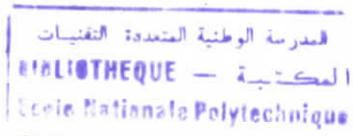


Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE
Département Génie Chimique
Laboratoire de Valorisation des Energies Fossiles

Projet de Fin d'Etudes
En vue de l'obtention du diplôme
D'Ingénieur d'Etat en Génie Chimique

Etudié par :
Melle Bensari Ikram
Thème :

Contribution à l'étude
Du Gasoil D'Arzew

Soutenu publiquement en Juin 2004 devant le jury composé :

Mr.T. Ahmed Zaid	Maître de conférence	Président
Mr.C.E. Chitour	Professeur	Rapporteur
Mme.A.Mefti	Chargée de cours	Rapporteur
Mme. Meziani	Chargée de cours	Examineur
Mme. Haddoum	Chargée de cours	Examineur
Mr. Djellout	Directeur NAFTEC	Invité

Résumé :

Notre travail consiste en une caractérisation physico-chimique la plus complète possible des gasoils légers et lourd issus de la raffinerie d'Arzew suivi d'une distillation ASTM, nous nous sommes proposés aussi d'étudier le mélange de ces deux gasoils afin d'améliorer certaines caractéristiques d'un carburant pour moteur diesel.

Nous avons déterminé la composition chimiques globales des différentes familles d'hydrocarbures au biais des méthodes empiriques n.d.M et n.d.PA.

A la fin une synthèse des résultats obtenus avec d'autres gasoils algériens est donnée pour mieux situer nos deux coupes gasoil.

Mots clés : Gasoil, caractéristiques physico-chimique, Distillation, composition chimique.

Abstract :

Our work consists on a physico-chemical characterization of Arzew's refinery gasoils, light and heavy followed by an ASTM distillation. We have also studied a mixture of these two gasoils in order to improve some characteristics required diesel engine fuel.

We have determined the global chemical composition of the the gasoil in different hydrocarbon's families by the empiric methods n.d.M et n.d.PA.

At the end, an overviews of the results obtained with ther Algerian gasoils has been given in order to better up our gasoils.

Key words : gasoil, physico-chemical characterization, Distillation, chemical composition.

ملخص :
يتمثل عمليا في وصف الخامات البترولية كيميائية لكل من المازوت الخفيف والثقيل الذين تنتجها مصفاة تكرير البترول بأرزو، تليه عملية تقطير ASTM ودرسا مزيجا مكونا من 50% مازوت خفيف و 50% مازوت ثقيل بهدف تحسين بعض الخواص التي تتطلبها محركات ديزيل كما قمنا بتحديد التركيبة الكيميائية العامة للمازوت من حيث العائلات الهيدروكربونية بتطبيق طريقتي n.d.M و n.d.PA
وفي المآخذ قدّمنا خلاصة النتائج المتحصل عليها مع أطلع أخرى من المازوت الجزائري من أجل تصنيف أحسن لمازوتنا .
كلمات المفاتيح : مازوت ، الخواص البترولية كيميائية ، تقطير التركيبة الكيميائية

Remerciements

D'abord je remercie *bon dieu ; tout puissant* , qui m'a donne la foi et la volonté d'arriver à ce stade , sans lui je n'aurais pu acquérir tout ce savoir .

Je ne trouve de termes forts pour exprimer mes vifs remerciements à Pr.C.E.Chitour , ainsi que Mme.A.Mefti « chargée de cours au département G. Chimique », pour avoir proposé et encadré ce sujet et pour m'avoir fait profiter de leur immense connaissance , je leur adresse un MERCI tout particulier pour ces années fructueuses.

Je remercie vivement les membres de jury qui ont accepté de jugé ce travail.

-Mr T.Ahmed Zaid qui m'a fait l'honneur de présider la commission d'examen et pour sa vive contribution à ce sujet .

-Mme Haddoum et Mme Méziani pour avoir accepté d'examiner ce travail .

- Mr. Djellout pour son aide précieuse et l'honneur qu'il nous fait d'assister en tant qu'invité .

Je tiens à remercier également Mme A.Bensaid , pour tous les tests d'analyses effectués sous sa direction dans son laboratoire (NAFTAL) .

J'aimerais également remercier Mr.Benrebah , chef de laboratoire raffinage de l'IAP, ainsi que toute l'équipe qui m'ont aidé à réaliser quelques essais .

Je n'oublierai pas de citer ici Mme Souahi pour ses précieux conseils et son soutien tout au long de ce travail .

Enfin, je tiens à exprimer ma vive et grande reconnaissance à toutes personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail .

Dédicaces

Je dédie ce travail aux deux personnes qui me sont les plus chères au monde et à qui je serai toujours redevable , à *ma mère* et *mon père* , si par les mots je ne pourrai exprimer l'ampleur de ma gratitude infinie pour leur Soutien permanent , je me contenterais alors de leur dédier le fruit de ces efforts .

Je tiens à dédier ce travail du fond du cœur au plus chère être de mon cœur , *MERZAK* , qui m'a tant aidé et soutenu durant ces cinq années .

A mes sœurs et frère , et à toute ma grande famille sans oublier aucun d'eux .

A ma cousine, bien aimée , Lamiya , qui m'a toujours apporté de l'aide .

A tout mes amis du département Génie Chimique pour leur bonne humeur pendant ces années , et qui ont su créer une ambiance chaleureuse au sein du département .

A mes amies , Nafissa , Dalel , Maliya , Yasmine .

A toutes personnes qui me sont chères .

Sommaire

Introduction générale

Partie Théorique

Chapitre 1 : Caractéristiques physico- chimiques de la coupe Gasoil .

1-1	Caractéristiques des principales servant à la formulation de gasoil.....	1
1-2	Caractéristiques physico-chimiques du gasoil	5
1-2-1	La densité	6
1-2-2	La volatilité	6
a)-	La courbe de distillation	6
b)-	Le point d'éclair	6
1-2-3	La viscosité	7
1-2-4	Caractéristiques à basses températures	7
1-2-4-1	Le point de trouble	8
1-2-4-2	Le point d'écoulement	8
1-2-4-3	La température limite de filtrabilité	8
1-2-5	Auto inflammation et l'indice de cétane	8
1-2-6	Le point d'aniline	9
1-2-7	L'indice de réfraction	9
1-2-8	Propriétés liées au stockage et à la distribution.....	9
a)-	Le point d'éclair	9
b)-	La stabilité du gasoil.....	10
1-2-9	La teneur en soufre	11

Chapitre 2 : Normes et Spécification du gasoil .

2-1	Les spécifications et la qualité du gasoil.....	13
2-2	Normes et spécifications	14
2-2-1	Spécification du gasoil selon la norme algérienne.....	14
2-2-2	Spécification du gasoil selon la norme Européenne	16

Chapitre 3 : Le gasoil et l'environnement .

	Introduction	18
3-1	Les principaux composants contribuant à la pollution de l'environnement..	18
3-1-1	La teneur en soufre	18

3-1-2 Effets de dioxyde de soufre sur la santé	18
3-1-3 Les techniques de désulfuration	18
a)- L'hydrodésulfuration	19
b)- Les nouvelles techniques de désulfuration	19
b-1)- La bio désulfuration.....	20
b-2)- Alkylation d'oléfine de soufre thiophenic.....	20
b-3)- Extraction liquide – liquide	20
b-4)- Les procédés SARS.....	21
b-5)- Désulfuration des gasoils par transfert de charge	21
3-2 Les hydrocarbures aromatiques HAP	21

Partie Expérimentale

Chapitre 4 : Caractérisations physico-chimiques des gasoils de la raffinerie d'Arzew

Préambule.....	25
4-1 Détermination des propriétés physico-chimiques du gasoil	25
4-1-1 Echantillon 1.....	26
a)- Caractéristiques physico-chimique du GOIZ.....	26
b)- La distillation ASTM du GOIZ.....	27
b-1)- Courbe de distillation ASTM.....	27
b-2)- Courbe de lissage de la distillation ASTM GOIZ.....	28
c)- Comparaison des résultats selon les normes algériennes et européennes.....	28
d)- Commentaire sur les résultats d'analyse du gasoil GOIZ.....	29
4-1-2 Echantillon 2.....	30
a)- Caractéristiques physico-chimique du GOLZ.....	31
b)- La distillation ASTM du GOLZ.....	31
b-1)- Courbe de distillation ASTM.....	32
b-2)- Courbe de lissage de la distillation ASTM GOLZ.....	33
c)- Comparaison des résultats selon les normes algériennes et européennes.....	33
d)- Commentaire sur les résultats d'analyse du gasoil GOLZ.....	34
4-1-3 Echantillon 3	34
a)- Caractéristiques physico-chimique du mélange.....	35
b)- La distillation ASTM du mélange.....	35

b-1)- Courbe de distillation ASTM.....	36
c)- Comparaison des résultats selon les normes algériennes et européennes.....	36
d)- Commentaire sur les résultats d'analyse du mélange.....	37
4-2 Détermination de la composition chimique par la méthode n .d. M et n .d. PA.....	37
Chapitre 5 : Comparaison des caractéristiques du gasoil d'Arzew avec celles d'autres Raffineries .	
Introduction	38
5-1 Etude comparative entre les bases des raffineries D'Alger et d'Arzew	38
5-2 Etude comparative des différents gasoils marché intérieur	39
5-3 Commentaire	40
Conclusion générale	41
Annexe 1 : Essai normalisé.	
Annexe 2 : Détermination des propriétés physico-chimique du gasoil.	
Références bibliographiques	

الدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

Partie Théorique

الدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

Caractéristiques de La coupe Gasoil

Introduction Générale :

Ce travail s'inscrit dans le cadre des activités du Laboratoire de Valorisation des Energies Fossiles de l'Ecole Nationale Polytechnique sous la direction du Pr.C.E.Chitour.

Il fait suite à d'autres travaux ayant pour objectif une meilleure connaissance de gasoils algériens [1] [2] [3].

Après les gasoils de Hassi Méssaoud, d'Alger et de Skikda, nous nous sommes intéressés, dans le cadre de cette étude, aux gasoils de la raffinerie d'Arzew.

Le gasoil, produit pétrolier utilisé par excellence comme carburant diesel, a vu son essor grandir, grâce à l'amélioration, dans sa conception du point de vue thermodynamique du moteur diesel qui s'est développé considérablement ces dernières années.

Pour ce faire, notre travail consiste, en première partie, en un rappel bibliographiques sur la coupe gasoil; les normes et spécifications et l'impact du gasoil sur l'environnement.

Une étude des caractéristique physico-chimique est menée par le biais des essais normalisés, et par l'application des méthodes empiriques afin de déterminer la composition chimique globale.

En dernière partie, une synthèse des différents gasoils algériens est faite pour mieux situer nos gasoils par rapport à ceux des études précédentes.

I-1 Caractéristiques des principales bases servant à la formulation de gasoil

Pendant de longues années, la production de carburant diesel était assurée essentiellement par simple *distillation atmosphérique* du *pétrole brut*. La coupe 180-360°C fournissait alors un produit dont les caractéristiques étaient généralement conformes aux spécifications. Le seul ajustement consistait à opérer une désulfuration légère, dans le cas où l'on traitait un brut riche en soufre.

Aujourd'hui, la situation s'est profondément modifiée avec le développement des opérations de *conversion des produits* lourds qui produisent toutes des coupes moyennes. Celles-ci sont intégrées dans le pool gasoil, mais doivent subir préalablement des hydrodésulfurations et des hydrotraitement [5].

L'obtention simultanée de bonnes caractéristiques à froid et d'un indice de cétane suffisant, constitue le principal objectif du raffineur, lors de la formulation du gasoil. A cela s'ajoute la nécessité d'une désulfuration profonde [3].

On notera que la composition et les propriétés des gasoils de conversion seront très tributaires de l'alimentation et des conditions de fonctionnement de l'unité [5].

La figure 1 montre un schéma de l'implantation des différents procédés conduisant à l'obtention de coupes gasoils

Le tableau 1 montre quelques caractéristiques physico-chimiques des principaux effluents de raffineries susceptibles d'intervenir dans la constitution du pool gasoil. Le rendement massique (c'est à dire la quantité de produit obtenue par rapport à la charge) correspondant à chaque base est également indiqué [5].

Caractéristiques	Charges									
	Brut paraffinique			Brut naphtéinique		Distillats sous vide		Résidus sous vide		Résidu atmosphérique désasphalté
	Distillation atmosphérique			Distillation atmosphérique		FCC	hydro-craquage	Visco-réduction	Coké-faction	hydrocraquage
Rendement (%masse)	30,3	32,8	36,7	29,2	47,2	10-15	30-40	5-15	35	20
Masse volumique à 15°C (kg /dm ³)	0,835	0,825	0,843	0,827	0,856	0,930	0,814	0,845	0,900	0,807
Distillation (°C)										
PI	170	180	170	180	170	170	220	170	170	260
PF	370	375	400	350	370	370	370	370	370	380
Point de trouble (°C)	-5	-2	+1	-10	-20	-5	-17	-4	-8	-13
Point d'écoulement*(°C)	-12	-9	-6	-18	-33	-14	-20	-18	-20	-18
Indice de cétane	50	51	54	54	43	24	64	40	28	70
Teneur en soufre (% masse)	0,12	0,04	0,83	0,80	0,09	2,8	0,001	2,33	2,1	0,0005

Tableau 1.1 : Exemples de bases utilisées pour la formulation du gasoil [4].

Les propriétés des gasoils de distillation directe (straight run) dépendent à la fois de la nature du pétrole brut et de l'intervalle de distillation choisi.

Ainsi, les bruts paraffiniques fournissent des coupes d'indice de cétane satisfaisant mais de caractéristiques à froid médiocres ; l'inverse sera observé avec des bruts naphtéiniques ou aromatique .La demande croissante en gasoil pourrait inciter le raffineur à augmenter le point final de distillation , mais il en résulterait une détérioration des caractéristiques à froid . Ainsi, on admet généralement qu'un gain de rendement sur brut de 0.5% en masse peut entraîner une élévation du point de trouble de 1°C. Le compromis entre quantité et qualité apparaît donc ici particulièrement difficile à établir.

