz brûlés vers l'échappement. Conséquence directe : environ 20 % du mélange air-carburant frais passe directement à l'échappement. Il en résulte une surproduction de monoxyde de carbone (CO), d'hydrocarbures et d'oxyde nitreux (N<sub>2</sub>O). Les émissions polluantes des moteurs à deux temps (motos, scooters, motoneiges, véhicules tout-terrain, tondeuses, débroussailleuses, scies à chaîne, etc.), sont donc plus élevées que celles des moteurs à quatre temps. Les risques pour la santé humaine et les GES s'en trouvent d'autant multipliés, le PRP (pouvoir de réchauffement planétaire) des oxydes nitreux (les NO<sub>x</sub>) étant 300 fois plus important que celui du CO<sub>2</sub>.



## 2.4 MOTEUR DIESEL

Le moteur diesel fonctionne aussi à deux comme à quatre temps.

Dans le cas du quatre temps, la différence tient au fait qu'en début de cycle, ce n'est pas un mélange d'air et de carburant qui est injecté dans la chambre de combustion, mais seulement de l'air. Le cylindre se remplit pendant que le piston est en phase descendante. La remontée du piston comprime cet air qui devient extrêmement chaud.

C'est à ce moment que le carburant est injecté, occasionnant une petite explosion – sans qu'il n'ait besoin de l'étincelle d'une bougie – à l'origine de la combustion. L'expansion des molécules d'air chaud repousse alors le piston vers le bas. Les gaz sont finalement expulsés de la chambre de combustion lorsque remonte le piston et s'amorce le cycle suivant.

Le carburant diesel est plus lourd et plus huileux que l'essence. Il possède une capacité énergétique supérieure. C'est ce qui fait qu'un véhicule de passagers fonctionnant au diesel consomme moins de carburant que s'il était alimenté à l'essence (il parcourt davantage de kilomètres au litre). Pour la même raison, le carburant diesel est mieux adapté que l'essence pour les véhicules lourds et la machinerie requérant de plus grands efforts mécaniques. En revanche, le diesel peut poser problème dans des situations climatiques extrêmes.

### Vers une nouvelle génération de véhicules diesels

Longtemps, les moteurs diesels ont libéré d'importantes quantités de dioxyde de soufre ( $\text{SO}_2$ ) dans l'atmosphère. Or, depuis le 15 octobre 2006, le taux de soufre autorisé dans le diesel routier est passé de 500 à 15 ppm (parties par million). Les émissions de  $\text{SO}_2$  s'en trouvent aujourd'hui considérablement réduites.

Restent, à la sortie de la chambre de combustion d'un moteur diesel, les oxydes d'azote ( $\text{NO}_x$ ) et les particules fines (PM). L'un des effets bénéfiques de la presque élimination du soufre dans le diesel est de rendre désormais possible l'installation de filtres à particules. Avec l'ancien carburant diesel, la présence de soufre avait un sévère effet de colmatage sur les systèmes de filtration.

Une récente réglementation oblige, depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2007, les véhicules mis sur la route d'être munis de filtres à particules et de convertisseurs catalytiques efficaces contre les suies.

Les particules qui s'accumulent ont en effet tendance, après un certain temps, à former une couche de suie sur les parois du filtre. Au-delà d'un certain seuil, après quelques centaines de kilomètres, cette suie nuit au bon fonctionnement du moteur. Un nettoyage (ou régénération) du dispositif s'impose alors. Cela se fait un peu à la manière d'un four autonettoyant : les suies sont littéralement brûlées et les cendres se déposent au fond, hors d'état de nuire.

Ce dispositif permet d'éliminer complètement les émissions de particules fines et neutralise considérablement les NO<sub>x</sub> libérés à la sortie de la chambre de combustion. Il résulte toutefois de l'opération d'importantes émissions de CO<sub>2</sub> et de NO<sub>x</sub>, deux importants gaz à effet de serre.

## 2.5 CADRE NORMATIF

La plupart des normes imposées à l'industrie automobile concernent les émissions atmosphériques. Il en est une toutefois qui vise à minimiser la consommation de carburant. C'est la norme CAFE (pour Corporate Average Fuel Economy).

### 2.5.1 La norme CAFE

Cette norme a été introduite aux É.-U. et elle s'est imposée au Canada aux lendemains de la première crise du pétrole en 1975. Son but : réduire la dépendance américaine au pétrole. Entre 1975 et 1985, la norme est devenue de plus en plus sévère, mais n'a plus bougé depuis.

La norme CAFE, qui s'applique aux véhicules « de passagers », exige que la consommation moyenne de l'ensemble des véhicules qu'un constructeur met sur la route en une année ne dépasse pas 8,6 litres au 100 km (ou 27,5 milles au gallon). Cette consommation est mesurée en laboratoire. Jusqu'en 2006, les fourgonnettes, camions légers et véhicules utilitaires sports étaient exclus de ce calcul. En 2006, le gouvernement américain a resserré l'étau pour ce type de véhicules en établissant à 24 milles/gallon (environ 9 litres au 100 km) la norme de consommation à respecter. Le Canada n'a pas tardé à adapter sa norme en conséquence.

Entre 1975 et 1985, l'industrie a donc concentré ses recherches sur la réduction de la consommation de carburant. Toutefois, depuis 1985, elle a essentiellement cherché à augmenter la puissance des véhicules et à réduire ses coûts de production. Résultat : une augmentation du nombre de véhicules sur les routes et une hausse de la consommation totale d'essence et donc d'émissions de GES.

## LES CONTREVENANTS



Les constructeurs qui ne respectent pas la norme CAFE paient des amendes. Qui sont-ils? Essentiellement des constructeurs européens de voitures de luxe : BMW, Daimler-Chrysler import, Fiat, Lotus et Porsche. Depuis 1983, ces fabricants ont versé plus de 500 M \$ en amendes au Trésor américain. Seulement en 1997, Mercedes et BMW ont respectivement payé des amendes de 18,2 et 12 millions de dollars au dépassement de la norme.

