

**Utilisation dans les véhicules à essence de mélanges éthanol-
essence contenant plus de 10 p. 100 en volume d'éthanol**

Préparé par le

**D^r Chandra Prakash
Consultant en matière d'émissions de véhicules
automobiles et de carburants**

pour la

**Direction des systèmes de transport
Direction générale de la prévention de la pollution
Environnement Canada**

Novembre 1998

Utilisation dans les véhicules à essence de mélanges éthanol-essence contenant plus de 10 p. 100 en volume d'éthanol

Table des matières

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES FIGURES

ABRÉVIATIONS

RÉSUMÉ

1. INTRODUCTION

1.1 CONTEXTE

1.2 OBJECTIF

1.3 MÉTHODOLOGIE

2. RÉGLEMENTATION ET NORMES SUR LE CARBURANT

2.1 ACTIVITÉS AUX É.-U.

2.1.1 La Clean Air Act

2.1.2 Programme d'essence oxygénée

2.1.3 Programme d'essence reformulée

2.1.4 Règlement sur la notion « essentiellement similaire » (*Substantially Similar*)

2.1.5 Energy Policy Act (loi américaine sur la politique énergétique) de 1992

2.1.6 Mesures incitatives - Éthanol

2.2 ACTIVITÉS AU CANADA

2.2.1 « Éco-Logo » pour le mélange éthanol-essence

2.2.2 Soutien du gouvernement quant à l'utilisation de l'éthanol

2.2.3 Projet de loi C-226

2.2.4 Loi sur les carburants de remplacement

3. MÉLANGES ÉTHANOL-ESSENCE COMME CARBURANT DE VÉHICULE

AUTOMOBILE - SITUATION ACTUELLE

3.1 UTILISATION DE L'ÉTHANOL AUX É.-U.

3.2 UTILISATION DE L'ÉTHANOL AU CANADA

4. EFFET DE L'ÉTHANOL SUR LES PROPRIÉTÉS DU CARBURANT

4.1 EFFET DE L'ÉTHANOL SUR L'INDICE D'OCTANE

4.2 EFFET DE LA VOLATILITÉ DU CARBURANT SUR LE RENDEMENT DU

MOTEUR

4.2.1 Effet de l'éthanol sur la volatilité du carburant

4.2.2 Effet des mélanges éthanol-essence sur le rendement du véhicule

4.3 EFFET D'APPAUVRISSMENT DE L'ÉTHANOL

4.4 EFFET DE L'ÉTHANOL SUR LA CONSOMMATION DE CARBURANT

4.5 SOLUBILITÉ DE L'EAU ET DÉMIXTION

4.6 COMPATIBILITÉ DES MATÉRIAUX

5. EFFET DES MÉLANGES ÉTHANOL-ESSENCE SUR LES ÉMISSIONS

5.1 ÉMISSIONS DE VAPEURS

5.2 ÉMISSIONS À L'ÉCHAPPEMENT

6. OPINION DES CONSTRUCTEURS DE VÉHICULES AUTOMOBILES

6.1 CHARTE MONDIALE DES CARBURANTS

6.2 RÉPONSES AUX ENTREVUES TÉLÉPHONIQUES

7. OPINION DE L'INDUSTRIE DU PÉTROLE

7.1 RÉPONSES AUX ENTREVUES TÉLÉPHONIQUES

8. OPINION DES MINISTÈRES ET D'AUTRES ORGANISMES
GOUVERNEMENTAUX

8.1 RÉPONSES AUX ENTREVUES TÉLÉPHONIQUES

9. SYNTHÈSE DES RÉPONSES AUX ENTREVUES TÉLÉPHONIQUES ET
RÉSUMÉ

10. DISCUSSION ET RECOMMANDATIONS

OUVRAGES DE RÉFÉRENCE

ANNEXE A - QUESTIONNAIRE SUR L'ÉTUDE DES MÉLANGES ÉTHANOL-
ESSENCE

ANNEXE B - CHARTE MONDIALE DES CARBURANTS

Liste des tableaux

Tableau 1	Classification des zones non conformes aux É.-U.
Tableau 2	États américains offrant des mesures incitatives relativement à l'éthanol
Tableau 3	Usines canadiennes d'éthanol en service et proposées
Tableau 4	Concentration d'éthanol dans les mélanges vendus au Canada
Tableau 5	Mesures de réduction de taxes sur les mélanges éthanol-essence au Canada
Tableau 6	Certaines propriétés de l'éthanol et de l'essence
Tableau 7	Effets de la volatilité de l'essence sur le rendement du moteur
Tableau 8	Effet théorique prévu de l'éthanol sur la consommation de carburant

Liste des figures

- Figure 1 Effet de la volatilité sur le rendement du moteur
- Figure 2 Effet des composés oxygénés sur la courbe de distillation
- Figure 3 Effet de la concentration d'éthanol sur la pression de vapeur du mélange
- Figure 4 Effet de la PVR de l'essence de référence sur l'élévation de la PVR en raison de l'adjonction d'éthanol
- Figure 5 Effet de la combinaison d'une essence et d'un mélange éthanol-essence de même PVR
- Figure 6 Effet de l'éthanol sur le rapport volume de vapeur et volume d'essence liquide (V/L)
- Figure 7 Effet du rapport air-carburant sur les émissions à l'échappement

Abréviations

AAMA	American Automobile Manufacturers Association
ACEA	Association des Constructeurs Européens d'Automobiles (ou European Automobile Manufacturers Association)
AQIRP	Air Quality Improvement Research Program
ASTM	American Society for Testing and Materials
CR	Carburant de remplacement
<i>B/J</i>	Barils par jour
CAAA	Modifications à la Clean Air Act
CO	Monoxyde de carbone
CO ₂	Dioxyde de carbone
ICPP	Institut canadien des produits pétroliers
CRC	Coordinating Research Council
DOE	Department of Energy (É.-U.)
E10	Éthanol à 10 p. 100 en volume
PCE	Programme Choix environnemental
EPA	Environmental Protection Agency (É.-U.)
ETBE	Oxyde d'éthyle et de tert-butyle
FIP	Federal Implementation Plan (É.-U.)
HC	Hydrocarbures
CDIE	Comité directeur interministériel sur l'éthanol
JAMA	Japan Automobile Manufacturers Association
IOM	Indice d'octane moteur
MTBE	Oxyde de méthyle et de tert-butyle
NAAQS	Normes nationales de qualité de l'air ambiant
NO _x	Oxydes d'azote
NREL	National Renewable Fuels Laboratory (É.-U.)
R et D	Recherche et développement
IOR	Indice d'octane de recherche
ERF	Essence reformulée
ROS	Renewable Oxygenate Standard (É.-U.) (norme sur les composés oxygénés renouvelables)
PVR	Pression de vapeur Reid (ou tension de vapeur Reid)
SAE	Society of Automotive Engineers (É.-U.)
SIP	State of Implementation Plan (É.-U.)
SwRI	South West Research Institute
É.-U.	États-Unis
COV	Composés organiques volatils

RÉSUMÉ

Introduction

L'éthanol ($C_2H_5 OH$) ou alcool éthylique peut être produit à partir de matières premières agricoles telles que le maïs, le blé, l'orge et la canne à sucre. Il peut aussi provenir de matières cellulosiques renouvelables comme les déchets forestiers, les résidus de bois et les résidus agricoles, ou être produit par transformation chimique d'éthylène ou d'éthane. L'éthanol possède une structure moléculaire simple contenant du carbone, de l'hydrogène et de l'oxygène ainsi que des propriétés physiques et chimiques bien définies. Quant à l'essence, elle est constituée d'un mélange de centaines d'hydrocarbures différents contenant de 4 à 12 atomes de carbone et elle ne contient pas d'oxygène.

L'éthanol peut être employé tel quel comme carburant routier ou peut être mélangé à l'essence pour en accroître l'indice d'octane. Les mélanges éthanol-essence contenant jusqu'à 10 p. 100 en volume d'éthanol (alcool-essence) sont employés dans les véhicules à essence ordinaires depuis les deux dernières décennies tant aux États-Unis qu'au Canada. L'éthanol fut d'abord employé pour des raisons de sécurité énergétique et de diversification des carburants afin de réduire la dépendance aux carburants à base de pétrole. Son utilisation fut ensuite soutenue pour ses propriétés de rehausseur d'indice d'octane et pour son effet de réduction de certaines émissions des véhicules. On assiste présentement à un regain d'intérêt pour l'utilisation croissante d'éthanol produit à partir de matières premières renouvelables dans le but de réduire les émissions de dioxyde de carbone, un gaz à effet de serre qui contribue au réchauffement de la planète.

En augmentant à sa valeur maximale la quantité d'éthanol contenue dans les mélanges éthanol-essence (au-delà de la concentration actuelle de 10 p. 100 en volume), sans affecter le rendement des moteurs à essence des véhicules et sans causer de problèmes d'émissions, il est possible de réduire la quantité nette des émissions de dioxyde de carbone par véhicule-mille.

État actuel des mélanges éthanol-essence

Les États-Unis consomment présentement environ 5 milliards de litres d'éthanol annuellement comme carburant dans les transports. Une proportion d'environ 10 p. 100 de la consommation totale d'éthanol est employée dans l'essence reformulée (ERF); le programme d'essence oxygénée destiné à réduire les émissions de monoxyde de carbone pendant l'hiver compte pour environ 20 p. 100 de la consommation, le reste de la consommation (70 p. 100) étant employé sous forme d'alcool-essence. La vente d'alcool-essence représente entre 8 et 10 p. 100 environ des ventes totales d'essence aux États-Unis. Dans ce pays, l'EPA limite à 10 p. 100 la concentration maximale d'éthanol dans les mélanges éthanol-essence. Toutefois, une hausse de la pression de vapeur Reid (PVR), qui se produit au moment du mélange par barbotage de l'éthanol dans l'essence, est autorisée aux États-Unis.

Le Canada produit présentement environ 234 millions de litres d'éthanol annuellement,

mais on prévoit que cette production augmentera à 675 millions de litres dans un avenir rapproché. Compte tenu de la consommation annuelle d'essence au Canada, ces chiffres de production d'éthanol ne représentent respectivement que 0,7 et 2,0 p. 100 de la quantité d'essence. Au Canada, aucun règlement ne limite la concentration d'éthanol dans les mélanges éthanol-essence. Cependant, les normes de l'ONGC sur ces mélanges limitent à 10 p. 100 la concentration d'éthanol et elles n'autorisent pas d'augmentation de la PVR.

Toute la production canadienne et américaine d'éthanol provient actuellement de matières agricoles renouvelables telles que le maïs, le blé, etc. La production d'éthanol à partir de matières cellulosiques qui permettent de diminuer les émissions de dioxyde de carbone est encore à l'étape de développement et ce produit n'est pas encore prêt à être commercialisé. Compte tenu de la technologie de production, le coût de l'éthanol est plus élevé que celui de l'essence. L'emploi de l'éthanol comme carburant, aussi bien aux États-Unis qu'au Canada, est soutenu par un programme d'encouragements fiscaux (exonération de taxes).

Effet de l'éthanol sur les propriétés du carburant, l'efficacité des véhicules et les émissions

Mélangé à l'essence, l'éthanol modifie les propriétés du carburant et influe sur les émissions de vapeurs et de gaz d'échappement des véhicules. Certaines modifications des propriétés peuvent aussi influencer sur l'efficacité du véhicule. Parmi les modifications importantes des propriétés, on compte notamment l'accroissement de l'indice d'octane et de la pression de vapeur du mélange par rapport à ces valeurs pour l'essence seule, l'appauvrissement du mélange air-carburant et l'effet de dilution de l'essence.

Comparativement à l'essence, en général les mélanges éthanol-essence font augmenter les émissions de vapeurs; ils réduisent les émissions de CO, de HC et les émissions toxiques à l'échappement, augmentent les émissions d'aldéhydes et peuvent accroître les émissions de NOx; pendant le cycle de vie, ils réduisent les émissions de dioxyde de carbone, le taux de réduction étant fonction du type de matière première et du procédé de production de l'éthanol. Dans certains véhicules dotés d'une technologie plus ancienne, on a signalé des problèmes d'efficacité de carburation à chaud lorsqu'on utilisait des mélanges éthanol-essence.

La plupart des données existantes sur l'utilisation et les effets des mélanges éthanol-essence ne concernent que les mélanges ayant une concentration de 10 p. 100 en volume d'éthanol. Afin de comprendre les effets des mélanges contenant une concentration d'éthanol supérieure à 10 p. 100 en volume sur les émissions et l'efficacité des véhicules, il faudrait mettre en œuvre un programme d'essai de mélanges éthanol-essence contenant des concentrations d'éthanol plus élevées. L'augmentation de la teneur en éthanol permettra certainement d'améliorer l'indice d'octane et l'effet de dilution du soufre, des aromatiques et des oléfines présents dans l'essence.

Synthèse des entrevues téléphoniques, résumé et recommandations

Les constructeurs automobiles ont annoncé la création de la « Charte mondiale des carburants » (essence et diesel). Pour ce qui touche l'essence de « catégorie 3 », l'industrie essaie de limiter la quantité de composés oxygénés pour les véhicules construits selon les technologies futures. De nombreux constructeurs automobiles appréhendent les effets de l'éthanol sur l'efficacité des véhicules, surtout l'efficacité de carburation à chaud, et n'appuient pas l'augmentation de la concentration d'éthanol dans les mélanges.

De nombreuses sociétés pétrolières voient l'éthanol comme une menace à leur part du marché de l'essence et sont mécontentes de la décision des gouvernements d'accorder une exonération de taxes sur l'éthanol. De plus, l'industrie du pétrole n'appuie pas la notion d'accroître la concentration d'éthanol à plus de 10 p. 100 dans les mélanges.

En ce qui a trait à la réglementation aux États-Unis, les mélanges ayant une concentration d'éthanol supérieure à 10 p. 100 devront faire l'objet d'un processus d'approbation de dérogation très long et très coûteux. Aucune industrie ni association d'industries aux États-Unis n'est intéressée à se lancer dans une telle procédure. L'industrie de l'éthanol, tant aux États-Unis qu'au Canada, est parfaitement à l'aise avec le cadre fiscal et réglementaire actuel et prévoit un potentiel intéressant dans l'utilisation continue de l'éthanol tel quel comme carburant ou mélangé dans une concentration de 10 p. 100 dans l'essence pour des moteurs spécialisés. Toute initiative du Canada, indépendamment des États-Unis, pour mousser ce programme pourrait ne pas obtenir beaucoup d'appui.

La production d'éthanol-carburant à partir de la biomasse ou de matières cellulosiques pourrait contribuer à réduire les émissions de gaz à effet de serre. Par ailleurs, les avantages globaux quant à la réduction des gaz à effet de serre sont directement proportionnels à la quantité d'éthanol utilisée, peu importe la concentration d'éthanol dans les mélanges d'essence. Présentement, la quantité d'éthanol produit au Canada est extrêmement faible, mais si l'on parvenait à en produire de grandes quantités à partir de plantes à base de cellulose à bas prix, on pourrait facilement accroître l'emploi d'éthanol dans les mélanges éthanol-essence, sans dépasser la concentration de 10 p. 100 d'éthanol.

À long terme, l'éthanol-carburant aurait à concurrencer l'essence sur le marché sans profiter d'exonération de taxes des gouvernements. Par conséquent, il est nécessaire de mettre au point une nouvelle technologie afin de produire de l'éthanol à plus bas prix pour assurer la rentabilité à long terme de ce produit comme composante de carburant pour véhicules.

Le principal avantage de l'augmentation de la concentration d'éthanol à plus de 10 p. 100 dans les mélanges éthanol-essence est d'accroître l'utilisation de l'éthanol dans les véhicules à essence sans qu'on ait à procéder à des travaux majeurs de modification de l'infrastructure des postes de ravitaillement en éthanol. L'éthanol pourrait remplacer une grande quantité de l'essence consommée dans le secteur des transports et contribuer à réduire les émissions de gaz à effet de serre. Pour ce faire, il

est recommandé de prendre les mesures suivantes :

- a) Lancer un programme d'essais pour obtenir des données sur l'efficacité et les émissions des véhicules fonctionnant avec des mélanges contenant des concentrations d'éthanol supérieures à 10 p. 100, en faisant appel à la technologie actuelle et à des véhicules à essence à faibles émissions. On pourrait fixer comme point de départ des mélanges contenant entre 15 et 17 p. 100 en volume d'éthanol. Si possible, il serait bon de faire participer l'industrie du pétrole et les constructeurs automobiles à ce programme.
- b) Si les résultats de ces essais justifient l'utilisation de mélanges contenant une concentration plus élevée d'éthanol, il faudrait obtenir l'appui de l'industrie du pétrole et des constructeurs automobiles afin d'établir les mesures suivantes pour mettre en œuvre ce changement.
- c) Évaluer l'impact au Canada du passage à des mélanges contenant plus de 10 p. 100 d'éthanol, sans tenir compte de la situation aux États-Unis.
- d) Soutenir la production d'éthanol à partir de matières cellulosiques afin de produire de plus grandes quantités d'éthanol à plus bas prix.

1. INTRODUCTION

L'éthanol (C_2H_5OH) ou alcool éthylique peut être produit à partir de matières premières agricoles telles que le maïs, le blé, l'orge et la canne à sucre. Il peut aussi provenir de matière cellulosiques renouvelables comme les déchets forestiers (par exemple, des résidus de bois et de la sciure de bois) et des résidus agricoles ou être produit par transformation chimique d'éthylène ou d'éthane. L'éthanol possède une structure moléculaire simple contenant deux atomes de carbone, six atomes d'hydrogène et un atome d'oxygène. Il possède aussi des propriétés physiques et chimiques bien définies. Quant à l'essence, elle est constituée d'un mélange de centaines d'hydrocarbures différents contenant de 4 à 12 atomes de carbone.

L'éthanol peut être employé tel quel comme carburant de remplacement (CR) ou peut être mélangé à l'essence pour en accroître l'indice d'octane. Les mélanges éthanol-essence contenant jusqu'à 10 p. 100 en volume d'éthanol, connus sous l'appellation « alcool-essence » ou « E10 » (10 p. 100 d'éthanol et 90 p. 100 d'essence) sont offerts aux États-Unis (É.-U.) et au Canada depuis les deux dernières décennies. L'alcool-essence est employé dans les véhicules à essence existants sans modification du moteur ou des autres composants des véhicules et sans risque d'annulation de la garantie des constructeurs. Par contre, l'emploi d'éthanol tel quel (dénaturé) comme carburant exige des modifications substantielles du moteur et du circuit de carburant du véhicule pour en assurer un fonctionnement fiable. La présente étude porte sur l'utilisation éventuelle dans les véhicules à essence ordinaires de mélanges éthanol-essence dont la concentration en éthanol est supérieure à 10 p. 100 en volume.

1.1 Contexte

La fabrication d'alcool éthylique est l'un des procédés chimiques les plus anciens au monde. La fermentation naturelle de toute matière végétale produit de l'alcool à diverses concentrations. La bière et le vin étaient connus dans l'ancienne Égypte tout comme en Mésopotamie. On prétend que c'est aux Chinois qu'on doit la découverte de l'art de la distillation. C'est aussi dans ce procédé qu'ils auraient découvert la nature inflammable de l'éthanol. Ainsi, l'utilisation potentielle de ce produit comme carburant remonte bien au-delà de l'histoire écrite.

Depuis la création des moteurs à combustion interne, on a continuellement étudié la possibilité d'utiliser l'éthanol comme carburant. Certains des plus vieux documents de la Society of Automotive Engineers (SAE) aux É.-U. traitaient des propriétés des carburants à base d'alcool. En 1993, le Cooperative Fuel Research Subcommittee aux États-Unis a publié un rapport sur des essais poussés de moteurs fonctionnant avec un mélange alcool-essence contenant 10 p. 100 d'alcool. En 1978, le Congrès américain a mis sur pied la National Alcohol Fuel Commission, composée de 19 membres chargés d'effectuer une enquête approfondie sur le potentiel à court terme et à long terme d'alcools-carburants provenant de diverses sources. L'exercice ne faisait pas de distinction entre le méthanol, l'éthanol ou tout autre alcool particulier; on n'y utilisait que le générique alcool (1).