La coupe gasoil provenant du craquage catalytique , appelée Light Cycle Oil (LCO), se caractérise par un indice de cétane très faible (de l'ordre de 20), de fortes teneurs en aromatiques , en soufre et en azote , ce qui conduit à limiter très fortement son introduction dans le pool gasoil (5 à 10% maximum).

L'hydrotraitement du LCO permet d'élever son indice de cétane jusqu'au voisinage de 40 , mais cette technique est très consommatrice d'hydrogène , pour un résultat somme toute

médiocre, les aromatiques étant transformés en naphènes, encore difficilement auto inflammables. C'est pourquoi le LCO est dirigé préférentiellement vers le pool fuel domestique (FOD).

Les gasoils de viscoréduction et de cokéfaction présentent des indices de cétones meilleurs que le LCO mais ils sont très instables et doivent recevoir un traitement à l'hydrogène avant utilisation.

L'hydrocraquage fournit une coupe gasoil de très bonne qualité, en ce qui concerne à la fois l'indice de cétane, le comportement à froid, la stabilité et la teneur en soufre. Cependant, ce type de base n'est disponible qu'en quantités limitées, car le procédé reste encore peu développé, en raison essentiellement de son coût élevé.

Enfin, d'autres procédés nouveaux peuvent fournir des bases utilisables pour le pool gasoil. L'oligomérisation des oléfines légères, suivie d'une hydrogénation, fournit des produits d'indice de cétane compris entre 40 et 50, sans soufre ni aromatique. Quant à la synthèse Fischer-Tropch, elle conduit, après hydro isomérisation, à des composés totalement paraffiniques d'indice de cétane très élevé (65 à 75), avec de bonnes caractéristiques à froid lorsque le rapport iso/n-paraffines est optimisé [6].

La comparaison des valeurs des différentes propriétés et compositions avec les niveaux de qualité (qui seront examinés ultérieurement) permet de mesurer l'importance des transformations à opérer pour raffiner chacun de ces gasoils.

La figure 2 donne une représentation schématique de l'écart qu'il faut combler si l'on prend en compte uniquement la teneur en soufre et en aromatiques [4].

Les procédés d'hydrotraitement offrent une large gamme de solutions permettant d'améliorer la qualité des gasoils, quelles que soient leur origine et leur propriétés [5].

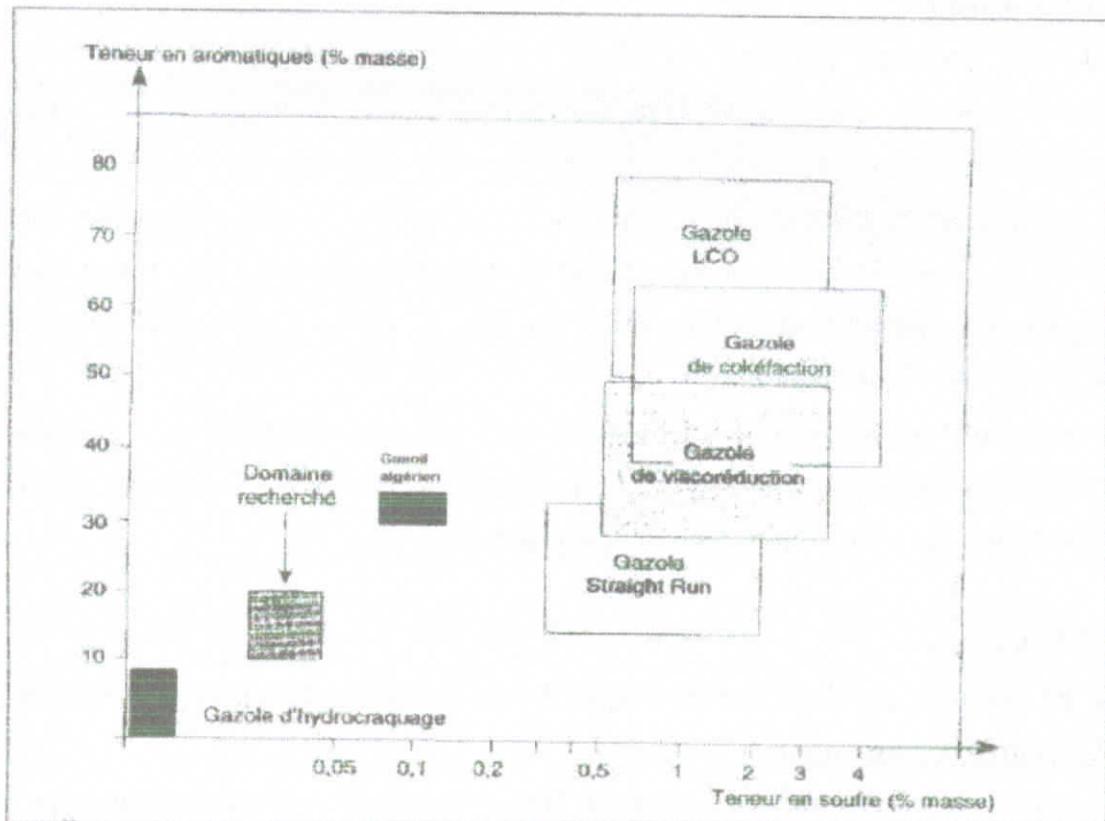


Figure 2 : Situation de quelques coupes moyennes en matière de teneurs en soufre et aromatiques (exemple :gasoil algérien)

Notons que les écarts entre les teneurs en soufre et en aromatiques du gasoil algérien avec les valeurs de ces dernières du domaine recherché sont importants

1-2 Caractéristiques physico-chimiques du gasoil :

Par ordre d'importance, les qualités suivantes sont requises pour le gasoil : *propreté* (Carbone Conradson , sédiments ,eau , soufre) ; *combustion* (indice de cétane) ; *fluidité* (viscosité et point de congélation) et *volatilité* (distillation , point d'éclair) [9].

Propriété physiques :

L'établissement des spécifications consiste à rechercher , pour chacune de ces propriétés physiques , le domaine de variation acceptable, à l'intérieur duquel il est relativement aisé d'optimiser la combustion sur moteur diesel [4] .

1-2-1 La densité :

La densité , paramètre physique , spécifique à chaque produit , de même importance que d'autres propriétés , permet de faire une approche de la composition des différentes familles d'hydrocarbures ,

Un gasoil routier distribué en Europe doit présenter une masse volumique comprise entre 0.820 et 0.860 kg/l c'est à dire qu'elle ne doit pas s'écarter d'une valeur moyenne fixée à 0.850. Cette caractéristique qui n'est pas un élément déterminant , conditionne le pouvoir calorifique au litre .

Les paramètres agissant sur la masse volumique sont essentiellement les caractéristiques du pétrole brut d'origine , la largeur de la coupe choisie pour la fraction gasoil et la concentration des composants issus du craquage catalytique [6] .

1-2-2 Volatilité :

Elle est exprimée par deux caractéristiques :la courbe de distillation et le point d'éclair .

a)-La courbe de distillation :

La courbe de distillation du carburant influe directement sur le déroulement de la combustion ; elle est établie suivant le mode opératoire (ASTM D86).

Les spécifications européennes fixent deux critères délimitant une volatilité minimale et maximale .Ainsi la fraction distillée (%volume) doit être :

- ❖ Inférieure à 65% pour une température de 250°C.
- ❖ Supérieure à 85% pour une température de 350°C .
- ❖ Supérieure à 95% pour une température de 370°C .

Le point initial et le point final de distillation ne font pas l'objet de spécification car leur détermination n'est généralement pas très précise [1].

b)-Le point d'éclair :

Le point d'éclair constitue un critère de sécurité lors des opérations de stockage et de distribution ,il mesure la tendance que possède un produit pétrolier à former avec l'air un mélange inflammable , c'est une des propriétés qu'il faut considérer pour évaluer les risques d'inflammabilité d'une coupe pétrolière .

Elle représente la température minimale à laquelle il faut porter un produit pétrolier pour que les vapeurs émises brûlent spontanément en présence d'une flamme [4] .

1-2-3 La viscosité :

Elle doit être aussi, comprise entre des limites précises, En effet, un carburant trop visqueux augmenterait les pertes de charges dans la pompe et les injecteurs, ce qui tendrait à détériorer la finesse de pulvérisation et finalement à affecter le processus de combustion. A l'inverse, une viscosité insuffisante pourrait provoquer le grippage de la pompe d'injection.

Très longtemps, les spécifications officielles du gasoil ne fixaient la viscosité maximale ($9.5 \text{ mm}^2/\text{s}$) qu'à une température de 20°C . Désormais, on définit une fourchette ($2.5 \text{ mm}^2/\text{s}$ minimum - $4.5 \text{ mm}^2/\text{s}$ maximum) non plus à 20 mais à 40°C , ce qui semble plus représentatif du fonctionnement d'une pompe d'injection, le respect de ces caractéristiques de viscosité n'entraîne pas de contraintes sévères en raffinage [5].

1-2-4 Caractéristiques à basses températures :

Une seconde caractéristique importante du gasoil moteur est *son comportement au froid*, elle conditionne davantage sa mise en œuvre que son comportement en matière de combustion; ces considérations justifient la nécessité d'adopter des spécifications très strictes en matière de comportement au froid du gasoil.

Donc les caractéristiques du gasoil prises en compte dans ce domaine sont le point de trouble, le point d'écoulement et la température de filtrabilité.

Lorsque le gasoil est refroidi, des cristaux de paraffines apparaissent et affectent la limpidité du liquide, pour un seuil de température appelé point de trouble. A température plus basse, les cristaux augmentent de taille, s'organisent en réseaux qui emprisonnent le liquide et l'empêchent de s'écouler: on atteint alors le point d'écoulement [4].

1-2-4-1 Le Point de trouble :

Le point de trouble, désigné parfois par les sigles PT ou CP (Cloud Point en anglais). A travers le monde, le point de trouble, le plus souvent compris entre 0 et -15°C dans les pays tempérés; il s'élève à 14°C , dans certains pays chaud (Brésil), et descend jusqu'à -40°C , en Scandinavie, par exemple.

Sur le plan thermodynamique, le point de trouble constitue la manifestation extérieure du phénomène de **germination** et de **crystallisation** commençante. Le gasoil peut être considéré, en effet, comme une solution dans laquelle les hydrocarbures paraffiniques sont maintenus à l'état liquide.

Lorsque la température baisse et atteint la température dite de cristallisation commençante, les paraffines apparaissent à l'état solide dans le mélange.

Ce phénomène s'accompagne d'un faible dégagement de chaleur qui peut être mis à profit dans une technique particulière non normalisée : l'analyse calorifique différentielle ou ACD. Celle-ci permet de détecter et d'étudier avec une grande précision les processus de cristallisation des paraffines dans le gasoil. Notons, néanmoins, que la température de cristallisation commençante est souvent inférieure à la température du point de trouble [4].

1-2-4-2 Le Point d'écoulement :

Le point d'écoulement, appelé encore PE, ou PP (pour point en anglais) est la température la plus basse à laquelle le gasoil est encore susceptible de couler. Il varie selon les pays de +4°C (Inde) à -39°C (Suède). Il se situe cependant, la plupart du temps, entre -18°C et -30 °C [6].

1-2-4-3 La Température limite de filtrabilité :

Les point de trouble et d'écoulement reflètent deux situations extrêmes à la cristallisation des paraffines, mais ni l'un ni l'autre sont liés directement aux incidents susceptibles de survenir en service réel. Pour pallier cette carence, un autre test normalisé, destiné à apprécier le risque de colmatage des filtres, d'où la nécessité de définir la température limite de filtrabilité (TLF), appelé (cold filter plugging point).

La température limite de filtrabilité, est la température minimale à laquelle les cristaux de paraffines qui se forment dans le gasoil, en un temps limité, peuvent bloquer l'écoulement du gasoil à travers d'un appareil de filtration bien défini.

Les spécifications correspondantes à la TLF dépendent bien entendu du pays et de la saison, elle doit ainsi être fixée à -25°C, voire moins dans les pays scandinaves par exemple [5].

1-2-5 Auto inflammation et indice de cétane :

Le gasoil doit présenter une forte propension à l'auto inflammation, puisque le principe de fonctionnement des moteurs diesel repose sur l'inflammation du carburant, qui est injecté sous haute pression dans l'air préalablement comprimé, cette qualité du gasoil s'exprime par *l'indice de cétane*, qui doit obéir à une structure chimique favorable.

Donc il est hautement souhaitable de produire un gasoil d'indice de cétane suffisamment élevé afin de maintenir ou d'améliorer l'image de marque du moteur diesel auprès des utilisateurs [6].

Une autre caractéristique, utilisée depuis très longtemps pour apprécier l'aptitude d'un gasoil à l'auto inflammation est le *Diesel Index* (DI), défini par la relation suivante :

$$DI = (PA) .API / 100$$

L'indice de cétane peut être amélioré par des additifs .Cependant, il y a eu peu de variation des indices de cétane minimum requis .

Une élévation de la spécification est néanmoins possible .Un tel relèvement permettrait indirectement de réduire certaines émissions de polluants du gasoil moteur [3].

1-2-6 Le Point d'aniline :

Le point d'aniline est la température la plus basse à laquelle deux volumes égaux d'aniline et de produit à analyser sont complètement miscibles .La miscibilité se manifestera par l'apparition d'un trouble net .

On peut se faire une idée sur la paraffinicité d'un gasoil avant de mesurer son indice de cétane en évaluant quelques minutes au laboratoire , *le point d'aniline*.

La température de miscibilité d'un gasoil avec l'aniline est d'autant plus élevée qu'il est paraffinique [1].

1-2-7 L'indice de réfraction :

Il exprime la capacité d'un produit à imposer un changement de direction à la lumière qui lui traverse . Pour les hydrocarbures , l'indice de réfraction est d'autant plus petit que la teneur relative en hydrogène est plus élevée [3].

