ANFA

DOSSIER TECHNIQUE



La filière **bioéthanol**

→ → →

Biocarburant – E85 – Flexfuel – Biocarburant – ETBE – Énergies renouvelables – Bilan CO_2 – Effet de serre

Édité avec le concours de l'Éducation Nationale

ANFA

La filière **bioéthanol**



Dossier créé avec la collaboration du :

GNFA

Groupement National pour la Formation Automobile

Christophe NUNES DA SILVA
Formateur expert au Centre de Rouvignies (59)
nunesdasilvac@gnfa-auto.fr

→ SOMMAIRE

1. Introduction 7

A. La consommation mondiale 7
B. Les ressources disponibles 8

2. Un défi pour l'avenir 9

A. Le problème du transport 9
B. Le problème des gaz à effet de serre 9
C. Qu'est-ce qu'un biocarburant ? 12

3. Les filières de production 14

A. Les solutions de production du bioéthanol pour les motorisations essence 16
B. L'utilisation de l'éthanol pur 21
C. Le mélange à l'essence 21
D. Les problèmes liés à la tension de vapeur 22
E. La production d'ETBE 23
F. Le bilan CO_2 24

4. Compatibilité du bioéthanol avec les moteurs 26

A. Les modifications apportées sur un véhicule flex fuel 26
B. Les adaptations du moteur 26
C. Les adaptations du véhicule 28
D. Les impacts sur le contrôle moteur 29
E. L'adaptation du fonctionnement 31
F. La gestion du démarrage à froid 34
G. Les boîtiers d'adaptation 35

5. Conclusion 39

6. Pour en savoir plus 40

A. La technologie 40
B. La production 40
C. La réglementation 41
D. Le débat sur les biocarburants 42

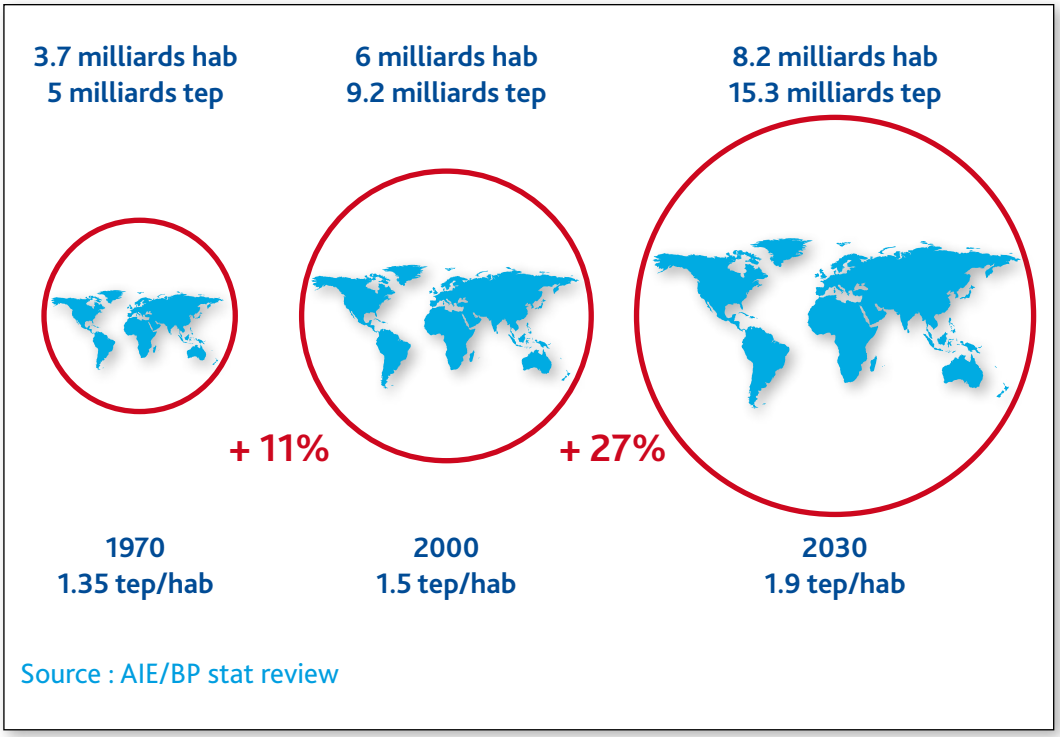
1 INTRODUCTION

Dans le domaine énergétique, le recours aux énergies d'origine fossile est très largement prépondérant dans tous les secteurs d'activité, et en particulier dans les transports. Cependant, le constat de la raréfaction de ces énergies fossiles est réel et des alternatives permettent de préparer l'avenir tout en minimisant les effets sur la planète.

→ A. LA CONSOMMATION MONDIALE

Selon l'Agence Internationale de l'Énergie (AIE), la consommation mondiale en énergie va continuer à croître durant les trente prochaines années.

→ Croissance énergétique



Source : AIE/BP stat review

tep : tonne équivalent pétrole

Ainsi, toujours selon l'AIE, la demande mondiale en pétrole (hors biocarburants) devrait s'accroître de 1 % par an en moyenne, passant de 85 à 106 millions de barils par jour entre 2007 et 2030.

Bien entendu, ces prévisions restent dépendantes de l'évolution des populations, des économies, des modes de vie, des technologies…

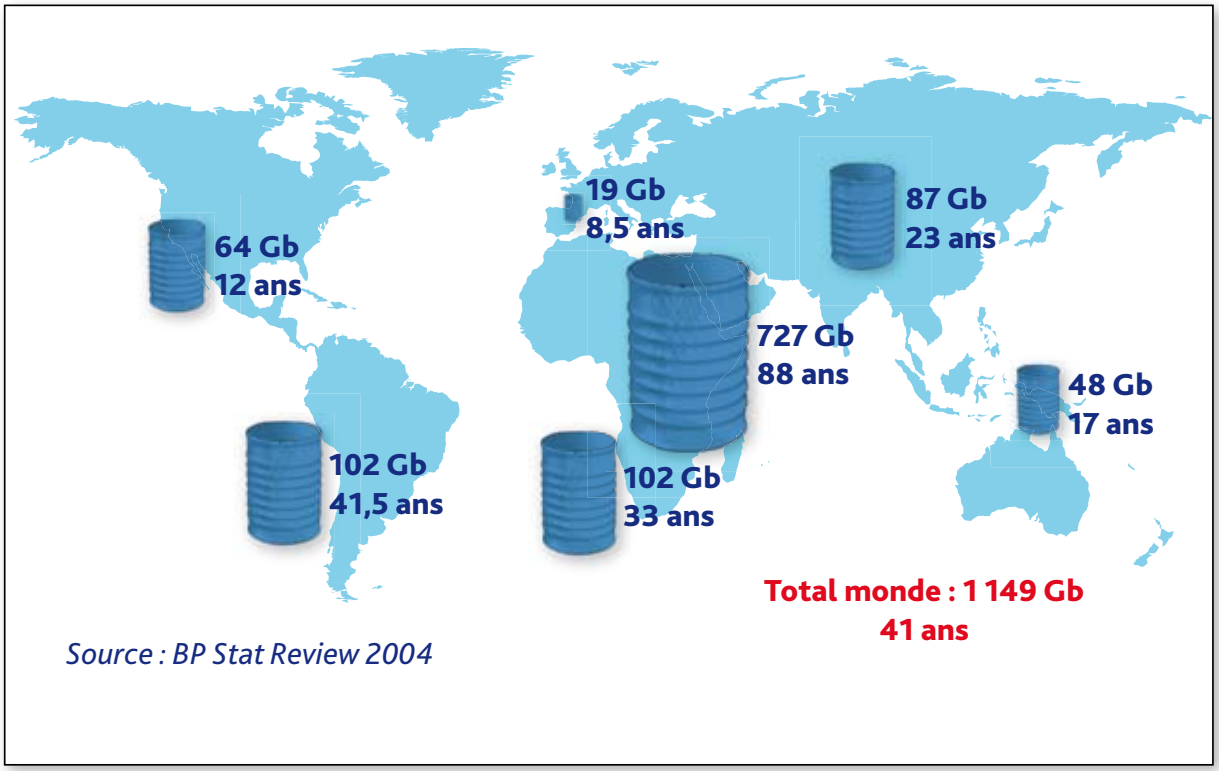
→ B. LES RESSOURCES DISPONIBLES

Les quantités de pétrole restantes dans les réserves actuellement exploitées sont relativement floues. Cependant, la plupart des organismes de prospection s'accordent à dire qu'avec les réserves actuellement exploitées et au rythme actuel de consommation, il faut chiffrer à une quarantaine d'années les possibilités d'exploitation du pétrole.

Néanmoins, il reste encore « à découvrir », ou plutôt à exploiter, de nombreux gisements de pétrole connus des industriels mais actuellement difficiles d'accès.

À cela, il faut encore ajouter les pétroles « non conventionnels » (sables asphaltiques, bruts extra-lourds…) pour obtenir un délai supplémentaire d'utilisation du pétrole.

→ Répartition des ressources mondiales en 2004



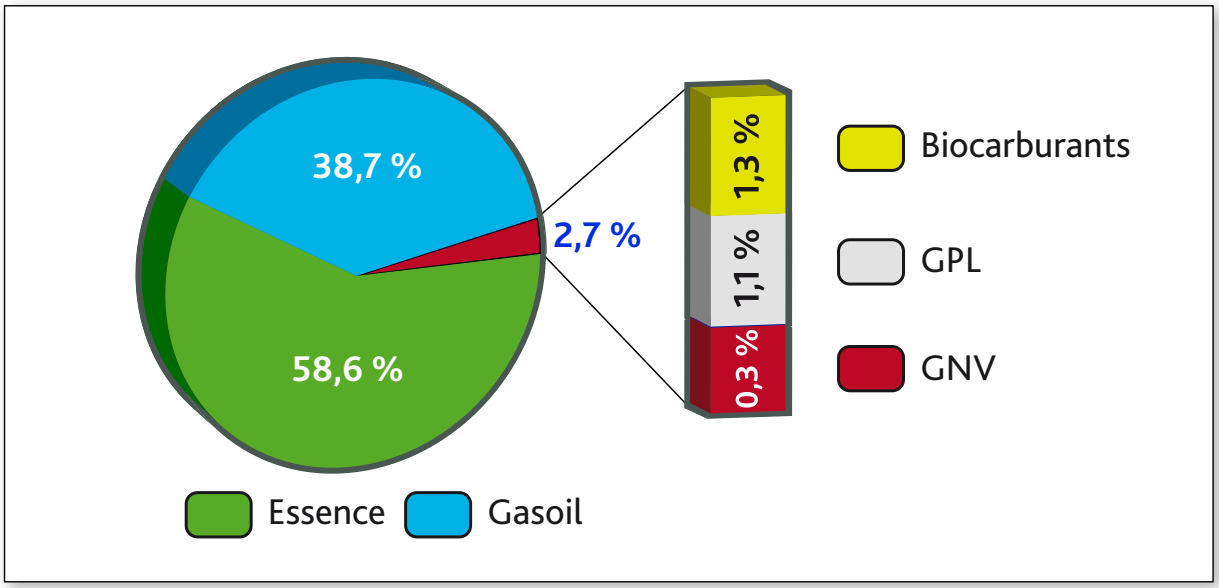
Gb : Giga barils

A. LE PROBLÈME DU TRANSPORT

En 2005, le transport mondial, c'est :

- une dépendance au pétrole à hauteur de 98 %,
- une consommation d'environ 50 % du pétrole produit (ce qui représente 20 % de la consommation mondiale d'énergie),
- une croissance moyenne de l'ordre de 2 % par an.

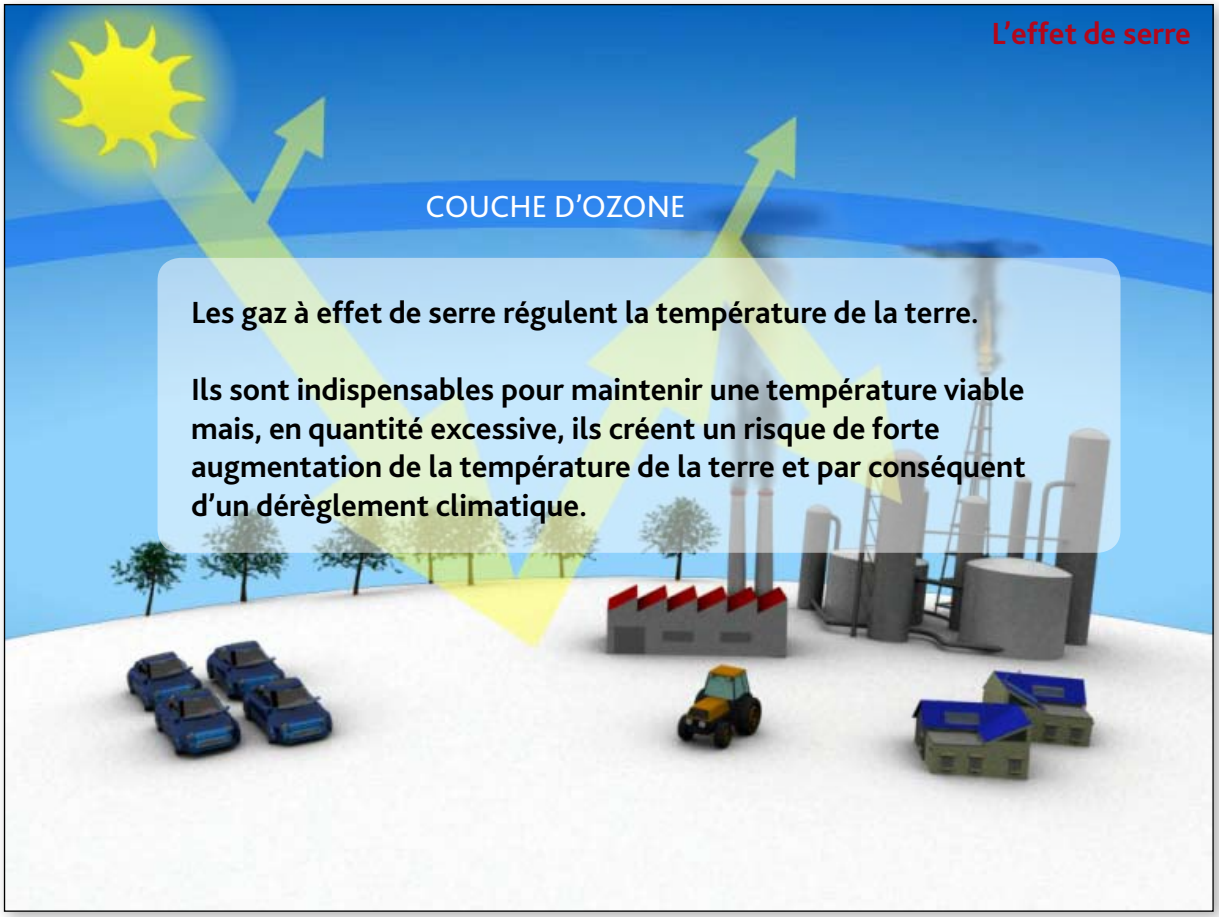
→ Répartition de la consommation de carburant dans le monde



Cette ultra-dépendance au pétrole du secteur du transport, ainsi que des besoins toujours croissants en énergie, font du problème du carburant utilisé un enjeu en matière de recherche et de développement.