L'American Society for Testing and Materials (ASTM) a formé un Groupe de travail sur

les carburants oxygénés comme l'éthanol. En juin 1980, le Groupe a proposé une norme sur l'alcool-essence (« gasohol ») et l'alcool-essence au plomb. Le 30 juin 1980, le Président Carter a entériné l'*Energy Security Act*, dans laquelle le titre 11 comprenait la *Biomass Energy and Alcohol Fuels Act of 1980*.

(Les chiffres entre parenthèses renvoient aux ouvrages de référence à la fin du rapport.)

Au Canada, l'intérêt pour les carburants à base d'alcool s'est amorcé au début des années 80 à la suite des bouleversements qu'a connus l'industrie mondiale du pétrole dans les années 70. Les principaux enjeux du moment portaient sur la sécurité énergétique et la diversification énergétique, en particulier dans le secteur des transports. Les problèmes d'ordre environnemental découlant des émissions de véhicules automobiles commençaient aussi à apparaître. En 1986, Énergie, Mines et Ressources Canada a préparé un document de travail sur les essences oxygénées, y compris les mélanges éthanol-essence, afin d'aider les particuliers et les organisations à bien évaluer les avantages et les inconvénients de ces carburants. Dans le cadre d'un forum public, tous les intervenants ont débattu les constatations présentées dans le document, puis le Comité permanent a présenté des recommandations finales sur l'emploi des carburants à base d'alcool. Fondamentalement, le gouvernement fédéral a appuyé les recommandations du Comité permanent. Les progrès subséquents concernant l'éthanol-carburant au Canada sont décrits ultérieurement dans le rapport.

Même si son essai comme carburant dans un moteur à combustion interne remonte à plus de 150 ans, l'éthanol-carburant n'est pas encore un choix de prédilection par rapport aux carburants de pétrole. Cependant, compte tenu de l'évolution de l'opinion publique et des pressions qui s'exercent au sujet du réchauffement de la planète, de la pollution de l'air et de la sécurité énergétique, on examine encore le potentiel de l'éthanol comme composant de l'essence.

Dans le cadre de ses engagements en marge de la Conférence de Kyoto, le Canada élabore présentement une politique et des stratégies nationales et internationales visant le changement climatique. Dans le secteur des transports, les carburants provenant de la biomasse, tels que l'éthanol, présentent un avantage net considérable à réduire les émissions de dioxyde de carbone (CO₂) compte tenu du cycle total du combustible.

1.2 Objectif

La présente étude vise à évaluer le potentiel de l'utilisation de mélanges éthanol-essence contenant plus de 10 p. 100 en volume d'éthanol dans les véhicules à essence actuels et futurs. On pourrait ainsi assister à une consommation et à une production accrues d'éthanol produit à partir de la biomasse au Canada. Ce type de carburant pourrait éventuellement remplacer l'essence et ainsi contribuer à réduire les émissions de gaz à effet de serre.

La présente étude vise à fournir à la Direction des systèmes de transport d'Environnement Canada des renseignements au sujet :

- de l'utilisation possible dans les véhicules à essence de mélanges éthanol-essence contenant plus de 10 p. 100 d'éthanol, et ce, des points de vue du fonctionnement et des émissions;
- de l'opinion des constructeurs automobiles et de l'industrie du pétrole, ainsi que des divers ministères et organismes publics sur la question de l'augmentation de la concentration d'éthanol au-delà de 10 p. 100 dans les mélanges éthanol-essence au Canada.

1.3 Méthodologie

Dans le cadre de l'étude, on a examiné en profondeur les renseignements sur l'utilisation de mélanges éthanol-essence dans les véhicules à essence aux États-Unis et au Canada. Une composante importante de l'étude a porté sur des entrevues téléphoniques et des discussions avec des représentants de gros constructeurs automobiles, de sociétés pétrolières, de ministères gouvernementaux et d'autres organismes pertinents, tant au Canada qu'aux États-Unis. Un questionnaire préparé en consultation avec la Direction des systèmes de transport d'Environnement Canada a servi aux entrevues téléphoniques lorsque cela était possible. Le questionnaire est présenté à l'annexe A. L'auteur a soigneusement revu et analysé le point de vue des répondants. Le résumé des renseignements obtenus et des recommandations formulées figure dans le présent rapport.

2. RÉGLEMENTATION ET NORMES SUR LE CARBURANT

Les mélanges éthanol-essence doivent être conformes à de nombreux points relatifs à la réglementation émanant du gouvernement et aux normes sur le carburant avant que ces carburants puissent être offerts sur le marché à l'intention des véhicules à essence. Le présent chapitre traite d'importants règlements et programmes gouvernementaux ainsi que des questions de normes sur le carburant touchant l'emploi de mélanges éthanol-essence aux États-Unis et au Canada.

2.1 *Activités aux É.-U.*

2.1.1 *La Clean Air Act*

Aux États-Unis, la *Clean Air Act* de 1970 autorisait l'U.S. Environmental Protection Agency (EPA) à établir des concentrations maximales, dites normes nationales de qualité de l'air ambiant (NAAQS), pour des polluants désignés dans l'air ambiant afin de protéger la santé publique « en tenant compte d'une marge de sécurité suffisante ». En vertu de la Loi, l'EPA a établi six normes (NAAQS) : trois pour des polluants importants de véhicules - monoxyde de carbone (CO), oxydes d'azote (NOx) et ozone ou smog; deux pour les polluants émis par les moteurs diesel - particules et dioxyde de soufre; et la sixième pour le plomb qui, depuis ce temps, a été supprimé progressivement de l'essence.

La loi exige que les zones où les concentrations de polluants dépassent les NAAQS élaborent des plans de mise en œuvre d'État (SIP) afin de réduire les concentrations de polluants dans l'air ambiant aux niveaux prescrits. Peu d'États américains ne comprennent pas au moins une zone urbaine qui enfreint les NAAQS pour la concentration d'ozone ou de monoxyde de carbone. Les États qui ne se conforment pas aux normes sont passibles de sanctions touchant les nouvelles constructions ou du gel de subventions fédérales et de fonds affectés aux autoroutes. En vertu de la *Clean Air Act*, lorsque les États ne réussissent pas à élaborer un SIP approprié pour répondre aux NAAQS, l'EPA est tenue de préparer et d'appliquer un plan fédéral de mise en œuvre (FIP) à la place du SIP. Le FIP peut comprendre des contrôles perturbateurs tels que des limites pour le stationnement au centre-ville, des horaires de travail décalés et d'autres exigences.

Dans les modifications de 1990 apportées à la *Clean Air Act* (CAAA), on a classé les zones non conformes aux exigences sur l'ozone, le monoxyde de carbone et les particules en fonction de la gravité du problème de pollution de l'air. Le tableau 1 donne la liste des niveaux de pollution correspondant aux diverses catégories de zones non conformes. Au mois de novembre 1991, l'EPA a publié sa règle finale identifiant les zones urbaines en situation de non-conformité pour le niveau d'ozone (98 zones) et le niveau de monoxyde de carbone (42 zones).

Tableau I
Classification des zones non conformes

Monoxyde de carbone

	Niveau - ppm	Date de conformité
Modéré	9,1 à 16,4	12-31-95
Sérieux	16,5 et plus	12-31-2000

Ozone

	Niveau - ppm	Date de conformité
Marginal	0,121 à 0,138	3 ans
Modéré	0,138 à 0,160	6 ans
Sérieux	0,160 à 0,180	9 ans
Grave 1	0,180 à 0,190	15 ans
Grave 2	0,190 à 0,280	17 ans
Extrême	0,280 et plus	20 ans

2.1.2 Programme d'essence oxygénée

En 1992, on a exigé que les villes classées non conformes et présentant un niveau de pollution par CO sérieux ou modéré mettent en place un programme de carburants oxygénés. Pendant une période d'au moins 4 mois en hiver, l'essence vendue dans ces villes devait avoir une teneur minimale en oxygène de 2,7 p. 100 en masse. Le 5 février 1992, l'EPA a publié une liste de 39 zones qui devaient mettre en œuvre le programme de carburants oxygénés. Selon ce programme, les principaux composés oxygénés utilisés étaient l'éthanol et l'oxyde de méthyle et de tert-butyle (MTBE). La teneur en oxygène de 2,7 p. 100 en masse correspond environ à une concentration de 7,7 p. 100 en volume d'éthanol ou de 15,0 p. 100 en volume de MTBE dans l'essence.

2.1.3 Programme d'essence reformulée

Le 1^{er} janvier 1995, l'EPA a lancé le programme d'essence reformulée dans les zones classées non conformes et présentant un niveau de pollution par ozone extrême ou grave. Les CAAA contiennent une « recette » d'essence reformulée (ERF) précisant les exigences minimales et maximales d'un certain nombre d'ingrédients. La Loi précise aussi un ensemble de normes de rendement indiquant le niveau de réduction prescrit (en p. 100) des composés organiques volatils (COV) et des composés toxiques dans l'air. La réduction des COV ne s'applique que l'été alors que celle des composés toxiques s'applique toute l'année. Entre 1995 et 1997, on a autorisé les raffineries à employer le « modèle simple » pour se conformer aux niveaux requis de

réduction des émissions par rapport à l'essence de référence de 1990. Pour 1998 et les années ultérieures, toutes les raffineries doivent certifier leur essence reformulée en se servant du « modèle complexe » de l'EPA.

Seules les zones classées non conformes et présentant un niveau de pollution par ozone extrême ou grave sont tenues d'utiliser de l'essence reformulée depuis 1995, mais le Gouverneur de tout État comptant des zones non conformes et présentant un niveau de pollution par ozone plus faible peut demander à l'EPA que les exigences sur l'essence reformulée s'appliquent également à une ou à plusieurs de ces zones. C'est ce qu'on appelle la « mesure d'option de participer » (opt-in provision).

La teneur minimale en oxygène, à longueur d'année, de l'essence reformulée a été fixée à 2,0 p. 100 en masse, sur une base commune. Les composés oxygénés de l'essence reformulée doivent être neutres. Même si cette règle n'empêche pas l'emploi d'éthanol, il ne doit pas y avoir d'augmentation de la volatilité ou de la pression de vapeur Reid (PVR), ce qui se produit pendant le mélange par barbotage de l'éthanol dans l'essence.

En 1994, l'EPA a proposé une règle voulant qu'au moins 30 p. 100 de l'oxygène contenu dans l'essence reformulée provienne de composés oxygénés renouvelables. En proposant sa norme sur les composés oxygénés renouvelables (ROS), l'EPA visait à réduire les approvisionnements de méthanol et de MTBE en provenance de l'étranger. Elle cherchait aussi à réduire le CO₂ produit pendant la conversion très inefficace du gaz naturel de haute qualité en méthanol. En termes simples, la ROS aurait fait en sorte que 30 p. 100 de l'ERF des raffineries contient 5,6 p. 100 en volume d'éthanol. Des dispositions d'établissement de la moyenne permettraient qu'une proportion de 16,8 p. 100 de l'ERF des raffineurs contienne 10 p. 100 d'éthanol. Cette règle aurait permis de mousser l'utilisation d'éthanol comme composant d'un mélange d'essence ou comme matière première pour la production d'oxyde d'éthyle et de tert-butyle (ETBE). Toutefois, la proposition fut rejetée au Congrès en raison de la forte opposition manifestée par l'industrie du pétrole.

2.1.4 Règlement sur la notion « essentiellement similaire » (*Substantially Similar*)

Aux États-Unis, en vertu de l'article 211 (f) (1) de la *Clean Air Act*, il est illégal de mettre en marché tout carburant ou tout additif de carburant ou d'augmenter la concentration d'un additif de carburant destiné aux véhicules automobiles de petite cylindrée construits après 1974, et qui n'est pas « essentiellement similaire » (la loi dit « substantially similar ») à tout carburant ou à tout additif de carburant employé pour certifier les véhicules ou les moteurs de modèles 1975, ou construits ultérieurement, conformément à l'article 206 de la Loi. Cet article établit les exigences de certification auxquelles les constructeurs automobiles doivent se conformer au moment de lancer sur le marché des véhicules automobiles de la nouvelle année.

Cependant, en vertu de l'article 211 (f) (4) de la *Clean Air Act*, sur demande de tout fabricant de carburant ou d'additif de carburant, l'Administrateur de l'EPA peut déroger aux interdictions de l'article 211 (f) (1), s'il juge que le demandeur a établi que le

carburant ou que l'additif de carburant en question ne causera pas de panne ni ne contribuera à causer une panne de tout système ou dispositif antipollution (pendant toute la durée utile du véhicule utilisant un dispositif ou un système de ce genre) dont le véhicule est doté pour respecter les normes d'émissions pour lequel il est certifié. L'article 202 de la Loi précise les normes d'émissions d'hydrocarbures, de monoxyde de carbone et d'oxydes d'azote des véhicules à essence.

En vertu de l'article 211 (f) (4), les dérogations suivantes visant les mélanges éthanol-essence ont été accordées aux É.-U.

- Gas Plus Inc. (décembre 1978)

Concentration maximale de 10 p. 100 en volume d'éthanol anhydre dans l'essence sans plomb.

N'a pas à satisfaire aux normes de volatilité de l'ASTM.

Cette dérogation a été accordée car l'EPA n'avait pris aucune décision dans le délai prescrit de 180 jours suivant la réception de la demande de dérogation.

- Synco 76 Fuel Corporation (mai 1982)

Concentration de 10 p. 100 en volume d'éthanol et additif de propriété exclusive. Doivent satisfaire aux normes de volatilité de l'ASTM.

2.1.5 Energy Policy Act (loi américaine sur la politique énergétique) de 1992

L'objectif principal de l'*Energy Policy Act* est de réduire la dépendance des États-Unis aux importations de pétrole brut. Elle établit des mandats fédéraux visant les véhicules fonctionnant aux carburants de remplacement. Les titres III, IV, V et VI portent sur les dispositions relatives aux carburants de remplacement et aux véhicules fonctionnant avec ces types de carburants. Le titre XIX porte sur la conservation de l'énergie et les mesures incitatives touchant la production d'énergie, tandis que le titre XII traite des mesures relatives à la production et à l'utilisation d'énergie renouvelable, ainsi que des progrès technologiques dans ce domaine.

La Loi établit des objectifs précis visant le programme « Alcohol From Biomass Program » (programme sur l'alcool extrait de la biomasse), c'est-à-dire :

- Réduire le coût de l'alcool à 0,70 \$ le gallon.
- Améliorer à 91 p. 100 l'efficacité de la transformation globale des glucides de la biomasse.
- Réduire à 0,23 \$ le gallon la composante « capital » du coût de l'alcool.
- Réduire à 0,47 \$ le gallon la composante « exploitation et entretien » du coût de l'alcool.

De plus, l'exonération de taxes pour l'essence contenant 10 p. 100 d'éthanol a été élargie pour comprendre les nouveaux mélanges contenant au maximum 5,7 p. 100

d'éthanol.

2.1.6 Mesures incitatives - Éthanol

En vertu de l'*Energy Tax Act* de 1978, le gouvernement américain accorde aux entreprises qui utilisent des mélanges éthanol-essence un crédit d'impôt fédéral de 0,54 \$ le gallon d'éthanol. Le gouvernement offre aussi une réduction de taxes au fabricant de 0,054 par gallon d'éthanol produit. En 1990, ce crédit d'impôt a été élargi de manière à s'appliquer également à l'éthanol employé dans la production d'ETBE. Le crédit d'impôt est en vigueur jusqu'à l'année 2000. Récemment, le Sénat américain (11 mars 1998) et la Chambre des représentants (22 mai 1998) ont voté massivement en faveur de la prolongation de la réduction de taxes sur l'éthanol jusqu'à l'an 2007 inclusivement dans le cadre du projet de loi de six ans sur les autoroutes fédérales (federal highway reauthorization bill). De nombreux États offrent aussi des stimulants économiques visant l'emploi d'éthanol. Ces États figurent dans le tableau 2.

Tableau 2
États américains offrant des mesures incitatives relativement à l'éthanol. *
(en dollars par gallon)

État	Réduction de taxes sur le carburant - mélanges	Mesure incitative pour le fabricant
Alaska	0,08	
Connecticut	0,01	
Hawaï	Exonération de la taxe d'accises normale sur le prix au détail (4 p. 100)	
Idaho	Diminution jusqu'à 10 p. 100 de la taxe d'accises sur l'essence	
Illinois	0,0185	
Iowa	0,01	0,20
Kansas		0,20
Minnesota	0,02	0,20
Missouri	0,02	0,20

Montana		0,30
Nebraska		0,20
Caroline du Nord		Crédit d'impôt maximal de 30 p. 100 sur le coût de l'installation
Dakota du Nord		0,40
Ohio	0,01	
Oregon	0,05	Réduction de 50 p. 100 de la taxe foncière pour les installations de production d'éthanol dans l'État
Dakota du Sud	0,02	0,20
Washington		Réduction de 60 p. 100 de la taxe pour chaque gallon d'éthanol mélangé
Wyoming	0,04	

* Renseignements extraits de l'ouvrage de référence (2)

2.2 Activités au Canada

2.2.1 « Éco-Logo » pour le mélange éthanol-essence

Dans le cadre du Programme Choix environnemental (PCE), administré par un organisme indépendant du gouvernement fédéral, on a attribué en 1990 « l'Éco-Logo » aux mélanges éthanol-essence. Les commentaires qu'a formulés Environnement Canada au PCE reconnaissaient que les mélanges éthanol-essence pouvaient avoir des effets favorables sur l'environnement. Dans l'exposé, on a aussi recommandé que les directives du PCE établissent un contrôle rigoureux du mélange de carburant afin d'assurer que la volatilité des mélanges d'éthanol corresponde à celle de l'essence offerte dans le commerce.

2.2.2 Soutien du gouvernement quant à l'utilisation de l'éthanol

En mars 1991, on a formé un Comité directeur interministériel sur l'éthanol (CDIE) coprésidé par des représentants du ministère de l'Agriculture et de Ressources naturelles Canada (Énergie, Mines et Ressources Canada, à cette époque) afin de préparer des recommandations pour la promotion de l'emploi d'éthanol-carburant au Canada. Dans le budget fédéral déposé en février 1992, on supprimait la taxe fédérale d'accises de 0,085 \$ le litre (maintenant de 0,10 \$ le litre) sur la portion éthanol obtenue de la biomasse des mélanges éthanol-essence. Cette mesure permettait de traiter les mélanges d'éthanol de la même façon que les autres carburants de remplacement employés dans le secteur des transports. En novembre 1992, le gouvernement fédéral a annoncé un programme quinquennal d'une valeur de 12 millions de dollars afin de favoriser la production et l'utilisation d'éthanol à partir de la biomasse.

En vertu de son Programme national sur l'éthanol de la biomasse, le gouvernement fédéral a aussi prévu, pour la période de 1999 à 2005, une somme de 70 millions de

dollars à titre de crédit préventif (garantie de prêt) à l'intention des producteurs d'éthanol qualifiés. Ce programme est administré par la Société du crédit agricole, et la marge de crédit ne peut servir qu'en cas de suppression du crédit d'impôt fédéral sur l'éthanol. Jusqu'à maintenant, seule la société Les Alcools du Commerce Inc. s'est qualifiée pour une marge de crédit de 32 millions de dollars.

Outre le gouvernement fédéral, certaines provinces canadiennes offrent également des réductions de taxes sur les mélanges éthanol-essence. Le tableau 5 en précise les détails.