1-2-8 Propriétés liées au stockage et à la distribution du gasoil :

D'autres critères de qualité du gasoil , liés à la sécurité et à la manutention _et à sa stabilité au cours du temps , doivent également être respectés .

a)-Le point d'éclair :

La distribution des différents types de carburants obéit à des règles strictes de sécurité, en raffinerie , dans les dépôts et les stations service . Pour classer , de ce point de vue , les différents produits , on utilise le concept *Point Eclair* ou *Flash Point* .

Nous avons déjà défini auparavant le point d'éclair d'un produit pétrolier, pour le gasoil, la détermination s'effectue en vase clos, d'après un protocole bien défini.

D'après la réglementation EN 590, les gasoils européens doivent présenter des points éclair supérieurs à 55°C. Aux Etats-Unis, la valeur minimale autorisée s'élève à 38°C pour les gasoils alimentant les voitures de tourisme, et à 52°C pour ceux destinés aux véhicules industriels [5].

Le point d'éclair dépend étroitement du point initial de distillation suivant une relation empirique [1]:

$$\text{PEC} = \text{PI} - 100$$

Où le Point Eclair Calculé (PEC) et PI : le point initial de distillation sont exprimés en °C

b)-La stabilité du gasoil :

Entre sa sortie de raffinerie et sa combustion dans le moteur, le gasoil subit un certain nombre d'opérations et de transport.

On entend par le terme générique de *stabilité*, la faculté que doit posséder le gasoil, de se maintenir dans le même état de composition et de caractéristiques au cours du temps.

L'évolution du gasoil au cours du temps, est le résultat de diverses réactions chimiques intervenant au sein du produit et conduisant à la formation de gommages et de sédiments.

Les gommages proviennent de réactions d'oxydation et de polymérisation; elles se développent lentement, en quelques semaines ou même plusieurs mois. Les précurseurs de formations de gommages sont principalement les mono et dioléfinés présentes à l'état de traces dans le gasoil. Elles affectent surtout la stabilité en début de stockage [5].

1-2-9 La teneur en soufre :

Une autre caractéristique importante est la teneur en soufre, sa limite maximale a régulièrement été abaissée au cours du temps. Elle se situe actuellement à 0.05% aux Etats-Unis, en Europe et dans quelques pays cette valeur devrait devenir la norme pour la majorité des pays asiatiques à l'horizon 2000. Cette évolution structurelle devrait se poursuivre puisqu'une norme européenne à 650 ppm (soit 0.065%) semble désormais inévitable.

Cette forte diminution est justifiée par la volonté de réduire les émissions de SO_2 , mais également les émissions de sulfates (qui constituent une fraction des particules émises par la combustion des moteurs diesel).

La réduction de la teneur en soufre est également coûteuse , le passage en Europe au gasoil de 0.05% maximum de soufre a entraîné un remodelage de la plupart des unités d'hydrodésulfuration de gasoil [3].

Normes Et Spécifications

2-1 Les Spécification et la qualité du gasoil :

Les spécifications des produits sont généralement liées à leur usage . Traditionnellement elles concernent des propriétés spécifiques : Indice de cétane , ainsi que des propriété physico-chimiques : densité , courbe de distillation , viscosité [2].

La tendance actuelle concernant les spécifications du carburant diesel est déterminé essentiellement par deux raisons majeures :

1. La performance du moteur (consommation, conduite) ;
2. Le niveau des émissions à l'échappement du moteur qui affectent la qualité de l'air .

L'établissement des spécifications consiste à rechercher , pour chacune de ces propriétés physiques , le domaine de variation acceptable , à l'intérieur duquel il est relativement aisé d'optimiser la combustion sur moteur diesel [3] .

Afin de répondre à des exigences pour la protection de l'environnement , les spécifications mondiales des carburants ont vu des changements moyens ces dernières années .

Le tableau suivant nous fournit des indications sur quelques propriété physiques présenté par le parlement européen et la charte mondiale des carburant publié en Janvier 1999 .

		EU Adopté 2000	EU Proposé 2005	Parlem.Europ. Proposé 2005	Charte EMA	
					Class1	Class2
Densité à 15°C Kg/m3	Max	845	845	825	820- 850	820- 850
Teneur en soufre , ppm	Max	350	50	50	300	30
Indice de cétane	Min	51	51	58	53	55
%vol aromatique	Max	--	--	--	25	15
	Max	11	11	1	5	2
Température d'ébullition à 95 %	Max	360	360	340	355	350

Tableau 1 : les nouvelles spécification du carburant diesel [3]

2-2 Normes et spécifications :

Les exigences de qualité se traduisent par *des spécifications* qui définissent les caractéristiques auxquelles doit répondre un produit . Portant sur les résultats des mesures , ces spécifications , comme celles de tous les produits pétroliers , sont des réglementations de caractéristiques et de composition des produits assurant un compromis entre trois critères :

- Performances satisfaisantes du véhicule .
- Faibles émissions de polluants conformément aux législations mises en place dans ce domaine et devenant d'ailleurs de plus en plus sévères , au cours du temps .
- Possibilité de fourniture des produits en quantité nécessaires et à un coût abordable .

D'ailleurs , les moyens et les méthodes mises en œuvre pour le test de la qualité d'un gasoil sont assurées par *des normes* qui ne sont généralement pas reprises par la loi , de sortes qu'elles ne s'imposent pas et relèvent de l'adhésion volontaire [2].

2-1-1 Spécification du gasoil selon la norme algérienne :

Le tableau3 résume les plus importantes caractéristiques du gasoils d'après l'Institut Algérien de NORmalisation (IANOR) [selon la norme NA 8110].

Et le tableau 4 résume les spécifications du gasoil selon la norme européenne fixées) partir des années 1996, 2000 et 2005 .

Caractéristiques	Normes	Limites (1992)	Limites (1999)
Couleur	NA 1145	2.5 Max	2.5 max
Densité à 15°C, (d^{15}_4)	NA 417	0.810 – 0.860	0.810 -0.860
Distillation , °C <ul style="list-style-type: none"> • 65% Vol • 90% Vol • PF 	NA 1445	250 min 350 min 390 min	250 min 350 min 390 min
Viscosité à 20°C, (cst)	NA 1443	9 max	9 max
Teneur en soufre , (ppm)	NA 2890	2500	1500
Teneur en cendres , (%pds)	NA 1660	TND	TND
Teneur en eau , (%pds)	NA 421	TND	TND
Point d'éclair	NA 2658	55 min	55 min
Point d'écoulement (°C) <ul style="list-style-type: none"> • En Hiver • En Eté 	NA 2660	-12 max -7 max	-12 max -7 max
Indice de Cétane	NA 8117	48 min	48 min

Tableau 3 : Spécification du gasoil selon NA 8110 [2]

2-2-2 Spécification du gasoil selon la norme Européenne (N 590) :

Caractéristiques	Normes	Limites (1996)	Limites(2000)	Limites (2005)
Densités à 15°C	ASTM D	0.820-0.860	0.820 – 0.845	0.820- 0.835.
Distillation , °C • 65% Vol • 85% Vol • 95% Vol	ASTM D	250°C min 350°C max 370°C max	250°C min 350°C max 360°C max	250°C min 350°C max 360°C max
Viscosité 40°C ,cst	ASTM D	2.0 -4.5	2.0 -4.5	2.0 -4.5
Teneur en soufre Ppm	ASTM D	500	350	50
Teneur en eau , mg/kg	ASTM D	200 max	200 max	200 max
Teneur en cendres, (%pds)	ASTM D	0.01 max	0.01 max	0.01 max
Indice de cétane	ASTM D	48 min	51 min	53 min
Résidu du carbone, (%pds)	ASTM D	0.3 max	0.3 max	0.3 max
Corrosion à la lame de cuivre	ASTM D	1	1	1
Point d'éclair, (°C)	ASTM D	61 min 120 max	61 min 120 max	61 min 120 max
Point de trouble,°C Hiver Eté	ASTM D	-5 min +5 max	-5 min +5 max	-5 min +5 max
TLF, °C Hiver Eté	IP 309	-15 min -0 max	-15 min -0 max	-15 min -0 max
Polyaromatiques,%pds	IP 391	--	11max	6 max

Tableau 4: Spécification du gasoil selon EN 590[2]

Le tableau 4 montre qu'à part la teneur en soufre qui a été fortement limitée et la limite inférieure de l'indice de cétane qui a été relevé, ces spécifications n'ont pas été modifiées

Introduction :

Les nouvelles normes sur les carburants modifient les propriétés produits essentiellement à cause des problèmes posés à l'environnement qui est notre cadre de vie . Plusieurs recherches sont en cours dont le but est de diminuer le plus possible les émissions des polluants engendrés par la combustion des carburants .

Dans un moteur diesel la combustion n'est jamais parfaite, le moteur émet des sous produits polluants , ce phénomène a tendance à s'aggraver lorsque le moteur est encrassé, les particules émises ont un effet cancérigène et sont rendues largement responsables des problèmes respiratoires observés chez les citadins .

3-1 Les principaux composants contribuant à la pollution de l'environnement :**3-1-1 La teneur en soufre :**

Le soufre , le premier responsable de certaines problèmes de pollution causés en partie par la combustion des produits pétroliers (25% des oxydes de soufre présents dans l'atmosphère sont produits à partir de l'industrie chimique) fait l'objet d'une réglementation , en raison essentiellement de la nocivité de l'anhydride sulfureux (SO_2) rejeté dans l'atmosphère à l'échappement du fait du processus de combustion du carburant dans le moteur [2] .

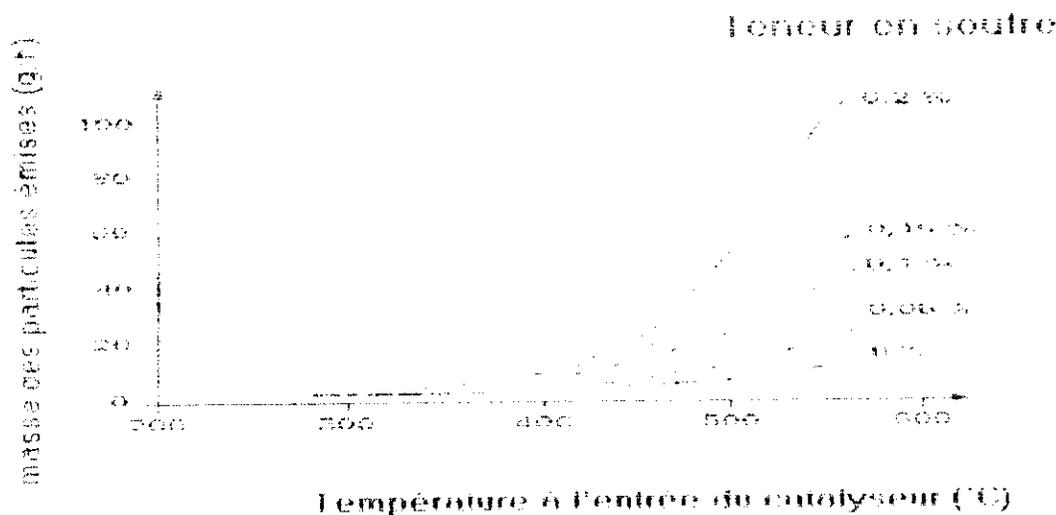
3-1-2 Effets de dioxyde de soufre sur la santé :

Le dioxyde de soufre est un gaz irritant , notamment pour l'appareil respiratoire . Les fortes pointes de pollution peuvent déclencher une gêne respiratoire chez les personnes sensibles , aux concentrations habituellement observées dans l'environnement , une très grande proportion du dioxyde de soufre inhalé est arrêtée par les sécrétions muqueuses du nez et des voies respiratoires supérieures , le dioxyde de soufre qui atteint le poumon profond , passe dans la circulation sanguine [2] .

3.1.3. les techniques de désulfurations :**a)-L'hydrosulfuration :**

Dans le moteur diesel , la principale justification de la désulfuration du gasoil est liée aux émissions de particules qui font l'objet d'une réglementation très sévère . Une partie du soufre se transforme par la combustion en SO_2 , puis en acide sulfurique une fois hydraté sur le filtre destiné à recueillir les particules , Comme l'indique la figure 3.1 ci-après . Cette influence perturbatrice est d'autant plus importante que la température des gaz

d'échappement , arrivant sur le catalyseur , soit élevée . Ainsi , le traitement catalytique des gaz d'échappement des moteur diesel ne peut se réaliser qu'avec des gasoils très désulfurés.



Figure

3.1 : émissions de particules d'un moteur diesel par différentes teneurs en soufre du gasoil

Les pétroliers utilisent aujourd'hui l'hydrodésulfuration (HDS) c'est-à-dire la réaction de l'hydrogène sur le gasoil , en présence d'un catalyseur. Le soufre contenu dans les hydrocarbures se combine alors avec l'hydrogène pour former du H_2S que l'on peut ensuite séparer des gasoils liquides .