B. LE PROBLÈME DES GAZ À EFFET DE SERRE

La raréfaction des ressources pétrolières n'est pas le seul problème lié au transport : la nécessité de réduire la consommation de pétrole est également directement liée à la volonté de minimiser les émissions de gaz à effet de serre.



Les gaz à effet de serre désignés par le protocole de Kyoto (1997) sont les suivants :

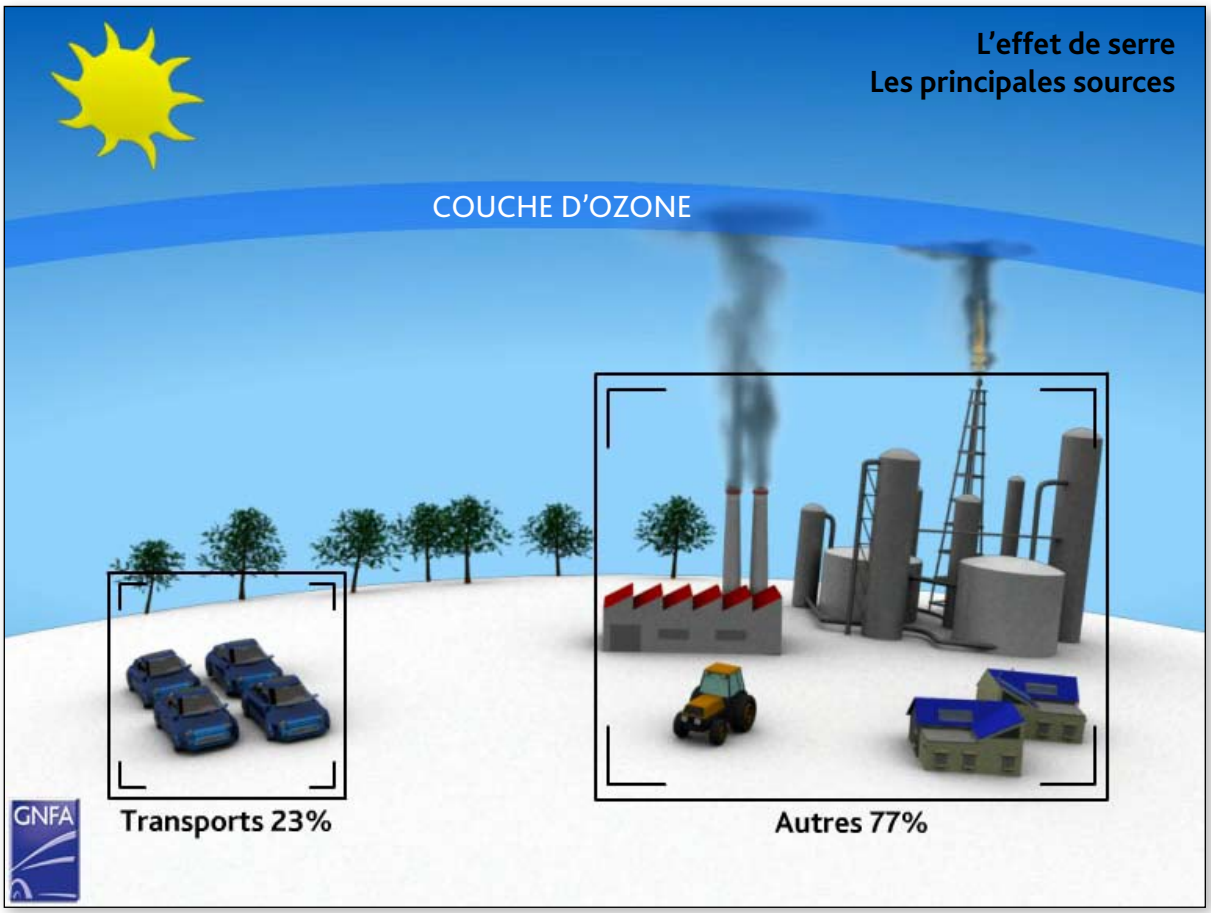
- Le dioxyde de carbone (CO_2),
- Le méthane (CH_4),
- L'oxyde nitreux (N_2O),
- L'hexafluorure de soufre (SF_6),
- Les hydrofluorocarbures (HFC),
- Les hydrocarbures perfluorés ou perfluorocarbures (PFC).

De tous ces gaz, le plus problématique reste le CO_2 rejeté dans l'atmosphère à des quantités bien trop importantes par les différents secteurs d'activités (transports, industries, agriculture, usage domestique…).
Ainsi, les émissions de CO_2 se sont élevées en 2004 à 26 milliards de tonnes.

En poursuivant les émissions actuelles, la quantité de CO_2 doublera à l'horizon 2050, atteignant plus de 50 milliards de tonnes par an, pour atteindre une teneur en CO_2 dans l'atmosphère supérieure à 1 000 ppm (parties par million) à la fin du 21e siècle, concentration entraînant très certainement des dérèglements climatiques importants.

D'après les climatologues, il faudrait stabiliser la teneur en CO_2 à 450 ppm pour maintenir le réchauffement climatique en dessous de 2°C, ce qui devrait permettre d'en limiter les conséquences sur les écosystèmes.

Pour en savoir plus sur l'effet de serre, vous pouvez consulter « Les transports routiers et le réchauffement climatique » sur www.educauto.org/InfoTech.



Le secteur du transport est responsable à hauteur de 23 % des émissions de CO_2 dans l'atmosphère. À la demande des pouvoirs publics, les constructeurs automobiles développent alors des solutions pour réduire ces émissions de gaz à effet de serre :

- Améliorations des moteurs en vue de réduire leur consommation,
- Développement de véhicules hybrides,
- Développement du tout électrique,
- Diversification énergétique basée sur le GPL, le GNV, l'hydrogène et **les biocarburants**.

→ C. QU'EST-CE QU'UN BIOCARBURANT ?

Pour répondre aux différentes contraintes en termes de disponibilité des ressources énergétiques d'origine fossile et pour contribuer à la réduction des émissions de gaz à effet de serre, de multiples solutions sont envisagées : une de ces solutions passe donc par les biocarburants.

Définition d'un biocarburant (JO du 22/07/2007) : carburant constitué de dérivés industriels tels que les gaz, alcools, éthers, huiles et esters obtenus après transformation de produits d'origine végétale ou animale.

L'appellation d'agrocarburant existe également et apparaît plus souvent dans le domaine de l'écologie pour ne pas créer de confusion avec la dénomination « bio » qui évoque l'agriculture biologique.

En fonction de la matière première utilisée et du produit fini souhaité, il existe de nombreuses possibilités de production de biocarburants.

Exemples (définitions à partir de la Directive 2003/30/CE du Parlement européen et du Conseil du 8 mai 2003) :

- **Bioéthanol** : éthanol produit à partir de la biomasse et/ou de la partie biodégradable des déchets et destiné à être utilisé comme biocarburant.
- **Biodiesel** : ester méthylique produit à partir d'huile végétale ou animale, de qualité diesel et destiné à être utilisé comme biocarburant.
- **Biogaz** : gaz carburant produit à partir de la biomasse et/ou de la partie biodégradable des déchets qui peut être purifié pour atteindre la qualité du gaz naturel.
- **Biométhanol** : méthanol produit à partir de biomasse (biogaz) et destiné à être utilisé comme biocarburant.
- **Bio-ETBE** : ETBE (Éthyl Tertio Butyl Éther) produit sur la base de l'éthanol, le pourcentage en volume de bio-ETBE considéré comme biocarburant est de 47 % (énergie à 47 % renouvelable).

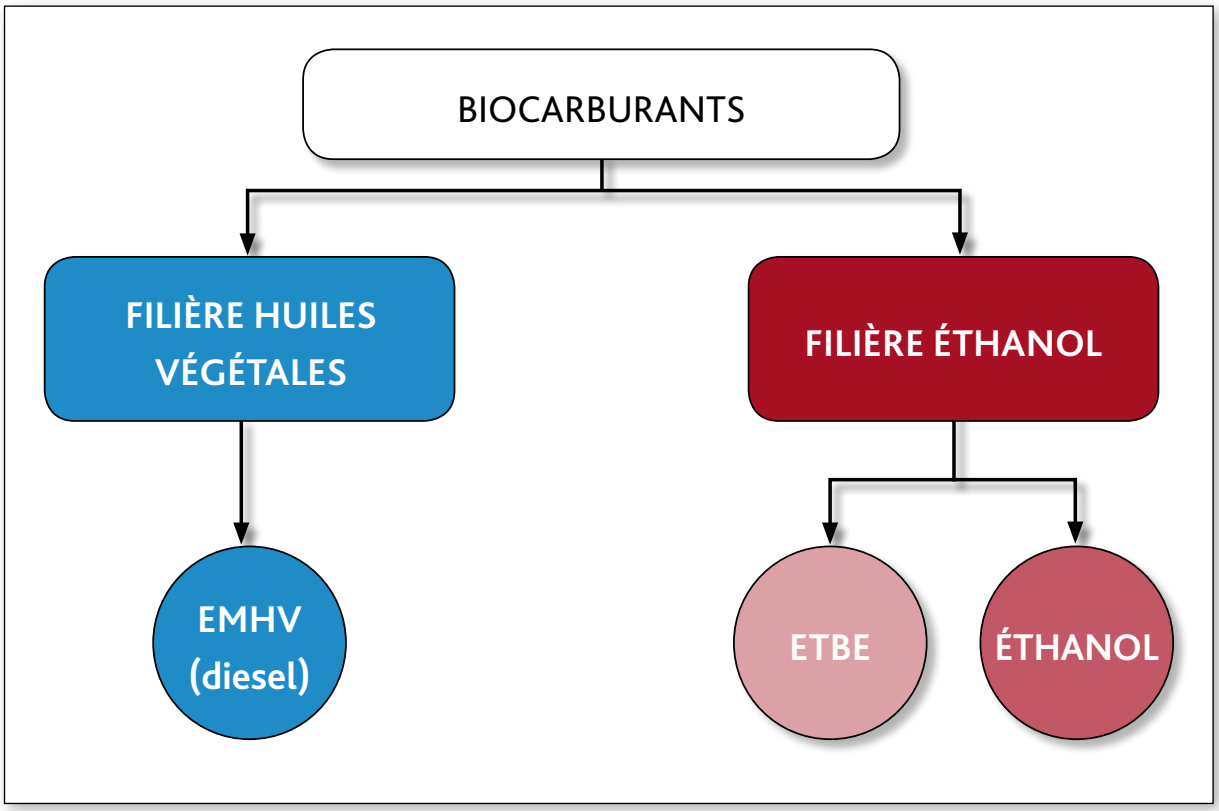
- **Bio-MTBE** : MTBE (Méthyl Tertio Butyl Éther) produit sur la base de méthanol, le pourcentage en volume de bio-MTBE considéré comme biocarburant est de 36 % (énergie à 36 % renouvelable).

- **Biocarburants de synthèse** : hydrocarbures de synthèse ou mélange d'hydrocarbures de synthèse produits à partir de la biomasse.