2.2.3 Projet de loi C-226

Au mois de mars 1993, le projet de loi privé C-226, proposant l'emploi obligatoire dans l'essence d'une concentration d'oxygène de 3,2 p. 100 en poids et la suppression du rehausseur d'indice d'octane MMT (méthylcyclopentadiényl manganèse tricarbonyle), a été rejeté à la Chambre des communes. Les ministères de l'Environnement, des Transports, des Ressources naturelles et de la Santé n'ont pas appuyé le projet de loi. Les principaux motifs de l'opposition des ministères à cette époque visaient notamment ce qui suit :

- L'emploi obligatoire d'une concentration d'oxygène de 3,2 p. 100 en poids dans l'essence n'est pas justifié du point de vue de la réduction des émissions et posera des problèmes indus à l'industrie du pétrole qui devra trouver suffisamment de composés oxygénés pour être en mesure de satisfaire à la norme proposée.
- Les données existantes sur l'effet du MMT sur les gaz d'échappement ne sont pas concluantes. Actuellement, rien n'indique que le MMT employé dans l'essence présente des effets nuisibles pour la santé.
- La meilleure façon d'élaborer une stratégie sur le carburant consiste à faire appel à la participation des producteurs de carburant, des motoristes et des constructeurs automobiles, du gouvernement et des organismes d'établissement de normes sur les carburants.

2.2.4 Loi sur les carburants de remplacement

La *Loi sur les carburants de remplacement* est entrée en vigueur au Canada le 22 juin 1995 à la suite de l'adoption du projet de loi S-7. La Loi oblige le gouvernement fédéral à utiliser, lorsque cela est rentable et faisable, de plus en plus de véhicules pouvant fonctionner au carburant de remplacement pour son parc de véhicules. Aux termes de la Loi, sont notamment compris parmi les carburants de remplacement l'éthanol, le méthanol, le gaz propane, le gaz naturel, l'hydrogène et l'électricité lorsqu'ils constituent l'unique source d'énergie de propulsion directe du véhicule.

Le Conseil du Trésor du Canada a publié une nouvelle « Politique sur les véhicules automobiles », entrée en vigueur le 19 juin 1996, et visant le parc de véhicules du gouvernement fédéral. Cette politique sur l'utilisation de carburants de remplacement précise qu'un organisme fédéral doit utiliser, lorsque cela est possible et faisable, un carburant de remplacement dans les véhicules pouvant fonctionner avec ce carburant (cela comprend l'utilisation de mélanges éthanol-essence).

3. MÉLANGES ÉTHANOL-ESSENCE COMME CARBURANT DE VÉHICULE AUTOMOBILE - SITUATION ACTUELLE

Présentement, l'utilisation de mélanges éthanol-essence aux É.-U. et au Canada se limite à des mélanges contenant 10 p. 100 ou moins d'éthanol. Cela est surtout attribuable à la concentration maximale d'éthanol admissible que l'EPA a approuvée pour les mélanges d'essence. Par ailleurs, le prix actuel de l'éthanol comparé à celui de l'essence n'est pas suffisamment attrayant pour susciter de l'intérêt dans la mise en marché de mélanges contenant une concentration plus élevée d'éthanol.

3.1 *Utilisation de l'éthanol aux É.-U.*

Présentement aux États-Unis, la consommation annuelle d'éthanol se situe à environ 1,3 milliard de gallons (environ 5,0 milliards de litres), dans trois marchés distincts :

- essence reformulée (ERF),
- essence oxygénée (réduction des émissions de monoxyde de carbone),
- alcool-essence (mélanges contenant 10 p. 100 en volume d'éthanol).

La quantité d'éthanol destinée à l'ERF est faible et incertaine. On estime qu'elle correspond à environ 10 p. 100 de la production actuelle d'éthanol, son utilisation étant plus importante en hiver. Il est trop coûteux de reformuler l'ERF d'été pour utiliser l'éthanol et se conformer aux exigences de PVR, ou de transformer l'éthanol en ETBE compte tenu du coût du MTBE. Il est aussi peu probable que les raffineries passeront du MTBE en été à l'éthanol en hiver. Par conséquent, il est peu probable que le marché de l'éthanol pour l'ERF prenne davantage d'expansion qu'actuellement.

On estime à environ 20 p. 100 la part de la production actuelle d'éthanol destinée au marché de l'essence oxygénée employée l'hiver dans certaines zones urbaines pour réduire les émissions de CO. Le reste de la production totale d'éthanol, soit environ 70 p. 100, est employé dans le marché de l'alcool-essence comme rehausseur d'indice d'octane de l'essence. Présentement, la part moyenne du marché qu'occupe l'alcool-essence se situe entre 8 et 10 p. 100 dans toutes les zones qui ne nécessitent pas d'essence reformulée. L'aspect concurrentiel de l'alcool-essence est fonction des prix de l'essence et du coût de production net de l'éthanol.

Dans l'État de l'Illinois, les mélanges éthanol-essence comptent pour environ la moitié de toutes les ventes de carburant pour véhicules automobiles. L'industrie de l'éthanol répond actuellement à 95 p. 100 des besoins en composés oxygénés de Chicago. L'éthanol occupe aussi presque tout le marché dans pratiquement toutes les régions à l'ouest des Rocheuses, lesquelles utilisent de l'essence oxygénée pour réduire la pollution par les émissions de CO et d'ozone (Seattle, Portland, Phoenix, Tucson, Las Vegas et Reno). L'éthanol est présentement commercialisé dans presque tous les États américains, sauf la Californie, où le MTBE est obligatoire et compte tenu de la réglementation de l'État qui interdit l'utilisation de l'éthanol. L'industrie de l'éthanol et ses partisans travaillent ardemment à changer la situation. Un mouvement s'applique à faire hausser la concentration maximale d'oxygène de 2,7 à 3,2 p. 100 en poids dans l'essence reformulée utilisée en Californie. Le personnel du California Air Resources

Board (CARB) appuie ce changement et présentera une proposition à cet effet au CARB en décembre 1998. Un autre point touchant l'essence reformulée utilisée en Californie est la valeur maximale de la PVR qui est actuellement de 7,0 lb/po² (psi). Ainsi, les partisans de l'éthanol souhaitent relever non seulement la concentration en oxygène de l'essence reformulée, mais aussi la valeur maximale de la PVR. Au CARB, on vise à offrir plus de souplesse aux raffineries dans le choix des composés oxygénés. Si la solution proposée est approuvée par le CARB, le nouveau règlement offrira des débouchés pour l'éthanol dans le marché de la Californie et donnera aux raffineries la possibilité de choisir d'autres composés oxygénés que le MTBE. Il convient de souligner que l'utilisation du MTBE dans l'essence en Californie fait l'objet d'un examen minutieux en raison d'incidents de pollution de l'eau survenus récemment à la suite de fuites dans des réservoirs d'essence souterrains. Il faudrait produire environ 50 000 barils/jour (b/j) d'éthanol pour combler la demande en composés oxygénés en Californie. La production totale aux États-Unis est présentement de 85 000 b/j, mais la capacité existante de production dépasse les 110 000 b/j (3).

Comme on l'a mentionné précédemment, plusieurs initiatives stratégiques aux États-Unis soutiennent l'utilisation de l'éthanol comme carburant pour véhicules. La réduction de taxes de 0,54 \$ le gallon constitue la plus importante et le moteur du marché actuel de l'éthanol. Cette initiative s'ajoute à l'obligation d'employer des composés oxygénés dans environ 30 p. 100 de l'essence aux États-Unis (obligation pour l'ERF et l'essence oxygénée) à titre de mesure de réduction de la pollution. De plus, l'éthanol employé dans l'essence ordinaire fait l'objet d'une dérogation aux exigences relatives à la pression de vapeur Reid et qui favorise une diminution du coût de son utilisation dans l'alcool-essence.

L'autre politique importante du gouvernement est l'engagement d'un versement annuel de 20 à 25 millions de dollars US pour la recherche et le développement (R et D) dans le perfectionnement des technologies de production d'éthanol. Enfin, dans le cadre de la politique de réduction des émissions globales de gaz à effet de serre, les carburants dérivés de la biomasse, en particulier l'éthanol, font l'objet d'une attention croissante. La stratégie de réduction des émissions de gaz à effet de serre aurait peu d'effet sur l'éthanol produit à partir du maïs, mais pourrait soutenir substantiellement l'éthanol obtenu à partir de matières cellulosiques.

Une étude récente menée par le Department of Energy aux États-Unis (4) a révélé que l'éthanol dérivé de matières cellulosiques pourrait, compte tenu des réductions actuelles de taxes, constituer l'un des carburants clés pour permettre d'atteindre l'objectif de remplacement de 30 p. 100 des carburants de pétrole précisé dans la loi américaine *Energy Policy Act*, et de réduire sensiblement les émissions de gaz à effet de serre dans le secteur des transports. On a examiné deux voies de transition possibles pour l'éthanol aux États-Unis, à savoir : passer des céréales aux matières cellulosiques (pour la production et les matières premières) et passer à un emploi du carburant tel quel plutôt que d'employer des mélanges à faible concentration (dans le cas de l'utilisation finale).

Le passage de la production d'éthanol à partir de matières cellulosiques plutôt que de céréales est en dehors de la portée de la présente étude et ne sera pas examiné plus

avant. Dans le cas de l'utilisation accrue de l'éthanol en plus forte concentration par rapport à l'utilisation finale et au marché actuels, le Department of Energy aux États-Unis a notamment examiné les points suivants :

- L'augmentation de la part du marché des mélanges éthanol-essence à faible teneur en éthanol (10 p. 100 en volume d'éthanol) qui représente présentement de 8 à 10 p. 100 du marché dans l'ensemble des régions qui ne nécessitent pas l'emploi d'essence reformulée.
- L'augmentation de la concentration d'éthanol dans le mélange (qui est actuellement de 10 p. 100) à une concentration maximale permettant d'assurer le fonctionnement acceptable des véhicules consommant de l'essence ordinaire.
- Utilisation de l'éthanol tel quel ou presque dans des véhicules conçus à cette fin.

Dans le cas de l'analyse portant sur l'utilisation finale, on a présumé que dans les mélanges éthanol-essence à faible teneur en éthanol, on pouvait faire passer la concentration d'éthanol de 10 à 17 p. 100 en volume, sans effet défavorable sur le fonctionnement des véhicules ou l'acceptation du consommateur. Toutefois, les constructeurs automobiles n'ont pas validé cette présomption. Dans le cadre de l'étude, on a examiné les conséquences de l'accroissement du marché de l'éthanol et estimé le coût de l'utilisation accrue de l'éthanol.

3.2 Utilisation de l'éthanol au Canada

Au Canada actuellement, la production annuelle d'éthanol est d'environ 234 millions de litres, soit environ 61,6 millions de gallons américains par année (5). On estime à 675 millions de litres la production annuelle future possible d'éthanol au Canada. Les renseignements sur les usines canadiennes d'éthanol, existantes et proposées, figurent dans le tableau 3. Pour des raisons évidentes, la mise en valeur de l'éthanol-carburant au Canada s'est fait plus lentement qu'aux États-Unis. D'abord, il n'y a aucune obligation au Canada d'employer de l'essence reformulée ou de l'essence oxygénée. Ensuite, la norme de l'Office des normes générales du Canada (ONGC) relative aux mélanges éthanol-essence ne permet pas une volatilité supérieure pour l'essence contenant de l'éthanol.

Tableau 3

Usines canadiennes d'éthanol en service et proposées

Usines d'éthanol existantes

Producteur	Emplacement	Capacité/an	Année
Mohawk Canada Ltd.	Minnedosa, Man.	10 M litres	1980
Tembec	Témiscamingue, Qc	17 M litres	1985
Les Alcools du Commerce Inc.	Tiverton, Ont.	23 M litres	1989
Pound-Maker Adventures	Lanigan, Sask.	12 M litres	1991
Les Alcools du Commerce Inc.	Chatham, Ont.	150 M litres	1997
Agri-Partners International	Red Deer, Alberta	22 M litres	1998

Production totale		234 M litres	
-------------------	--	--------------	--

Usines d'éthanol proposées

Producteur	Emplacement	Capacité/an	
Les Alcools du Commerce Inc.	Chatham, Ont.	150 M litres (agrandissement)	
Les Alcools du Commerce Inc.	Varenes, Qc.	150 M litres	
Seaway Grain Processor	Cornwall, Ont.	66 M litres	
Metalore Resources Inc.	Inconnu	75 M litres	
Production totale future		675 M litres	

Presque toute la production canadienne d'éthanol-carburant est utilisée dans des mélanges éthanol-essence contenant 10 p. 100 ou moins d'éthanol. Le tableau 4 (5) montre la concentration d'éthanol des divers mélanges éthanol-essence présentement offerts dans le commerce au Canada.

Au Canada présentement, la consommation annuelle d'essence se situe à environ 34 milliards de litres. La production existante de 234 millions de litres d'éthanol représente moins de 0,7 p. 100 du volume d'essence. Même lorsque la production future atteindra les 675 millions de litres, l'éthanol représentera moins de 2 p. 100 de l'essence consommée. Par conséquent, si l'on décide dans le futur d'utiliser des mélanges d'essence contenant 10 p. 100 d'éthanol, la capacité de production d'éthanol sera suffisante uniquement pour 1/5 de toute l'essence vendue au Canada.

Tableau 4
Concentration d'éthanol dans les mélanges

Société	Concentration d'éthanol dans le mélange (en p. 100 en volume)
GraHam Energy	8 p. 100
MacEwen Petroleum	10 p. 100 (produit à mélange d'éthanol)
Mohawk Canada Ltd.	10 p. 100 (dans tous les mélanges "Premium Plus")
	10 p. 100 (dans les mélanges "Regular Plus" en Ontario, au Manitoba et en Saskatchewan)
	5 p. 100 (dans les mélanges "Regular Plus" en Alberta et en Colombie-Britannique)
Mr. Gas	6 p. 100 (seulement dans le mélange "Ethanol Plus")
Pioneer Petroleum	8 p. 100 (seulement dans le Magnum 93)
Sonic	5 p. 100

Sunoco	8 p. 100 (tous les mélanges)
United Farmers of Alberta (UFA)	10 p. 100
UPI Inc.	8 p. 100 (tous les mélanges)
Détaillants indépendants de l'Ontario et du Québec ravitaillés par Coastal Canada (y compris Drummonds, Francis Fuels, Sunys, W.O. Stinson)	Entre 5,5 et 6 p. 100

Tout comme aux É.-U., des mesures de réduction des taxes provinciales et fédérales, mises en œuvre en 1992, ont été des moteurs importants du marché de l'éthanol au Canada. Le tableau 5 (5) donne la liste des initiatives de réduction de taxes fédérales et provinciales sur les mélanges éthanol-essence. Au mois de février 1998, on comptait au Canada 929 stations-service offrant des mélanges éthanol-essence. Ces stations-service sont réparties dans six provinces : 520 en Ontario, 125 au Québec, 110 en Alberta, 106 en Colombie-Britannique, 35 au Manitoba, 32 en Saskatchewan et une seule au Yukon.

Selon l'Association canadienne des carburants renouvelables, le bilan énergétique de la production d'éthanol à partir de céréales (maïs, blé, orge) est plus élevé au Canada qu'aux É.-U. parce que le Canada dépend moins de l'irrigation pour sa production céréalière. Une analyse indépendante menée en 1992 a montré que l'éthanol produit à partir du maïs de l'Ontario offrait une énergie combustible brute deux fois plus élevée que l'énergie nécessaire à sa production. Aux États-Unis, le rapport de la valeur énergétique sur l'énergie requise pour la production d'éthanol est d'environ 1,7:1. Les produits dérivés de la production canadienne d'éthanol, notamment les ingrédients destinés aux aliments riches en protéines pour animaux, sont généralement utilisés près des lieux de production et permettent aussi de remplacer les importations substantielles de tourteau de soja en provenance des États-Unis.

Tableau 5
Mesures de réduction de taxes sur les mélanges éthanol-essence au Canada

Région	Description	Réduction sur le E10 en cents/L	Réduction totale de taxes sur le E10 (féd. + prov.) en cents/L
FÉDÉRAL	Taxe d'accises sur l'essence	1,0	
PROVINCES			

Terre-Neuve		Aucune	1,0
Île-du-Prince-Édouard	Aucun mélange d'éthanol à l'Î.-P.-É.	-	1,0
Nouvelle-Écosse		Aucune	1,0
Nouveau-Brunswick	Mélanges à base d'éthanol interdits	-	-
Québec	En vigueur à compter de janvier 1999	2,0	3,0
Ontario	Taxe routière	1,47	2,47
Manitoba	Seulement sur le E10	2,5	3,5
Saskatchewan	En cours de négociation	Aucune	1,0
Alberta	Taxe sur le carburant	0,9	1,9
Colombie-Britannique	Seulement sur le E85	-	1,0
Yukon		Aucune	1,0
Territoires du Nord-Ouest		Aucune	1,0

Pour répondre à des préoccupations relatives à la qualité de l'air, un projet de loi a été présenté au Parlement de la province de l'Ontario, en vue de rendre obligatoire l'emploi de mélanges éthanol-essence contenant au moins 6 p. 100 d'éthanol (6). Le projet de loi déposé par le député de Chatham-Kent, Jack Carroll, a passé l'étape de la deuxième lecture à la législature et fait l'objet de l'appui du caucus conservateur et des deux partis de l'opposition. L'Association des producteurs de maïs en Ontario souligne qu'un marché d'un milliard de litres d'éthanol en Ontario nécessiterait 100 millions de boisseaux de maïs, ce qui générerait des ventes d'une valeur de 400 millions de dollars pour les agriculteurs.

Selon un document d'étude publié récemment (7), on estime que le Canada pourrait produire 3,3 milliards de litres d'éthanol de source renouvelable à partir de résidus, de céréales de moindre qualité et de matières lignocellulosiques plantées à des fins de biomasse.

4. EFFET DE L'ÉTHANOL SUR LES PROPRIÉTÉS DU CARBURANT

L'éthanol est couramment utilisé aux États-Unis comme composant de l'essence depuis la fin des années 70, alors qu'il servait de produit d'appoint dans le carburant en raison des pénuries d'essence. Plus tard, lorsque les réserves d'essence se sont rétablies, on a commencé à utiliser de plus en plus l'éthanol comme rehausseur d'indice d'octane. L'éthanol ajouté à l'essence en modifie les propriétés et a une incidence sur la nature et la quantité des émissions de vapeurs et de gaz à l'échappement des véhicules. Le présent chapitre traite des effets de la modification des propriétés du carburant attribuable à l'adjonction d'éthanol dans l'essence. Il importe de bien comprendre ces effets afin d'évaluer les propriétés techniques et l'efficacité énergétique qui en découle lorsqu'on envisage d'utiliser des mélanges d'essence contenant plus de 10 p. 100 en volume d'éthanol.

Les principales modifications des propriétés du carburant découlant de l'adjonction d'éthanol à l'essence comprennent notamment :

- effet sur l'indice d'octane,
- effet sur la volatilité du carburant : rapport V/L, pression de vapeur Reid (PVR),
- effet sur la courbe de distillation ; T10, T50 et T90,
- effet d'appauvrissement du mélange,
- effet sur la consommation de carburant,
- effet sur la solubilité de l'eau et la démixtion.

Le tableau 6 montre les propriétés individuelles de l'éthanol et de l'essence qui jouent un rôle important dans les propriétés des mélanges éthanol-essence.