Ces techniques peuvent répondre aux contraintes réglementaires, elles permettent de descendre sous **10 p.p.m de soufre**, mais elles consomment beaucoup d'hydrogène et demandent des conditions de température (300°C à 400°C) et de pression (entre 20et 80 bars) importantes. L'HDS peut rester comme une solution permanente pour le gasoil, mais elle ne peut être permanente pour l'essence, car elle induit une réaction secondaire , la saturation des oléfines, qui fait chuter l'indice d'octane , de plus les aromatiques soufrés, des molécules cycliques très stables (les thiophènes) , lui résistent [2].

b)-Les nouvelles techniques de désulfuration :

Actuellement il y existe d'autres voies qui n'utiliseraient pas d'hydrogène et se contenteraient de conditions plus douces de point de vue investissement .

b-1)-La bio désulfuration

Cette technique qui permet d'atteindre des seuils sous les 15 p.p.m, sans montée en température a été développé dernièrement par Petro START et Enchira Biotechnology corporation . Cette biocatalyse fait agir des bactéries qui consomment spécifiquement les composés soufrés sans dégrader la qualité du carburant , les premières unités pilotes ont démarré en Alaska 2001[2] .

b.2)-Alkylation d'Oléfine de soufre thiophenic :

Cette méthode , mise sur le marché en début de cette année , mais qui n'a pas encore donné lieu à une réalisation industrielle , alourdit d'abord les composés soufrés par addition des oléines avant distillation , les composés soufrés , ainsi lestés , sont séparés des autres hydrocarbures[2] .

b-3)-Extraction liquide –liquide :

Cette méthode consiste à introduire un « liquide ionique » par exemple des sels d'ammonium quaternaire dans l'essence . Cette solution dissout spécifiquement les molécules soufrées , sans réagir avec les oléfines et sans produire des effluents gazeux . Comme l'essence et la solution saline ne sont pas miscibles , elles se séparent en deux phases , telles l'eau et l'huile , il est facile ensuite de récupérer l'essence purifiée[2] .

b-4)-Les Procédé SARS :

Aux Etats-Unis , les docteurs Chuns han Song et Xiaoliang Ma , de l'institut de l'énergie de Pennsylvanie , viennent de présenter , les procédés SARS , Ceux-ci mettent en oeuvre des adsorbants ou des complexant fixés à un support solide polaire pour capter les molécules soufrées car les molécules d'adsorbant ont une affinité particulière avec les hydrocarbures soufrés , à température et pression ambiante , sans consommer l'hydrogène , elle permet d'atteindre des taux de soufre inférieurs à 0.1 ppm en laboratoire d'après Xiaoliang Ma , qui étudient maintenant les solvants polaires permettent de régénérer les adsorbants après purification[2] .

b-5)-Désulfuration des gasoils par transfert de charge :

Ce procédé repose sur la formation de complexes de transfert de charge insolubles dans les gasoils , ce qui permet l'élimination sélective et la récupération des dérivés

alkyldibenzothiophènes des coupes pétrolières. Une famille bien ciblée de complexant spécifiques a permis de prouver la validité du concept. Les études ont porté sur des coupes pétrolières riches en composés soufrés, contenant environ 1% en poids de soufre. Les gasoils prétraités par ce procédé de complexation se sont avérés, au laboratoire, beaucoup plus facile à désulfurer. En effet, ils ne contiennent plus de molécules réfractaires au processus d'hydrodésulfuration classique. La méthode développée semble donc un moyen efficace d'élimination des dibenzothiophènes avant l'hydrotraitement du gasoil, ce procédé pourra être mis en œuvre dans des conditions plus douces de températures et de pression, sur des catalyseurs classiques, puisque les coupes pétrolières à traiter ne contiendront plus que des composés soufrés facilement transformables [2] .

3-2-Les hydrocarbures aromatiques :

Il est établi que les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) sont essentiellement d'origine pyrolytique. Néanmoins, à côté de cette source majoritaire, les HAP sont également introduits dans l'environnement par contamination à partir des produits pétroliers .

Les HAP sont constitués d'au moins deux cycles aromatiques fusionnées. Au sens strict, ils ne contiennent que des atomes de carbones et d'hydrogènes.

Cependant, certains composés aromatiques contenant de soufre, de l'azote ou de l'oxygène leur ont parfois associés.

Ces HAP appartiennent à une liste de 129 polluant d'origine et de nature variées, pris en compte notamment pour la fréquence de leur présence dans les eaux, ces HAP constitués de cycles aromatiques accolés en nombre croissant allant de deux cycles (naphtalènes) jusqu'à six cycles (benzo(ghi)pérylène), l'agencement des cycles pouvant être linéaire (anthracène), angulaire (fluoranthène) ou groupé (pyrène). Parmi ces HAP, on distingue parfois ceux à bas poids moléculaires (deux ou trois cycles) de ceux à haut poids moléculaire (quatre cycles et plus), les HAP sont des contaminants produits par la combustion de la matière organique. Ce sont des composés à base de carbone et d'hydrogène qui comprennent un ou plusieurs anneaux de benzène. Il y a plusieurs dizaines de HAP, dont la toxicité est très variable; certains sont faiblement toxiques, alors que d'autres, comme le très connu benzo(a) pyrène, sont des cancérigènes reconnus depuis plusieurs années.

Les HAP sont dispersés d'abord dans l'atmosphère .Ils peuvent cependant se retrouver dans l'eau et dans le sol , ils peuvent être absorbés par les poumons et l'intestin ou encore demeurer au niveau de la peau .Plus d'une dizaine de molécules de HAP sont reconnues comme cancérigènes chez les animaux .C'est pourquoi plusieurs de ces substances sont considérées comme potentiellement cancérigènes chez l'humain . On doit donc autant que c'est possible , diminuer l'exposition à ces cancérigènes de façon à ce que le risque soit acceptable [12] .

**Caractérisation physico-chimique
Des gasoils de la raffinerie d'Arzew**

Préambule :

Dans cette étude , nous avons utilisé des gasoils issus de la distillation atmosphérique du brut d' Arzew .

Le présent travail consiste à faire une caractérisation des deux échantillons GOIZ GOLZ , respectivement gasoil léger et gasoil lourd , la plus complète possible. Pour ce faire , une étude détaillée des caractéristiques physico-chimiques du gasoil est menée avec une insistance particulière sur la composition chimique en utilisant les méthodes empiriques : n.d.M et n.d.PA .

Les résultats obtenus seront comparés avec les norme algérienne et la norme européenne pour mieux voir la conformité du gasoil par rapport aux spécifications demandées .

Une étude comparative du gasoil en termes de caractéristiques par rapport aux autres gasoils algériens a été effectuée afin de mieux situer les gasoils d'Arzew .

4.1Détermination des propriétés physico-chimiques du gasoil :

L'étude physico-chimique du gasoil nécessite quelques essais normalisés , on fait aussi appel à des lectures sur abaqués et de calculs pour déterminer certaines propriétés physiques .

Les résultats obtenus seront regroupés dans des tableaux récapitulatifs.

4.1.1 Echantillon 1 : Gasoil léger (GOIZ)**a)-Caractéristiques physico-chimique du GOIZ**

Caractéristiques	Norme	Résultat
Couleur Saybolt	NF M 07 003	<0.5
Densités à 15°C	ASTM D 40 52	0.8437
° API	Corrélation	36.15
Indice de réfraction, n ²⁰	ASTM D 1218	1.469
Viscosité Cinématique,(cst)	ASTM D 445	
• 20°C / 68°F		6.089
• 37.8°C / 100°F		4.223
• 50°C / 122°F		3.193
• 70°C /158°F		2.266
Point d'éclair ABEL, (°C)	ASTM D 56	117
Indice de diesel	Calcul	60.37
Indice de cétane	Calcul	55
Point d'aniline	ASTM D 611	75
Point d'écoulement, (°C)		-10
Point de trouble, (°C)0.5	NF T 60-105	-03
Poids moléculaire	Corrélation et abaque	238
Facteur de caractérisation (K _{uop})	Corrélation et abaque	11.96
Teneur en soufre, (p.p.m)	ASTM D 4294 -93	847.75
Température d'ébullition moyenne	Abaque	299.8
Pouvoir Calorifique supérieure (KJ/Kg)	Abaque	46041
Pouvoir Calorifique inférieur volumique (Kj/l)	Corrélation et abaque	41065.24
TLF, °C		-9

Tableau4.1 : caractéristiques physico –chimique du GOIZ

b)-La distillation ASTM D86 du GOIZ :

La courbe de distillation représente l'évolution de la fraction distillée en volume , en fonction de la température à pression atmosphérique dans un appareillage normalisée .

Les résultats de la distillation sont rapportés sur le tableau suivant :

%Volume distillé	Température , °C
PI	263
10	266
20	274
30	280
40	285
50	291
65	301
70	305
80	315
90	328
95	337
PF	349

Tableau4.2 : Résultat de la distillation ASTM D 86 du GOIZ

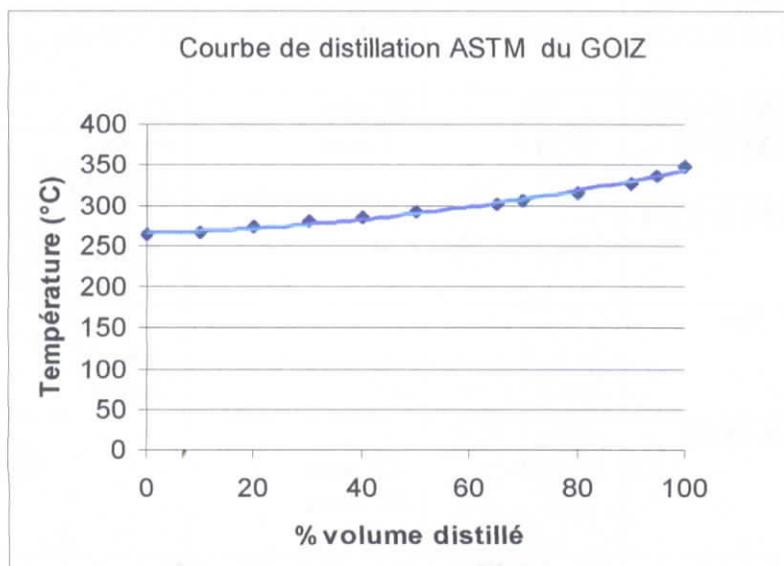
b-1 Courbe de distillation ASTM D 86 :

Figure4.1 : la courbe de distillation ASTM du Gasoil léger

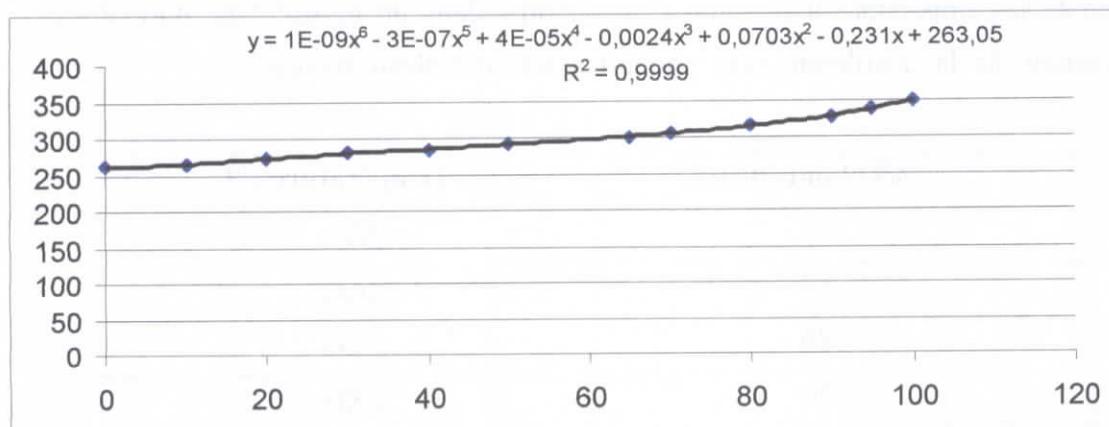
b-2 Courbe de lissage de la courbe de distillation de GOIZ :

Figure4.2: Courbe de lissage de la courbe de lissage du GOIZ

c)- Comparaison des résultats les normes algérienne et la norme européenne :

Spécifications	Normes	Résultat	Limites (1999) NA 8110	Limites (2000) EN 590
Couleur	ASTM D1500	< 0.5	2.5max	--
Densité à 15°C	ASTM D 4052	0.8427	0.810-0.860	0.820-0.845
Distillation ,(°C)	ASTM D 86			
-65%vol		301	250min	250min
-90%vol		328	350max	--
-95%vol		337	--	360max
- PF		349	390max	--
Viscosité à 20°C,cst	ASTM D 445	6.089	9 max	--
Teneur en soufre , p.p.m	ASTM D 2622	847.75	1500 max	350max
Indice de cétane	ASTM D 4737	55	48 min	51min
Point d'éclair, °C	ASTM D 93	117	55 min	61min 120max
Point de trouble, °C	ASTM D 2500			
Hiver		-3	--	-5min
Eté			--	+5max
TLF , °C	IP 309			
Hiver			--	-15min
Eté		-9	--	-0max
Point d'écoulement, °C	NA 2660			
Hiver		-10	-12 max	--
Eté			-7 max	--

Tableau4.3 :Comparaison des résultats de GOIZ avec la NA et la EN

d)- Commentaires sur les résultats d'analyse du gasoil GOIZ :

Les résultats d'analyse du gasoil léger GOIZ montrent qu'il s'agit d'une coupe relativement étroite puisque le point initial est de 263°C et le point final de 349°C (moins de 100°C d'écart). Néanmoins ces résultats sont conformes aux normes d'après le tableau 3 (comparaison des résultats avec la NA et EN).

Nous remarquons que le point d'éclair est légèrement élevé, mais ce-ci est justifié par le fait que le point initial est de l'ordre de 200°C.

En ce qui concerne les autres propriétés elles sont aussi correctes avec des caractéristiques au froid se situant à la limite supérieure.

La température limite de filtrabilité montre qu'elle est conforme à la norme européenne.

Pour la teneur en soufre, le gasoil léger respecte la limite imposée par la norme NA 8110, par contre elle n'obéit pas à la norme EN 590.

4.1.2 Echantillon 2 : Gasoil lourd (GOLZ)**a)-Caractéristiques physico-chimiques du GOLZ :**

Caractéristiques	Norme	Résultat
Couleur Saybolt	NF M 07 003	5
Densités à 15°C	ASTM D 40 52	0.8745
° API	Corrélation	30.21
Indice de réfraction, n^{20}	ASTM D 1218	1.486
Viscosité Cinématique, (cst)	ASTM D 445	
• 20°C / 68°F		27.441
• 37.8°C / 100°F		15.745
• 50°C / 122°F		10.158
• 70°C / 158°F		5.587
Point d'éclair ABEL, (°C)	ASTM D 56	134
Indice de diesel	Calcul	55.88
Indice de cétane	Calcul	49.615
Point d'aniline	ASTM D 611	85
Point d'écoulement, (°C)	NF T 60-105	17
Point de trouble, (°C)		2
Poids moléculaire	Corrélation et abaque	295.67
Facteur de caractérisation (K_{uop})	Corrélation et abaque	11.92
Teneur en soufre, (p.p.m)	ASTM D 4294 -93	1515.2
Température d'ébullition moyenne	Abaque	358.25
Pouvoir Calorifique supérieure (KJ/Kg)	Abaque	45547
Pouvoir Calorifique inférieur volumique (KJ/l)	Corrélation et abaque	37163.24
TLF, °C	ASTM D	-1

Tableau 4.4 : caractéristiques physico-chimiques du GOLZ.

b)-La distillation ASTM D86 DU GOLZ :

Les résultats de la distillation du GOLZ sont rapportés sur le tableau ci-dessous .