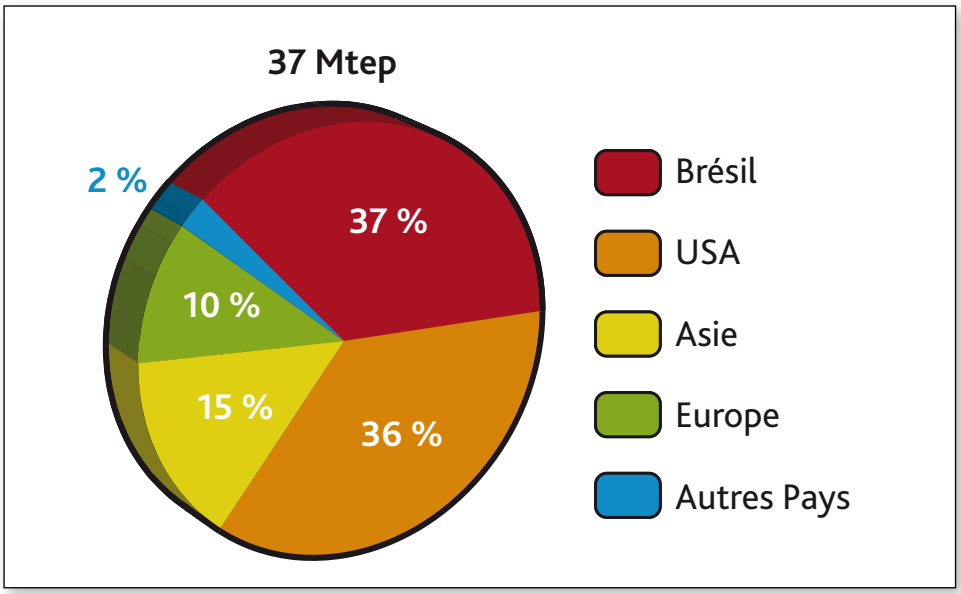
- **Huile végétale pure** : huile produite à partir de plantes oléagineuses (colza, tournesol, palme…) et permettant de créer de l'EMHV (Ester Méthylique d'Huiles Végétales) pour les véhicules diesel.

Aujourd'hui il existe deux grandes filières de production des biocarburants :

- **la filière éthanol** qui comprend l'éthanol et l'ETBE (Éthyl Tertio Butyl Éther) pour les véhicules essence,
- et **la filière des huiles végétales** avec l'EMHV (Esters Méthyliques d'Huiles Végétales) pour les véhicules diesel.

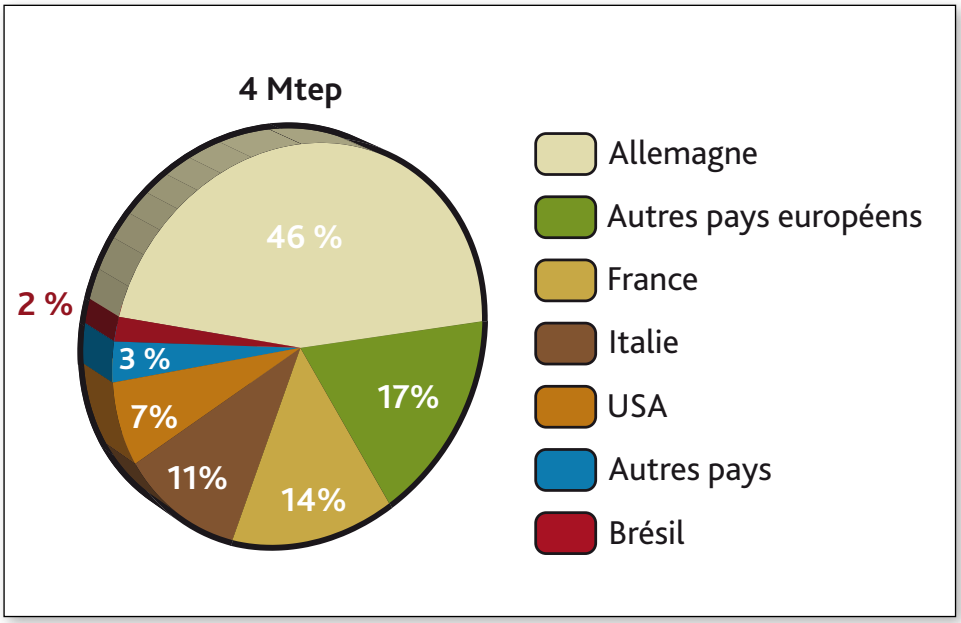


→ Production mondiale de bioéthanol en 2006



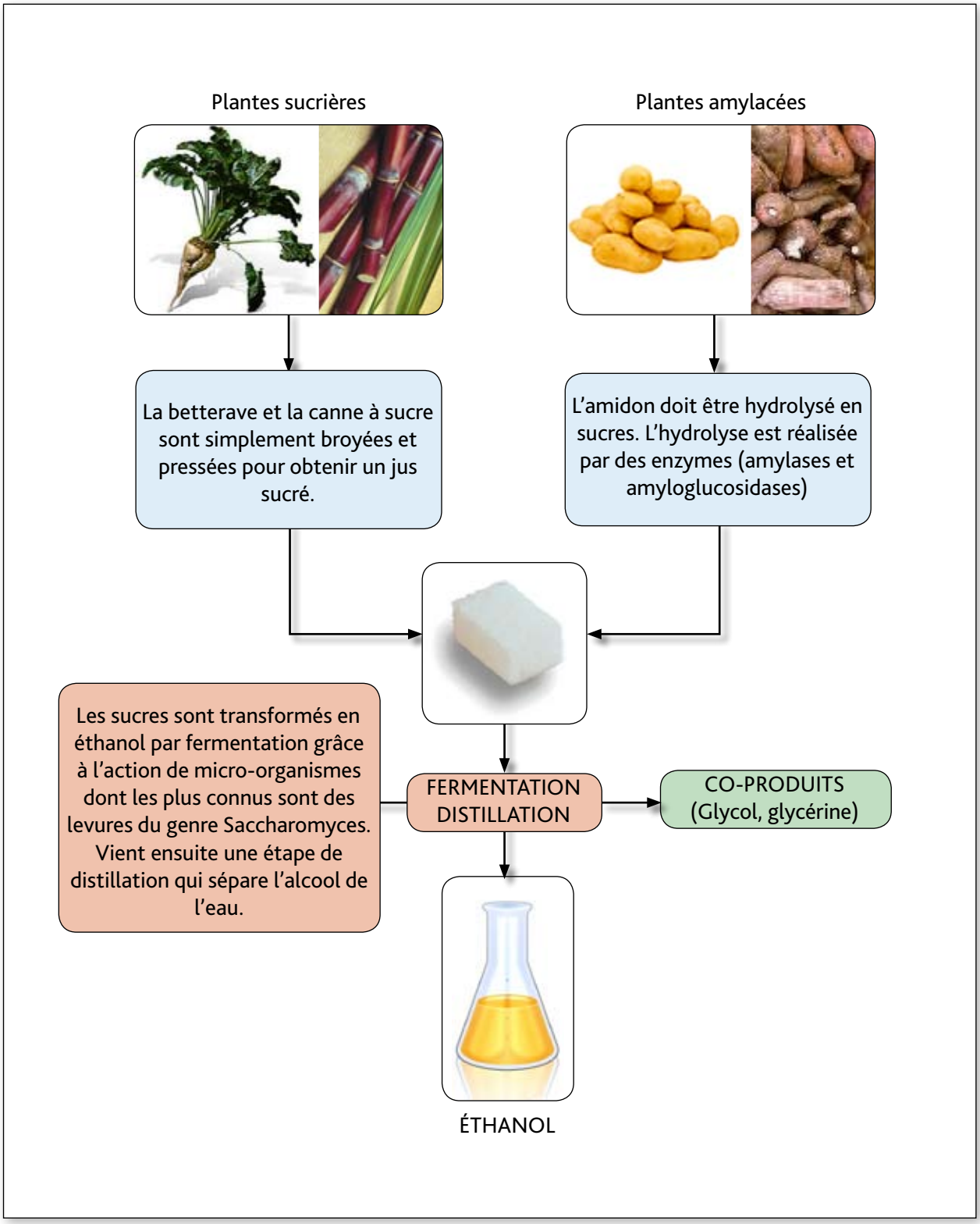
80 % de cette production sont utilisés comme carburant, les 20 % restants sont utilisés dans d'autres secteurs (alimentaire, industrie pharmaceutique, chauffage…).

→ Production mondiale d'EMHV en 2006



A. LES SOLUTIONS DE PRODUCTION DU BIOÉTHANOL POUR LES MOTORISATIONS ESSENCE

La production de l'éthanol dite de « première génération » est réalisée à partir de plantes sucrières (betterave, canne à sucre…) ou de plantes amylacées (pomme de terre, manioc…) :



L'éthanol issu du processus de production de première génération ne remplacera jamais les besoins pétroliers. En effet, les volumes potentiels de production et la concurrence directe de cette production avec les filières alimentaires restent problématiques.

Cependant, son utilisation à petite échelle en mélange à l'essence permet de réduire la teneur en carbone du carburant et permet ainsi de limiter les émissions de CO_2.

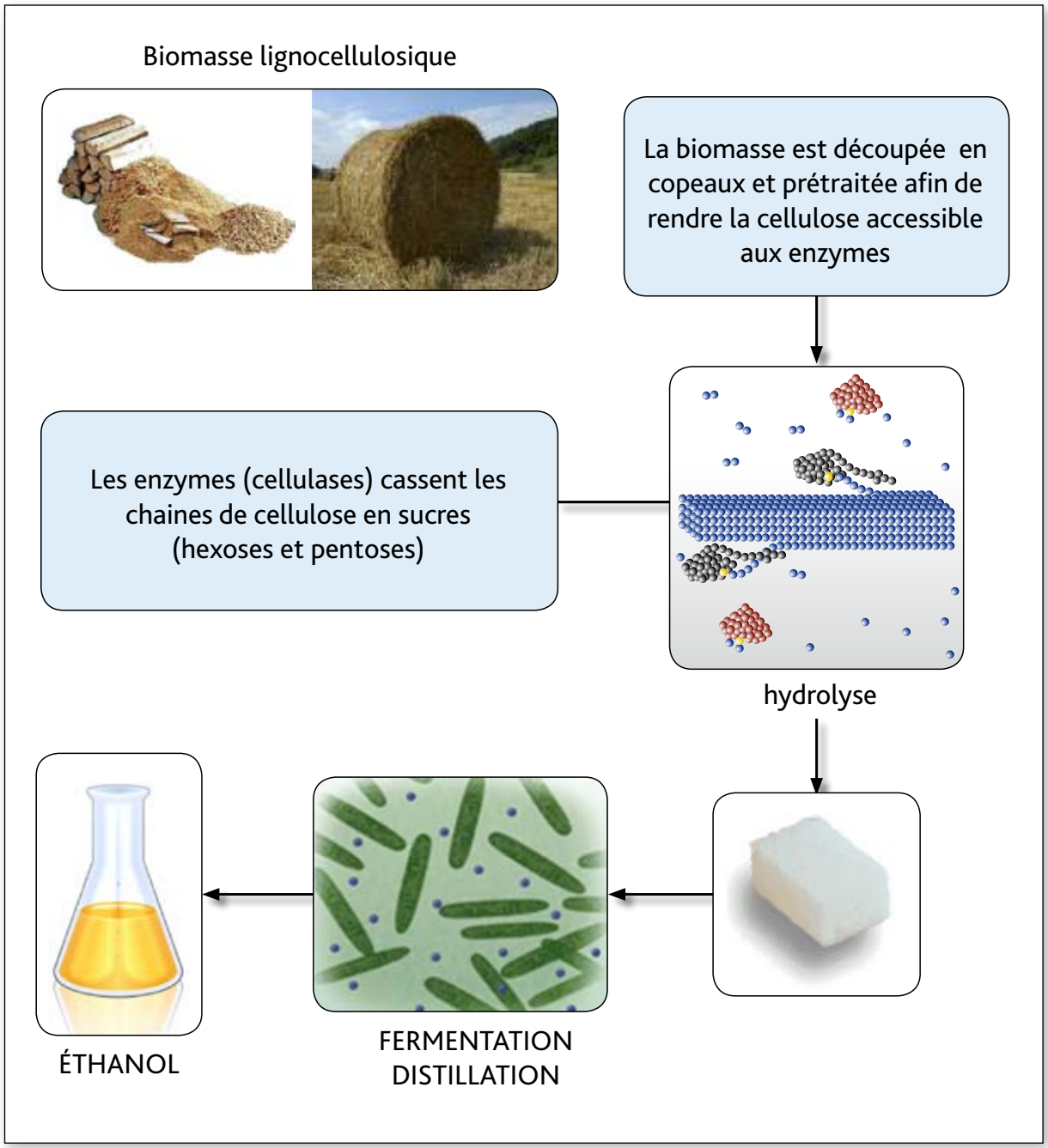
Un deuxième procédé appelé de « **deuxième génération** » est déjà utilisé, mais reste encore dans une phase de développement.
À l'avenir, les biocarburants seront produits à partir de la biomasse cellulosique, c'est-à-dire de cellulose, d'hémicellulose et de lignine, provenant essentiellement :

- de cultures dédiées (peupliers, eucalyptus),
- de résidus agricoles (pailles de céréales, tiges de maïs),
- ou de déchets organiques comme les boues des stations d'épuration.

La production de biocarburants de deuxième génération à partir de cette biomasse cellulosique s'effectue :

- soit par la **voie thermochimique** pour la production de carburant diesel de synthèse,
- soit par la **voie biochimique** pour la production d'éthanol.

→ La production d'éthanol par la voie biochimique



La production de biocarburants de deuxième génération présente plusieurs avantages :

- des volumes de biocarburants produits plus importants,
- un coût des matières premières plus faible,
- l'absence de compétition avec les filières alimentaires,
- et l'absence de co-produits à valoriser (glycérine, glycol…).

En revanche, l'hydrolyse qui peut se réaliser de deux façons différentes (hydrolyse chimique ou hydrolyse enzymatique) reste une étape très coûteuse et relativement longue dans la production d'éthanol. Les études actuelles visent à améliorer la transformation des pentoses en éthanol en réalisant une étape unique associant l'hydrolyse à la fermentation.