Tableau 6
Certaines propriétés de l'éthanol et de l'essence (8, 9)

Propriété	Unités	Éthanol	Essence
Formule	-	C ₂ H ₅ OH	Composés C ₄ à C ₁₂
Masse moléculaire	-	46,07	100 à 105
Composition	p. 100 en masse		
Carbone		52,2	85 à 88
Hydrogène		13,1	12 à 15
Oxygène		34,7	0
Point d'ébullition	°C	78,3 à 78,5	27 à 225
	°F	172 à 173	80 à 437
Masse volumique	kg/L	0,792	0,72 à 0,78
	lb/gal	6,61	6,0 à 6,5
PVR	kPa	15 à 17	50 à 100
	lb/po ² (ou psi)	2,3 à 2,5	8 à 15
PVR du mélange	kPa	118 à 144	50 à 100
	lb/po ² (ou psi)	18 à 22	8 à 15
Chaleur de vaporisation	kJ/kg	842 à 930	330 à 400
	Btu/lb	362 à 400	140 à 170
Pouvoir calorifique inférieur (PCI)	kJ/kg	27 000	43 000
	kJ/L	21 200	31 800
	Btu/lb	11 600	18 500
	Btu/gal	76 000	114 000
Point d'auto-allumage	°C	365 à 425	257
	°F	689 à 797	495
Limites d'inflammabilité	p. 100 en volume	3,3 à 19,0	1,0 à 8,0
Rapport stœchiométrique A/C	kg/kg	8,9 à 9,0	14,5 à 14,7
Volume équivalent, PCI	L/L d'essence	1,53	1,0
IOR	-	102 à 130	90 à 100
IOM	-	89 à 96	80 à 92
(IOR+IOM)/2	-	96 à 113	85 à 96
IOR, mélange	-	112 à 120	90 à 100
IOM, mélange	-	95 à 106	80 à 92
Viscosité	Centipoise à 20 °C	1,19	0,37 à 0,44
	Centipoise à -20 °C	2,84	0,60 à 0,77
Solubilité de l'eau	p. 100 en vol. à 21°C	100	Négligeable
Dioxyde de carbone	kg/kg de carburant	1,91	3,18

4.1 Effet de l'éthanol sur l'indice d'octane

L'indice d'octane est l'unité de mesure de la résistance à l'auto-allumage d'un carburant. Il se définit aussi comme la mesure de l'efficacité d'une essence ou d'un composant de l'essence à prévenir le cognement. L'indice d'octane affiché à la pompe d'une station-service est l'indice moyen de l'indice de « recherche » (ou IOR) et de l'indice « moteur » (ou IOM), c'est-à-dire « $(IOR+IOM)/2$ ». Les essais normalisés employés pour l'IOR et l'IOM ne s'appliquent pas complètement à l'éthanol. Les valeurs IOR et IOM de l'éthanol, mentionnées dans la documentation, varient considérablement. Néanmoins, on s'entend généralement sur le fait que l'éthanol présente d'excellentes propriétés anticognement, ce qui permet des taux de compression plus élevés et un rendement accru des moteurs (10).

L'éthanol a une teneur en octane plus élevée que de nombreux composants de l'essence. Ainsi, lorsqu'on le mélange à l'essence, il en augmente l'indice d'octane du carburant final. Les indices d'octane du mélange figurant dans le tableau 6 montrent que l'éthanol accroît davantage l'indice d'octane de recherche que l'indice d'octane moteur. Par conséquent, il est possible pour un mélange éthanol-essence affichant le même indice d'octane qu'une essence non oxygénée d'avoir un indice d'octane moteur légèrement inférieur.

Certains moteurs réagissent plus fortement à l'indice moteur qu'à l'indice de recherche. À haut régime et sous forte charge, par exemple au cours du halage d'une remorque dans une pente ascendante, l'indice d'octane moteur est un meilleur indicateur de l'efficacité des propriétés anticognement. Dans le cas de ces moteurs, une légère diminution de l'indice d'octane moteur pourrait causer, à un degré légèrement plus élevé, des problèmes de rendement du moteur, tels que le cognement, l'auto-allumage ou une élévation de la température. Avec le temps, un cognement plus important pourrait endommager les pistons ou d'autres éléments du moteur.

La plupart des voitures de modèles récents aux États-Unis et au Canada sont dotées de capteurs électroniques de cognement qui détectent le cognement pendant la combustion et signalent à l'ordinateur de bord de retarder l'avance à l'allumage afin de réduire ce cognement. Le retard automatique à l'allumage pourrait diminuer la puissance du moteur au point que certains conducteurs pourraient considérer qu'il s'agit là d'une perte de rendement. On a signalé que les mélanges éthanol-essence présentaient une plus grande résistance au cognement à bas régime du moteur et éliminaient le problème de réallumage (la tendance d'un moteur à continuer de fonctionner après coupure du contact), surtout en raison de leur chaleur élevée nécessaire à la vaporisation (11). Les essences ayant un IOR élevé permettent aussi d'atténuer le problème de réallumage.

L'ASTM ne prescrit aucune norme minimale, mais il est recommandé que les essences ayant une valeur d'octane $(R+M)/2$ de 87 présentent un indice d'octane moteur minimal de 82. Certaines raffineries établissent leurs propres valeurs minimales d'octane moteur pour leurs essences.

4.2 Effet de la volatilité du carburant sur le rendement du moteur

La volatilité d'un carburant est l'aptitude de ce dernier à se vaporiser ou à passer de la phase liquide à la phase gazeuse. La volatilité est une caractéristique extrêmement importante de l'essence qui influe sur de nombreux paramètres du rendement du moteur. Le tableau 7 décrit les effets de la volatilité sur le rendement du moteur. Ces effets sont aussi présentés graphiquement à la figure 1.

Par exemple, si la courbe de volatilité à la figure 1 se trouve sous la courbe initiale jusqu'à 30 p. 100 d'évaporation, une plus grande quantité de carburant s'évaporerà à des températures inférieures, ce qui pourrait causer des problèmes de démarrage par temps chaud et de bouchon de vapeur. Si la courbe se trouve au-dessus de la courbe initiale, les véhicules pourraient connaître des problèmes de démarrage par temps froid. La figure 1 précise aussi clairement les effets du déplacement de la courbe de volatilité dans la plage médiane et élevée d'évaporation.

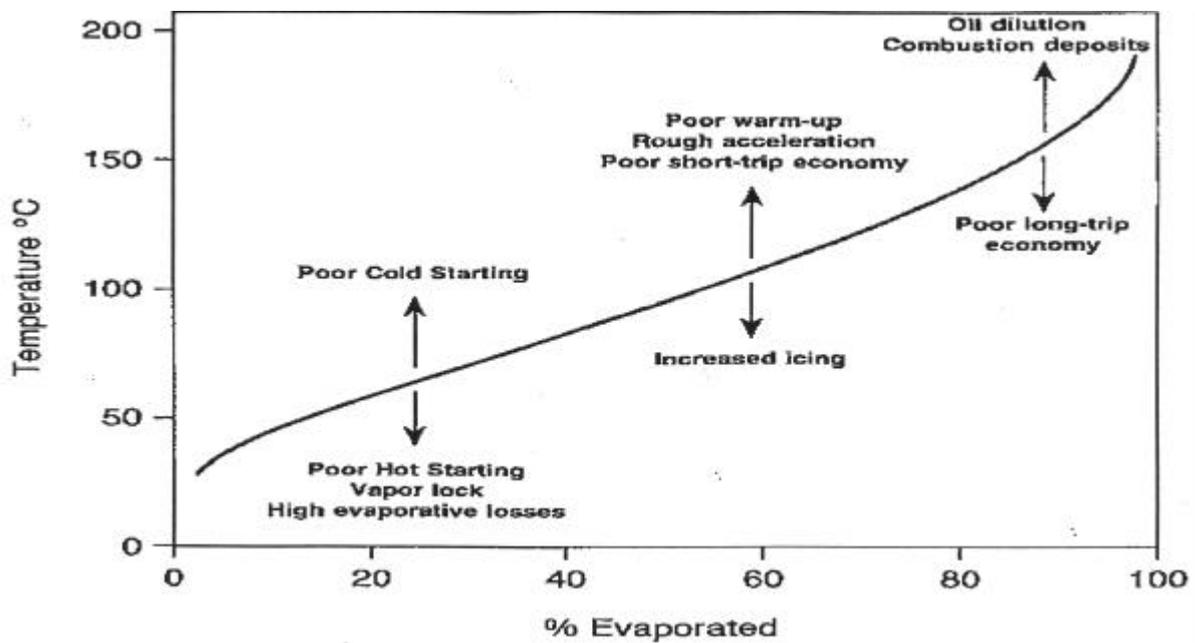


Figure 1. Effets de la volatilité sur le rendement du moteur

Temperature °C = Température en °C

% Evaporated = Taux d'évaporation en p. 100

Poor Cold Starting = Démarrage par temps froid médiocre

Poor Hot Starting = Démarrage par temps chaud médiocre

Vapor lock = Bouchon de vapeur

High evaporative losses = Pertes élevées par évaporation

Poor warm-up = Réchauffage médiocre

Rough acceleration = Accélération difficile

Poor short-trip economy = Grande consommation sur trajet court

Increased icing = Givrage accru

Oil dilution = Dilution de l'huile

Combustion deposits = Dépôts d'imbrûlés

Poor long-trip economy = Grande consommation sur trajet long

Tableau 7
Effets de la volatilité de l'essence sur le rendement du moteur

Volatilité trop faible	Volatilité trop grande
Démarrage par temps froid médiocre	Émissions de vapeurs élevées, surcharge du pot et purge
Réchauffage médiocre	Problèmes de carburation par temps chaud, bouchon de vapeur
Mauvaise carburation par temps froid	La consommation de carburant peut augmenter
Distribution inégale du carburant dans les véhicules à carburateur	
Dépôts accrus : carter, bougies, chambre de combustion	

Si la volatilité de l'essence est insuffisante, cela crée des problèmes de démarrage par temps froid et de carburation au réchauffage, ainsi qu'une distribution inégale du carburant dans les cylindres de véhicules à carburateur. Les carburants de ce genre peuvent aussi produire des dépôts dans le carter, sur les bougies et dans la chambre de combustion. Si la volatilité est trop élevée, l'essence s'évapore trop facilement et peut bouillir dans les pompes à essence, les conduites d'essence et dans les carburateurs si les températures d'exploitation sont élevées. Une trop grande production de vapeur peut entraîner une diminution de l'écoulement du carburant au moteur, créant ainsi un bouchon de vapeur et, par conséquent, une perte de puissance, un fonctionnement inégal du moteur, voire l'arrêt complet de ce dernier. La consommation de carburant peut aussi en souffrir et les émissions de vapeur peuvent s'accroître.

Pour s'assurer que les carburants possèdent des caractéristiques de volatilité appropriées, les raffineries procèdent à des ajustements saisonniers de l'essence. En hiver, l'essence est plus volatile pour faciliter le démarrage à froid et le réchauffage. En été, elle est moins volatile pour limiter le plus possible les problèmes de bouchon de vapeur et de carburation à chaud, ainsi que pour se conformer aux normes sur l'environnement.

Les principaux paramètres servant à établir les limites de volatilité sont le rapport entre le volume de vapeur et le volume d'essence liquide (V/L), la pression (ou tension) de vapeur et la courbe de distillation. L'ASTM a établi des normes pour une ou plusieurs des méthodes d'essai servant à mesurer chacun de ces paramètres.

Le rapport vapeur/essence liquide fait appel à un essai servant à déterminer la

température nécessaire pour générer un rapport V/L de 20. On peut aussi calculer ce rapport pour les essences en utilisant une combinaison des caractéristiques de distillation et de pression de vapeur. Pour obtenir ce rapport, les carburants plus volatils requièrent des températures plus basses, alors que le contraire s'applique dans le cas des carburants moins volatils. Le rapport V/L aide à déterminer la tendance d'un carburant à contribuer à la formation d'un bouchon de vapeur.

Dans une méthode d'essai de l'ASTM, on mesure la pression de vapeur Reid (PVR) en immergeant dans un bain d'eau à 100 °F un échantillon d'essence contenu dans une enveloppe métallique étanche.

Les carburants plus volatils s'évaporent plus rapidement et leur pression de vapeur mesurée est plus élevée. Les carburants moins volatils génèrent moins de vapeur et leur pression de vapeur est donc moins élevée. Comme cette méthode d'essai est très répandue, la PVR est un terme couramment employé pour désigner la pression de vapeur des carburants.

Le rapport V/L et la PVR servent à mesurer la « volatilité initiale » d'un carburant, ou celle des composants plus volatils qui s'évaporent en premier. L'essai de distillation sert à calculer la volatilité du carburant sur toute la plage d'ébullition (ou de distillation) de l'essence. L'essence se compose de divers hydrocarbures qui s'évaporent à différentes températures. Les composants plus volatils s'évaporent à des températures plus basses, et ceux qui le sont moins s'évaporent à des températures plus élevées. Le tracé de ces températures d'évaporation est désigné sous le nom de courbe de distillation. La norme de l'ASTM précise une plage de températures à laquelle 10 p. 100, 50 p. 100 et 90 p. 100 du carburant est vaporisé, ainsi que la température à laquelle tout le carburant est vaporisé (température désignée comme étant le « point final de distillation »). Chacune de ces températures touche différents paramètres du rendement du moteur comme le montre la figure 1.

La température à laquelle 10 p. 100 du carburant est vaporisé doit être suffisamment basse pour faciliter le démarrage par temps froid, mais assez élevée pour limiter le plus possible les problèmes de bouchon de vapeur et de carburation par temps chaud. La température à laquelle 50 p. 100 du carburant est vaporisé doit être assez basse pour assurer un bon réchauffage et une bonne carburation par temps froid sans pour autant être trop basse et causer des problèmes de bouchon de vapeur et de carburation par temps chaud. La plage d'ébullition médiane de l'essence touche également la consommation sur trajet court. La température à laquelle 90 p. 100 du carburant est vaporisé et le point final de distillation doivent être suffisamment bas pour limiter le plus possible les dépôts dans le carter et dans la chambre de combustion, ainsi que la déformation des bougies et la dilution de l'huile moteur.

4.2.1 Effet de l'éthanol sur la volatilité du carburant

L'éthanol a un point d'ébullition fixe et par conséquent une volatilité constante. La volatilité de l'essence, par contre, peut être ajustée en fonction de la quantité des divers hydrocarbures qu'elle contient. L'adjonction d'éthanol dans l'essence abaisse le point d'ébullition de ces hydrocarbures. L'éthanol abaisse le point d'ébullition des

hydrocarbures aromatiques légèrement moins que celui des hydrocarbures aliphatiques. La figure 2 montre l'effet de l'adjonction d'éthanol sur la forme de la courbe de distillation (12). Comme le montrent les données, le mélange éthanol-essence (contenant 10 p. 100 d'éthanol) a abaissé sensiblement les températures d'évaporation initiales, ce qui a surtout un effet sur les premiers 50 p. 100 du carburant vaporisé. Si la concentration d'éthanol dans le mélange est accrue au-delà de 10 p. 100, le volume de carburant vaporisé sous 200 °F augmentera et la courbe de distillation de ce mélange se trouvera en dessous de la courbe du mélange à 10 p. 100 montrée à la figure 2.

La pression (ou tension) de vapeur est un autre important paramètre de l'essence sur lequel agit l'adjonction d'éthanol. Comme le montre le tableau 6, la PVR de l'éthanol est bien inférieure à celle de l'essence. Toutefois, en mélangeant de l'éthanol dans de l'essence, on obtient une solution non idéale qui ne suit pas une fonction linéaire. Plutôt que d'abaisser la pression de vapeur, de faibles concentrations d'éthanol font élever la PVR comme le montre la figure 3 (12). La pression de vapeur est maximale lorsque la concentration d'éthanol est voisine de 5 p. 100, puis elle commence à baisser à mesure qu'augmente davantage la concentration d'éthanol. Par conséquent, l'élévation de la PVR des mélanges contenant plus de 10 p. 100 d'éthanol sera plus faible. Des études ont aussi révélé qu'en y ajoutant de l'éthanol, les essences ayant des pressions de vapeur inférieures présentaient une plus forte élévation de la pression de vapeur que les essences possédant des pressions de vapeur plus élevées (13). Le tableau 4 montre les données pertinentes.

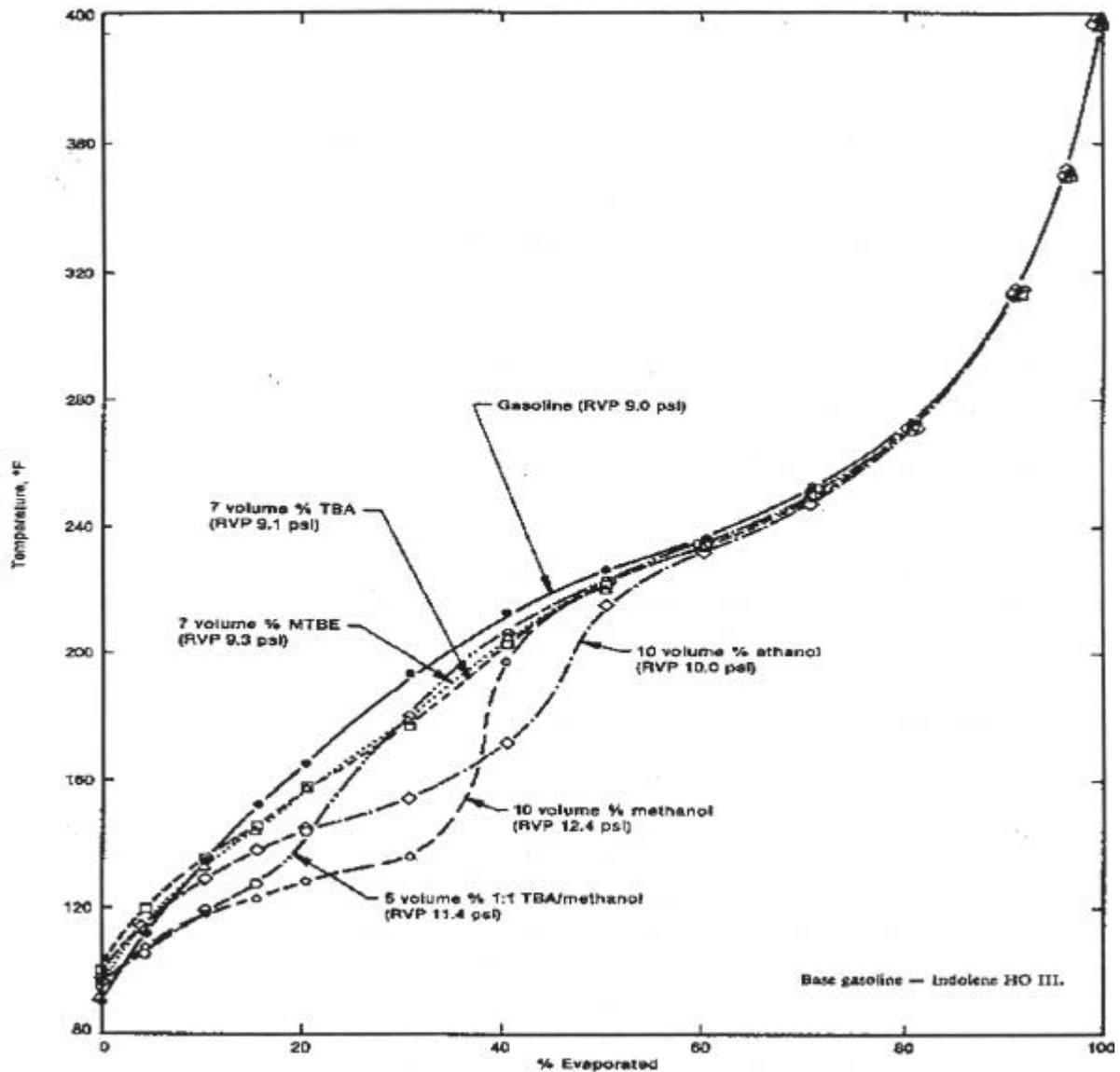


Figure 2 Effet des composés oxygénés sur la courbe de distillation

Temperature °F = Température en °F

% Evaporated = Taux d'évaporation en p. 100

Gasoline (RVP 9.0 psi) = Essence (PVR 9,0 lb/po²)

7 volume % TBA (RVP 9.1 psi) = TBA à 7 p. 100 en volume (PVR 9,1 lb/po²)

7 volume % MTBE (RVP 9.3 psi) = MTBE à 7 p. 100 en volume (PVR 9,3 lb/po²)

10 volume % ethanol (RVP 10,0 psi) = Éthanol à 10 p. 100 en volume (PVR 10,0 lb/po²)

10 volume % methanol (RVP 12,4 psi) = Méthanol à 10 p. 100 en volume (PVR 12,4 lb/po²)

5 volume % 1:1 TBA/methanol (RVP 11.4 psi) = TBA/méthanol (1 :1) à 5 p. 100 en volume (PVR 11,4 lb/po²)

Base gasoline - indolene HO III = Essence de référence - indolène HO III

Lorsque des mélanges éthanol-essence sont combinés à de l'essence, comme cela

peut se produire au moment de refaire le plein des réservoirs de carburant de véhicules, l'effet de l'éthanol sur la PVR est similaire à ce que nous avons vu précédemment (14). Les données de la figure 5 (15) montrent que la pression de vapeur augmente substantiellement lorsqu'on combine un mélange éthanol-essence et de l'essence ayant une même PVR. Le calcul des températures pour des mélanges éthanol-essence ayant des rapports V/L particuliers en utilisant les méthodes de l'ASTM élaborées pour les essences ne permettent pas de prévoir correctement les valeurs mesurées. La figure 6 montre de quelle façon l'ajout d'éthanol modifie les températures auxquelles sont générés divers rapports V/L (16). Par exemple, on obtient pour l'essence de référence un rapport V/L de 20 à une température de 160 °F. En ajoutant de l'éthanol dans une concentration de 10 p. 100 à l'essence de référence, la température à laquelle on obtient ce rapport est de 138 °F. On n'a pas facilement accès aux données relatives au rapport V/L pour les mélanges contenant plus de 10 p. 100 d'éthanol. Toutefois, on peut s'attendre à ce que la température à laquelle on peut obtenir un rapport V/L de 20 pour ces mélanges soit inférieure à la température correspondante pour un mélange contenant 10 p. 100 d'éthanol.