%Volume distillé	Température , °C
PI	247
10	306
20	327
30	345
40	358
50	368
65	380
70	383
80	389
90	396
95	400
PF	>400

Tableau4.5 : Résultat de la distillation ASTM D 86 du GOLZ

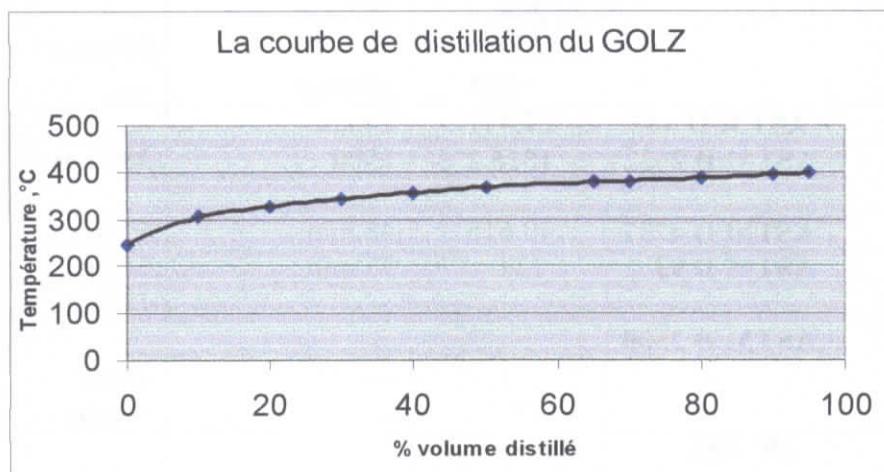
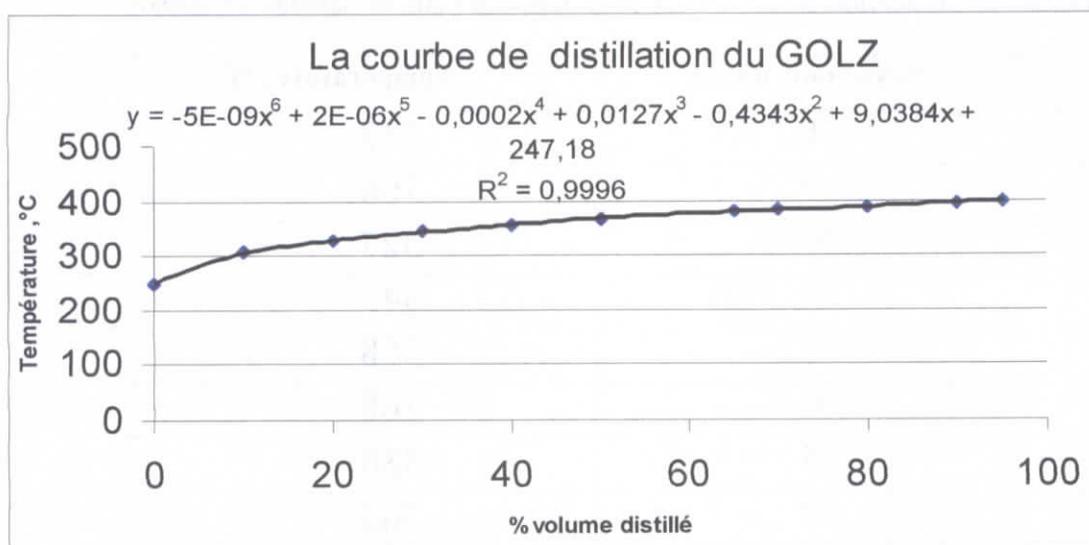
b-1 La courbe de distillation du GOLZ :

Tableau 4.3: la distillation ASTM D 86 du GOLZ

b-2 La courbe de lissage de la distillation ASTM D86 du GOLZ :**Tableau4.4 : Courbe de lissage de la distillation ASTM D 86 du GO****c)-Comparaison des résultats avec la norme algérienne et la norme européenne**

Spécifications	Normes	Résultat	Limites (1999) NA 8110	Limites (2000) EN 590
Couleur	ASTM D1500	5	2.5max	--
Densité à 15°C	ASTM D 4052	0.8745	0.810-0.860	0.820-0.845
Distillation ,(°C)	ASTM D 86			
-65%vol		380	250min	250min
-90%vol		396	350max	--
-95%vol		400	--	360max
- PF		>400	390max	--
Viscosité à 20°C,cst	ASTM D 445	27.441	9 max	--
Teneur en soufre , p.p.m	ASTM D 2622	1515.2	1500	350max
Indice de cétane	ASTM D 4737	49.615	48 min	51min
Point d'éclair, °C	ASTM D 93	134	55 min	61min 120max
Point de trouble, °C	ASTM D 2500			
Hiver			--	-5min
Eté		17	--	+5max
TLF , °C	IP 309			
Hiver		-1	--	-15min
Eté			--	-0max
Point d'écoulement, °C	NA 2660			
Hiver		2	-12 max	
Eté			-7 max	

Tableau4.6 : comparaison des résultats avec la norme algérienne et la norme européenne

d)- Commentaire :

Au vu des résultats d'analyse d'un gasoil lourd, il est clair qu'il s'agit d'un gasoil ne pouvant faire l'objet d'une utilisation comme carburant diesel car ses caractéristiques ne sont pas conformes aux spécifications : notamment le point final ASTM qui dépasse les 400°C, la couleur (brun orangé), les points de trouble et d'écoulement.

Ce qui concerne la teneur en soufre, elle ne répond pas ni aux normes algériennes encore moins à la norme EN 590 qui est nettement supérieure à la limite imposée.

Néanmoins nous remarquons que le point initial de l'ASTM du GOLZ est inférieur à celui du GOIZ, il s'agit donc d'une coupe plus large dans le cas du gasoil lourd GOLZ (intervalle PI - PF > 150°C).

A défaut d'informations nous pouvons supposer que le gasoil servant de carburant diesel en provenance de la raffinerie d'Arzew est le gasoil léger seul.

4.1.3Echantillon 3 : mélange des deux gasoils (GOLZ et GOIZ) [50%-50%] .**a)- Caractéristiques physico-chimiques du mélange :**

Caractéristiques	Norme	Résultat
Couleur Saybolt	NF M 07 003	3.5
Densités à 15°C	ASTM D 40 52	0.8585
° API	Corrélation	33.32
Indice de réfraction, n^{20}	ASTM D 1218	1.477
Viscosité Cinématique, (cst)	ASTM D 445	
• 37.8°C / 100°F		7.781
• 40°C /		7.089
Point d'éclair ABEL, (°C)	ASTM D 56	107
Indice de diesel	Calcul	--
Indice de cétane	Calcul	--
Point d'aniline	ASTM D 611	--
Point d'écoulement, (°C)	NF T 60-105	+3
Point de trouble, (°C)		+5
Poids moléculaire	Corrélation et abaque	343.92
Facteur de caractérisation (K_{uop})	Corrélation et abaque	11.93
Teneur en soufre, (p.p.m)	ASTM D 4294 -93	1234

Température d'ébullition moyenne	Abaque	325
Pouvoir Calorifique supérieure (KJ/Kg)	Abaque	46000
Pouvoir Calorifique inférieur volumique (KJ/l)	Corrélation et abaque	38012.22

Tableau4.7 : caractéristiques physico-chimiques du mélange

b)-Distillation ASTM D 86 du mélange :

% Volume distillé	Température ,°C
PI	248
10	270
20	282
30	294
40	308
50	321
65	347
70	355
80	370
85	381
90	392
95	402
PF	> 402

Tableau 4.9 : Résultat de la distillation du mélange

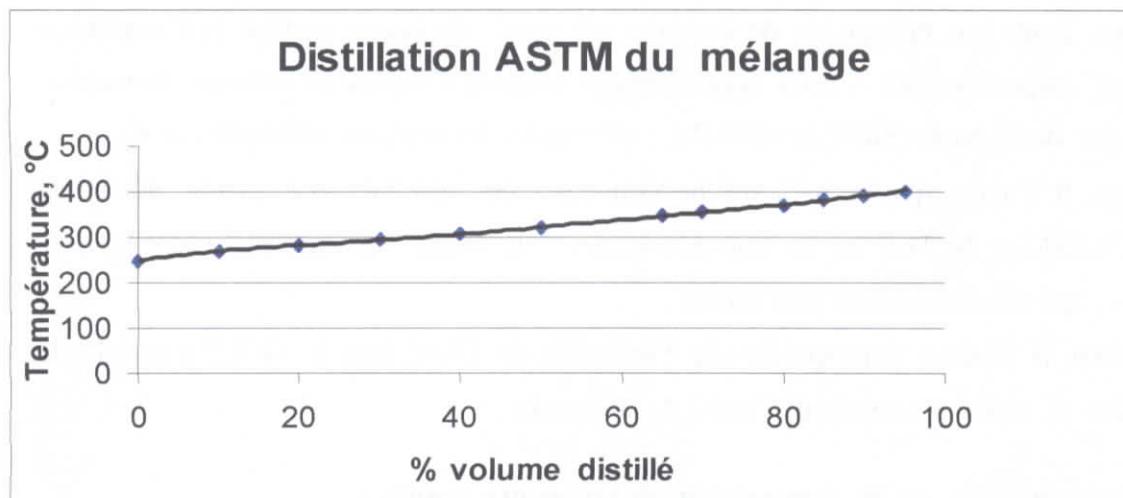
b-1)-Courbe de distillation du mélange :

Figure4.5 : courbe de la distillation ASTM du mélange

c)-Comparaison des résultats avec la NA et la norme EN du mélange :

Spécifications	Normes	Résultat	Limites (1999) NA 8110	Limites (2000) EN 590
Couleur	ASTM D1500	3.5	2.5max	--
Densité à 15°C	ASTM D 4052	0.8585	0.810-0.860	0.820-0.845
Distillation ,(°C)	ASTM D 86			
-65%vol		347	250min	250min
-90%vol		392	350max	--
-95%vol		402	--	360max
- PF			390max	--
Viscosité à 40C,cst	ASTM D 445	7.0894	9 max	--
Teneur en soufre , p.p.m	ASTM D 2622	1234	1500	350max
Indice de cétane	ASTM D 4737	--	48 min	51min
Point d'éclair, °C	ASTM D 93	107	55 min	61min 120max
Point de trouble, °C	ASTM D 2500			
Hiver			--	-5min
Eté		+5	--	+5max
Point d'écoulement, °C	NA 2660			
Hiver			-12 max	--
Eté		+3	-7 max	--

Tableau 4.8 : comparaison des résultats avec la norme algérienne et la norme européenne du mélange

d)- Commentaire :

Puisque notre but majeur est de produire un gasoil de bonne qualité et d'améliorer certaines caractéristiques, nous nous sommes proposé d'étudier un mélange formulé à partir des deux bases (GOIZ et GOLZ), et d'après les analyses effectués sur ce mélange, il s'avère que le mélange ne donne pas des résultats intéressants; notamment pour l'ASTM et la TLF on se trouve toujours à la limite supérieure fixée par les normes, ces résultats étaient prévisibles.

Seulement il faudrait noter que lors de l'injection du GOIZ dans le GOLZ a permis de diminuer la teneur en soufre de l'ordre de 300p.p.m.

4-2 Détermination de la composition chimique des gasoils :

Echantillon	GOIZ	GOLZ
Méthode n.d.M		
%C _A	13.00	17.04
%C _P	62.69	59.04
%C _N	24.31	23.92
Méthode n.d.PA		
%C _A	14.05	14.37
%C _P	64.27	69.93
%C _N	21.68	15.70

Tableau 4.10 : Composition chimique des GOIZ et GOLZ

Nous constatons que la teneur en paraffine est importantes pour les deux échantillons, mais reste le gasoil lourd qui prend la grande proportion par la méthode n.d.PA et inversement par la méthode n.d.M, tandis que les teneurs en aromatique sont remarquablement faibles par rapport la teneur en naphène.

Donc nous pouvons dire que le gasoil issus de la raffinerie d'Arzew a une tendance fortement **paraffinique**

**Comparaison
des
résultats obtenus**

Introduction :

Les raffineries édifiées au niveau national produisent des qualités de Gasoils différents du point de vue coupe (marge de distillation) et de propriétés physico-chimiques.

Afin de situer nos coupes parmi ces panoplies de gasoils , nous allons présenter une synthèse générale des résultats obtenus avec une étude comparative entres les différents échantillons déjà étudiés .

5-1 Etude comparative entre les bases des raffineries d'Alger et d'Arzew :

Caractéristiques	Kéro	GO₁	GOIZ	GOLZ
Densités à 15°C	0.799	0.847	0.844	0.74
Viscosité Cinématique en cst à :				
▪ 20°C/68°F	< 2.03	7.38	6.089	27.441
▪ 37.8°C/100°F	--	4.51	4.223	15.745
Teneur en soufre , (p.p.m)	87	1167	847.75	1515.2
Point de trouble , °C	--	0	-3	2
Point d'écoulement , °C	--	-6	-10	17
Point d'éclair , °C	42	86	117	134
Point d'aniline , °C	64	77	75	85
Indice de cétane	50	56	55	49.61
Pouvoir calorifique inférieur volumique ,(Kj/l)	34526.1	36034.7	41065.24	37163.24
Température d'ébullition moyenne , °C	211	297.7	299.8	358.25
Poids moléculaire moyen (g/mol)	166.3	234.9	238	295.67
Facteur de caractérisation	11.94	11.90	11.96	11.92
Densité ° API	45.34	35.36	36.15	30.21
TLF , °C	--	-3	-9	-1

Tableau 5.1 : étude comparative des échantillons de la raffinerie d'Alger et de la raffinerie d'Arzew.