→ Caractéristiques de l'éthanol

	Éthanol	Essence (standard)
Formule chimique	**C_2H_5OH**	C_7H_{16}
Rapport H/C	**3**	2,29
Masse molaire (g/mol)	**46,07**	102,5
Densité (kg/m³)	**794**	735-760
Chaleur latente de vaporisation (kJ/kg)	**854**	289
Distillation (°C)	**78,4**	30-190
PCI (pouvoir calorifique inférieur) massique (kJ/kg)	**26805**	42690
PCI volumique (kJ/L)	**21285**	32020
Rapport stœchiométrique	**8,95**	14,4
RON (indice d'octane recherché)	**111**	95
MON (indice d'octane moteur)	**92**	85

Les **avantages** de l'éthanol sur l'essence sont les suivants :

- une bonne aptitude au mélange avec l'essence,
- un très bon indice d'octane,
- et un rapport H/C plus important (pour rappel, à isoénergie, plus le rapport H/C est important, plus les émissions de CO_2 sont faibles),
- un impact moindre de la combustion sur l'environnement (réduction du CO_2 émis et des hydrocarbures consommés).

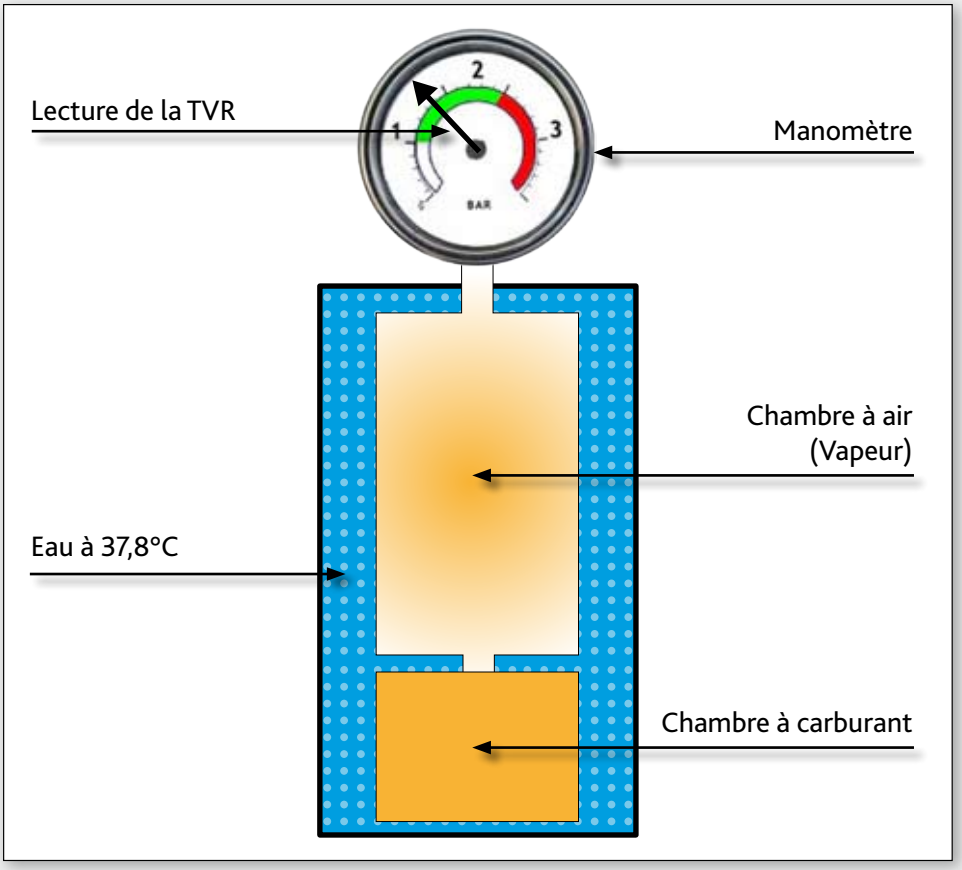
Les principaux **inconvénients** de l'éthanol par rapport à l'essence ont trait :

- au PCI (Pouvoir Calorifique Inférieur) : celui de l'éthanol est inférieur de 1/3 par rapport à celui de l'essence,
- à l'augmentation de la tension de vapeur (en mélange à l'essence entre 0 et 40 %),
- et aux risques de démixtion en présence d'eau (séparation des phases essence et alcool).

Qu'est-ce que la tension de vapeur ?

Lorsqu'un produit s'évapore, ses vapeurs exercent une pression dans le milieu ambiant. La tension de vapeur s'exprime en millimètres de mercure (mm de Hg) ou en kilopascals (kPa) et se calcule à une température donnée à pression atmosphérique.
Plus la tension de vapeur d'un produit est élevée, plus il a tendance à s'évaporer.

Exemple de mesure de la TVR (Tension de Vapeur « Reid ») :



Pour en savoir plus sur la tension de vapeur et la courbe de distillation, vous pouvez consulter le site suivant :
www.ec.gc.ca/cleanair-airpur/CAOL/transport/publications/ethgas/ethgas4fr.htm

B. L'UTILISATION DE L'ÉTHANOL PUR



L'éthanol utilisé pur dans une base de motorisation essence adaptée à ce type de carburant offre des performances et des gains en émissions de polluants très intéressants.

Cependant, son utilisation « pur » pose des difficultés :

- problème lié aux capacités de production à grande échelle,
- problème de démarrage à froid des véhicules.

L'utilisation de l'éthanol pur est donc réservée aux pays chauds ayant des possibilités de production importantes (Brésil, États-Unis…).

Remarque : l'appellation de l'éthanol dit « pur » est E100, même si en réalité il s'agit d'un mélange de 95,6 % d'éthanol et de 4,4 % d'eau.

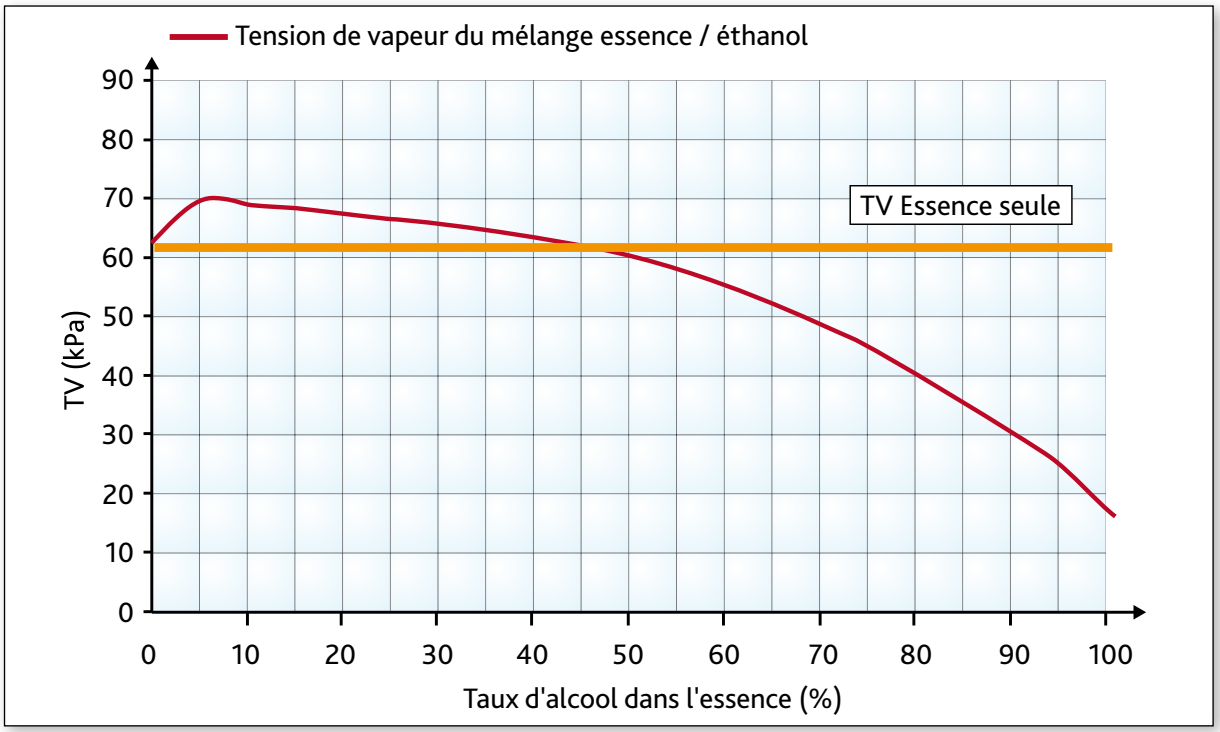
C. LE MÉLANGE À L'ESSENCE

L'éthanol est mélangé à l'essence dans des proportions qui varient selon les pays.
En Europe, il y a aujourd'hui jusqu'à 5 % d'éthanol dans toutes les essences (passage à 7 % en 2010, puis à 10 % en 2015). On le trouve également sous la forme de superéthanol E85 composé de 65 % à 85 % d'éthanol selon les saisons.
Au Brésil, la proportion d'éthanol dans l'essence varie de 24 à 100 %. Quant aux États-Unis, cette proportion est pour l'instant fixée à hauteur de 10 %.

Mais là encore tout n'est pas si simple !

Comme le montre le graphique de la page suivante, l'intégration d'un faible pourcentage d'éthanol dans l'essence (de 1 à 45 % environ) entraîne une chute de la température d'ébullition du mélange et, par conséquent, une augmentation de la tension de vapeur.
À l'inverse, une incorporation d'éthanol supérieure à 50 % diminue la tension de vapeur du mélange.

→ Variation de la volatilité



De plus, en présence d'humidité dans les circuits, l'ajout d'éthanol provoque la formation d'un mélange eau / éthanol qui se sépare de l'essence et constitue une source de dysfonctionnements pour les moteurs.

→ D. LES PROBLÈMES LIÉS À LA TENSION DE VAPEUR

L'incidence de la tension de vapeur sur le fonctionnement du moteur est directement liée à la température d'utilisation de ce dernier.

En résumé :

- une tension de vapeur trop élevée entraîne un risque de « vapor lock » moteur chaud (difficultés de démarrage),
- une tension de vapeur trop faible provoque une vaporisation insuffisante et donc un démarrage à froid difficile, voire impossible.

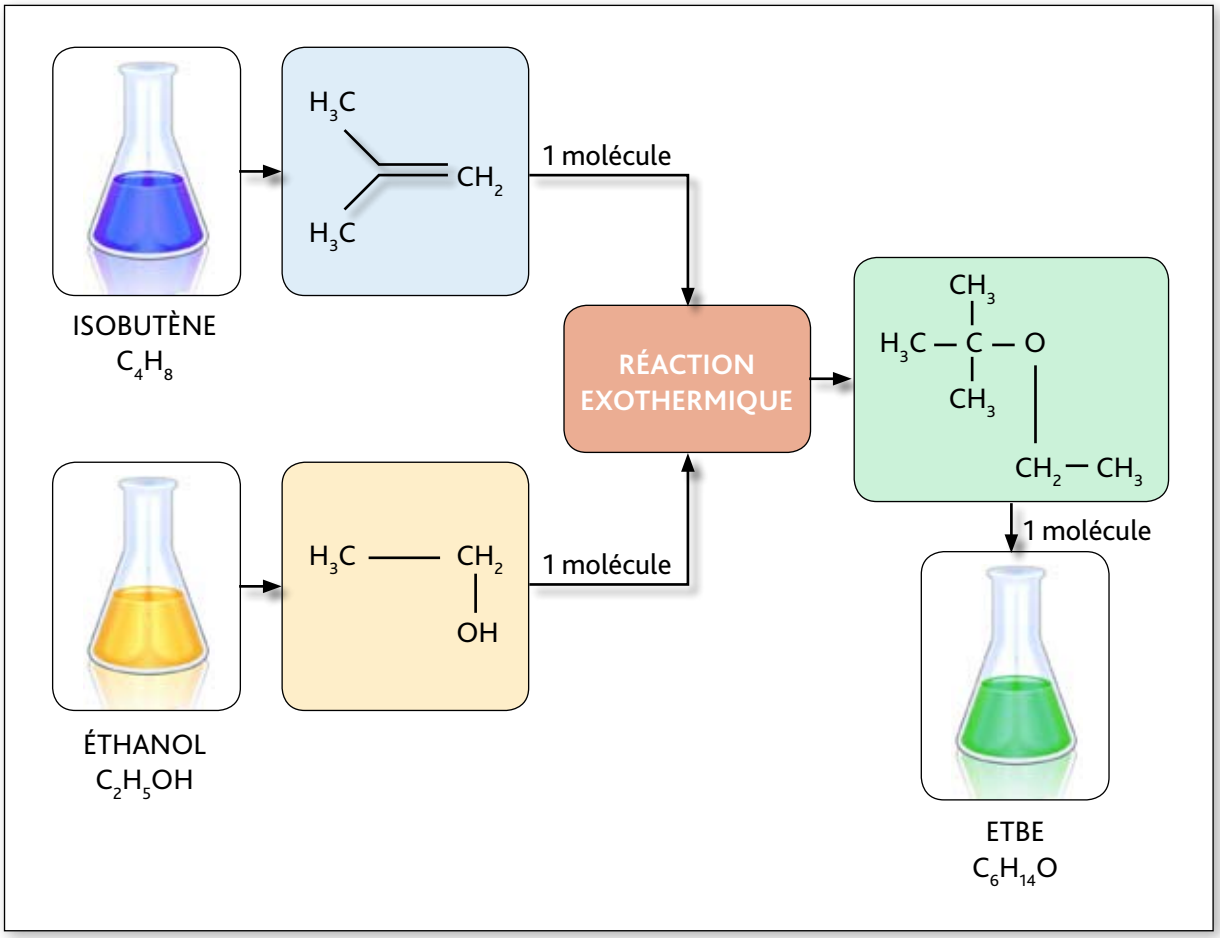
***Vapor lock** : appelé aussi vapour lock, ce phénomène est un problème dû à l'évaporation du carburant dans son circuit de distribution, formant ainsi un « bouchon de vapeur » générant un manque de puissance du moteur, voire une impossibilité de démarrage à chaud.*

Pour résoudre ces problèmes liés à l'utilisation de l'éthanol anhydre en faible mélange (E5- E10-E15), on transforme l'éthanol en ETBE.