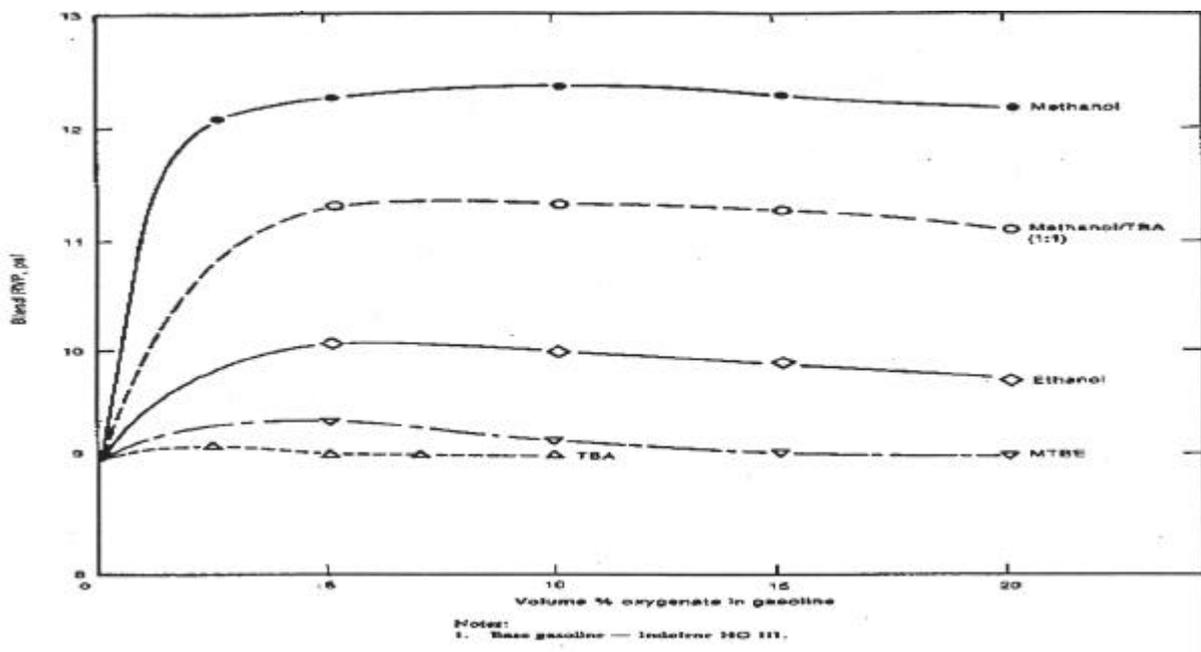


Figure 3 Effet de la concentration d'éthanol sur la pression de vapeur du mélange

Blend RVP, psi = PVR du mélange, en lb/po²

Methanol = Méthanol

Methanol/TBA (1:1) = Méthanol/TBA (proportions égales)

Ethanol = Éthanol

MTBE = MTBE

Volume % oxygenate in gasoline = Volume de composés oxygénés dans l'essence (en p. 100)

Notes: = Remarques :

1. Base gasoline - Indolene HO III = 1. Essence de référence - Indolène HO III

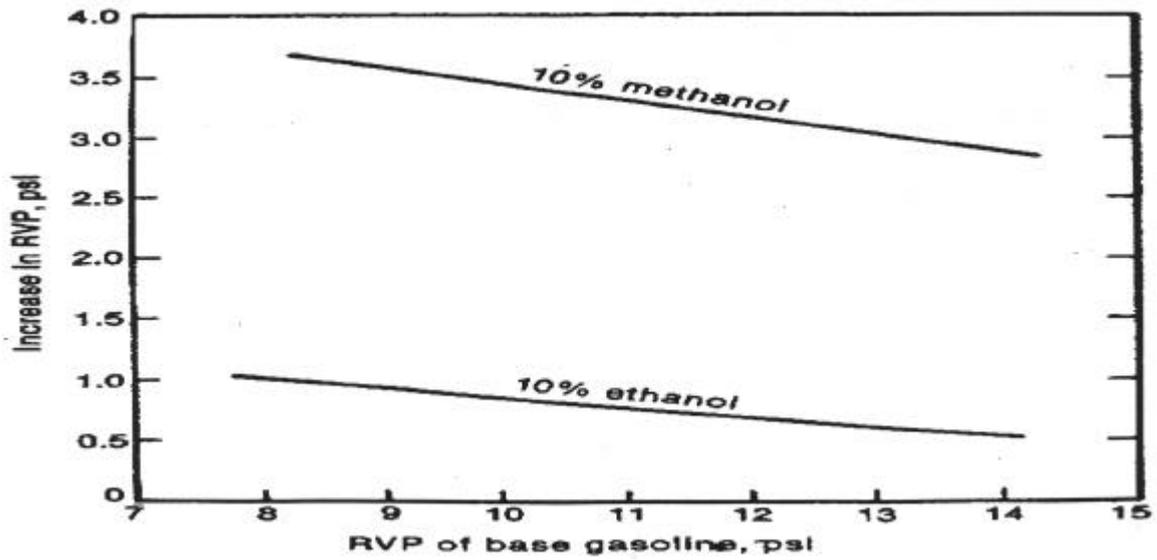


Figure 4 Effet de la PVR de l'essence de référence sur l'élévation de la PVR en raison de l'adjonction d'éthanol

Increase in RVP, psi = Élévation de la PVR, en lb/po²
 10 % methanol = 10 p. 100 de méthanol
 10 % ethanol = 10 p. 100 d'éthanol
 RVP of base gasoline, psi = PVR de l'essence de référence, en lb/po²

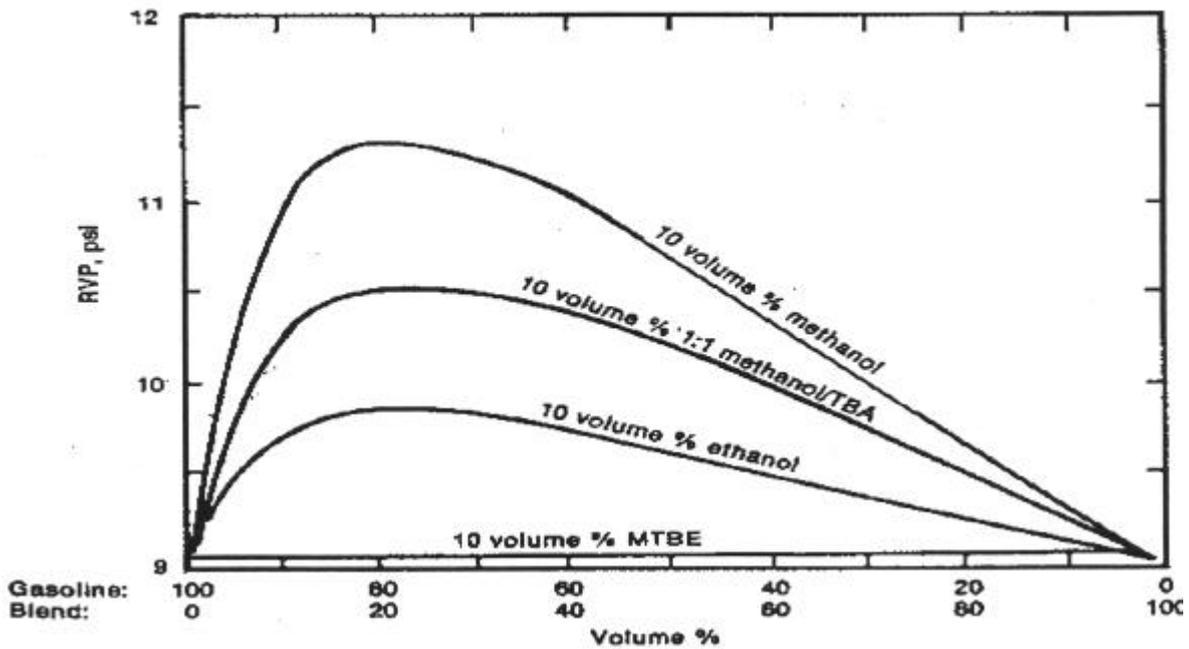


Figure 5 Effet de la combinaison d'une essence et d'un mélange éthanol-essence de même PVR

RVP, psi = PVR, en lb/po²

Gasoline Blend = Mélange d'essence

Volume % = Concentration en p. 100 en volume

10 volume % methanol = 10 p. 100 de méthanol en volume

10 volume % 1:1 methanol/TBA = 10 p. 100 de méthanol/TBA (proportions égales) en volume

10 % volume ethanol = 10 p. 100 d'éthanol en volume

10 volume % MTBE = 10 p. 100 de MTBE en volume

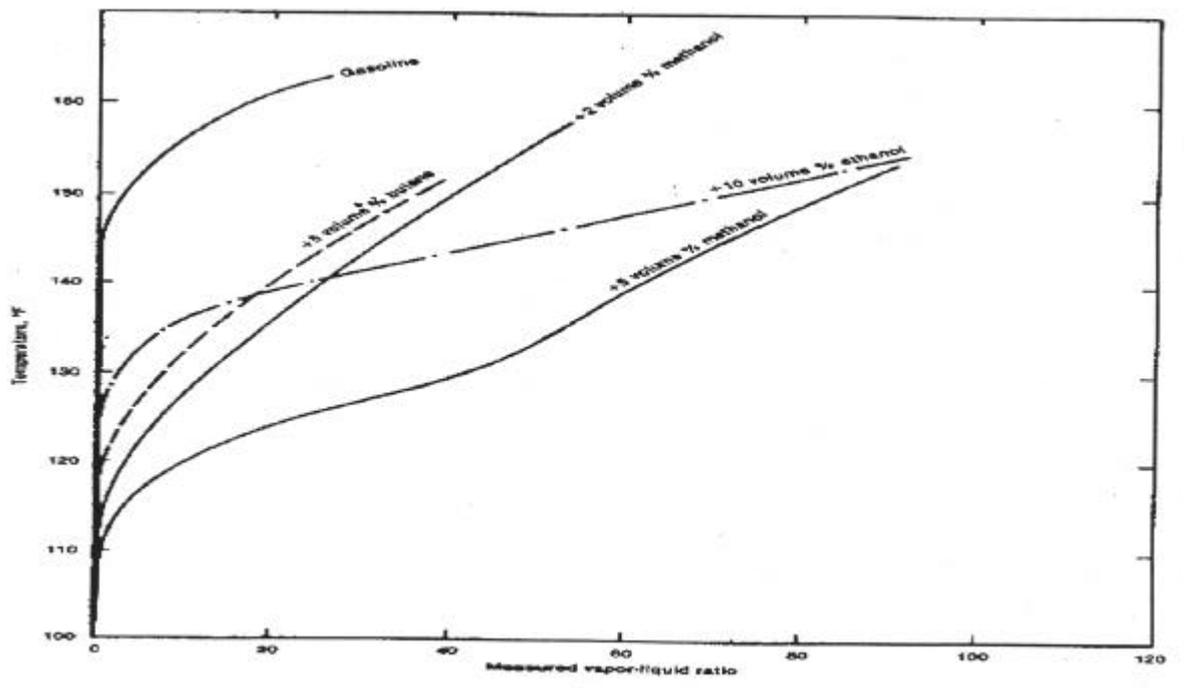


Figure 6 Effet de l'éthanol sur le rapport volume de vapeur et volume d'essence liquide (V/L)

Temperature °F = Température en °F

Gasoline = Essence

+8 volume % butane = + butane à 8 p. 100 en volume

+2 volume % methanol = + méthanol à 2 p. 100 en volume

+10 volume % ethanol = + éthanol à 10 p. 100 en volume

+ 5 volume % methanol = + méthanol à 5 p. 100 en volume

Measured vapor-liquid ratio = Rapport volume de vapeur et volume d'essence liquide mesuré

4.2.2 Effet des mélanges éthanol-essence sur le rendement du véhicule

Pour faire démarrer un moteur à froid, il doit y avoir suffisamment de carburant sous forme de vapeur dans les cylindres de manière à enflammer le mélange et soutenir la combustion. En général, dans le cas de l'essence, une PVR plus élevée et une

température initiale de distillation plus basse améliorent le démarrage par temps froid. Toutefois, les mélanges éthanol-essence se comportent un peu différemment de l'essence. Par rapport à l'essence, les mélanges à base d'éthanol requièrent plus de chaleur pour se vaporiser. Un mélange contenant 10 p. 100 d'éthanol, par exemple, requiert 16,5 p. 100 plus de chaleur que l'essence pour se vaporiser complètement. On a soulevé certains problèmes concernant les difficultés de démarrage de véhicules utilisant des mélanges à très basses températures (8). Parmi d'autres problèmes quant aux caractéristiques comburantes à basses températures des mélanges, on peut mentionner : a) la viscosité accrue des mélanges éthanol-essence qui peut limiter l'écoulement du carburant et b) la démixtion dans le circuit de carburant du véhicule en raison de la solubilité réduite.

À des températures modérées, l'efficacité de carburation constitue un élément d'importance. Pendant de nombreuses années, les industries de l'automobile et du pétrole ont mené de concert des recherches afin d'évaluer l'efficacité de la carburation du point de vue du conducteur et elles ont élaboré des méthodes de mesure permettant de la quantifier. La rapidité de démarrage, le réchauffage du moteur sans calage, le fonctionnement en douceur en régime de ralenti, une accélération sans à-coups, un fonctionnement sans pompage en régime de croisière et l'absence de bouchon de vapeur sont des paramètres permettant un bon indice d'efficacité de carburation. L'efficacité de carburation est mesurée en régime de ralenti, pendant l'accélération et en régime de croisière, lorsque le véhicule fonctionne selon un cycle de conduite donné. Le Coordinating Research Council (CRC) a établi des méthodes de mesure de l'efficacité de carburation (10).

Plusieurs organismes ont mené des programmes poussés d'essais routiers afin d'évaluer l'effet de mélanges à composés oxygénés sur l'efficacité de carburation de véhicules dotés de dispositifs fonctionnant selon diverses technologies. À partir des résultats de plusieurs programmes de mesure de l'efficacité de carburation, menés à des températures ambiantes comprises entre 30 °F et 83 °F, on a constaté qu'au moins 98 p. 100 des essences du commerce ne présentaient aucun problème. Parmi les mélanges étudiés, le mélange alcool-essence s'est révélé voisin de l'essence pour ce qui est de la fréquence des problèmes signalés (17,18,19). Une autre étude a évalué l'efficacité de l'alcool-essence dans 108 véhicules de modèles 1974 à 1981 exploités par trois parcs. Les plaintes signalées dans le cas de ce mélange ont été plus nombreuses que dans le cas de l'essence, en particulier des problèmes de démarrage, de calage, de ralenti irrégulier, d'à-coups et de perte de puissance (20).

À des températures ambiantes élevées, le bouchon de vapeur constitue le principal problème du carburant. Le bouchon de vapeur est attribuable à la vaporisation prématurée du carburant et il entrave l'acheminement subséquent du carburant vers les cylindres. Traditionnellement, on a décrit la tendance des essences à former de la vapeur en fonction de la température à laquelle le rapport V/L atteignait 20 ($T_{V/L} = 20$). Une essence dont la volatilité est élevée a une $T_{V/L} = 20$ basse. Comme le mélange par barbotage de l'éthanol diminue la $T_{V/L} = 20$, cela laisse à penser qu'il aura tendance à augmenter l'effet de bouchon de vapeur. L'augmentation de la concentration d'éthanol au-delà de 10 p. 100 en volume abaissera aussi la température à laquelle le rapport V/L est de 20, et pourrait de ce fait augmenter la possibilité de bouchon de vapeur.

Compte tenu de la grande diversité des circuits de carburant existants et de leurs réactions aux mélanges, il convient de mener des recherches complémentaires afin d'établir les indicateurs les plus significatifs de l'efficacité des mélanges à hautes températures.

4.3 Effet d'appauvrissement de l'éthanol

Les essences sont des mélanges de nombreux composés d'hydrocarbures contenant seulement de l'hydrogène et du carbone. L'éthanol contient de l'hydrogène, du carbone et de l'oxygène. Le rapport air-carburant idéal requis pour assurer la combustion complète du carburant en dioxyde de carbone et en eau est appelé « rapport stœchiométrique ». Dans le cas de l'essence, ce rapport correspond à environ 14,7 g d'air pour 1,0 g d'essence. Dans le cas des mélanges éthanol-essence, il faut moins d'air pour assurer la combustion complète car le mélange contient de l'oxygène et certains des hydrocarbures ont été déplacés. Par exemple, un mélange éthanol-essence contenant 10 p. 100 d'éthanol nécessite seulement 14,0 à 14,1 g d'air par g de carburant. L'effet de ce type de changement de carburant sur un moteur est appelé « appauvrissement ».

Le rapport air-carburant est un paramètre important dans la conception des moteurs et des circuits de dosage du carburant. La plupart des voitures construites après 1981 aux États-Unis et à partir du milieu des années 80 au Canada sont dotées d'un circuit de carburant « à boucle fermée » qui contrôle et règle continuellement le dosage du carburant au moteur pour assurer le maintien du rapport stœchiométrique. Ces véhicules comportent des plages de réglage favorisant l'emploi de carburants oxygénés et, lorsqu'ils fonctionnent en mode « boucle fermée », ne subissent aucun effet défavorable du carburant oxygéné. Au moment du démarrage par temps froid avec la commande des gaz réglée en position maximale, ces circuits fonctionnent en mode « boucle ouverte » qui assure l'utilisation d'un mélange riche nécessaire dans ces conditions. En mode « boucle ouverte » avec mélange riche, les véhicules subissent l'effet « d'appauvrissement » attribuable au carburant oxygéné.

Normalement, l'efficacité de carburation du moteur n'est pas affectée par le passage d'une essence oxygénée à une essence non oxygénée, peu importe si le circuit de commande de carburant du véhicule est en mode « boucle fermée » ou non. Si le moteur du véhicule n'est pas réglé correctement et qu'il fonctionne en mélange « trop pauvre », le passage à un carburant contenant plus d'oxygène risque davantage de causer un problème de carburation. Le cas échéant, des à-coups au moment de l'accélération risquent fort de se produire.

4.4 Effet de l'éthanol sur la consommation de carburant

Comme le montre le tableau 8, les écarts entre les valeurs calorifiques de l'essence et de l'éthanol pourraient théoriquement accroître la consommation de 2 à 3 p. 100 dans le cas des mélanges éthanol-essence par rapport à l'essence.

