

Les émulsions eau-gazole

SOMMAIRE

1	Généralités	64
2	Caractéristiques	65
3	Fabrication.....	68
4	Émulsion gazole-éthanol.....	70
5	Bio-émulsion	70
6	Couplage FAP et émulsion.....	71
7	Création de l'emulsion embarquée.....	72
8	Pour en savoir plus	72

1 Généralités

Ce carburant EEG se compose d'une émulsion d'eau dans le gazole, émulsion conforme aux spécifications définies par l'arrêté du 4 septembre 2000 publié au Journal Officiel en date du 4 octobre 2000. La base gazole entrant dans la composition de l'EEG répond en tous points à la norme européenne EN 590 actuellement en vigueur, qui définit les caractéristiques du gazole commercial distribué dans l'Union européenne.

Il est cependant possible d'avoir une émulsion avec un gazole à 50 ou 10 ppm de soufre et une émulsion type « grand froid ». La quantité d'eau est de l'ordre de 9,5 à 15 % selon les fournisseurs et les pays. Pour ce produit, il n'existe pas de spécification européenne, les spécifications sont définies par pays.

Pour la France, la spécification est la suivante : **NF M 15-021**

Caractéristiques	Méthodes	unités	Limites	
			mini.	maxi
Corrosion cuivre	NFM 07-098	SD		class 1
Stabilité: À 5min pente 5-15 (%à 15 - %à 5)/10	NFM 07-101	%(v/v) %(v/v) / min	0,3	9
taux Soufre	NFM 07-100	mg/kg		[S(100-y)]/100
taux d'eau	NFM 07-104	%(m/m)	9	15
Viscosité Cinématique à 40°C	NFM 07-097	mm ² /s	2,5	7
Densité à 15°C	NFM 07-096	kg/m ³	835	870
CFPP	NFM 07-099	°C		hiver : -15 été : 0
Lubrilité à 60°C	NFM 07-103	m		460
Flash Point (Cleveland)	NFM 07-102	°C	70	

La couleur blanche des produits est liée à la taille des gouttes d'eau qui ne laisse passer que certaines longueurs d'onde de la lumière.



Source Lubrizol

Compte tenu des caractéristiques physico-chimiques du produit décrites ci-dessous, les avantages principaux en termes d'émissions sont :

- la réduction des émissions de particules par réduction de la taille des gouttes de carburant dans la chambre de combustion ;
- la réduction des émissions de NO_x consécutive à la réduction de la température dans la chambre apportée par la vaporisation de l'eau (chaleur latente)

Les conséquences en termes d'exploitation sont :

- une surconsommation liée à la présence d'eau ;
- la nécessité d'installer une cuve spécifique pour les véhicules utilisant une EEG ou d'utiliser le produit pour toute la flotte ;
- la nécessité d'un échange avec le constructeur pour obtenir son accord compte tenu des spécificités du moteur ;
- la nécessité de remettre en état (ou au moins de contrôler l'état) les moteurs anciens (avant Euro0 jusqu'à Euro1), notamment au niveau des injecteurs et des systèmes d'injection et plus généralement d'utiliser le produit sur des moteurs en bon état.

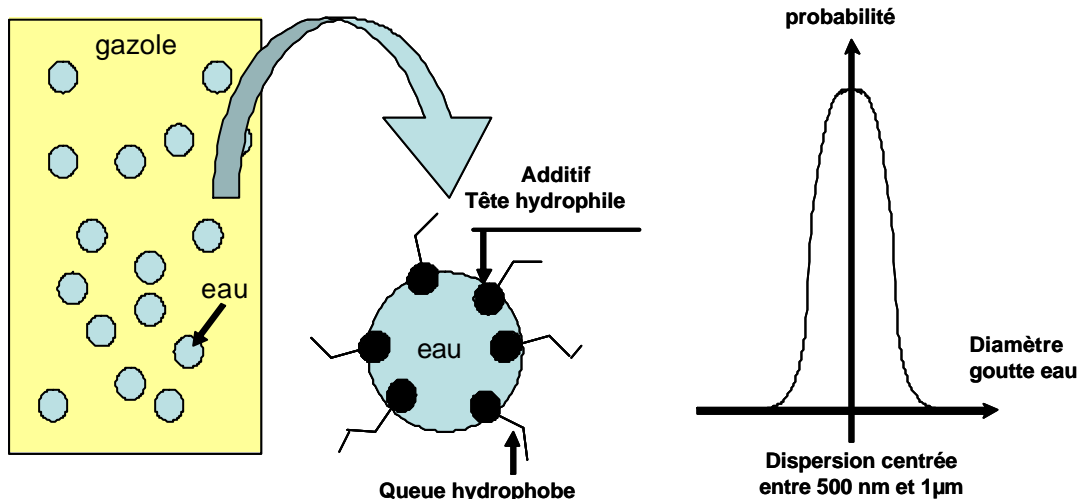
L'ADEME a mené depuis 1999 des évaluations sur les émulsions en utilisation réelle dans des flottes. Les performances en terme d'émissions et d'exploitation sont précisément quantifiées pour le cas des bus dans le tome 2, chapitre 3 *Résultats des évaluations sur les émulsions*.