E. LA PRODUCTION D'ETBE

L'ETBE (Éthyl Tertio Butyl Éther) est un produit de synthèse fabriqué à partir d'éthanol et d'isobutène issu du raffinage du pétrole.

Principe de production par éthérification



L'utilisation de carburant comprenant de l'ETBE ne pose pas de problèmes particuliers : l'ETBE est un excellent composant des essences et présente par rapport à l'éthanol l'avantage d'une tension de vapeur favorable et d'une parfaite compatibilité avec les autres composants.

De plus l'ETBE a l'avantage d'avoir des propriétés énergétiques beaucoup plus proches de celles de l'essence (heptane) et d'être insensible à l'eau, ce qui supprime les problèmes de démixtion.

→ Caractéristiques de l'ETBE

	Éthanol	Essence (standard)	ETBE
Formule chimique	C_2H_5OH	C_7H_{16}	**$C_6H_{14}O$**
Rapport H/C	3	2,29	**2,33**
Masse molaire (g/mol)	46,07	102,5	**102**
Densité (kg/m³)	794	735-760	**750**
Chaleur latente de vaporisation (kJ/kg)	854	289	**321**
Distillation (°C)	78,4	30-190	**-**
PCI (pouvoir calorifique inférieur) massique (kJ/kg)	26805	42690	**35880**
PCI volumique (kJ/L)	21285	32020	**26910**
Rapport stœchiométrique	8,95	14,4	**12,1**
RON (indice d'octane recherché)	111	95	**117**
MON (indice d'octane moteur)	92	85	**101**

Remarque : l'ETBE est parfois remplacé par le MTBE (Méthyl Tertio Butyl Éther) qui présente des propriétés chimiques similaires. Le MTBE est produit à partir de méthanol (biogaz) et il a comme inconvénient de générer une pollution des sols.

→ F. LE BILAN CO_2

→ D'un point de vue énergétique

Le rendement énergétique défini comme le rapport entre l'énergie restituée sur l'énergie non renouvelable mobilisée pour les filières de production d'éthanol de blé et betterave est de 2, à comparer avec le rendement pour la filière essence de 0,87 (Chiffres ADEME).
Le rendement énergétique des filières ETBE de blé et betterave est voisin de 1 (Chiffres ADEME).

Remarque : il faut noter que ces résultats sont obtenus à partir de calculs effectués sur la production d'éthanol dans des pays développés et sur des surfaces agricoles dédiées. De plus, ces calculs prennent en compte la valorisation des coproduits, ce qui n'est pas toujours le cas selon l'organisme qui réalise les calculs.

→ D'un point de vue des émissions de CO_2

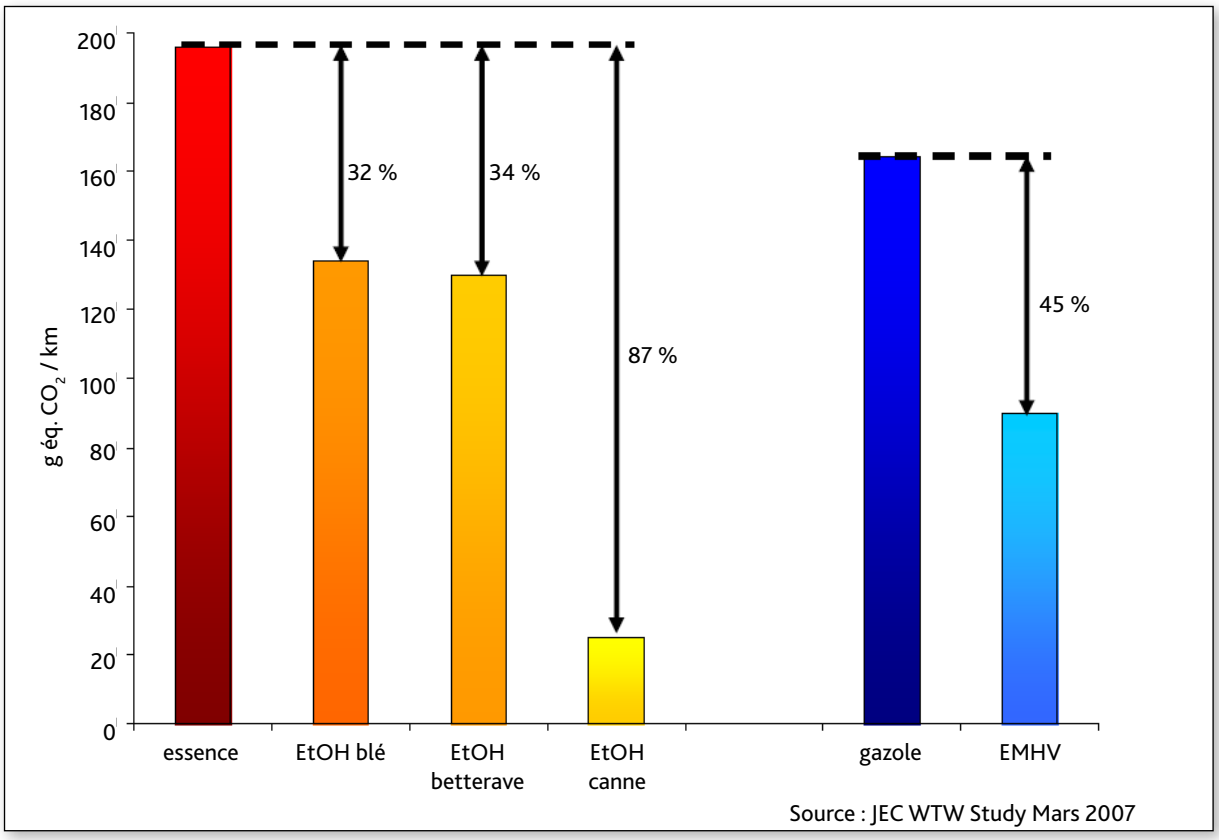
En comparant les émissions de CO_2 à la sortie échappement d'un véhicule fonctionnant à l'essence avec celles d'un véhicule fonctionnant au bioéthanol E85, le gain est plutôt faible.

Cependant le calcul est plus complexe car, pour effectuer un bilan CO_2 complet, il faut mesurer les gaz rejetés de la production du carburant jusqu'à sa consommation. Ce bilan est dit « du puits à la roue ».

Dans ce cas, les filières de production de biocarburants présentent un gain important par rapport aux filières de carburants fossiles.

Le biocarburant étant fabriqué à partir de matières premières renouvelables, les émissions nettes de CO_2 ne proviennent que des énergies fossiles utilisées pour la culture et la transformation des matières premières.

→ Bilan des émissions CO_2 selon origine du carburant



4 COMPATIBILITÉ DU BIOÉTHANOL AVEC LES MOTEURS

Finalement, les propriétés de l'éthanol et de l'essence montrent qu'il n'est pas si simple d'obtenir un carburant de qualité en les mélangeant.

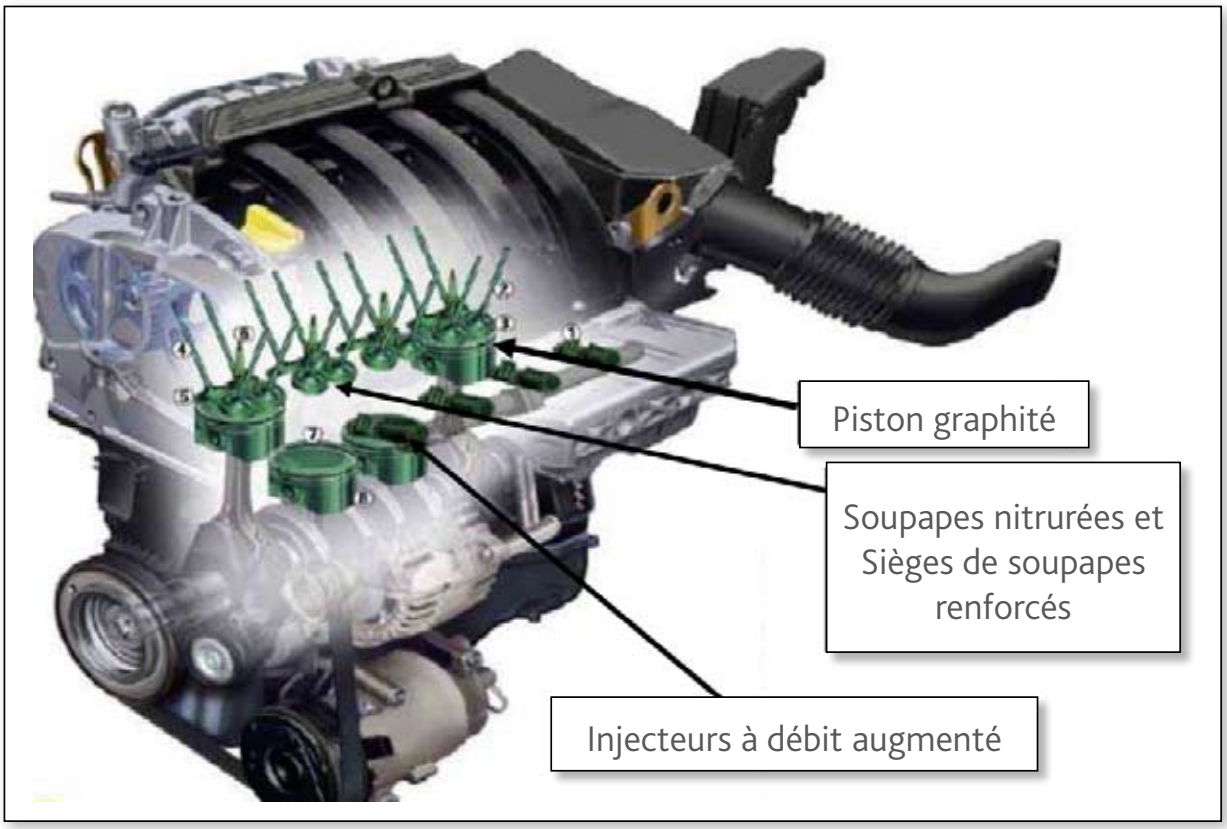
Pour les constructeurs automobiles européens, l'affaire fut tout aussi complexe pour adapter les véhicules essence à la technologie FFV (*Flex Fuel Vehicle*).

→ A. LES MODIFICATIONS APPORTÉES SUR UN VÉHICULE FLEX FUEL

Pour adapter leur motorisation, les constructeurs ont dû se confronter aux problèmes suivants :

- Les véhicules flex fuel doivent pouvoir fonctionner avec :
  - du superéthanol E85,
  - 100 % d'essence sans plomb,
  - un mélange des deux.
- Le bioéthanol est plus corrosif et possède un pouvoir de lubrification plus faible.
- Le bioéthanol possède un pouvoir énergétique inférieur.
- Son indice d'octane est plus élevé que celui de l'essence.

→ B. LES ADAPTATIONS DU MOTEUR



Moteur 4KM de la Renault Mégane

Les pistons et sièges de soupapes sont renforcés pour résister :

- à la hausse de la température,
- à la pression de combustion plus importante due à la chaleur latente de vaporisation et à l'indice d'octane du bioéthanol plus élevé.

Des modifications sont également apportées aux systèmes d'injection et d'allumage.

→ Les injecteurs

Un débit plus important est nécessaire car le PCI volumique plus faible du bioéthanol nécessite une consommation plus importante (environ 25 à 30 %).



Injecteur de Peugeot 206 Bioflex

→ La rampe d'injection

Pour être renforcée, la rampe d'injection est construite dans un matériau prévu pour résister au bioéthanol et à une pression de carburant plus élevée.



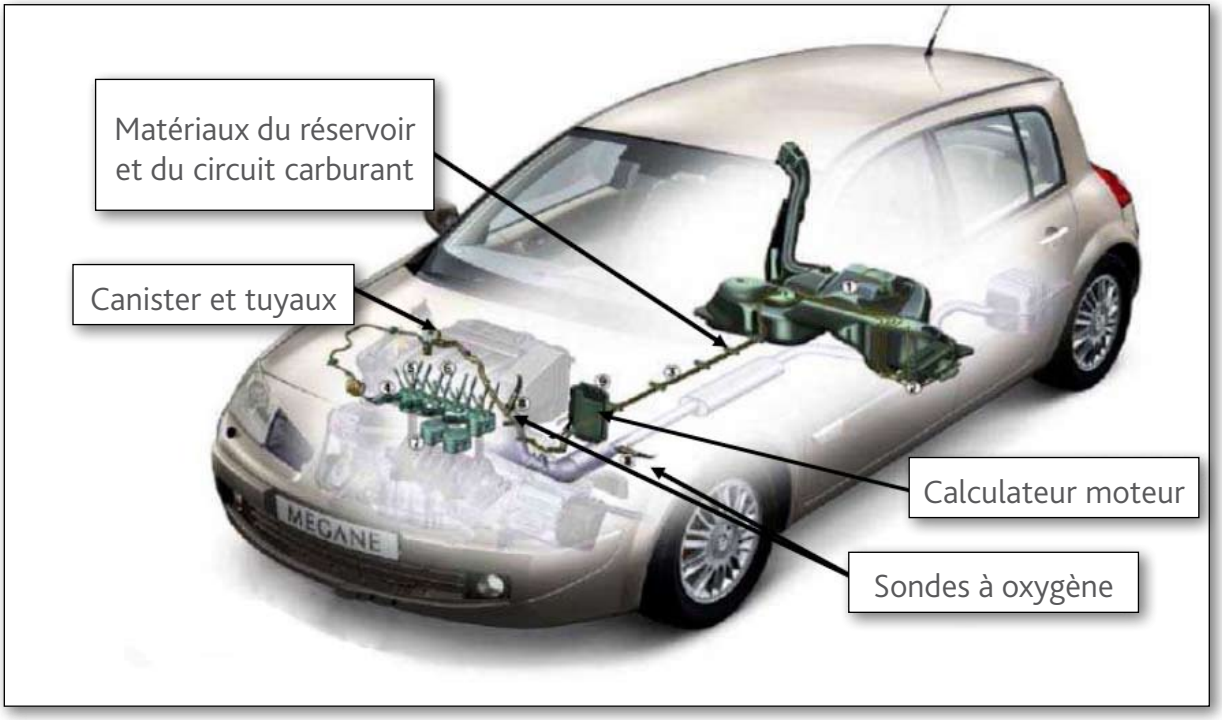
Rampe d'injection de Peugeot 206 Bioflex

→ Les bougies

Les températures de combustion plus importantes imposent une baisse du degré thermique.