Tableau 8

Effet théorique prévu de l'éthanol sur la consommation de carburant *

Concentration d'oxygène en p. 100, en masse	Concentration d'éthanol en p. 100, en volume	Concentration d'essence en p. 100, en volume	Énergie d'un gallon de carburant, en BTU/gallon	Augmentation de la consommation, en p. 100, par rapport à l'essence
0	0	100,0	114 000	-
2,0	5,7	94,3	111 834	1,9
2,7	7,7	92,3	111 074	2,6
3,5	10,0	90,0	110 200	3,3

* La valeur calorifique de l'éthanol indiquée est de 76 000 BTU/gallon

En raison d'un rapport hydrogène/carbone plus élevé, l'éthanol produit un plus grand volume de gaz par unité d'énergie brûlée que l'essence. La pression moyenne dans le cylindre est donc plus élevée et le piston doit effectuer plus de travail pendant le temps de détente. La température de vaporisation de l'éthanol est aussi beaucoup plus élevée que celle de l'essence. À mesure que le carburant liquide se vaporise dans l'air admis dans le moteur, la chaleur élevée de vaporisation « refroidit » l'air, ce qui permet d'admettre une plus grande quantité d'air dans les cylindres. La puissance du moteur est ainsi accrue.

Par conséquent, dans un moteur à essence optimisé, la combustion de mélanges éthanol-essence produit une augmentation du volume de produits de combustion et de l'effet de refroidissement de l'air de suralimentation. Cet effet combiné augmente le rendement d'environ 1 à 2 p. 100. La diminution prévue de la consommation globale avec l'E10 est ainsi très faible par rapport à l'essence.

4.5 Solubilité de l'eau et démixtion

La démixtion ou séparation d'une essence à simple phase en une « phase essence » et en une « phase aqueuse » peut se produire lorsqu'il y a trop d'eau admise dans le réservoir de carburant. La contamination par l'eau est couramment attribuable à de mauvaises pratiques d'entreposage du carburant aux postes de distribution ou de vente au détail ou encore à la suite de l'admission accidentelle d'eau pendant le ravitaillement en carburant du véhicule. L'eau est plus dense que l'essence et s'il y a démixtion, l'eau s'accumule sous la couche d'essence. Comme la plupart des moteurs extraient l'essence au fond du réservoir ou près de cet endroit, ils cesseront de fonctionner s'il y a démixtion.

Les essences non oxygénées ne peuvent absorber que de très petites quantités d'eau avant que la démixtion se produise. Les mélanges éthanol-essence, compte tenu de la plus grande affinité entre l'éthanol et l'eau, peuvent absorber une plus grande quantité d'eau que l'essence sans qu'il y ait démixtion. Les mélanges à base d'éthanol peuvent même éliminer l'eau dans les réservoirs et ainsi permettre d'extraire le carburant sans risque pour le moteur fonctionnant avec de l'essence. Par ailleurs, s'il y a trop d'eau dans le mélange à base d'éthanol, l'eau et la plus grande partie de l'éthanol se

séparent de l'essence et de l'éthanol résiduel. La quantité d'eau que peuvent absorber les mélanges éthanol-essence sans démixtion varie de 0,3 à 0,5 p. 100 en volume, selon la température et la teneur en aromatiques et en éthanol (21). Si la démixtion se produit, le mélange éthanol-essence sera soutiré par le moteur et celui-ci s'arrêtera probablement.

Certains constructeurs automobiles se sont dits préoccupés du fait que les mélanges éthanol-essence pourraient absorber de la vapeur d'eau de l'air ambiant, ce qui pourrait provoquer la démixtion. Des problèmes de ce genre ont une importance plus particulière dans le cas des moteurs munis de réservoirs à circuit de ventilation ouvert fonctionnant en milieux humides, notamment les moteurs marins. Selon des expériences de longue durée à l'aide de mélanges d'essence contenant 10 p. 100 d'éthanol, ces mélanges ne sont pas plus sensibles à la démixtion que les essences non oxygénées.

4.6 Compatibilité des matériaux

Certains matériaux constitutifs des circuits de carburant ont tendance à se dégrader avec le temps; c'est notamment le cas des élastomères servant à la fabrication des conduites et de la robinetterie. D'autres éléments du circuit de carburant sont faits de métaux et de matières plastiques qui doivent être compatibles avec les composants prévus du carburant. On a constaté que certains élastomères plus vieux se détérioraient plus rapidement en présence d'alcool. Toutefois, depuis le milieu des années 80, tous les véhicules ont fait appel à des élastomères fluorés spécifiquement adaptés à toutes les essences modernes, y compris les mélanges éthanol-essence.

L'imprégnation de carburant dans les élastomères peut accélérer la dégradation. En général, les mélanges à base d'éthanol présentent un taux d'imprégnation dans les élastomères plus élevé que les essences non oxygénées. Les taux d'imprégnation des mélanges à base d'éthanol sont cependant dans les limites de sécurité et ne devraient pas causer de problèmes de rendement, de détérioration ou de sécurité. Par expérience, l'utilisation de mélanges à base d'éthanol dans les zones étudiées en marge du programme d'essence oxygénée aux États-Unis n'a pas révélé des taux de dégradation des matériaux ou de panne plus élevés que dans les zones utilisant des essences classiques.

5. EFFET DES MÉLANGES ÉTHANOL-ESSENCE SUR LES ÉMISSIONS

Les émissions à l'échappement des véhicules automobiles sont très sensibles au changement du rapport air-carburant comme le montre la figure 7. Les données indiquent qu'avec des rapports air-carburant légèrement plus pauvres que le rapport stœchiométrique ($\lambda > 1$), les émissions d'oxydes d'azote (NOx) sont maximales et les émissions d'hydrocarbures (HC) sont minimales. La courbe de réponse quant au monoxyde de carbone (CO) demeure à une valeur minimale pour des mélanges présentant un rapport air-carburant plus pauvre que le rapport stœchiométrique. On peut donc prévoir que les mélanges éthanol-essence réduiront les émissions de CO et, dans une moindre mesure, les émissions de HC, en raison de l'appauvrissement du mélange dans les véhicules à circuit en boucle ouverte réglés pour fonctionner avec des essences en mélange plus riche que le rapport stœchiométrique. L'avantage de cette diminution des émissions de CO et de HC pourrait toutefois être contrebalancé par une augmentation des émissions de NOx. Cependant, dans des conditions de régime moyen et sous faible charge, la courbe de réponse quant aux émissions de NOx n'est pas aussi prononcée qu'à la figure 7 et les émissions de NOx dans ces conditions pourraient ne pas être aussi importantes malgré l'appauvrissement des mélanges.

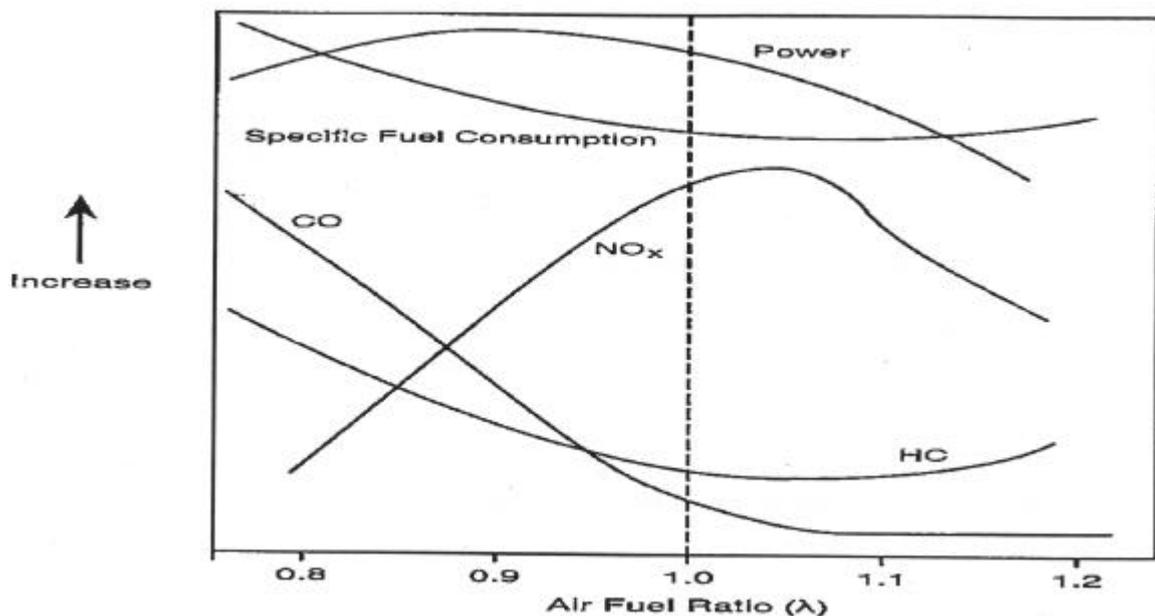


Figure 7. Effet du rapport air-carburant sur les émissions à l'échappement

Increase = Augmentation

Specific Fuel Consumption = Consommation spécifique de carburant

Power = Puissance

Air Fuel Ratio (λ) = Rapport air-carburant (λ)

Les circuits de dosage du carburant qui agissent sur le circuit de régulation à boucle fermée sont conçus pour permettre au moteur de fonctionner en régime stœchiométrique constant dans la plupart des conditions de conduite. Ces circuits sont

désactivés pendant le démarrage par temps froid, pendant le réchauffage initial et en régime de puissance maximale. De plus, dans ces conditions, les circuits de dosage du carburant fonctionnent en mode « boucle ouverte ». Certains véhicules plus récents à circuit fermé sont dotés d'un dispositif de réglage par « apprentissage adaptatif ». S'il fonctionne bien, ce dispositif permet de régler continuellement le mélange de carburant en mode « boucle ouverte » en fonction de la plus récente période de fonctionnement en mode « boucle fermée ». Le dispositif peut donc compenser un appauvrissement du mélange même pendant le fonctionnement en mode « boucle ouverte ».

Les États-Unis et le Canada réglementent les émissions à l'échappement (CO, HC, et NOx) et les émissions de vapeur (HC) des véhicules à essence. Les gaz d'échappement des véhicules à essence renferment couramment un ensemble d'espèces de HC partiellement oxydées connues sous l'appellation d'aldéhydes. Les aldéhydes réagissent photochimiquement et peuvent causer une irritation des yeux et des muqueuses. On soupçonne aussi qu'ils peuvent être cancérogènes. Les émissions d'aldéhydes des gaz d'échappement ne sont pas réglementées et elles représentent une très faible fraction des émissions totales de HC. Les mélanges éthanol-essence modifient directement ou indirectement les caractéristiques des émissions des véhicules conçus pour fonctionner à l'essence.

On s'attend à ce que les composés oxygénés que l'EPA approuve pour les mélanges, notamment les composés d'hydrogène, de carbone et d'oxygène, possèdent des caractéristiques souhaitables de réduction des émissions tout comme les carburants pour véhicules. Dans son étude des demandes de dérogation pour l'emploi d'éthanol dans les essences sans plomb, l'EPA a exprimé des inquiétudes pour ce qui touche deux secteurs : a) les émissions accrues de vapeurs d'hydrocarbures découlant de l'augmentation de la volatilité du carburant attribuable au mélange par barbotage de l'éthanol et b) les émissions accrues de NOx et d'aldéhydes à l'échappement.

5.1 Émissions de vapeurs

Au moment de l'arrêt du moteur, les véhicules peuvent émettre des vapeurs d'essence par les événements du réservoir de carburant et dans le carburateur, tout comme peut le faire le circuit de carburant par l'admission du filtre à air du moteur. Depuis le début des années 70, la technologie clé employée pour réguler les émissions de vapeurs a été le filtre à charbon raccordé aux événements du circuit de carburant. Le charbon absorbe rapidement les vapeurs d'hydrocarbures et d'alcool de l'essence produites au moment de l'arrêt du moteur et il retient les produits absorbés jusqu'à ce qu'ils soient purgés avec de l'air frais. Les vapeurs évacuées sont brûlées dans le moteur pendant le fonctionnement du véhicule.

La capacité de la cartouche filtrante est établie par le fabricant pour chaque modèle de véhicule. Lorsque le filtre est saturé, la vapeur excédentaire est refoulée dans l'atmosphère à l'orifice d'admission d'air du filtre, une situation qu'on désigne sous le nom de « crevaison » (ou de « fuites »).

L'adjonction d'éthanol dans l'essence a deux effets sur la volatilité qui augmentent les

émissions de vapeurs : a) une augmentation de la pression de vapeur attribuable au mélange par barbotage et b) un affaissement de la courbe de distillation. On a déjà traité de ces effets au chapitre 4 du présent document. Les travaux menés par le CRC et de nombreux autres experts ont révélé que les émissions diurnes augmentent avec une élévation de la PVR, et que la percolation est en corrélation avec la PVR et un certain facteur de distillation de l'ASTM (18, 22). Toutes les dérogations de l'EPA, sauf celle s'appliquant à l'alcool-essence, mentionnent que des composés oxygénés ne peuvent être employés dans des mélanges que si le mélange final satisfait aux critères de volatilité précisés dans la norme D 439 de l'ASTM.

5.2 Émissions à l'échappement

Les émissions à l'échappement d'un véhicule peuvent présenter des caractéristiques différentes, selon que le véhicule fonctionne avec un mélange éthanol-essence plutôt qu'à l'essence. Ces différences sont attribuables à un écart dans le rapport air-carburant et à la présence d'éthanol dans le carburant. Plusieurs études ont été menées pour quantifier les effets des composés oxygénés du carburant sur les émissions des véhicules. Les données disponibles les plus révélatrices proviennent des études dynamométriques faites selon la méthode FTP (Federal Test Procedure).

Les études par méthode FTP comportent certaines limites :

- a) Peu de véhicules font l'objet d'essais, et les résultats peuvent ne pas être représentatifs de l'ensemble des véhicules sur la route.
- b) Les études offrant les meilleurs contrôles sur la composition du carburant, notamment dans le cadre du programme Auto/Oil AQIRP, ne reflètent pas forcément l'effet sur les carburants vendus aux consommateurs.
- c) Le cycle d'essai par méthode FTP ne reflète pas forcément les conditions réelles de conduite urbaine.

Malgré ces limites, les données par méthode FTP constituent la meilleure source de renseignements des effets du carburant sur les émissions des véhicules.

Les effets des mélanges oxygénés sur les émissions à l'échappement, établis à partir des résultats de onze programmes d'essais, sont résumés ci-dessous (8, 23, 24, 25). Il est à remarquer que certaines de ces études comprennent des composés oxygénés autres que l'éthanol.

- Les mélanges éthanol-essence ont diminué les émissions de CO et de HC. Les véhicules dotés de dispositifs technologiques plus récents (injection de carburant, circuit à boucle fermée, dispositif d'apprentissage adaptatif, convertisseurs catalytiques à trois voies) ont montré des réductions plus faibles comparativement aux véhicules de technologie plus ancienne (carburateur, convertisseur catalytique d'oxydation, autres dispositifs anti-pollution).
- L'effet des mélanges sur les émissions de NOx a été partagé, les résultats allant d'une augmentation de 0,47 gramme par mille à une réduction de 0,43 gramme par mille.
- Les émissions d'éthanol, selon les résultats de l'étude du CRC (18), ont été de

0,0065 gramme d'éthanol par mille. Cette valeur représente une infime fraction des émissions totales d'hydrocarbures à l'échappement.

- Les mélanges à base d'éthanol ont réduit les émissions de particules toxiques, de benzène et de 1,3-butadiène des véhicules.
- Les émissions d'acétaldéhyde ont été plus élevées dans le cas des mélanges à base d'éthanol, comparativement à l'essence. Toutefois, les convertisseurs catalytiques à trois voies se sont révélés très efficaces à réduire les émissions d'aldéhydes.

La plupart des données disponibles sur les effets des composés oxygénés sur les émissions se fondent sur des carburants contenant un maximum de 10 p. 100 d'éthanol (concentration en oxygène d'environ 3,5 p. 100 en masse). Dans une étude menée par l'EPA (26), on a utilisé six véhicules en service pour des essais avec de l'essence de référence et neuf mélanges éthanol-essence dont la concentration en éthanol variait de 10 à 40 p.100 en volume, afin de mesurer l'effet de la teneur en éthanol des carburants sur les émissions à l'échappement des véhicules et la consommation de ces derniers. On n'a cependant pas mesuré l'effet de la teneur en éthanol sur le rendement des véhicules. Dans la majorité des cas, à mesure qu'on a augmenté la concentration d'éthanol dans le carburant d'essai, les émissions totales de HC et de CO à l'échappement ont diminué et la consommation de carburant a augmenté, tout comme les émissions de NOx et d'acétaldéhyde à l'échappement. L'adjonction d'éthanol a très peu modifié les émissions de formaldéhyde et de CO₂.

Les avantages créés par les émissions des composés oxygénés contenus dans l'essence ne suivent généralement pas une courbe linéaire par rapport à la teneur en oxygène du carburant. Par conséquent, on ne connaît pas parfaitement les effets qu'aurait une augmentation à plus de 10 p. 100 de la concentration d'éthanol sur les émissions de vapeurs et à l'échappement de véhicules à essence modernes. Les avantages d'une élévation de l'indice d'octane et de l'effet de dilution sur la teneur en composés de soufre, d'oléfinés et d'aromatiques dans l'essence, en raison de l'augmentation de la concentration d'éthanol, seront certainement positifs.

6. OPINION DES CONSTRUCTEURS DE VÉHICULES AUTOMOBILES

6.1 Charte mondiale des carburants

En signe d'unité, les trois grandes associations de constructeurs automobiles dans le monde ont, le 4 juin 1998, dévoilé leur « Charte mondiale des carburants », destinée à atteindre une qualité uniforme du carburant à l'échelle mondiale (27). La charte est le résultat de deux années d'efforts déployés conjointement par l'American Automobile Manufacturers Association (AAMA), l'Association des Constructeurs Européens d'Automobiles (ACEA) et la Japan Automobile Manufacturers Association (JAMA).

La charte propose trois catégories d'essences dont les normes varient en rigueur, et qui tiennent compte des besoins de la clientèle dans divers marchés et des limites fonctionnelles des technologies de réduction des émissions. Les normes proposées et les autres caractéristiques des trois catégories d'essences proposées dans la charte sont précisées à l'annexe B.

L'essence de « catégorie 1 », contenant 5 p. 100 de benzène en volume, 1 000 ppm de soufre et 50 p. 100 d'aromatiques en volume, est destinée à être employée dans des zones nécessitant peu de mesures antipollution. La teneur maximale en oxygène est limitée à 3,7 p. 100 en masse, lorsque l'éthanol est autorisé en vertu de la réglementation existante. La teneur limite pour les autres composés oxygénés est fixée à 2,7 p. 100 en masse. L'emploi de méthanol est interdit.

L'essence de « catégorie 2 », destinée aux zones nécessitant des mesures antipollution de pointe (par exemple, norme Tier 0 ou norme Tier 1 aux É.-U., EURO 2 ou des niveaux d'émissions équivalents), propose une réduction de la teneur en soufre à 200 ppm, de la teneur en benzène à 2,5 p. 100 en volume et de la teneur en aromatiques à 40 p. 100 en volume; la teneur maximale en oléfines ne doit pas dépasser 20 p. 100. En général, la teneur limite en oxygène est fixée à 2,7 p. 100 en masse et elle peut atteindre 3,7 p. 100 en masse lorsque l'éthanol est autorisé en vertu de la réglementation existante.

L'essence de « catégorie 3 » serait obligatoire dans les zones où les normes antipollution sont les plus rigoureuses (par exemple, LEV et ULEV en Californie, EURO 3 et EURO 4 ou des niveaux d'émissions équivalents). La teneur maximale en soufre est fixée à 30 ppm, la teneur limite en benzène à 1 p. 100 en volume, la teneur limite en oléfines à 10 p. 100 en volume, la teneur limite en aromatiques à 35 p. 100 en volume et la teneur limite en composés oxygénés à 2,7 p. 100 en masse (teneur en oxygène).

Les composés oxygénés, à l'exception du méthanol, seraient autorisés jusqu'à la teneur limite prescrite pour toutes les catégories en vertu de la charte proposée.

Jusqu'à maintenant, la charte a fait l'objet de commentaires très variés, allant de l'acceptation à l'inquiétude. On a demandé aux participants de faire parvenir leurs commentaires au plus tard le 3 septembre 1998. Les industries du pétrole aux États-Unis et au Canada n'ont pas encore fait connaître leur position ni leurs commentaires à propos de la charte.