L'utilisation d'une émulsion eau-gazole est limitée par la Loi :

- dans les moteurs Diesel entraînant des véhicules dont la masse en charge techniquement admissible est supérieure à 3,5 tonnes et faisant partie d'une flotte professionnelle disposant d'une logistique d'approvisionnement spécifique ;
- dans les moteurs Diesel entraînant des engins ferroviaires ou sur des groupes électrogènes et autres matériels non routiers.

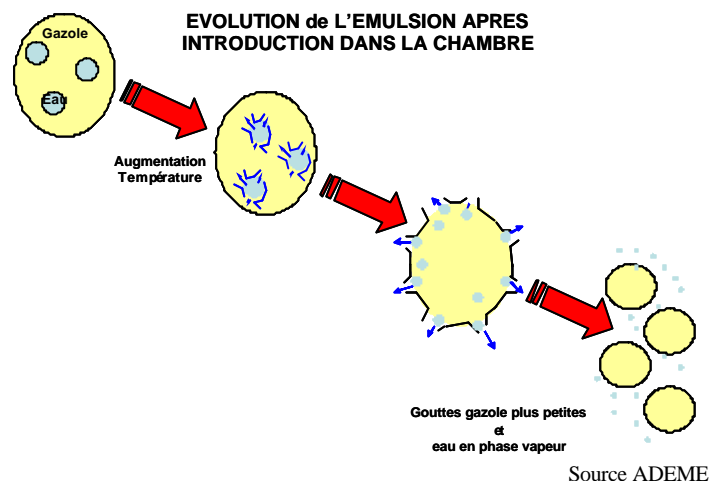
2 Caractéristiques

L'émulsion est réalisée avec de l'eau, sous forme de gouttelettes dont les diamètres sont inférieurs au micron, stabilisée dans le temps par des additifs tensioactifs. La dispersion des diamètres des gouttes d'eau doit être la plus réduite possible. Des additifs antigel peuvent aussi être introduits (mono éthylène glycol).