→ C. LES ADAPTATIONS DU VÉHICULE



Renault Mégane 1,6 l

Le bioéthanol étant plus corrosif que l'essence, il est prévu :

- une isolation des **connecteurs** et une résistance contre une usure prématurée,
- un renforcement des polymères pour les **canalisations**,
- et une modification du **canister** avec une capacité de stockage plus importante.



Le tarage du régulateur est modifié entre 4,5 et 5 bars selon les motorisations.

Le filtre à carburant n'est plus intégré au groupe pompe / jauge.

Groupe pompe / jauge de la Peugeot 206 Bioflex

L'**échappement** reçoit également un nouveau matériau acier / inox plus résistant à la corrosion.

La **sonde à oxygène** est renforcée pour résister à la présence d'eau plus importante dans les gaz d'échappement. De plus, le traitement du signal de la sonde à oxygène doit être modifié pour tenir compte de l'« offset » du signal sonde dû à l'oxygène contenu dans le carburant.

→ D. LES IMPACTS SUR LE CONTRÔLE MOTEUR

Pour fonctionner correctement, le calculateur doit connaître précisément le taux d'alcool présent dans le carburant.

Pour cela, deux modes de reconnaissance sont possibles :

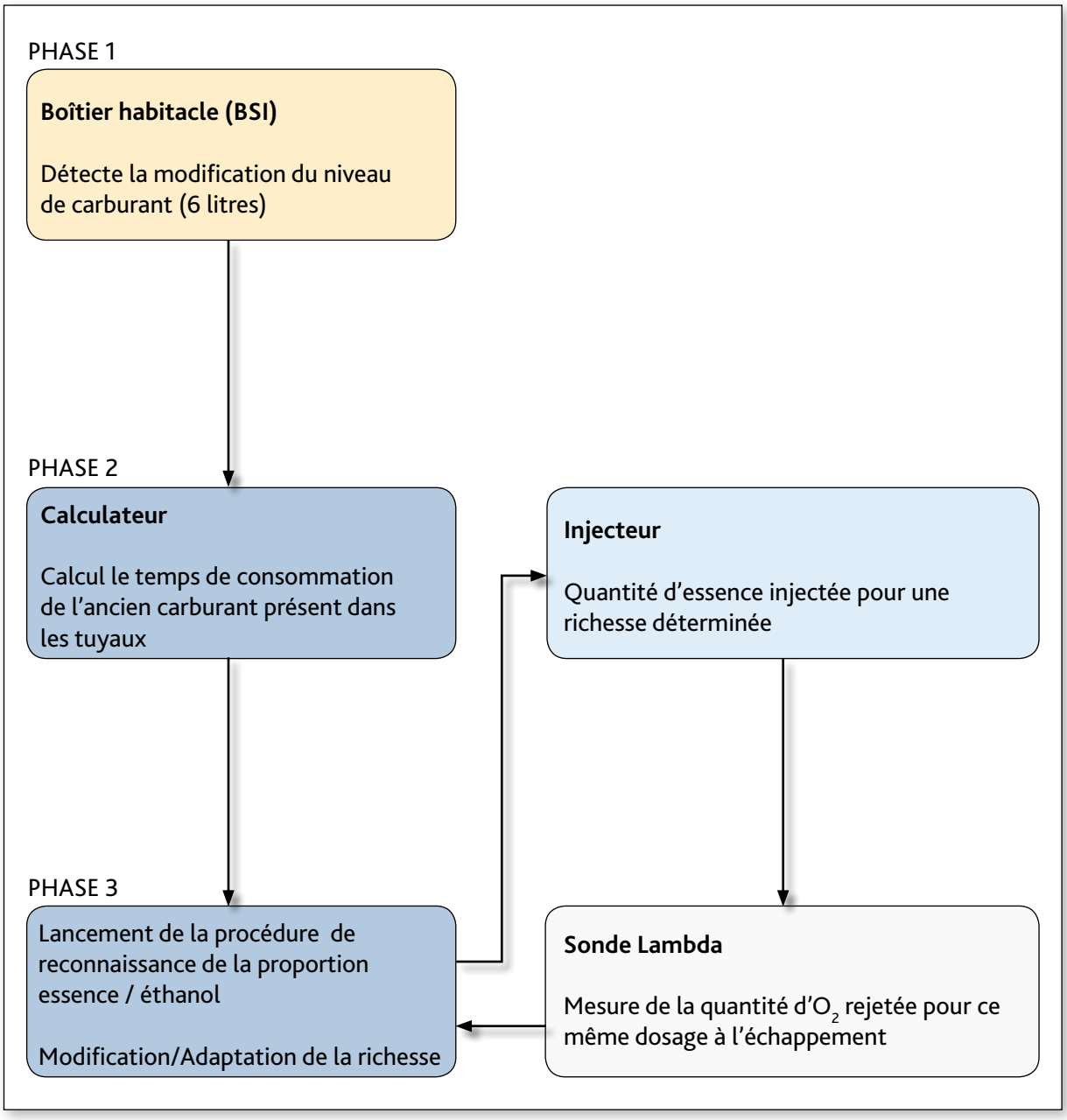
- le capteur d'éthanol qui permet une mesure directe du taux d'alcool dans le carburant,



Capteur taux d'alcool d'une Ford Focus

- et la reconnaissance logicielle au travers d'un calculateur qui reconnaît la proportion d'éthanol grâce à l'exploitation de l'information richesse.

→ Exemple de procédure de détection (Peugeot)



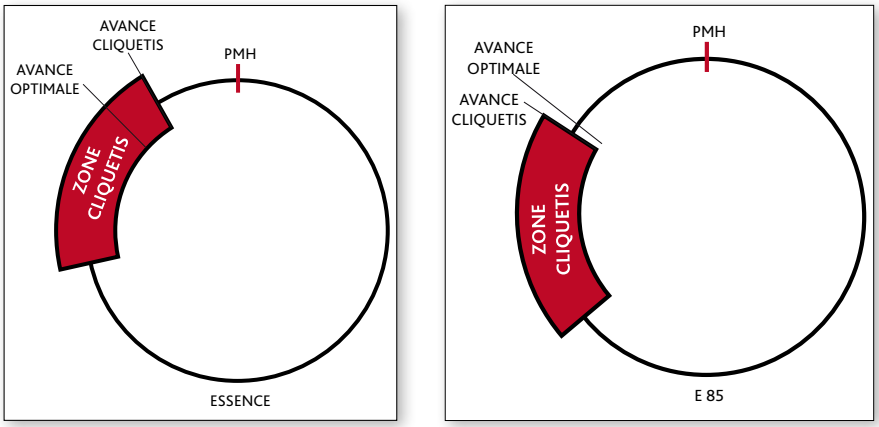
En fonction des constructeurs, d'autres procédures de détection peuvent exister : Renault, par exemple, utilise une procédure de reconnaissance en temps réel.

E. ADAPTATION DU FONCTIONNEMENT

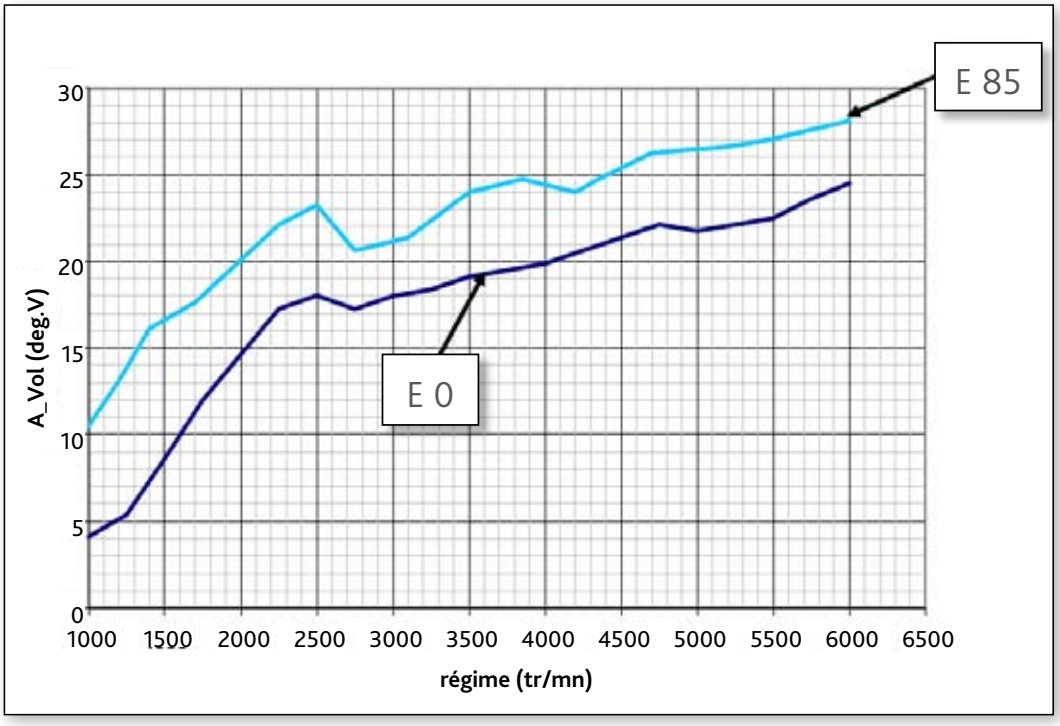
L'avance à l'allumage

L'indice d'octane du E85 étant plus élevé et la chaleur latente de vaporisation permettant un meilleur remplissage du cylindre, le calculateur adapte l'avance à l'allumage et augmente ainsi les performances du moteur.

Décalage de la zone cliquetis en fonction du carburant utilisé



Avances exploitables à fortes charges



Source : conférence CNAM « Contraintes et mise au point des véhicules flex fuel »

Pour en savoir plus sur les phénomènes liés à la vaporisation du carburant, vous pouvez consulter « Stratégies d'injection et amélioration des performances » sur www.educauto.org/InfoTech

→ La boucle de régulation de richesse

En essence, le débouclage se fait pour limiter la température à l'échappement, les bonnes propriétés de l'E85 et plus particulièrement son indice d'octane élevé permettent d'augmenter l'avance à l'allumage et, par conséquent, de diminuer les températures à l'échappement. Les limites de débouclage de la richesse sont alors repoussées, ce qui améliore entre autres la gestion de la dépollution.

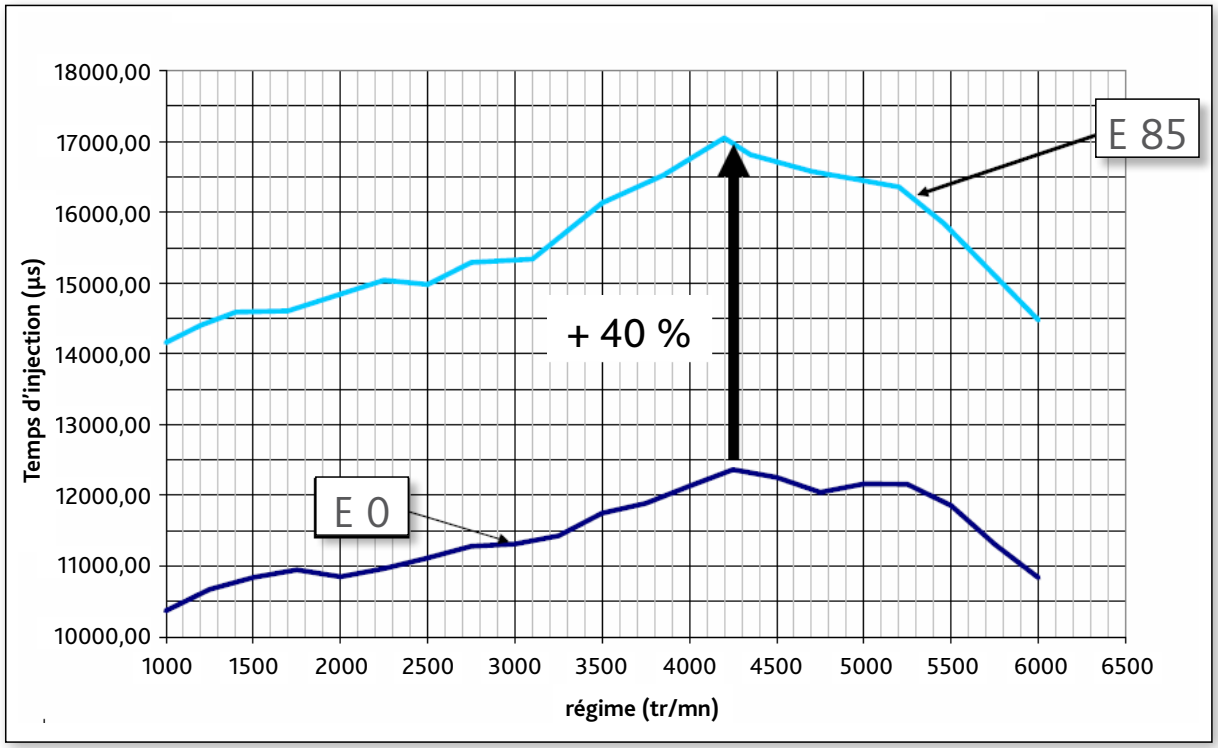
→ La modification du temps d'injection

Le PCI de l'E85 étant plus faible, le calculateur doit adapter son temps d'injection afin d'augmenter la quantité de carburant injectée.