6.2 Réponses aux entrevues téléphoniques

On a effectué des entrevues par téléphone auprès des trois grands constructeurs automobiles américains, nommément General Motors, Ford et Chrysler, ainsi que de certains des principaux autres constructeurs automobiles internationaux (Honda, Toyota, Volkswagen, etc.).

À propos de la « Charte mondiale des carburants » annoncée récemment, les trois grands constructeurs américains ont laissé entendre que « l'essence de catégorie 3 » serait le carburant privilégié aux États-Unis et au Canada, du fait qu'on essayait de limiter la teneur en oxygène à 2,7 p. 100 en masse (environ 7,7 p. 100 d'éthanol en volume). Les trois ont toutefois exprimé des inquiétudes quant à l'effet de l'éthanol sur la courbe de distillation et sur la PVR, ainsi que ses conséquences défavorables sur l'efficacité de la carburation, en particulier pour ce qui touche le rendement par temps chaud et la formation de bouchons de vapeur. Les représentants de ces sociétés ont généralement convenu que même s'ils ne disposaient pas de données précises sur les émissions et le rendement des véhicules fonctionnant avec de l'essence contenant plus de 10 p. 100 d'éthanol (en volume), elles redoutaient un effet défavorable d'une concentration élevée d'éthanol. Un des constructeurs a aussi soulevé la possibilité de problèmes de compatibilité des matériaux découlant de l'emploi de mélanges contenant plus de 10 p. 100 d'éthanol.

Les constructeurs européens et japonais avaient une opinion un tant soi peu différente cependant. Certains ont signalé que leurs véhicules pouvaient fonctionner avec des mélanges contenant plus de 10 p. 100 en volume d'éthanol, sans effets défavorables sur leurs composants. S'ils connaissent la plage de variations des carburants, il leur est possible de régler les circuits de carburant en fonction de ces variations. Le problème que ces sociétés ont mentionné est que si l'on élève les concentrations d'éthanol dans les mélanges d'essence, il faut alors accroître la teneur possible en oxygène de l'essence contenue dans le réservoir des véhicules. Selon leur expérience, on reconnaît qu'une plus grande plage de concentration en oxygène rend plus difficile la régulation précise du rapport air-carburant. Par conséquent, leurs futurs véhicules à faibles émissions pourraient connaître des problèmes d'efficacité de carburation et ne pas être en mesure de se conformer aux normes rigoureuses antipollution.

7. OPINION DE L'INDUSTRIE DU PÉTROLE

À compter du début du retrait progressif du plomb dans l'essence, dans les années 80, les raffineries aux É.-U. et au Canada ont apporté certains changements et investi des sommes additionnelles dans leurs installations en vue d'accroître leur capacité d'octane. Elles ont aussi mis en branle d'importants efforts de mise en marché de supercarburants sans plomb à indice d'octane élevé. Il convient de mentionner que les raffineries obtiennent une marge de profit beaucoup plus élevée sur le supercarburant que sur l'essence ordinaire. Il est vrai que l'éthanol rehausse l'indice d'octane de l'essence, mais, en même temps, il réduit la proportion de la composante pétrole dans l'essence. De nombreuses sociétés pétrolières y voient là une menace à leur volume de ventes et à leur part du marché. En 1994, la proposition de l'EPA suggérant de rendre obligatoire le fait que 30 p. 100 de l'oxygène de l'ERF devrait provenir de matières renouvelables a été rejetée en raison de la forte opposition manifestée par l'industrie du pétrole.

7.1 Réponses aux entrevues téléphoniques

Des entrevues par téléphone ont été faites auprès de toutes les principales sociétés pétrolières au Canada, y compris Pétro-Canada, la Compagnie pétrolière impériale ltée, Shell, Sunoco et l'ICPP. On a aussi communiqué avec de nombreux détaillants d'éthanol au Canada, tels Mohawk, MacEwen et UPI Inc., afin de connaître leur opinion. Il convient de signaler que la somme de renseignements obtenus a considérablement varié selon le degré d'intérêt de l'entreprise et les connaissances techniques de la principale personne-ressource.

Certaines des principales pétrolières ont exprimé l'opinion qu'elles mettaient toujours en marché des carburants conformes aux besoins des consommateurs et aux normes des constructeurs automobiles. Quelques-unes ont précisé leur pensée au sujet de la « Charte mondiale des carburants » mise de l'avant par les constructeurs automobiles. On a aussi mentionné que l'augmentation de la concentration d'éthanol au-delà de 10 p. 100 en volume pourrait causer des problèmes de rendement des véhicules, en particulier des problèmes d'efficacité de la carburation et de bouchon de vapeur. Deux sociétés ont exprimé des inquiétudes au sujet des réductions de taxes fédérales et provinciales offertes sur l'éthanol. Elles ont signalé que dans un marché ouvert sans réduction de taxes, l'industrie du pétrole accepterait plus facilement l'augmentation de la concentration d'éthanol dans les mélanges d'essence si des mélanges de ce genre étaient conformes aux critères de rendement préconisés dans l'industrie automobile.

La plupart des détaillants d'éthanol au Canada connaissent peu l'effet que peut avoir sur les émissions et le rendement des véhicules la concentration d'éthanol dans les mélanges éthanol-essence. Ce qui leur importe avant tout, c'est de vendre des mélanges éthanol-essence contenant des concentrations d'éthanol qui soient économiquement viables. Comme le montre le tableau 4, de nombreux détaillants utilisent encore l'éthanol dans des concentrations inférieures à 10 p. 100 en volume dans leurs mélanges. MacEwen vend son essence E10 avec un indice (R+M)/2 de 89, au prix de l'essence ordinaire dont l'indice d'octane est de 87.

8. OPINION DES MINISTÈRES ET D'AUTRES ORGANISMES GOUVERNEMENTAUX

On a communiqué avec de nombreux ministères fédéraux, notamment Ressources naturelles Canada, Agriculture et Agroalimentaire Canada, Transports Canada et Industrie Canada afin de connaître leur opinion sur la question. On a également communiqué avec les gouvernements provinciaux de l'Ontario, de la Colombie-Britannique, du Manitoba et de la Saskatchewan. Les sociétés et les agences américaines approchées comprenaient l'EPA, le Department of Energy, le California Air Resources Board, le Coordinated Research Council (CRC), la Society of Automotive Engineers (SAE), le Southwest Research Institute (SwRI) et ARCO. On a aussi demandé les commentaires d'autres organismes tels que l'Association canadienne des carburants renouvelables, l'Association des producteurs de maïs en Ontario, Les Alcools du Commerce Inc. et la société logen.

8.1 Réponses aux entrevues téléphoniques

Présentement aux États-Unis, il n'y a aucun intérêt à relever à plus de 10 p. 100 en volume les concentrations d'éthanol des soi-disant mélanges d'essence à faible teneur en éthanol. L'étude menée aux É.-U. par le Department of Energy (4) sur l'utilisation accrue de l'éthanol dans le secteur des transports laissait entendre qu'on pouvait employer l'éthanol dans une concentration pouvant aller jusqu'à 17 p. 100 dans des mélanges éthanol-essence sans qu'il y ait d'effet défavorable ou notable dans le rendement des véhicules. Toutefois, cette conclusion ne tenait pas compte de l'opinion des constructeurs automobiles. Depuis ce temps, une autre étude a été menée au Oak Ridge National Laboratory aux É.-U. et un rapport provisoire intitulé *Ethanol Demand in Gasoline Production* a été rédigé (28). L'étude analyse la nature concurrentielle de l'éthanol dans l'essence et d'autres composés oxygénés et elle précise les débouchés éventuels de l'utilisation d'éthanol-carburant aux États-Unis. Une fois de plus, on y prétend que la concentration d'éthanol dans les mélanges pourrait être accrue à 17 p. 100 en volume (6 p. 100 d'oxygène en masse) sans causer d'effet défavorable sur le rendement des véhicules à essence modernes. Cette présomption découlait d'un seul document de référence (26), et ne tenait pas compte de l'opinion de l'industrie de l'automobile, en particulier sur le rendement des véhicules.

L'opinion actuelle de la plupart des agences aux États-Unis est que tout effort pour accroître à plus de 10 p. 100 la concentration d'éthanol dans les mélanges n'obtiendra pas l'appui des industries du pétrole et de l'automobile, compte tenu des exigences de dérogation de l'EPA et de l'orientation générale vers la construction de véhicules à essence à faibles émissions pour répondre à des normes plus serrées de régulation du rapport air-carburant. Même l'industrie de l'éthanol ne voit aucun avantage particulier à poursuivre cette initiative parce que le marché de l'éthanol est suffisant à l'intérieur du cadre fiscal et réglementaire existant sous la forme d'E10 pour les véhicules à essence, de carburant presque tel quel pour les véhicules pluricarburant et pour les gros moteurs spécialisés fonctionnant à l'éthanol. L'absence de projets de recherche à cet effet au CRC, au SwRI et à la SAE semble appuyer ces constatations.

L'industrie canadienne de l'éthanol et les associations industrielles dans ce secteur

accueillent d'un bon œil les réductions de taxes fédérales et provinciales sur l'éthanol. Elles ne voient pas l'avantage d'augmenter à plus de 10 p. 100 la concentration d'éthanol dans les mélanges éthanol-essence. Selon leur analyse, toute augmentation de la teneur en éthanol des mélanges d'essence entraînera un fardeau fiscal additionnel pour les gouvernements et une plus grande perte de revenus par litre de carburant, ce qui ne serait pas dans l'intérêt de l'industrie de l'éthanol à long terme.

Les représentants de divers ministères fédéraux et de certaines provinces avec lesquels on a communiqué par téléphone n'ont pas une opinion bien arrêtée sur la question. En général, les ministères fédéraux n'appuient pas d'initiative politique qui pourrait entraîner une perte additionnelle de recettes fiscales. La plupart des représentants n'étaient pas très au courant des questions touchant les émissions et le rendement des véhicules fonctionnant avec des mélanges éthanol-essence. Dans l'ensemble, les commentaires des représentants de provinces n'étaient pas très significatifs. Par exemple, les provinces de la Colombie-Britannique et de la Saskatchewan n'offrent pas de réductions de taxes sur les mélanges éthanol-essence. Par conséquent, les détaillants d'éthanol dans ces provinces ne bénéficient que du rabais de la taxe d'accises fédérale sur l'éthanol, ce qui est insuffisant pour que l'éthanol soit économiquement attrayant par rapport à l'essence. Augmenter la teneur en éthanol dans les mélanges n'aura donc aucun intérêt. En outre, ces deux provinces n'appliquent pas présentement les normes de l'ONGC sur la volatilité pour les mélanges éthanol-essence.

Aux États-Unis, le DOE et le NREL (National Renewable Energy Laboratory) soutiennent des programmes pour favoriser la mise en marché d'éthanol produit à partir de cellulose. Au Canada, la société Iogen déploie des efforts dans le même sens. Les entretiens avec les représentants de Iogen laissent à penser qu'il faudra de 2 à 3 ans pour mettre en service une usine pilote entièrement opérationnelle pour la production d'éthanol à partir de cellulose. Les chercheurs prévoient que le coût de production de l'éthanol à partir de cellulose sera bien inférieur à celui de l'éthanol produit à partir de maïs et d'autres matières végétales alimentaires. Si cela se produit, une plus grande quantité d'éthanol sera offerte à plus bas prix, ce qui pourrait rendre l'éthanol plus concurrentiel par rapport à l'essence, sans nécessiter d'aide gouvernementale.

Les émissions de gaz à effet de serre de l'éthanol provenant de la cellulose sont inférieures à celles de l'éthanol produit à partir de matières premières de culture, en raison de l'utilisation réduite d'engrais, de pesticides et du travail moins important de préparation du sol.

9. SYNTHÈSE DES RÉPONSES AUX ENTREVUES TÉLÉPHONIQUES ET RÉSUMÉ

- Aucun des intervenants en cause dans l'utilisation de mélanges éthanol-essence dans les véhicules à essence modernes n'appuie l'idée d'augmenter à plus de 10 p. 100 en volume la teneur en éthanol des mélanges. En plus d'être dotés de nouvelles technologies antipollution, les futurs véhicules à essence à faibles et à très faibles émissions feront aussi fortement appel à des dispositifs de régulation précise du rapport air-carburant. Par conséquent, une tendance généralisée s'installe afin de minimiser la plage de la concentration en oxygène dans l'essence. Dans un scénario de consommation actuel, l'augmentation de la teneur en éthanol des mélanges éthanol-essence aurait tendance à élargir la plage de la concentration en oxygène dans les réservoirs à essence des véhicules. Cette opinion est clairement appuyée par la « Charte mondiale des carburants ».
- La plupart des constructeurs automobiles expriment des craintes quant à l'effet de l'éthanol sur le rendement des véhicules et l'efficacité de la carburation à chaud. Même s'il n'existe pas de données écrites à l'appui de leurs craintes, leur opinion se fonde sur une extrapolation de leur expérience dans l'utilisation de mélanges contenant 10 p. 100 d'éthanol. Par conséquent, l'industrie de l'automobile ne soutient pas l'utilisation de mélanges contenant plus de 10 p. 100 d'éthanol en volume.
- L'industrie du pétrole voit dans l'éthanol une menace pour leur part du marché de l'essence et elle est mécontente à propos des réductions de taxes qu'offrent les gouvernements sur l'éthanol. Par conséquent, la plupart des raffineries désapprouvent toute initiative favorisant l'utilisation accrue de l'éthanol comme carburant pour véhicules.
- Pour ce qui touche la réglementation aux États-Unis, il faudrait que les mélanges contenant plus de 10 p. 100 d'éthanol fassent l'objet d'un processus d'approbation de dérogation long et coûteux auprès de l'EPA. Aucune industrie ni association d'industries aux É.-U. n'est intéressée à suivre cette voie. De fait, l'industrie de l'éthanol est tout à fait satisfaite du cadre fiscal et réglementaire actuel et voit de bons débouchés pour l'éthanol-carburant sous la forme d'E10 pour les véhicules à essence, de carburant presque tel quel pour les véhicules pluricarburant et pour les gros moteurs spécialisés fonctionnant à l'éthanol. L'industrie canadienne de l'éthanol a une opinion similaire. Par conséquent, toute mesure que prendrait le Canada, indépendamment des États-Unis, pour mousser cette initiative pourrait ne pas obtenir beaucoup d'appui.
- L'éthanol à base de biomasse ou de cellulose offre sans aucun doute un moyen de réduire la quantité nette des émissions de gaz à effet de serre. Toutefois, les avantages globaux de la réduction des gaz à effet de serre sont directement proportionnels à la quantité totale d'éthanol consommée, sans tenir compte de la teneur en éthanol des mélanges d'essence. Dans le contexte des très faibles volumes de production actuels et éventuels d'éthanol de la biomasse au Canada, une plus grande production d'éthanol à partir de cellulose à plus bas prix pourrait déboucher sur une utilisation accrue de l'éthanol dans les mélanges d'essence contenant 10 p. 100 en volume d'éthanol.

- À long terme, pour aspirer à jouer un rôle important dans le secteur des transports, l'éthanol devra être concurrentiel sur le marché sans bénéficier de réduction de taxes des gouvernements. Par conséquent, l'avenir de l'éthanol-carburant devra essentiellement reposer sur l'innovation technologique permettant de produire de l'éthanol à partir de cellulose, à un prix beaucoup plus bas.

10. DISCUSSION ET RECOMMANDATIONS

Il importe de faire remarquer que l'approbation par l'EPA de la dérogation concernant l'alcool-essence, en 1978, était une décision stratégique et politique. Limiter à 10 p. 100 en volume la concentration d'éthanol dans l'alcool-essence ne se fondait pas sur des analyses approfondies des émissions ni sur des données de rendement des véhicules. De fait, pendant les années 80, de nombreux constructeurs automobiles ont exprimé des inquiétudes au sujet de l'efficacité médiocre de la carburation et des effets défavorables de l'éthanol sur les composantes des véhicules. Depuis les années 80, la technologie des véhicules s'est considérablement améliorée et la plupart des constructeurs automobiles ont accepté l'utilisation de mélanges d'essence contenant 10 p. 100 d'éthanol. Les automobiles modernes sont essentiellement insensibles aux types de composés oxygénés et à leur concentration dans l'essence (29, 30).

Dans un rapport intitulé « *Scenarios of U.S. Carbon Reductions* », publié récemment, l'Interlaboratory Working Group (31) a déterminé que l'éthanol, plus particulièrement celui produit à partir de matières cellulosiques, offrait le meilleur potentiel de réduction des émissions de gaz à effet de serre produites par le secteur des transports. Il existe aussi un intérêt grandissant pour les échanges de crédits accordés à la réduction des émissions de gaz à effet de serre. Il est possible que les futures politiques du gouvernement reconnaissent une certaine forme de crédits accordés à l'éthanol pour ses caractéristiques de réduction d'émissions de gaz à effet de serre et qui remplaceraient les réductions de taxes existantes sur l'éthanol. Ces crédits permettraient probablement de promouvoir l'emploi d'éthanol dans le secteur des transports.

Le principal avantage à utiliser des mélanges contenant plus de 10 p. 100 d'éthanol est d'accroître l'utilisation de l'éthanol dans les véhicules à essence, sans pour autant travailler à l'amélioration de l'infrastructure du réseau de distribution et des postes de ravitaillement en éthanol. L'éthanol se substituerait alors en bonne partie à l'essence employée dans le secteur des transports et contribuerait à réduire les émissions de gaz à effet de serre. Pour ce faire, il faudrait prendre les mesures suivantes :

- a) Obtenir des données sur les émissions et le rendement des véhicules utilisant des mélanges contenant plus de 10 p. 100 d'éthanol en faisant appel à des véhicules à essence à faibles émissions et dotés de dispositifs technologiques modernes. On pourrait prendre comme point de départ des concentrations de 15 à 17 p. 100 en volume d'éthanol. Il serait avantageux dans un programme de ce genre de pouvoir compter, si possible, sur la participation des industries de l'automobile et du pétrole.
- b) Si les résultats touchant les émissions et le rendement des véhicules justifient l'utilisation de mélanges contenant plus de 10 p. 100 d'éthanol, il faudrait compter sur la participation et l'appui des industries de l'automobile et du pétrole en vue de définir les étapes suivantes pour la mise en œuvre du changement. Compte tenu de la position présentement préconisée par ces industries, la tâche pourrait se révéler ardue.
- c) Évaluer l'impact de l'utilisation de mélanges contenant plus de 10 p. 100

d'éthanol au Canada, sans tenir compte de la situation aux États-Unis.

d) Soutenir la production d'éthanol à partir de matières cellulosiques, afin de produire de plus grandes quantités d'éthanol à plus bas prix.

Ouvrages de référence

1. *Fuel Alcohol, An Energy Alternative for the 1980's*, U.S. National Alcohol Fuels Commission, 1981.
2. *The Clean Fuels Report*, publié par J.E. Sinor Consultants Inc., Vol. 8, n° 1, février 1996.
3. Renseignements obtenus de la Renewable Fuels Association, É.-U.
4. B. McNutt, P. Bergeron, M. Singh et K. Storck, *Making the Transition to Large Scale Ethanol Use in the U.S. Transportation Sector*, actes du XI International Symposium on Alcohol Fuels, Vol. 2, page 314, Sun City, South Africa, du 14 au 17 avril 1996.
5. Communications personnelles avec l'Association canadienne des carburants renouvelables, Guelph, Ontario, 1998.
6. *Ethanol report*, publié par la Renewable Fuels Association (É.-U.), numéro 76, 2 juillet 1998.
7. M.A. Stumborg, G.E. Timbers, J.P. Dubuc et R. Samson, *The Potential Production of Agricultural Biomass for Fuel Ethanol in Canada*, document présenté à la Conférence sur les Techniques d'énergies renouvelables dans les climats froids, 1998, Montréal, Canada, du 4 au 6 mai 1998.
8. *Alcohols and Ethers, A Technical Assessment of Their Application as Fuels and Fuel Components*, publication 4261 de l'API, deuxième édition, juillet 1998.
9. J. Sinor et B. Bailey, *Current and Potential Future Performance of Ethanol Fuels*, document 930376 de la SAE, 1993.
10. K. Owen et I. Coley, *Automotive Fuels Reference Book*, Society of Automotive Engineers, deuxième édition, 1995.
11. J.D. Benson, *Influence of Engine and Fuel Factors on After-Run*, document 720085 de la SAE, 1972.
12. R.L. Furey, *Volatility Characteristics of Gasoline-Alcohol and Gasoline-Ether Fuel Blends*, document 852116 de la SAE, 1985.
13. F.W. Cox, *Physical Properties of Gasoline / Alcohol Blends*, BETC / RI - 79/4, rapport de Bartlesville Oklahoma: U.S. Department of Energy, septembre 1979.
14. R.L. Furey et K.L. Perry, *Vapor Pressures of Mixtures of Gasolines and Gasoline-Alcohol Blends*, document 861557 de la SAE, 1986.