En comparant les résultats des échantillons de la raffinerie d'Alger et d'Arzew, Nous pouvons dire à première vue que le gasoil lourd ne présente aucune caractéristique de carburant d'automobile, donc nous pouvons conclure que le gasoil lourd ne sert pas comme base pour la formulation d'un gasoil routier .

Alors que le gasoil léger d'Arzew se trouve dans le même intervalle que le gasoil léger de la raffinerie d'Alger sauf pour quelques propriétés telles que le point d'éclair qui nettement supérieur à celui de la raffinerie d'Alger .ceci concorde avec le fait que le point initial du gasoil de la RA est plus faible que celui du GOIZ .

5-2 Etude comparative des différents Gasoils marché intérieur :

Caractéristiques	GOIZ	GOMI _A	GOMI _S	GOHM
Couleur	< 0.5	< 0.5	<0.5	1.5
Densité à 15°C	0.8437	0.834	0.8265	0.832
Viscosité Cinématique en cst à :				
▪ 20°C/68°F	6.089	4.94	4.42	4.59
▪ 37.8°C/100°F	4.223	3.20	2.93	3.09
Teneur en soufre , (p.p.m)	847.75	882	418	1027
Point de trouble , °C	-3	-6	-8	2
Point d'écoulement , °C	-10	-12	-9	-16
Point d'éclair , °C	117	62	67	59.1
Point d'aniline , °C	75	74	77.2	68.6
Indice de cétane	55	54	56	53.3
Pouvoir calorifique inférieur volumique ,(KJ/l)	41065.24	35656.7	35339.2	35632.1
Température d'ébullition moyenne , °C	299.8	270.8	264.7	263.9
Poids moléculaire moyen (g/mol)	238	211.81	206.7	205.
Facteur de caractérisation	11.96	11.89	11.98	11.9
Densité ° API	36.15	37.9	39.6	38.3
TLF , °C	-9	-8	-8	-5

Tableau5.2 : étude comparative entre les différents gasoils marché intérieur**5-3 Commentaire :**

En comparant le gasoil léger d'Arzew avec les autres gasoils marché intérieur d'Alger () de Skikda () et de Hassi Messaoud nous constatons que la plu-part des propriétés varie dans même sens sauf pour deux caractéristiques le point d'éclair qui est largement plus élevé mais qui reste à la limite supérieure vis-à-vis la norme européenne, et la densité qui est légèrement plus élevée que les autres échantillons .

Donc nous pouvons dire que le gasoil issu de la raffinerie d'Arzew est un gasoil plus lourd , ce qui est confirmé par le point initial qui est le plus élevé que les autres .

De plus nous avons fait une comparaison entre les teneurs en carbone de chaque famille d'hydrocarbures des quatres échantillons , le tableau suivant regroupe les teneurs en carbone des différents échantillons .

Caractéristique	GOIZ	GOMI_A	GOMI_S	GOHM
Teneur en carbone (n.d.M)				
%C _A	13.00	14.54	11.34	19.9
%C _P	62.69	66.38	68.27	69.2
%C _N	24.31	19.05	20.38	10.9
Teneur en carbone (n.d.PA)				
%C _A	14.05	14.63	11.83	20.1
%C _P	64.27	64.68	67.31	62.7
%C _N	21.68	20.68	20.85	17.2

Tableau5.3 :Comparaison entre la teneur en carbone des différents gasoils marché intérieur

Nous constatons que les teneurs en aromatiques du gasoil de Hassi Messaoud sont remarquablement plus élevés que celles des autres échantillons et à la limite inférieure se trouve le gasoil léger d'Arzew .

Pour la teneur en paraffine , elle reste par ailleurs équivalente ,en ce qui concerne les naphènes les plus faibles taux sont obtenus pour le gasoil de Hassi Messaoud .

Conclusion Générale :

L'objectif fixé pour cette étude était de “*faire connaissance*” avec les gasoils de la raffinerie d'Arzew , dans le but de compléter le panorama des gasoils algériens entamés lors des deux précédentes études [1] et [2] sur les gasoils de Hassi Messaoud , d'Alger et de Skikda .

Ce travail nous a permis d'accéder aux principales caractéristiques physico-chimiques des gasoils légers et lourd d'Arzew , par le biais des essais normalisés , de calculs et d'abaques .Une approche de la composition chimique globale de ces deux coupes a également été faite par l'application des méthodes n.d.M et n.d.PA .Le premier fait constaté est la différence importante de qualité entre ces deux gasoils ; le GOLZ étant plus lourd .

Le deuxième fait important est que les gasoils d'Arzew diffèrent (de par leurs caractéristiques) des autres gasoils et notamment en ce qui concerne la distillation ASTM .

L'explication que l'on peut trouver à ces résultats est dans la nature du brut traité à Arzew .En effet la vocation de cette raffinerie étant la fabrication de lubrifiants , on y traite des bruts lourds qui produisent moins de produits légers , d'où un découpage différent au niveau de distillation atmosphérique .

Les résultats obtenus lors de cette étude sont intéressants , car ils nous ont permis d'en savoir un peu plus sur les produits raffinés algériens .

1)-Couleur :

1.1)-Norme : ASTM D1500 : T 60-104

1.2)-Objet de la norme :

Cette norme a pour objectif de déterminer la couleur des produits pétroliers qui ont une coloration supérieure à 0.5 de l'échelle, non colorés artificiellement, tels que les huiles des graissages, les cires et les paraffines.

Remarque : pour les produits ayant une coloration inférieure à 0.5 on utilise la norme NF M07-003 et qui correspond à la norme anglo-saxonne ASTM D156

2)-Densité :

2.1)-Norme : ASTM D4052

2.2)-Objet de la norme :

la présente analyse décrit une méthode de mesure de la densité des produits liquides par un densimètre électronique, ensuite elle est corrigée à 15°C (d_{4}^{15}) selon la définition suivante :

$$d_{4}^{15} = (\text{poids d'un volume de produit à } 15^{\circ}\text{C}) / (\text{poids de même volume d'eau à } 4^{\circ}\text{C})$$

2.3)-Schéma du densimètre :

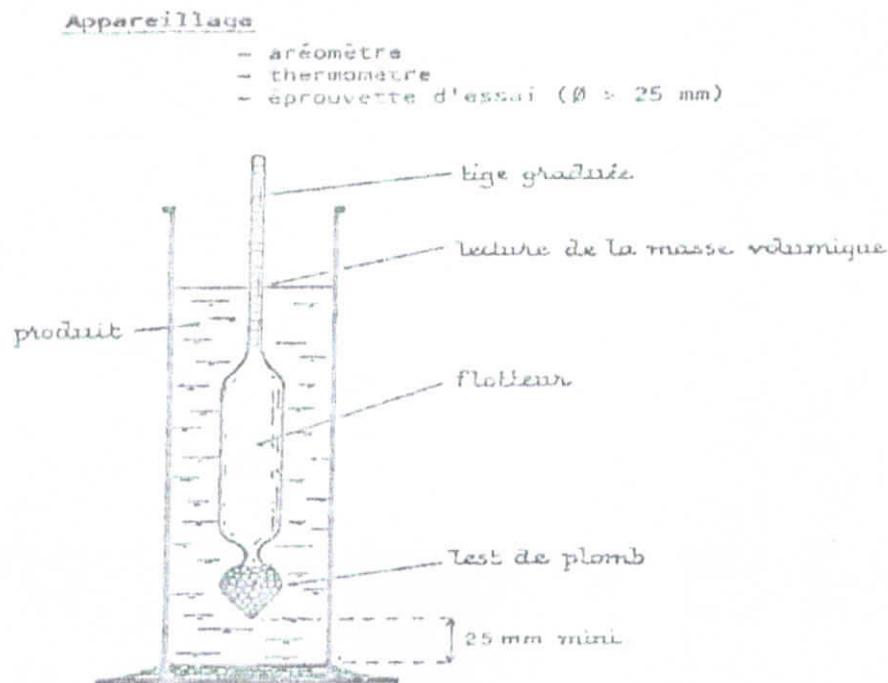


Figure 1 : appareil de mesure de la densité (Aerodensimètre)

3)-Indice de réfraction :

3.1)-Norme : ASTM D1218

3.2)-Objet de la norme :

la présente norme consiste à mesurer les indices de réfraction des hydrocarbures liquides transparents ou légèrement colorés , ainsi des solides dont l'indice de réfraction se situe entre 1.33 et 1.50 à température de 20°C et 30°C , elle est déterminée par lecture à l'aide d'un réfractomètre d'ABBE.

Une goutte de gasoil (0.5ml) est déposée sur le prisme principal du réfractomètre qui a été préalablement nettoyé . Le couvercle du réfractomètre est alors refermé puis on tourne la molette de l'appareil jusqu'à ce que la ligne (de séparation entre la zone claire et la zone obscure) soit en correspondance avec la réticule , on lit alors l'indice de réfraction , en même temps on notera la température (lue sur le thermomètre maintenue par le circuit thermostaté branché au réfractomètre) .

4)-Distillation ASTM :

4.1)-Norme : ASTM D86 : NF M 07-00 :

4.2)-Objet de la norme :

L'objet de cette norme est de fixer les conditions dans lesquelles doivent être effectuées les essais de distillation des produits pétroliers .

L'appareillage utilisé dans cette technique comporte un ballon de distillation contenant 100 ml de gasoil que nous chauffons et distillons à une vitesse déterminée .

Les vapeurs formées sont condensées dans un tube en cuivre baignant dans mélange d'eau et de glace pilée , puis recueillis dans une éprouvette graduée .

On observe simultanément la lecture de la température et du volume condensé ; les résultats sont calculés et reportés sur une courbe .

On trace l'évolution de la température en fonction de la quantité distillée en relevant plus particulièrement :

- Le point Initial (PI) , c'est-à-dire la température repérée au moment où apparaît la première goutte de distillat .
- Les températures correspondant à différents pourcentages distillés (5% , 10%, 20% ,.....,90%, 95%, ...) ;

- Le point final de distillation (PF) ou température pour laquelle on recueille la dernière goutte de distillat (En fin de distillation , la température décroît par suite de l'altération thermique des dernières traces liquides dans le ballon .Le maximum de température est le point final de distillation) ;
- Le taux (en %) des pertes et éventuellement du résidu .

4.4)-Schéma de distillation ASTM :

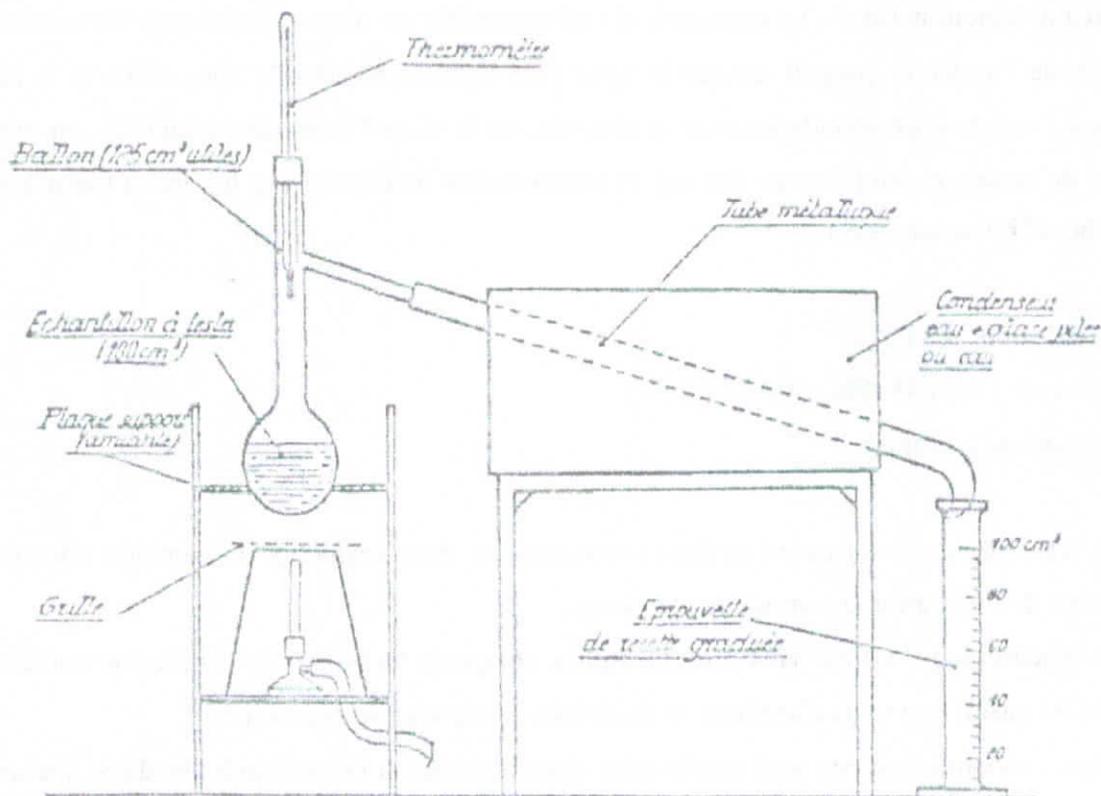


Figure2 : Schéma de distillation ASTM D86

5)- Viscosité Cinématique :

5.1)- Norme : NF T 60 100

5.2)- Objet de la norme :

Cette norme consiste à mesurer l'écoulement du gasoil dans un tube capillaire de longueur donné , à une température bien déterminée ; c'est la viscosité cinématique , exprimée en mm^2/s .

les viscosimètres utilisés sont :

- les viscosimètres capillaires conventionnels , pour la détermination des viscosités du gasoil à différentes températures ainsi que la viscosité du résidu sous vide 375⁺ à 210°F.
- Les viscosités de type Ubelhode sur lesquels sont montés des têtes de mesure optoélectriques et un dispositif de pompe auxiliaire permettant de remonter automatiquement le fluide dans le réservoir calibré amont .la mesure du temps d'écoulement est ainsi automatisée avec affichage numérique ou impression des résultats . Ce type de viscosimètre a été utilisé pour déterminer les viscosités de quelques coupes issues de la distillation .