Il faut 1,4 litre d'E85 pour disposer de la même énergie que dans 1 litre d'essence.

Sur un véhicule type essence fonctionnant à l'E85, il faut compter sur une surconsommation d'environ 40 % sur les faibles et moyennes charges.
L'E85 ayant un indice d'octane très élevé, son efficacité est bien plus marquée sur les fortes charges, la surconsommation tombe alors entre 20 et 30 %.

→ Écarts sur les temps d'injection (Renault Mégane 1,6 L)



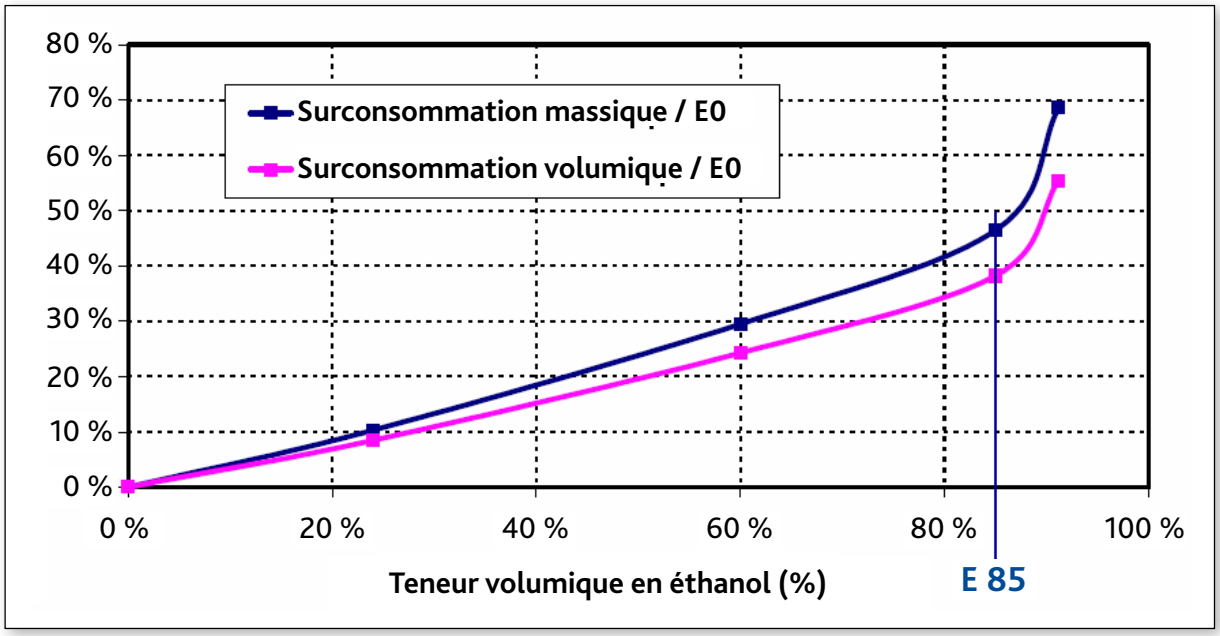
Source : conférence CNAM « Contraintes et mise au point des véhicules flex fuel »

Sur le cycle européen MVEG (*Motor Vehicle Emissions Group*), la consommation volumique d'un véhicule flex fuel augmente de 35 à 40 %.
Hors cycle, plus la charge moteur augmente, plus l'écart de consommation diminue.

En effet, la chaleur latente de vaporisation permet d'augmenter le remplissage du cylindre par refroidissement du mélange et, à forte charge, la possibilité de maintenir l'avance optimale permet également d'augmenter de quelques points le rendement du moteur et ainsi de réduire la consommation.
Bien entendu, ces valeurs de consommation sont valables pour un véhicule fonctionnant uniquement avec de l'E85.

Pour un véhicule flex fuel, l'écart de consommation sera fonction du taux d'alcool présent dans le réservoir.

→ Surconsommation en fonction de la teneur volumique en éthanol



Source : conférence CNAM « Contraintes et mise au point des véhicules flex fuel »

→ Comparaison à partir de mesures effectuées sur véhicule

RENAULT MÉGANE 1,6 l	Essence	E85	Écart
Niveau de dépollution	Euro4	Euro4	-
Consommation (l/100 km)	6,8	9,2	+ 35%
Émissions de CO_2 (g/km)	160	151	- 6%
Émissions de CO_2 (g/km) « du puits à la roue »	184	115	-38%

Les émissions de CO_2 « du puits à la roue » sur un véhicule E85 sont en moyenne 40 % plus faibles que sur un véhicule essence. En effet, ce calcul tient compte en particulier de la quantité de CO_2 absorbée par les plantes lors de leur développement et de la valorisation des coproduits.

→ F. LA GESTION DU DÉMARRAGE À FROID

Le démarrage du moteur avec de l'éthanol pur (E100) devient difficile pour des températures inférieures à 13 °C.
Pour des véhicules prévus pour fonctionner avec de l'E100, comme au Brésil, les constructeurs ont donc dû adapter des systèmes additionnels sur leurs modèles.

→ Exemple : montage Peugeot 206 Bioflex (Brésil)



Réservoir d'essence de 5 à 7 litres ajouté au circuit d'alimentation



Collecteur spécifique avec gicleur



Électrovanne

La quantité d'essence injectée lors du démarrage dépend de la température du moteur, de la proportion d'éthanol présente dans le réservoir principal et du nombre de tentatives de démarrage.

Pour les versions commercialisées en Europe, les systèmes additionnels de démarrage à l'essence étant interdits, le taux d'éthanol est fixé à 85 % maximum (E85) et sa proportion par rapport à l'essence (SP95) varie en fonction des saisons pour permettre un démarrage du moteur sans difficultés :

- **en hiver**, du 16 novembre au 15 mars, l'E85 commercialisé comprend 65 à 75 % d'éthanol, soit en moyenne 70 % d'éthanol (**E70**).
- **à la mi-saison**, c'est-à-dire du 16 mars au 1er mai et du 1er octobre au 15 novembre, l'E85 commercialisé comprend entre 70 et 80 % d'éthanol, soit en moyenne 75 % d'éthanol (**E75**).
- **en été**, du 1er mai au 30 septembre, l'E85 commercialisé comprend entre 75 et 85 % d'éthanol, soit en moyenne 80 % d'éthanol (**E80**).

Souvent complété par un système de réchauffage du carburant, l'usage de ces proportions d'éthanol permet un démarrage plus facile du véhicule.

→ G. LES BOÎTIERS D'ADAPTATION SUR MOTEUR ESSENCE

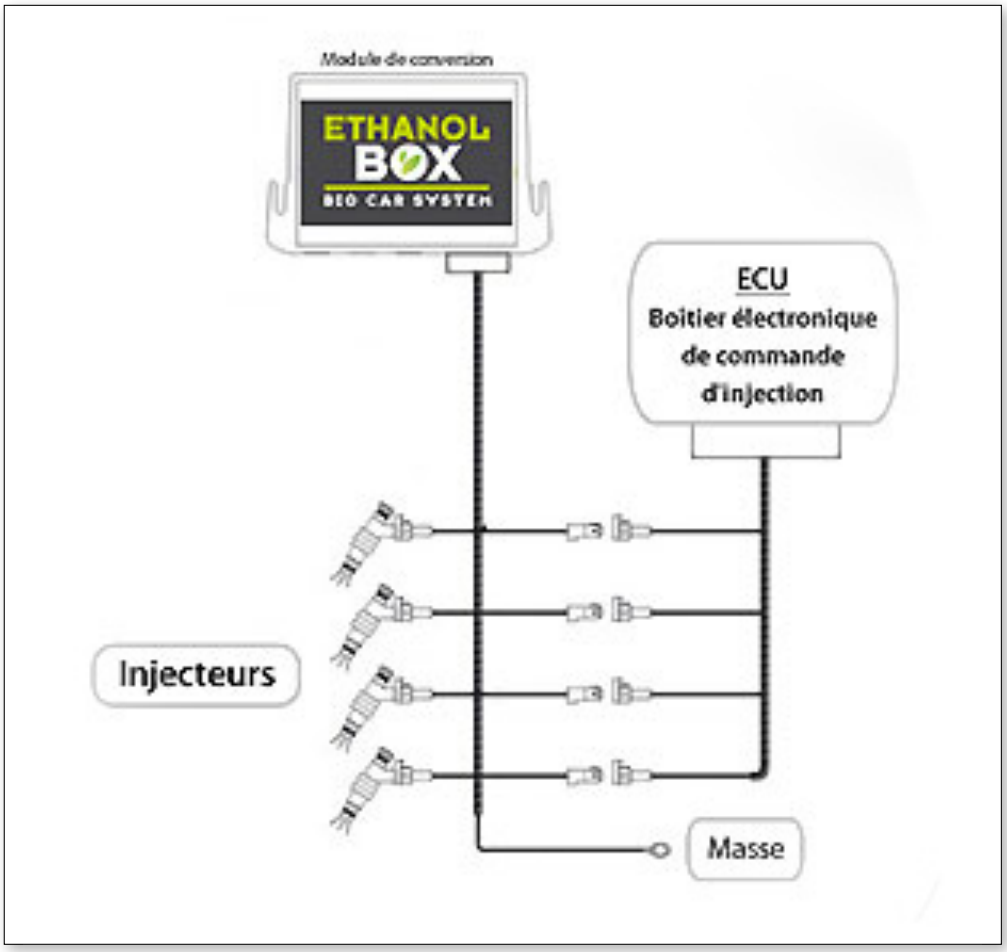
Sur le marché, il existe aujourd'hui des boîtiers d'adaptation qui permettent à un véhicule essence de fonctionner avec du carburant E85.

Ces boîtiers agissent uniquement sur le temps d'injection afin d'introduire une quantité plus importante de carburant avec une précision variable en fonction de la nature du boîtier utilisé.

Il existe aujourd'hui deux grandes familles de boîtiers :

→ Le boîtier simple
Il se contente uniquement de modifier la durée d'ouverture de l'injecteur sans tenir compte de l'information richesse ou encore du taux d'alcool présent dans le réservoir.

Un simple branchement en dérivation des injecteurs suffit :

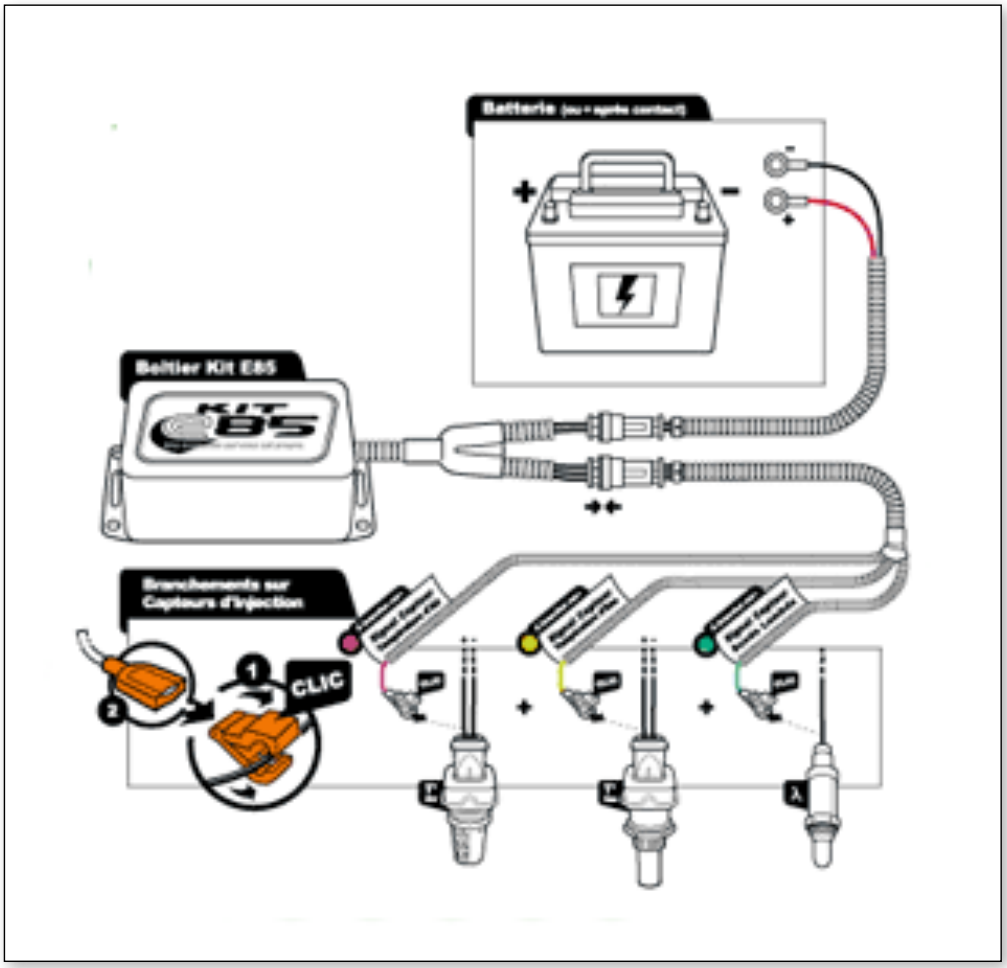


Source : www.ethanolbox.fr

→ Le boîtier adaptatif

Il modifie la durée d'ouverture de l'injecteur en fonction des informations richesse, température d'eau et température d'air qu'il récupère sur les capteurs du système d'injection d'origine.