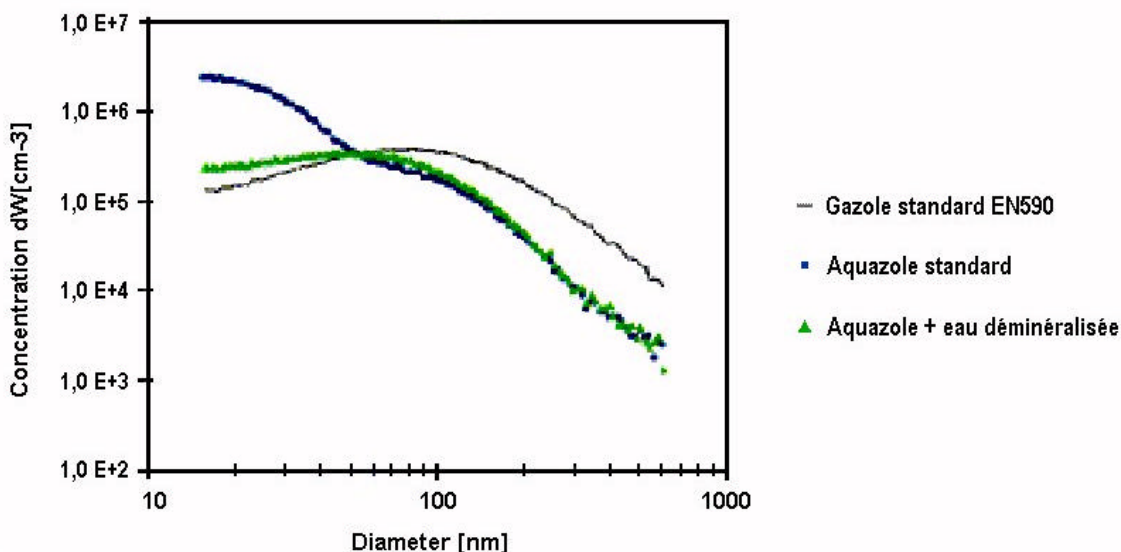
Source ADEME

Le diamètre de la goutte est un compromis entre la stabilité dans le temps nécessitant des petites gouttes et la vaporisation de la goutte d'eau incluse dans la goutte de gazole introduite dans la chambre nécessitant des grosses gouttes.



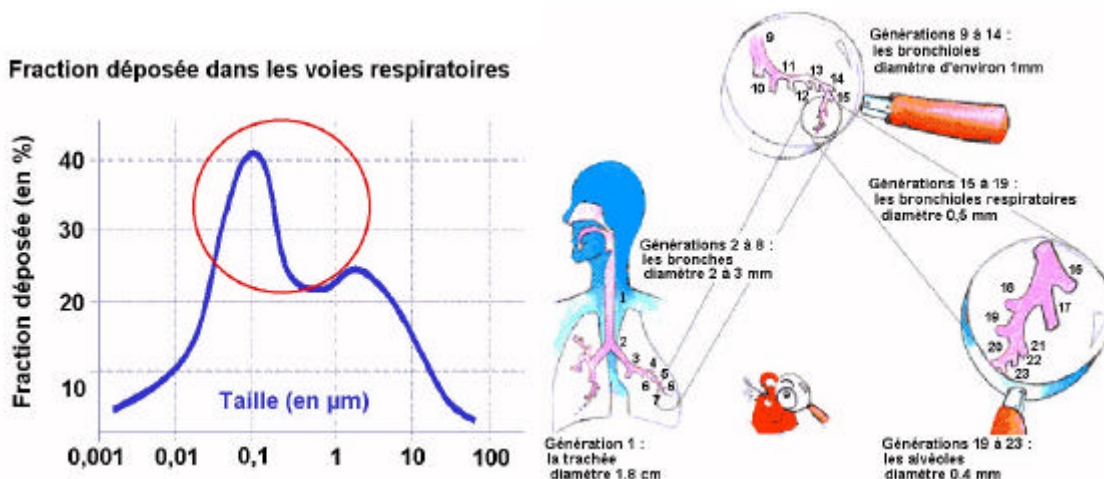
La stabilité dans le temps de l'émulsion est de l'ordre de 4 mois. Après ce délai, la couche plus crémeuse se stratifie avec plus d'eau dans un premier temps, puis par une séparation de l'eau et du gazole après 6 à 12 mois.

D'autre part, la présence de minéraux dans l'eau peut amener une augmentation du nombre de fines particules tout en réduisant les grosses, donc la masse globale. Ce phénomène a été démontré par des mesures réalisées en Suisse :



Source TOTALFINAELF /TTM – The Nanoparticulate Congress, Zurich, August, 2000

Compte tenu de la toxicité supérieure des fines particules, elles pénètrent plus profondément dans l'arbre respiratoire, un programme financé par l'ADEME a été initié pour confirmer ces résultats (voir tome 2, chapitre 3 *Résultats des évaluations sur les émulsions*).



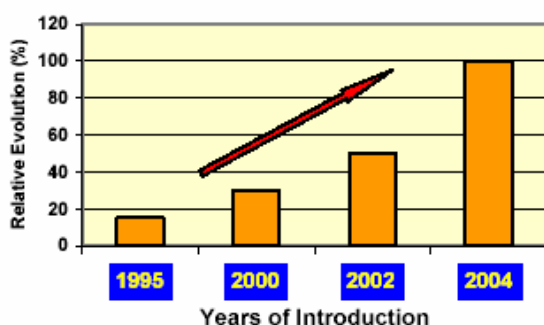
Source ADEME/INRETS

Là encore, les spécifications varient selon les pays; La France ne spécifie pas l'usage d'une eau déminéralisée alors que l'Italie le fait. Le projet européen de définition des émulsions en cours de rédaction mentionne l'utilisation d'eau déminéralisée. Certains fournisseurs proposent dès aujourd'hui une émulsion composée d'une eau déminéralisée par osmose.