6)-Le point de trouble et le point d'écoulement :

6.1)-Norme : NF T60-105

6.2)-Objet de la norme :

Cette analyse a pour objectif la détermination des caractéristiques des huiles lubrifiantes et des gasoils moteurs à basse température .

au cours de refroidissement de l'échantillon , il apparaît une augmentation de la viscosité par suite de leur épaissement , et par conséquent , elles se rapprochent de l'état solide

7)-Température limite de filtrabilité :

7.1)-Norme : NF 07 042

7.2)-Objet de la norme :

La présente analyse a pour objet de décrire une méthode standard pour la détermination de la température limite de filtrabilité des gasoils moteurs .

7.3)- Définition :

La température limite de filtrabilité est la plus basse température à laquelle un volume déterminé de l' échantillon met plus de 60 secondes pour traverser un filtre normalisé .

7.4)-Schéma de l'appareil :

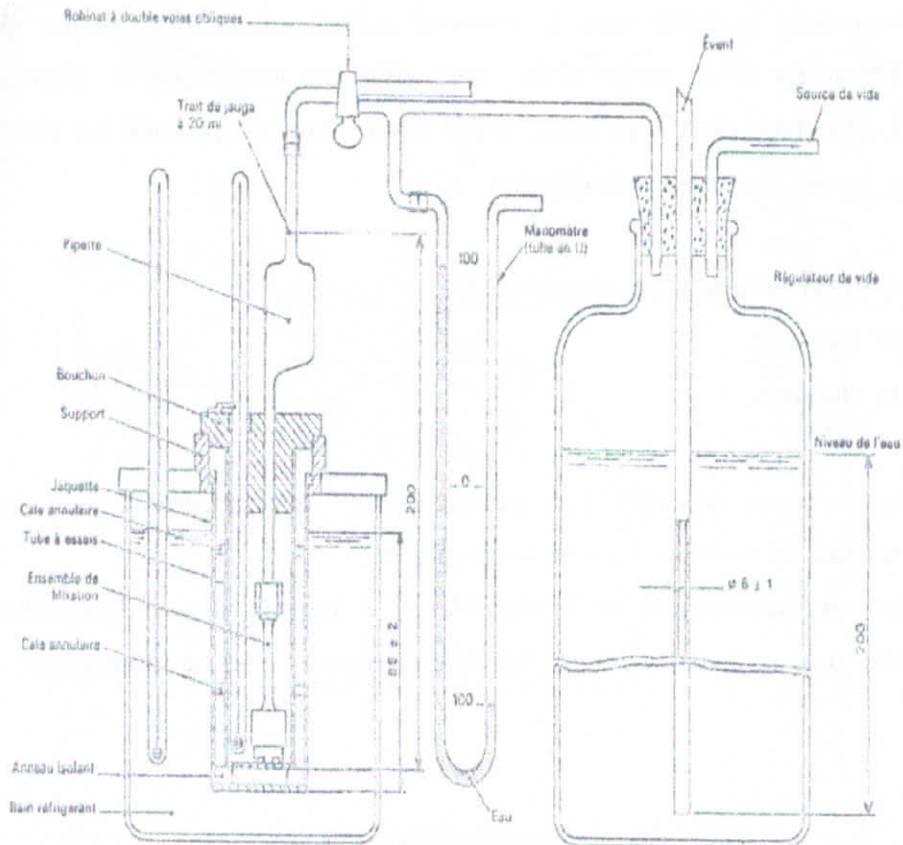


Figure 3 : Ensemble de l'appareil qui mesure la TLF

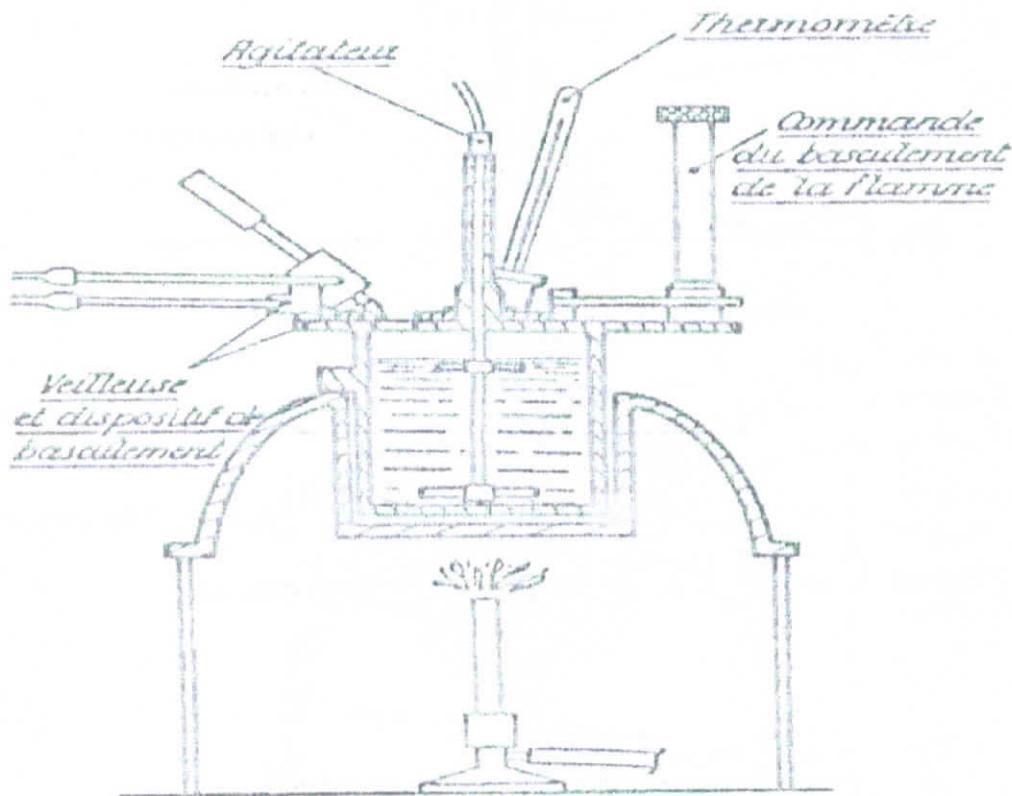
8)-Le point d'éclair :

8.1)-Norme : ASTM D93

8.2)-Objet de la norme :

La présente norme a pour objet de décrire une méthode de détermination du point d'éclair en vase clos, des produits et mélanges pétroliers dont le point d'éclair est supérieur à 50°C

Pour cela on utilise un appareil de type **Pensky-Martens**. Celui-ci est constitué d'un creuset fermé par un couvercle, dont l'orifice ne s'ouvre qu'à chaque essai. L'essai consiste à chauffer dans un creuset fermé à vitesse déterminé un échantillon de produit 'Gasoil' jusqu'à ce que une quantité suffisante d'éléments volatils passent en phase vapeur et puissent pouvoir être enflammés par une petite flamme placée au bord du creuset. Dès que l'explosion se produit avec l'éclair 'Flash', on note cette température.



APPAREIL PENSKY-MARTENS (Vase fermé)
(pour point d'éclair > 50°C)

Figure4 : appareil de mesure du point d'éclair

9)-Le point d'aniline :**9.1)-Norme : ASTM D611****9.2)-Objet de la norme :**

L'objet de la présente norme est de décrire la méthode de détermination du point d'aniline des produits pétroliers .

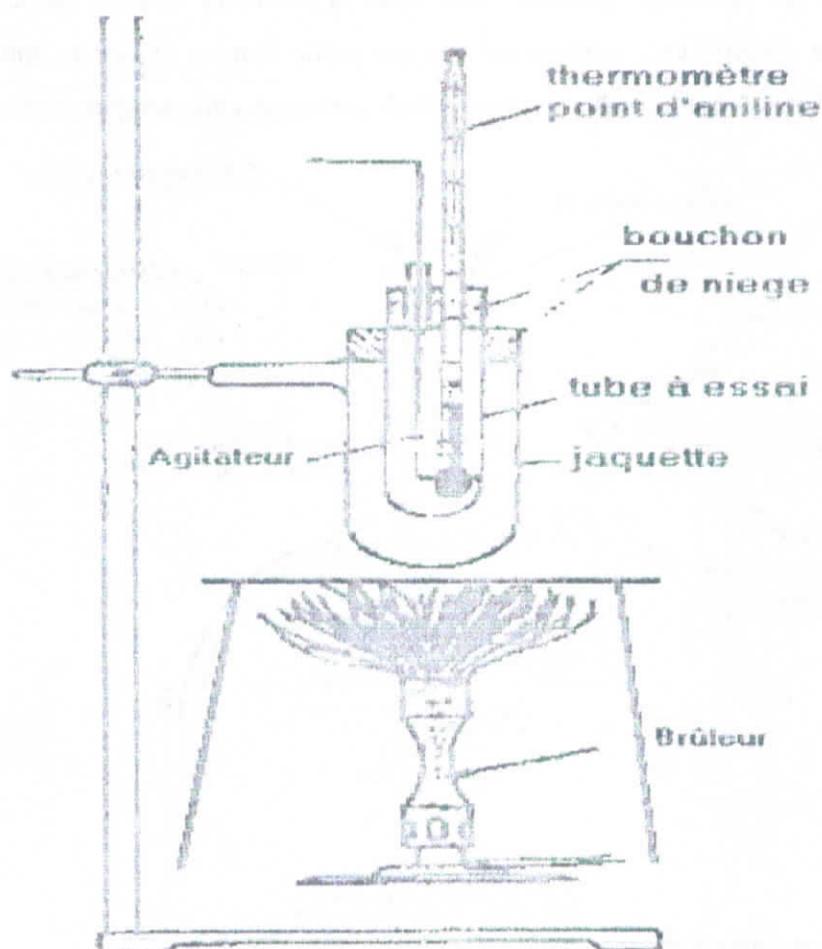
9.3)-Schéma de l'appareil :

Figure 6: Appareil de mesure du point d'aniline

10)-Teneur en soufre :**10.1)-Norme : ASTM D2622****11.2)-Objet de la norme :**

La présente a pour objet de décrire une méthode de dosage de soufre par fluorescence X des produits pétroliers .

10.3)-Définition :

L'étude d'une raie appropriée du spectre obtenu permet de déterminer le taux de soufre de la prise d'essai .

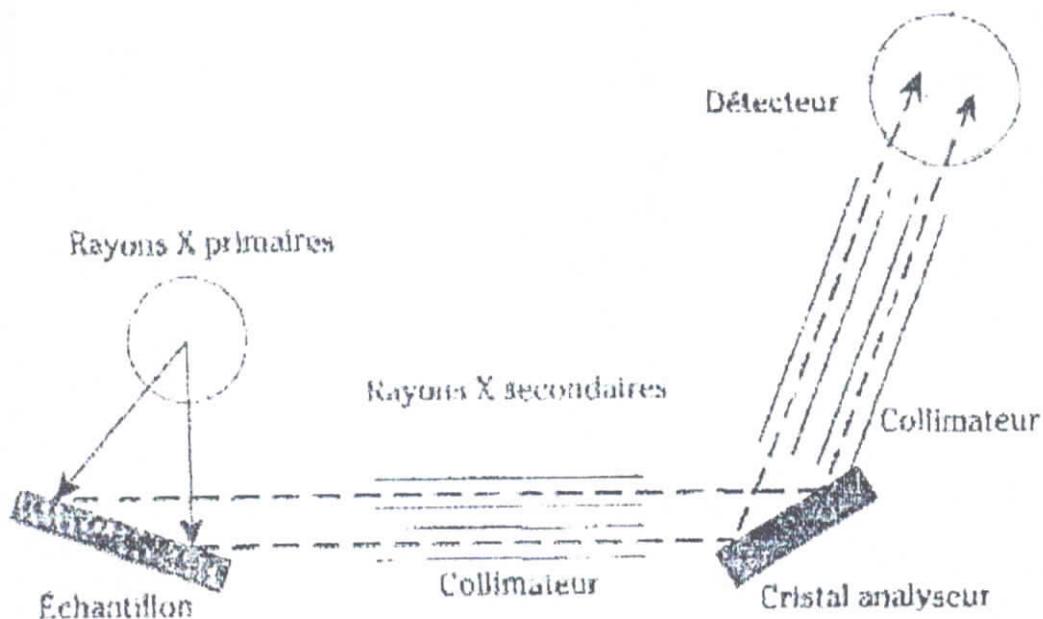
10.4)-Schéma de l'appareil :

Figure 7 : Principe de dosage de soufre par fluorescence X

1)-Spécific gravity(Sp.Gr) :

La terminologie anglosaxonne utilise la spécifique gravity Sp.Gr , qui est défini pour deux températures standards identiques , soit 60°F , est intéressante de calculer surtout qu'elle est utilisée dans plusieurs corrélations donnant une approche des propriétés physico-chimique que l'on ne peut pas mesurer , elle est défini par la relation suivante :

$$\text{Sp.Gr}_{60^{\circ}\text{F}/60^{\circ}\text{F}} = d^{15} / 0.99904$$

le tableau suivant résume les différents résultats obtenus :

Echantillon	Sp.Gr _{60°F/60°F}
Gasol léger	0.8445
Gasol lourd	0.8753
Mélange	0.8593

Tableau 2.1: la spécifique gravity des deux gasol

2)- Degré API :

Un autre concept est utilisé également pour mesurer la densité , le degré API,défini par l'*American Petroleum Institute* comme étant une fonction hyperbolique de la spécifique gravity 60°F/60°F , très utilisé pour la détermination des propriétés physico-chimiques.

Il est défini par la relation suivante : $^{\circ}\text{API} = (141.5 / \text{Sp Gr}_{60^{\circ}\text{F}/60^{\circ}\text{F}}) - 131.5$.