15. R.L. Furey, *Trends in Gasoline Properties and Their Effects on Motor Vehicles*, document GMR-5780 F & L-846 de l'Air Pollution Control Association, mars 1987.
16. Union Oil Company of California, *Ethanol Fuel Modifications for Highway Vehicle Use*, ALO-3683-T1, Washington, D.C.: U.S. Department of Energy, janvier 1980.
17. N.D. Brinkman, N.E. Gallopoulos et M.W. Jackson, *Exhaust Emissions, Fuel Economy, and Driveability of Vehicles Fueled with Alcohol-Gasoline Blends*, document 750120 de la SAE, 1975.
18. CRC, Inc. *Performance Evaluation of Alcohol-Gasoline Blends in 1980 Model Automobiles - Phase 1 - Ethanol - Gasoline Blends*, rapport n° 527 du CRC, Atlanta, Georgia, juillet 1982.
19. J. R. Morgan et V. Zitan, *The Effect of Oxygenates on Intermediate Temperature Driveability of 1983-1984 Cars*, document 841382 de la SAE, 1984.
20. J.D. Tosh *et al.*, *Project for Reliability Testing of Alcohol / Gasoline Blends*, rapport final DOE/CE/50004-1, U.S. Department of Energy, décembre 1985.
21. *Fuel Ethanol Technical Bulletin*: Archer Daniels Midland, septembre 1993.
22. K.R. Stamper, *Evaporative Emissions from Vehicles Operating on Methanol/ Gasoline Blends*, document 801360 de la SAE, 1980.
23. T.M. Naman et J.R. Allsup, *Exhaust and Evaporative Emissions from Alcohol and Ether Fuel Blends*, document 800858 de la SAE, 1980.
24. B.B. Bykowski et R.J. Garbe, *Gasohol, TBA, and MTBE Effects on Light-Duty Emissions*, IVEC Product Research and Development, Vol. 20, n° 4, pp. 726 à 734, 1981.
25. W.L. Miron *et al.*, *Ethanol-Blended Fuel as a CO Reduction Strategy at High Altitude*, document 860530 de la SAE, 1986.
26. Guerrheri, Caffrey et Rao, *Investigation into Vehicle Exhaust Emissions of High Percentage Ethanol Blends*, document 950777 de la SAE, 1995.
27. « *Automakers Propose World-Wide Fuel Specifications* », compte rendu spécial dans *Octane Week*, Hart Publications, 8 juin 1998.
28. G.R.Hadder, *Ethanol Demand in Gasoline Production*, compte rendu provisoire du Oak Ridge National Laboratory au U.S. Department of Energy, ORNL - 6926, octobre 1998.

29. M. Kirshenblatt, C. Burelle et C. Prakash, *Low Ambient Temperature Effects with Oxygenated Gasolines*, actes du 10th International Symposium on Alcohol Fuels, page 123, Colorado Springs, USA, du 7 au 10 novembre 1993.
30. Données inédites de la Direction des systèmes de transport, Environnement Canada, de 1993 à 1996.
31. Interlaboratory Working Group 1997, *Scenarios of US Carbon Reductions, Impacts of Energy Technologies by 2010 and Beyond*. Office of Scientific Information, P.O. Box 62, Oak Ridge, TN, USA.

ANNEXE A - Questionnaire sur l'étude des mélanges éthanol-essence

1. Que pensez-vous de l'utilisation de mélanges éthanol-essence dans les véhicules à essence classiques et les futurs véhicules à faibles émissions?

Meilleur carburant

Pas de différence

Moins bon carburant que l'essence normale

2. Selon vous, quelles sont les plus importantes caractéristiques des mélanges éthanol-essence comme carburants pour véhicules?

Avantage d'un indice d'octane plus élevé

Effet de dilution des composants de l'essence, tels que le soufre, les aromatiques et les oléfines

Antigel pour l'essence

Réductions des émissions

Réduction des gaz à effet de serre

Autosuffisance énergétique

3. Compte tenu des caractéristiques favorables de l'utilisation de mélanges éthanol-essence, croyez-vous qu'il serait avantageux d'augmenter le plus possible la concentration d'éthanol dans l'essence au-delà de la limite actuelle de 10 p. 100 en volume, tout en conservant un rendement acceptable du véhicule?

4. Le fait que l'éthanol coûterait moins cher que l'essence changerait-il votre opinion quant à l'utilisation de mélanges ayant une teneur plus élevée en éthanol?

5. Si vous vous opposez à l'utilisation de mélanges ayant une teneur plus élevée en éthanol, quelles sont vos principales inquiétudes à cet effet?

Annexe B - Charte mondiale des carburants

Introduction

L'effort d'harmonisation des carburants à l'échelle mondiale vise à élaborer des recommandations globales communes sur des « carburants de qualité », en tenant compte des besoins de la clientèle et des technologies de réduction des émissions des véhicules, qui pourront être avantageuses pour nos clients et toutes les autres parties touchées.

L'élaboration de ces recommandations communes permettra aux constructeurs automobiles de fournir des conseils uniformes sur la qualité des carburants, partout dans le monde, afin d'assurer une plus grande crédibilité de l'industrie de l'automobile dans le cadre de dialogues avec les gouvernements et l'industrie du pétrole.

La mise en œuvre des recommandations permettra :

d'atténuer l'impact des véhicules automobiles sur l'environnement par la diminution de leurs émissions, tout en favorisant l'atteinte des objectifs de rendement à la satisfaction des clients; et

de réduire le plus possible la complexité de l'équipement des véhicules en précisant des catégories de carburants adaptées à chaque catégorie de réduction des émissions, ce qui diminuera les coûts (acquisition et exploitation) pour les clients tout en augmentant le taux de satisfaction de ces derniers.

Trois catégories de carburants ont été établies pour l'essence sans plomb et le carburant diesel. Ces catégories sont décrites ci-dessous.

Catégorie 1 : Carburant destiné aux marchés pour lesquels les exigences de réduction des émissions sont minimales ou inexistantes, et se fondant avant tout sur les préoccupations en matière de rendement des moteurs et des véhicules.

Catégorie 2 : Carburant destiné aux marchés pour lesquels sont établies des exigences rigoureuses de réduction des émissions.

Par exemple les marchés où s'appliquent les normes américaines Tier 0 ou Tier 1, la norme EURO-2 ou des niveaux équivalents d'émissions.

Catégorie 3 : Carburant destiné aux marchés pour lesquels sont établies des exigences avancées de réduction des émissions.

Par exemple les marchés où s'appliquent les normes californiennes LEV et ULEV, les normes EURO-3 et EURO-4 ou des niveaux équivalents d'émissions.

Pour répondre aux besoins des clients et aux exigences environnementales et énergétiques, l'industrie automobile explore des technologies perfectionnées de propulsion à l'échelle mondiale. Dans la catégorie 3, les exigences définies sont celles

auxquelles doivent satisfaire les technologies perfectionnées existantes. Il est à prévoir que d'autres catégories de carburants dérivés du pétrole, y compris l'essence et le carburant diesel, seront ajoutées à l'avenir au fur et à mesure que les technologies des moteurs et des dispositifs antipollution évolueront pour répondre à ces exigences.

Les organismes suivants ont élaboré les recommandations susmentionnées sur les carburants.

Association des constructeurs américains d'automobiles (AAMA) - Chrysler Corporation, Ford Motor Company, General Motors Corporation

Association des Constructeurs Européens d'Automobiles (ACEA) - BMW AG (Rover), DAF NV, Fiat Auto SPA (Iveco), Ford of Europe, Inc., General Motors Europe AG, MAN Nutzfahrzeuge AG, Daimler-Benz AG, Porsche AG, PSA Peugeot Citroen, Renault, Rolls-Royce Motor Cars Ltd, Scania AB, Volkswagen AG, Volvo AB

Japan Automobile Manufacturers Association (JAMA) - Daihatsu Motor Co., Ltd., Fuji Heavy Industries Ltd., Hills Motors, Ltd., Honda Motor Co., Ltd., Isuzu Motors Limited, Kawasaki Heavy Industries, Ltd., Mazda Motor Corporation, Mitsubishi Motors Corporation, Nissan Diesel Motors Co., Ltd., Nissan Motor Co., Ltd., Suzuki Motor Corporation, Toyota Motor Corporation, Yamaha Motor Co., Ltd.

Essence sans plomb de catégorie 1

Carburant destiné aux marchés pour lesquels les exigences de réduction des émissions sont minimales ou inexistantes, et se fondant avant tout sur les préoccupations en matière de rendement des moteurs et des véhicules.

Propriétés		Unités	Limite min.	Limite max.
IOR de 91 (1)	Indice d'octane de recherche	--	91,0	--
	Indice d'octane moteur	--	82,0	--
IOR de 95 (1)	Indice d'octane de recherche	--	95,0	--
	Indice d'octane moteur	--	85,0	--
IOR de 98 (1)	Indice d'octane de recherche	--	98,0	--
	Indice d'octane moteur	--	88,0	--
Stabilité à l'oxydation		minutes	360	--
Teneur en soufre		% en masse	--	0,10 (2)
Teneur en plomb		g/l	--	0,013 (3)
Teneur en manganèse		g/l	--	-- (3)
Teneur en oxygène		% en masse	--	2,7 (3)
Teneur en aromatiques		% en vol.	--	50,0
Teneur en benzène		% en vol.	--	5,0
Volatilité			Voir tableau joint, page 6	
Gommes non lavées		mg/100 ml	--	70
Gommes lavées		mg/100 ml	--	5
Masse volumique		kg/m ³	625	780
Corrosion du cuivre		bon	Classe 1	
Aspect			Clair et limpide	
Propreté - carburateur		bon	8,0 (5)	--
Propreté - injecteurs		% restrict. écoulement	--	10 (5)
Propreté - soupape d'admission		bon	9,0 (5)	--

Notes générales :

N.B. 1 : Les additifs doivent être compatibles avec les huiles moteur. Il est interdit d'ajouter des composés générateurs de cendres.

N.B. 2 : De bonnes pratiques d'entretien afin de réduire la contamination (poussières, eau, autres carburants, etc.).

Notes complémentaires :

(1) : Le texte des étiquettes apposées sur les pompes, ainsi que les ajutages de distribution du carburant doivent être conformes à la norme J285 de la SAE, « Recommended Practice Gasoline Dispenser Nozzle Spouts ».

(2) : Il est préférable que la teneur en soufre soit inférieure pour les véhicules à convertisseur catalytique.

(3) : Pas d'ajout intentionnel.

(4) : Jusqu'à 3,7 p. 100 en masse d'oxygène lorsque l'éthanol est autorisé en vertu de la réglementation existante. Le méthanol est interdit.

(5) : On peut se conformer à cette exigence en utilisant des additifs détergents appropriés dans des essences de référence comparables.

Écarts pour l'essence au plomb autorisée en vertu de la loi.

Propriétés	Unités	Limite min.	Limite max.
Teneur en plomb, essence au plomb	g/l	0,05 (1)	0,40 (2)

Notes complémentaires :

(1) : Nécessaire seulement pour protéger les véhicules plus vieux munis de sièges de soupapes souples.

(2) : Il faut réduire le plus possible la teneur en plomb.

Essence sans plomb de catégorie 2

Carburant destiné aux marchés pour lesquels sont établies des exigences rigoureuses de réduction des émissions.

Propriétés		Unités	Limite min.	Limite max.
IOR de 91 (1)	Indice d'octane de recherche	--	91,0	--
	Indice d'octane moteur	--	82,0	--
IOR de 95 (1)	Indice d'octane de recherche	--	95,0	--
	Indice d'octane moteur	--	85,0	--
IOR de 98 (1)	Indice d'octane de recherche	--	98,0	--
	Indice d'octane moteur	--	88,0	--
Stabilité à l'oxydation		minutes	480	--
Teneur en soufre		% en masse	--	0,02
Teneur en plomb		g/l	Non détectable (2)	
Teneur en phosphore		g/l	Non détectable (2)	
Teneur en manganèse		g/l	Non détectable (2)	
Silicium		g/kg	Non détectable (2)	
Teneur en oxygène		% en masse	--	2,7 (4)
Teneur en oléfines		% en vol.	--	20,0
Teneur en aromatiques		% en vol.	--	40,0
Teneur en benzène		% en vol.	--	2,5
Volatilité			Voir tableau joint, page 6	
Sédiments		mg/l	--	1
Gommes non lavées		mg/100 ml	--	70
Gommes lavées		mg/100 ml	--	5
Masse volumique		kg/m ³	715	770
Corrosion du cuivre		bon	Classe 1	
Aspect			Clair et limpide	
Propreté - injecteurs		% restriction écoulement	--	5
Collage - soupape d'admission		réussite/échec	Réussite	
Propreté - soupape d'admission				
Méthode 1 (CEC F-05-A94), ou		mg/soupape	--	50
Méthode 2 (ASTM D5500), ou		mg/soupape	--	100
Méthode 3 (proposée, ASTM)		mg/soupape	--	90
Dépôts dans la chambre de combustion			ÀD	

Notes générales :

N.B. 1: Les additifs doivent être compatibles avec les huiles moteur. Il est interdit d'ajouter des composés générateurs de cendres.

N.B. 2 : De bonnes pratiques d'entretien afin de réduire la contamination (poussières, eau, autres carburants, etc.).

Notes complémentaires :

(1) : Le texte des étiquettes apposées sur les pompes, ainsi que les ajutages de distribution du carburant doivent être conformes à la norme SAE J285, « Recommended Practice Gasoline Dispenser Nozzle Spouts ».

(2) : Pas d'ajout intentionnel.

(3) : Jusqu'à 3,7 p. 100 en masse d'oxygène lorsque l'éthanol est autorisé en vertu de la réglementation existante. Le méthanol est interdit.

Essence sans plomb de catégorie 3

Carburant destiné aux marchés pour lesquels sont établies des exigences avancées de réduction des émissions.

Propriétés		Unités	Limite min.	Limite max.
IOR de 91 (1)	Indice d'octane de recherche	--	91,0	--
	Indice d'octane moteur	--	82,0	--
IOR de 95 (1)	Indice d'octane de recherche	--	95,0	--
	Indice d'octane moteur	--	85,0	--
IOR de 98 (1)	Indice d'octane de recherche	--	98,0	--
	Indice d'octane moteur	--	88,0	--
Stabilité à l'oxydation		minutes	480	--
Teneur en soufre		% en masse	--	0,003 (2)
Teneur en plomb		g/l	Non détectable (3)	
Teneur en phosphore		g/l	Non détectable (3)	
Teneur en manganèse		g/l	Non détectable (3)	
Silicium		g/kg	Non détectable (3)	
Teneur en oxygène		% en masse	-- (4a)	2,7 (4b)
Teneur en oléfines		% en vol.	--	10,0
Teneur en aromatiques		% en vol.	--	35,0
Teneur en benzène		% en vol.	--	1,0
Volatilité			Voir tableau joint, page 6	
Sédiments		mg/l	--	1
Gommes non lavées		mg/100 ml	--	30
Gommes lavées		mg/100 ml	--	5
Masse volumique		kg/m ³	715	770
Corrosion du cuivre		bon	Classe 1	
Aspect			Clair et limpide	
Propreté - injecteurs		% restriction écoulement	--	5
Collage - soupape d'admission		réussite/échec	Réussite	
Propreté - soupape d'admission				
Méthode 1 (CEC F-05-A94), ou		mg/soupape	--	50
Méthode 2 (ASTM D5500), ou		mg/soupape	--	100
Méthode 3 (proposée, ASTM)		mg/soupape	--	90
Dépôts dans la chambre de combustion			ÀD	
Collage - soupape d'échappement			ÀD	

Notes générales :

N.B. 1 : Les additifs doivent être compatibles avec les huiles moteur (aucune augmentation des dépôts de laques/de boues dans le moteur). Il est interdit d'ajouter des composés générateurs de cendres.

N.B. 2 : De bonnes pratiques d'entretien afin de réduire la contamination (poussières, eau, autres carburants, etc.).

Notes complémentaires :

(1) : Le texte des étiquettes apposées sur les pompes, ainsi que les ajutages de distribution du carburant doivent être conformes à la norme J285 de la SAE, « Recommended Practice Gasoline Dispenser Nozzle Spouts ».

(2) : Les carburants conformes au règlement de la Californie, Title 13, CCR Section 2262.2, y compris au présent système d'exécution, sont jugés acceptables.

(3) : Pas d'ajout intentionnel.

(4a) : Il est préférable d'utiliser un carburant sans composés oxygénés.

(4b) : Si des composés oxygénés sont employés, seul les éthers, y compris les éthers provenant de sources renouvelables, peuvent être utilisés. Le méthanol est interdit.

Méthodes d'essai

Essence

Propriétés	Unités	ISO	ASTM	JIS	Autres
Indice d'octane de recherche	--	5164-90	D 2699-86	K 2280-96	
Indice d'octane moteur	--	5163-90	D 2700-86	K 2280-96	
Stabilité à l'oxydation	minutes	7536-94	D 525-95	K 2287-96	
Teneur en soufre	% en masse	4260-87	D 2622-94	K 2541-96	
Teneur en plomb	g/l		D 3234-90	K 2255-95	EN 237-96
Teneur en phosphore	g/l		D 3231-94		
Teneur en manganèse	g/l		D 3831-94		
Silicium, méthodes	g/kg				ICP-AES (limite de détection interne, référence =1 ppm)
Teneur en oxygène	% en masse		D 4815-94		
Teneur en oléfines	% en vol.	3837-93	D 1319-95	K 2536-96	Voir note comp.
Teneur en aromatiques	% en vol.	3837-93	D 1319-95	K 2536-96	Voir note comp.
Teneur en benzène	% en vol.		D 4420-94	K 2536-96	EN 238-96
Volatilité – PVR			D 5191-96	K 2258-87	
Distillation : E70/T10/T50/T90/FBP/résidu		3405-88	D 86-96	K 2254-90	
Indice d'efficacité de carburation					(1,5 x T10) + (3 x T50) + T90 + (11 x O ₂ [% en masse]) à °C
Sédiments	mg/l		D 5452-97		
Gommes non lavées	mg/100 ml	6246-95	D 381-94	K 2261-92	Remplacer par essai CCD lorsque cela est possible
Gommes lavées	mg/100 ml	6246-95	D 381-94	K 2261-92	
Masse volumique	kg/m ³	3675-93	D 4052-96	K 2261-92	ISO 12185
Corrosion du cuivre	bon	2160-85	D 130-94	K 2249-95	
Aspect				K 2513-91	Inspection visuelle
Propreté - carburateur	bon				
Collage - soupape d'admission	réussite/ échec				CEC F-03-T-81
Soupape d'admission - propreté I	bon				CEC F-16-T-96
Soupape d'admission - propreté, Ford 2,3L	mg/ soupape		D 6201-98		CEC F-04-A-87
Soupape d'admission - propreté (essai BMW)	mg/ soupape		D 5500-97		
Soupape d'admission - propreté II (4 soupapes)	mg/ soupape				
Collage - soupape d'échappement					CEC F-05-A-93
Propreté - injecteurs	% restric. écoulement		D 5598-95		CEC (PF 026) TBA
Dépôts dans la chambre de combustion					CEC F-20-T96 / méthode Ford TGA / méthode JASO

Notes complémentaires :

Ces méthodes sont employées dans les documents juridiques; des méthodes plus précises existent et peuvent être employées.