Les résultats tendent à être meilleur avec les moteurs Euro3 par rapport aux moteurs antérieurs par un mouillage de paroi réduit, lié à une injection mieux maîtrisée. La validation de la tenue des systèmes d'injection reste un problème car les constructeurs ne valident pas systématiquement toutes les émulsions pour l'ensemble des moteurs qu'ils mettent sur le marché. Un essai moteur défini au niveau européen, couplé avec une spécification européenne de l'émulsion pourrait améliorer la situation. Le groupement des fabricants d'émulsions (Total, Cam Tech et BP) travaille sur ce sujet.

Les problèmes de tenue des systèmes d'injection avec ce type de produit sont liés à l'échauffement du carburant après compression à plus de 1000 bars, puis lors du retour dans le réservoir. Cette montée en température peut entraîner une séparation de l'émulsion. Les fabricants d'émulsion s'efforcent donc d'améliorer la stabilité en température:

Improvement of Stability at 75°C



Source TOTAL, SAE 2004-01-1885

Un accord du constructeur est nécessaire surtout lors d'un changement de technologie majeur ou d'un changement de norme Euro. Les résultats peuvent être différents suivant les technologies d'injection, *common-rail* ou injecteur pompe, compte tenu des conditions « pression/température » différentes selon les systèmes employés.

D'un point de vue économique, l'avantage fiscal d'une émulsion pour un exploitant de bus, se situe bien au niveau de la TIPP qui est de 24,54 €/hl comparé à 41,69 €/hl pour le gazole (<http://www.industrie.gouv.fr/cgi-bin/industrie/frame0.pl?url=/energie/sommaire.htm>).

Les produits distribués, en France, sont :

- l'Aquazole ® de TOTAL ;
- le Gecam de Cam Tech ;
- l'Aspira de BP / Lubrizol

La consommation d'émulsion a été, en France, en 2001 de l'ordre de 12 000 m³, et en 2002, 17 000 m³.

3 Fabrication



Station de distribution de Gecam



Process de fabrication de l'émulsion : pompe pour mélanger eau et gazole (Gecam)



Déméralisation de l'eau par osmose (Gecam)



Process de fabrication de l'émulsion : mélange Mono éthylène glycol (Gecam)

Photos G.PLASSAT



unité production Aquazole, Source TOTAL

La fabrication d'une émulsion nécessite l'utilisation de pompes pour créer les fines gouttes d'eau et les mélanger au gazole. Le travail nécessaire est de l'ordre de 120 kW/h pour 20 000 litres par heure, soit 6 W/litre soit 21,6 kJ/litre avec 18,4 gCO₂/MJ (en France), soit 0,397 gCO₂/litre pour faire l'émulsion à rajouter au bilan gaz à effet de serre. (Rappel : émissions de 1 litre gazole=320 gCO₂, versus émulsion 10 %=260 gCO₂).

Les dernières formules d'émulsion sont miscibles avec du gazole, ce qui présente un avantage certain pour les exploitants car il donne la possibilité de faire un plein avec du gazole standard. L'exploitation d'une flotte d'autobus avec une émulsion ne pose pas de problèmes techniques majeurs :

- la perte de puissance (due au plus faible pouvoir calorifique du carburant) est considérée comme acceptable ;
- la réduction des fumées visibles est bien identifiée dans les ateliers.

4 Émulsion gazole-éthanol

Des émulsions gazole-éthanol existent, notamment en Suède, en raison d'une production d'éthanol importante dans ce pays. La société Akzo Nobel propose, pour des moteurs Diesel, deux types de carburants en développant des additifs adaptés :

- éthanol à 90 % avec 5 à 7 % d'additifs pro-cétane compte tenu de l'indice de cétane très faible de l'éthanol ; ce carburant est présenté dans le chapitre 3, *Les biocarburants* ;
- éthanol à 10-15 % dans le gazole avec des additifs tensioactifs, car l'éthanol n'est miscible dans le gazole qu'à hauteur de 1 ou 2 % uniquement.