Ce système plus évolué permet d'adapter l'augmentation de la durée d'injection en fonction du taux d'alcool présent dans le réservoir.



Source : www.kit-ethanol85.com

Réglementation

Sur le plan administratif, toute transformation du circuit d'alimentation en carburant d'un véhicule neuf ou occasion, impose la modification de la carte grise en bicarburation.

Pour effectuer la modification de la carte grise, la Préfecture demande une validation de la DRIRE en réception à titre isolé.
Cependant, pour la DRIRE, la simple pose d'un kit n'offre pas assez de garantie sur la fiabilité du moteur et du système d'injection.

Par conséquent toutes les demandes sont aujourd'hui refusées.
De plus, sans la carte grise modifiée, les véhicules équipés d'un kit sont systématiquement refusés au contrôle technique.

Autre particularité : les modifications réalisées sur les véhicules flex fuel par les constructeurs garantissent le bon fonctionnement du moteur. En revanche, les boîtiers d'adaptation au fonctionnement très basique peuvent générer des dysfonctionnements à long terme qui ne seraient pas pris en charge par les constructeurs.

5 CONCLUSION

Sur le plan mondial, le marché du bioéthanol est un marché en développement et sa pérennisation dépend directement du soutien des pouvoirs publics et du développement des filières de production.

D'après les objectifs de consommation et de production en biocarburants des principaux pays concernés (États-Unis, Brésil et Union Européenne), la consommation totale de biocarburants pourrait représenter près de 60 Mtep en 2015, faisant passer la part des biocarburants de 1,3 % actuellement à un peu plus de 3 % de la consommation mondiale de carburants (Chiffres IFP).

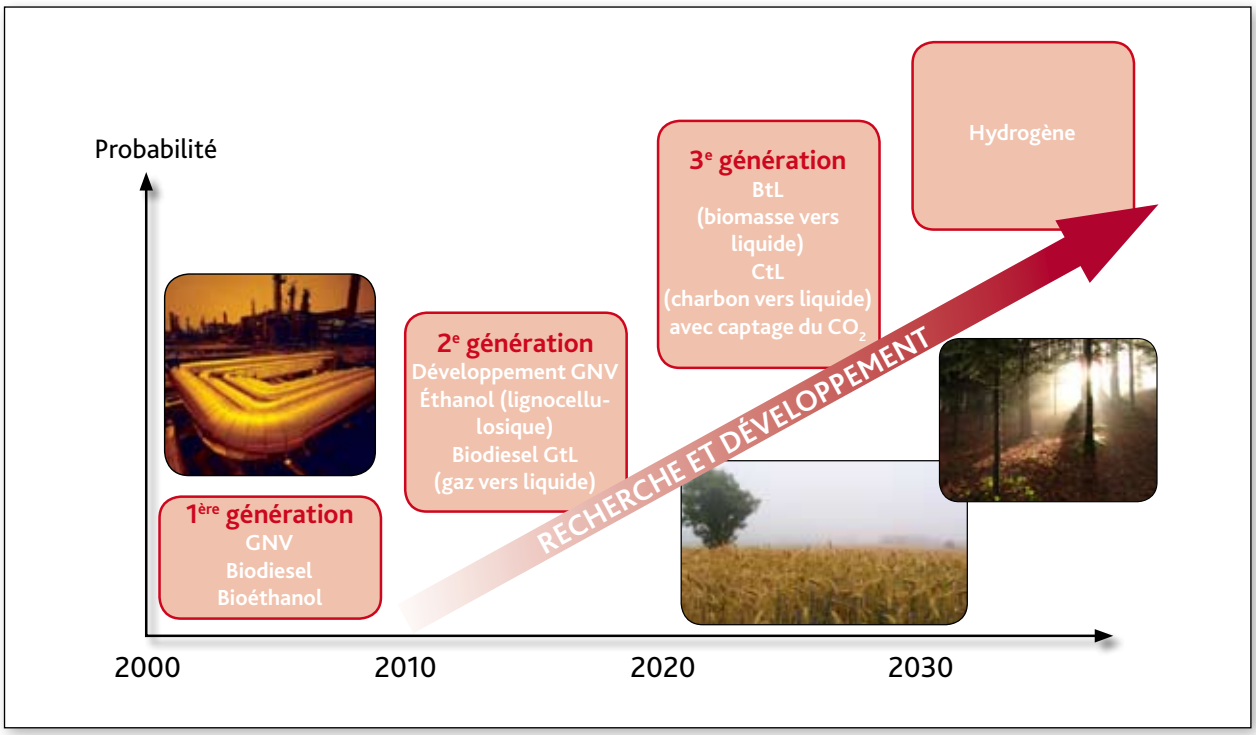
De plus, ces capacités de production devraient encore progresser avec le développement des biocarburants de deuxième génération pour le bioéthanol et de troisième génération pour le biodiesel (procédé Fischer-Tropsch).

Enfin, en réponse aux pouvoirs publics qui imposent l'intégration d'une quantité toujours croissante de biocarburants dans le carburant d'origine fossile, les industriels sont amenés à rechercher de nouvelles technologies au niveau du véhicule.

Ainsi, bien que la possibilité d'utiliser du biocarburant ait été évoquée il y a déjà plusieurs décennies, il en ressort que nous ne sommes qu'au début de son réel développement, car son impact sur l'effet de serre semble favorable et devrait s'amplifier grâce aux futures techniques de production.

Les biocarburants, et en particulier le bioéthanol, contribueraient donc réellement à une diversification des alternatives au pétrole.

→ Synthèse des développements futurs d'énergie alternative



Source : IFP

6 POUR EN SAVOIR PLUS

A. LA TECHNOLOGIE

Cette partie du site du Ministère de l'environnement canadien présente des informations techniques sur l'utilisation de l'éthanol dans les moteurs :
→ *www.ec.gc.ca/cleanair-airpur/CAOL/transport/publications/ethgas/ethgastocfr.htm*

Cette page offre l'accès aux supports de nombreuses conférences dont celle de Renault «Contraintes et mise au point des véhicules flex fuel» (2007) plusieurs fois citée dans ce dossier technique :
→ *www.cnam.fr/turbomachines-moteurs/publications*

Issu d'un partenariat entre le ministère de l'Éducation nationale et l'ANFA, le centre national de ressources pour la formation automobile propose diverses publications sur de nombreux domaines dont le remplissage moteur, l'effet de serre…
→ *www.educauto.org*

B. LA PRODUCTION

L'IFP (Institut Français du Pétrole) propose des études sur la recherche et le développement des technologies autour des biocarburants :
→ *www.ifp.fr*

Exemple de liens :

- Dossier biocarburants et hydrogène (voir également les liens au bas de cette page internet)
  www.ifp.fr/actualites/dossiers/les-biocarburants
- Synthèse 2007 sur les biocarburants
  www.ifp.fr/information-publications/notes-de-synthese-panorama/panorama-2007

La société suisse ENERS Energy Concept présente les procédés de fabrication du bioéthanol de première et de deuxième génération :
→ *www.eners.ch* (consulter plus particulièrement la rubrique «Dossiers»)
Cette société gère également la «Plateforme Biocarburants» qui regroupe des acteurs des filières biocarburants :
→ *www.plateforme-biocarburants.ch* (voir en particulier l'importante bibliothèque de documents dans la rubrique «Médias»).

→ C. LA RÉGLEMENTATION

Le site de l'ADEME (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie) propose des expertises et des analyses qui contribuent à la mise en place des réglementations :
→ *www.ademe.fr*

Exemples de liens :

- Séminaire sur la ressource biomasse (octobre 2005) :
  www2.ademe.fr/servlet/getBin?name=143E1824FD992EAB241DE790DD933ABF1147333520345.pdf
- Rapport sur les biogaz (septembre 2007) :
  www2.ademe.fr/servlet/getBin?name=7554D11A867CC73226EA33AE65BA52201195205449281.pdf
- Référentiel méthodologique d'analyse des impacts des filières biocarburants (avril 2008) :
  www2.ademe.fr/servlet/getBin?name=C734DFFAFDD6BF4F737A712AD222EB751213881543624.zip
- Analyse comparative d'études internationales portant sur les filières biocarburants (novembre 2006) :
  www2.ademe.fr/servlet/getDoc?cid=96&m=3&id=41339&p2=14228&ref=14228

Les sites de l'Union Européenne proposent les textes réglementaires dans différents domaines dont l'environnement :
→ *http://europa.eu*

Exemple de liens :

- Synthèse de la législation européenne
  http://europa.eu/scadplus/leg/fr/s14004.htm
- Rapport scientifique de la Commission européenne sur le bilan du «puits à la roue» (mars 2007) :
  http://ies.jrc.ec.europa.eu/uploads/media/WTW_010307.pdf

Le site de la Conférence internationale sur les biocarburants de Sao Paulo (novembre 2008) :
→ *www.biofuels2008.com*

→ D. LE DÉBAT SUR LES BIOCARBURANTS

Site présentant notamment les enjeux et les positions des différents acteurs européens dans le débat sur les biocarburants (mise à jour régulière) :
→ *www.euractiv.com/fr/transport/biocarburants-transports/article-152943*

Dépendant du ministère de l'Écologie, de l'Énergie et du Développement durable et de l'Aménagement du territoire, la Direction générale de l'énergie et du climat présente les différents discours, enjeux et rapports scientifiques sur les biocarburants :
→ *www.industrie.gouv.fr/energie/sommaire.htm*

Rapport de Greenpeace sur les bioénergies au Canada (juin 2007) :
→ *www.greenpeace.org/raw/content/canada/fr/documents-et-liens/documents/memoire-caaaq-ethanol.pdf*

Site internet d'un consultant dans le domaine de l'environnement qui propose un certain nombre de réflexions et de prospectives sur l'utilisation de l'énergie et les émissions de gaz à effet de serre :
→ *www.manicore.com*

- Et en particulier le texte «Que pouvons-nous espérer des biocarburants ?» (décembre 2004) : *www.manicore.com/documentation/carb_agri.html*

ANFA

SIÈGE NATIONAL

ANFA
41-49 rue de la Garenne
92313 Sèvres Cedex
Tél. : 01.41.14.16.18 ; fax : 01.41.14.16.00
www.anfa-auto.fr

DÉLÉGATIONS RÉGIONALES

ANFA Aquitaine, Poitou-Charentes
Parc technologique de Canteranne
15 avenue de Canteranne - 33600 Pessac
Tél. : 05.56.85.44.66 ; fax : 05.56.49.34.02
e-mail : bordeaux@anfa-auto.fr

ANFA Auvergne, Limousin
1 rue Képler - 63100 Clermont-Ferrand
Tél. : 04.69.16.78.40 ; fax : 04.69.16.78.41
e-mail : clermont@anfa-auto.fr

ANFA Bretagne, Pays de la Loire
2 cours des Alliés - BP 40 816 - 35008 Rennes Cedex
Tél. : 02.72.01.42.50 ; fax : 02.99.31.47.11
e-mail : rennes@anfa-auto.fr

ANFA Centre, Basse-Normandie, Haute-Normandie
98 rue des Hêtres - 45590 Saint Cyr en Val
Tél. : 02.72.01.42.20 ; fax : 02.72.01.42.21
e-mail : orleans@anfa-auto.fr

ANFA Franche-Comté, Bourgogne
Le Forum - 5 rue Albert Thomas - 25000 Besançon
Tél. : 03.69.32.23.20 ; fax : 03.69.32.23.21
e-mail : besancon@anfa-auto.fr

ANFA Île-de-France
41-49 rue de la Garenne - 92313 Sèvres Cedex
Tél. : 01.41.14.13.07 ; fax : 01.41.14.16.56
e-mail : sevres@anfa-auto.fr

ANFA Languedoc-Roussillon, Midi-Pyrénées
570 cours de Dion Bouton - 30900 Nîmes
Tél. : 04.83.07.10.20 ; fax : 04.83.07.10.21
e-mail : nimes@anfa-auto.fr

ANFA Lorraine, Alsace, Champagne-Ardenne
1 rue Jean-Antoine Chaptal - 57070 Metz
Tél. : 03.69.32.23.10 ; fax : 03.69.32.23.11
e-mail : metz@anfa-auto.fr

ANFA Picardie, Nord-Pas-de-Calais
Immeuble Sanelec - ZAC La Vallée
Rue Antoine Parmentier - 02100 Saint-Quentin
Tél. : 03.61.32.14.40 ; fax : 03.23.64.30.36
e-mail : stquentin@anfa-auto.fr

ANFA Provence-Alpes-Côte d'Azur, Corse
Parc Club des Aygalades - Bâtiment D
35 boulevard du Capitaine Gèze - 13014 Marseille
Tél. : 04.83.07.10.00 ; fax : 04.91.90.97.72
e-mail : marseille@anfa-auto.fr

ANFA Rhône-Alpes
40 rue Hélène Boucher
69140 Rilliieux-la-Pape
Tél. : 04.72.01.43.93 ; fax : 04.72.01.43.99
e-mail : rillieux@anfa-auto.fr