Ce dernier carburant est bien une émulsion, mais l'eau est remplacée par l'éthanol. Les caractéristiques sont les suivantes :

	Danish Diesel ULSD	E-diesel
Viscosité, 40 °C, cSt	2.7	2.3
Flash point °C	59	<23
% soufre ppm	47	<47
CFPP °C	-20	-20
Cloud point °C	-3	-2
Cétane number	54	52
HFRR µm WSD	374	313

Les avantages présentés dans la littérature sont :

- une réduction des émissions polluantes concernant les particules et les NOx ;
- une réduction des émissions de gaz à effet de serre liée à l'usage d'un biocarburant ;
- une diminution des performances de 6 à 8 % ;
- une augmentation de la consommation de 3 à 6 % (l'écart avec l'eau est lié au PCI de l'éthanol).

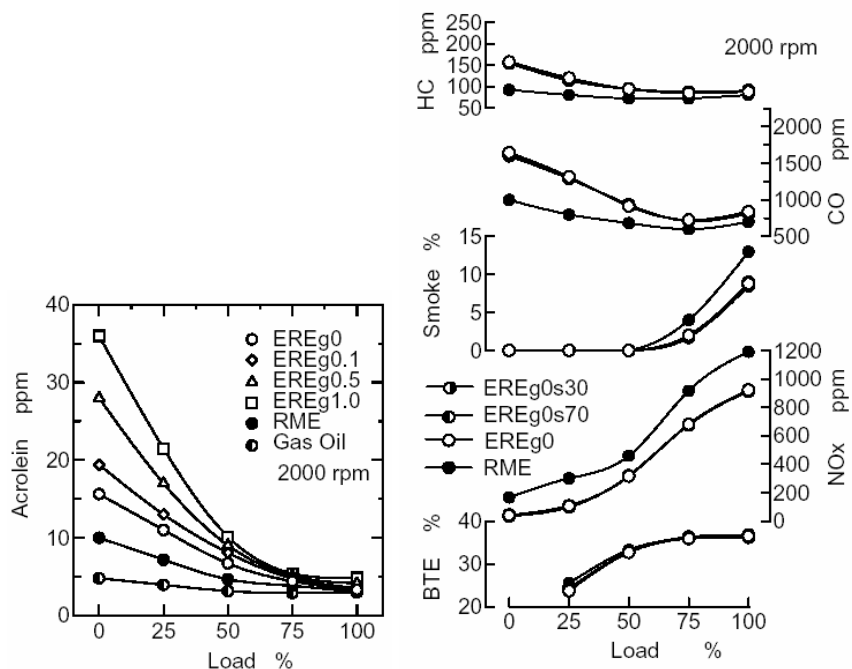
L'inconvénient principal est lié à la tension de vapeur de l'éthanol qui impacte les conditions de sécurité des dépôts.

La mise sur le marché de ce type de carburant n'est pas envisagée en France à court terme. Un ester est préféré pour les biocarburants (ester méthylique de colza essentiellement).

5 Bio-émulsion

D'autre part, il peut être envisagé de coupler l'effet de la présence d'eau pour réduire les polluants avec l'utilisation d'un biocarburant comme le Diester pour réduire les émissions de gaz à effet de serre. En effet, le Diester (voir chapitre sur le Diester) présente des caractéristiques physico-chimiques qui permettent de le mélanger au gazole sans modification moteur à hauteur de 30%. Ce mélange pourrait donc être composé d'environ 63% de gazole, 27% de Diester et 10% d'eau. Les risques d'hydrolyse liés à la présence d'eau et d'ester à de hautes températures restent à valider. De même, l'effet de l'ester sur les additifs tensio-actifs reste à quantifier au niveau de la stabilité au stockage. Des essais en laboratoire sont à faire en préalable à des évaluations de ce carburant sur véhicule.

Une première publication a été faite sur ce sujet SAE 2004-01-1860. L'additif utilisé est du glycérol pur avec des teneurs variant de 0% (pas d'additif) à 3%. Elle conclut qu'une émulsion de Diester et d'eau (15%) permet de réduire de plusieurs pourcents les émissions de NOx et particules, mais entraîne une augmentation de la teneur en acroléine (polluants non réglementés).

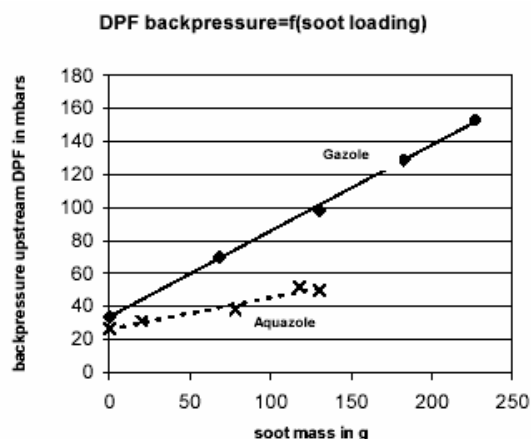


Test fuels		EREg0	EREg0.1	EREg0.5	EREg1.0	EREg0s30	EREg0s70
Rotation number of stirrer	rpm	300	300	300	300	600	420
RME	wt %	85	84.9	84.5	84	85	85
Water	wt %	15	15	15	15	15	15
Emulsifier	wt %	0	0.1	0.5	1	0	0
S.M.D.	μm	170	113	26	15	30	70
Viscosity@313K	mm^2/s	13.8	18.8	57.5	87.4	51.6	27.1

Source SAE 2004-01-1860

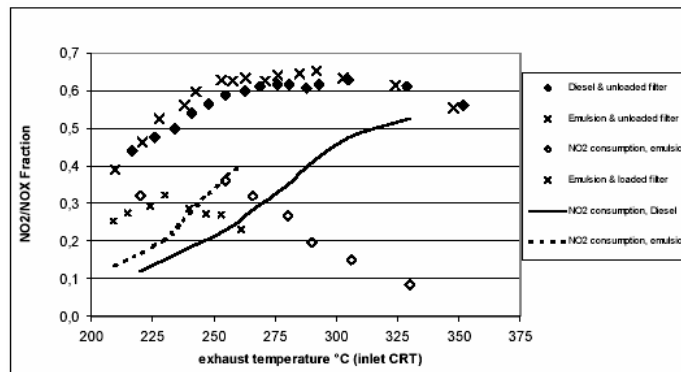
6 Couplage FAP et émulsion

L'usage d'une émulsion avec un filtre à particules (FAP) est envisagé par plusieurs flottes. Les résultats de l'ADEME sur ce sujet sont présentés dans le chapitre traitant des FAP. D'une manière générale, compte tenu des gains apportés par le carburant en terme de réduction d'émissions de suies, le couplage émulsion/FAP permet de réduire le chargement du FAP, donc ses régénérations et la surconsommation qu'il entraîne.



Source TOTAL, SAE 2004-01-1885

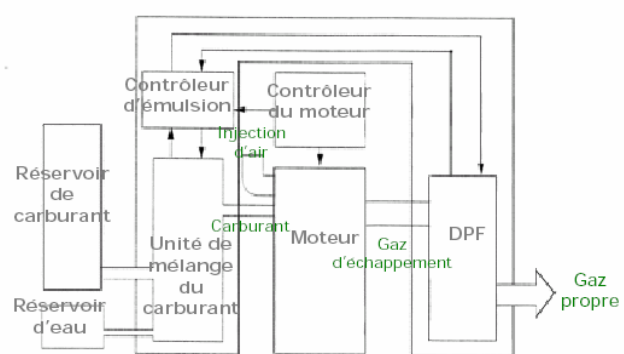
D'autre part, la régénération du FAP est améliorée par l'usage d'une émulsion. La consommation de NO_2 est en effet supérieure avec une émulsion, la combustion des suies est donc améliorée.



Source TOTAL, SAE 2004-01-1885

7 Création de l'emulsion embarquée

La société S&S Engineering Co (www.sseng.co.jp) a développé un système applicable *retrofit* pour réaliser une émulsion à bord même du véhicule utilisant un réservoir d'eau en plus du réservoir de gazole. Le taux de mélange, avec ajout d'un émulsifiant est contrôlé électroniquement selon les conditions de fonctionnement du moteur. Un FAP est nécessaire pour les périodes sans ajout d'eau (démarrage, etc). Des véhicules équipés sont en essais au Japon.



8 Pour en savoir plus

- *Moteurs et carburants*, M.Guibet Edition Technip
- *Les carburants : évolutions et perspectives*, ADEME réf 4024
- *Les particules de combustion automobile et leur dispositifs d'élimination*, ADEME réf 4783.
- TOTAL : Aquazole
www.total.fr/pro/part7/chap7/index.htm
www.aquazole.com
- GECAM France : Gecam
www.gasoliobianco.com/english/
- BP : Aspira
www.lubrizol.com/
- Akzo Nobel :
www.ibmer.waw.pl/ecbrec/images/Akzo%20Nobel.pdf