Les résultats sont regroupés dans le tableau suivant :

Echantillons	°API
Gasol léger	36.15
Gasol lourd	30.21
Mélange	33.16

Tableau 2.2 : le degré API des échantillons

3)- Le facteur de caractérisation de Watson K_{uop} :

Le facteur de caractérisation K_{uop} peut être déterminé par plusieurs méthodes , soit par lecture sur abaques , soit à partir des corrélations .

la corrélation la plus utilisé pour déterminer K_{uop} est donné par la relation suivante :

avec (t_{mav}) : température moyenne d'ébullition en volume exprimé en degré Rankine obtenue par lecture sur abaque à partir des données de la courbe de distillation ASTM .
Sp.Gr : étant la spécifique gravity .

La température volumique t_v est déterminée à partir de la formule suivante :

$$t_v = [t_{10} + 2t_{50} + t_{90}] / 4.$$

Les températures volumiques des deux échantillons sont données dans le tableau ci-après .

Echantillon	t_v , °C
Gasoil léger	294
Gasoil lourd	359.5
Mélange	326

Tableau 2.3: les températures volumiques moyennes des échantillons

La pente S est définie comme suit :

$$S = (t_{70} - t_{10}) / 60 .$$

Les deux valeurs de la pente des deux échantillons de gasoil léger et lourd et le mélange sont respectivement $0.65^\circ\text{C}/\%$ et $1.28^\circ\text{C}/\%$ et $1.42^\circ\text{C}/\%$.

Ayant t_v et S , , on peut déterminer la t_{mav} grâce à la courbe donnant la correction à ajouter à la température volumique t_v en °C, $\Delta\theta$.

La détermination de $\Delta\theta$ se fait par lecture sur l'abaque en fonction de la pente S.

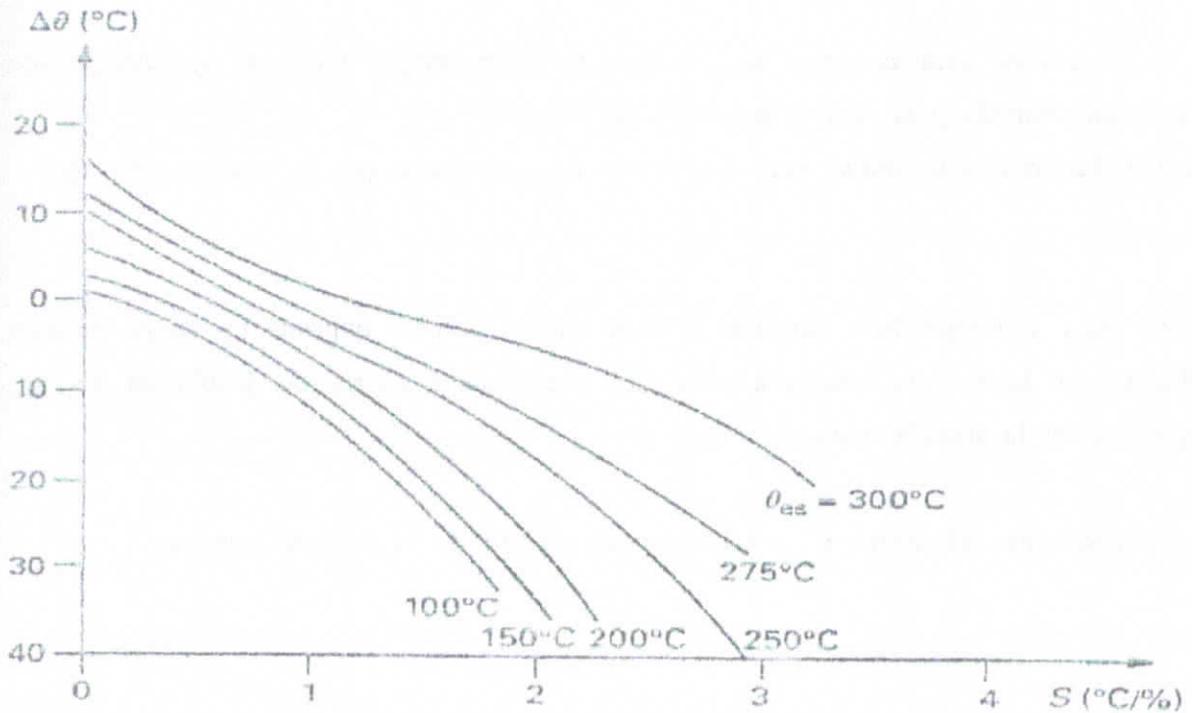


Figure 2.4 : correction de la température moyenne pondérée à ajouter à la première Estimation (t_v).

Après avoir déterminé $\Delta\theta$, les valeurs de la températures pondérée moyennes sont données dans le tableau suivant.

Echantillon	t_{mav} , °C
Gasoil léger	299.8
Gasoil lourd	358.25
Mélange	325

Tableau 2.5 : les températures pondérées moyennes des échantillons

On peut calculer donc le K_{uop} par la formule :

$$K_{uop} = [(T_{eb}(^{\circ}R))^{**1/3}] / Sp.Gr_{60^{\circ}F / 60^{\circ}F}$$

Avec t_{mav} exprimé en °R, telles que :

$$299.8^{\circ}C = 1031.34^{\circ}R$$

$$358.25^{\circ}C = 1136.55^{\circ}R \quad 328^{\circ}C = 1076.7^{\circ}R$$

soit le tableau donnant les facteurs de caractérisations des deux échantillons :

Echantillon	<u>K_{uop}</u>
Gasol léger	11.96
Gasol lourd	11.92
Mélange	11.93

Tableau2.6 : le facteur de caractérisations des échantillons

4)-Diesel index et l'indice de cétane :

Le diesel index a pour expression :

$$DI = (PA) \cdot \text{°API} / 100.$$

Avec PA : point d'aniline exprimé en °F

°API : la densité API .

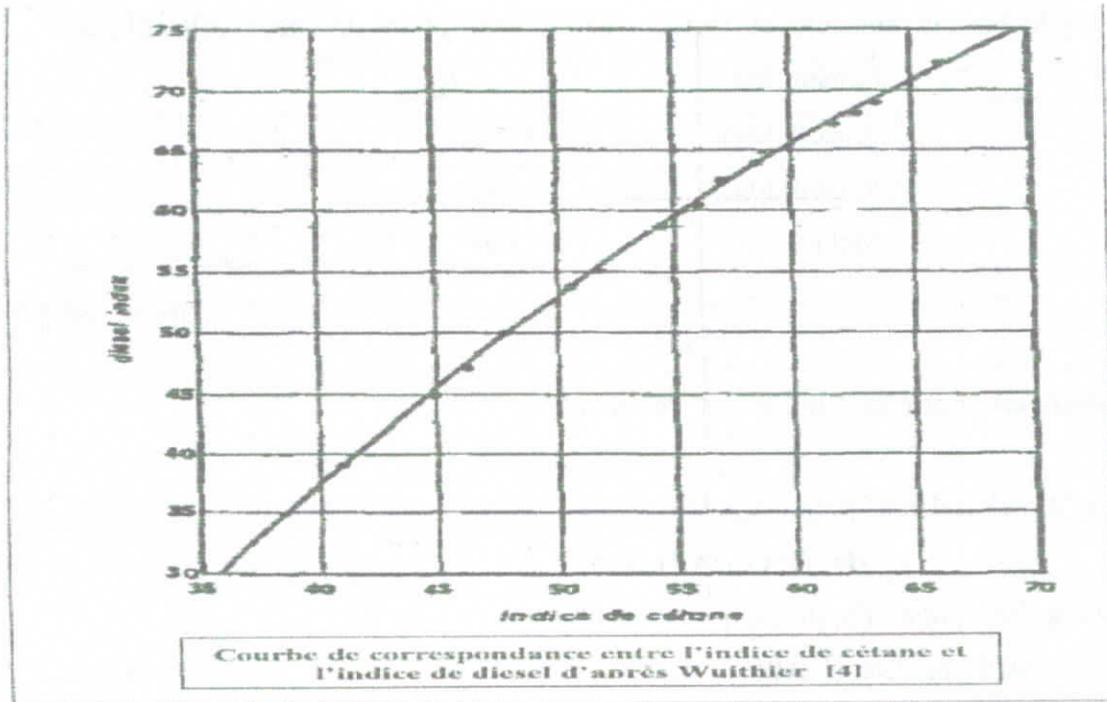
Soit le tableau suivant donnant le diesel index des deux échantillons .

Echantillon	DI
Gasol léger	60.37
Gasol lourd	55.88
Mélange	--

Tableau 2.7 : le diesel index des échantillons

L'indice de cétane (IC) peut être déterminé par différentes façons :

- A partir de l'indice de diesel par la formule : $IC = 0.72 \cdot DI + 10$.
- A partir l'abaque suivant donnant l'indice de cétane en fonction de l'indice de diesel .



Les résultats des deux méthodes sont regroupés dans le tableau suivant.

Echantillon	A partir de la formule	A partir de l'abaque
Gasol léger	54.51	55.5
Gasol lourd	50.23	49
Mélange	--	--

Tableau 2.8 : indice de cétane des deux gasoils

5)- La masse moléculaire :

La masse moléculaire peut être déterminée par différents moyens, on a choisit donc une corrélation pour la détermination de la masse moléculaire ; celle de Riazi, définit par la relation suivante :

$$M = 42.965 \cdot [\exp. (2.097 \cdot 10^{-4} \cdot T_b - 7.78712 \cdot \text{Sp.Gr} + 2.08476 \cdot 10^{-3} \cdot T_b \cdot \text{Sp.Gr}) \cdot (T_b^{1.26007} \cdot \text{Sp.Gr}^{4.98308})]$$

Avec T_b : la température d'ébullition moyenne pris en Kelvin

Soit par lecture sur abaque représenter ci-dessous, en connaissant la T_b et la densité en degré API, on peut avoir facilement la masse moléculaire de la fraction pétrolière.

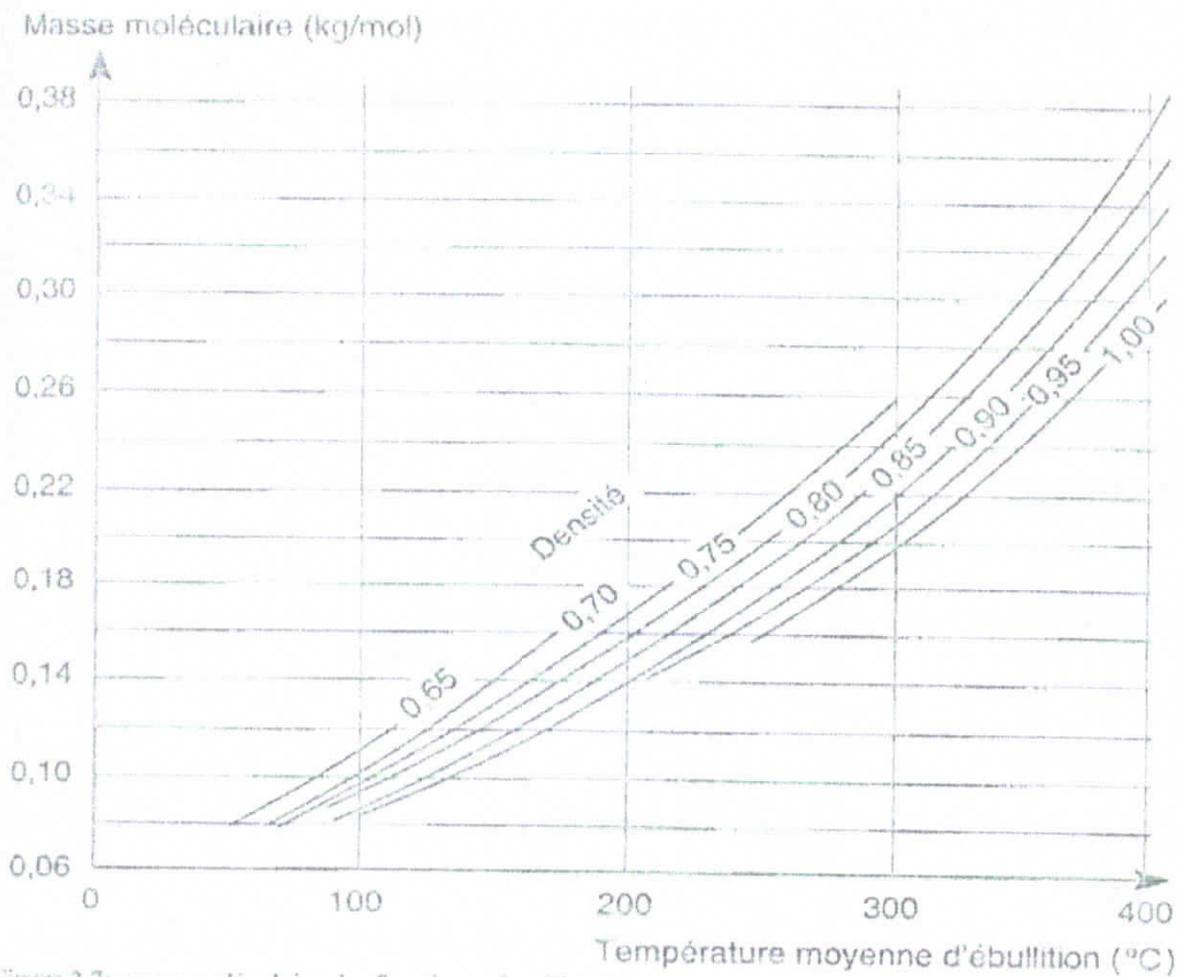


Figure 2.2 : masse moléculaire des fractions pétrolières

Les résultats des deux méthodes sont donnés dans le tableau suivant.

Echantillon	Corrélation	Abaque	écart	Moyenne
Gasol léger	238	238	0	238
Gasol lourd	295	259	36	277
Mélange	243.84	244	0.16	243.92

Tableau 2.9 : masse moléculaire des différents échantillons

6)- Pouvoir calorifiques Supérieur (PCSm) :

On peut facilement déterminer le pouvoir calorifique Supérieur (PCSm) par une simple lecture sur l'abaque suivante , par le biais de la densité à 15°C et le facteur de caractérisation K_{uop}

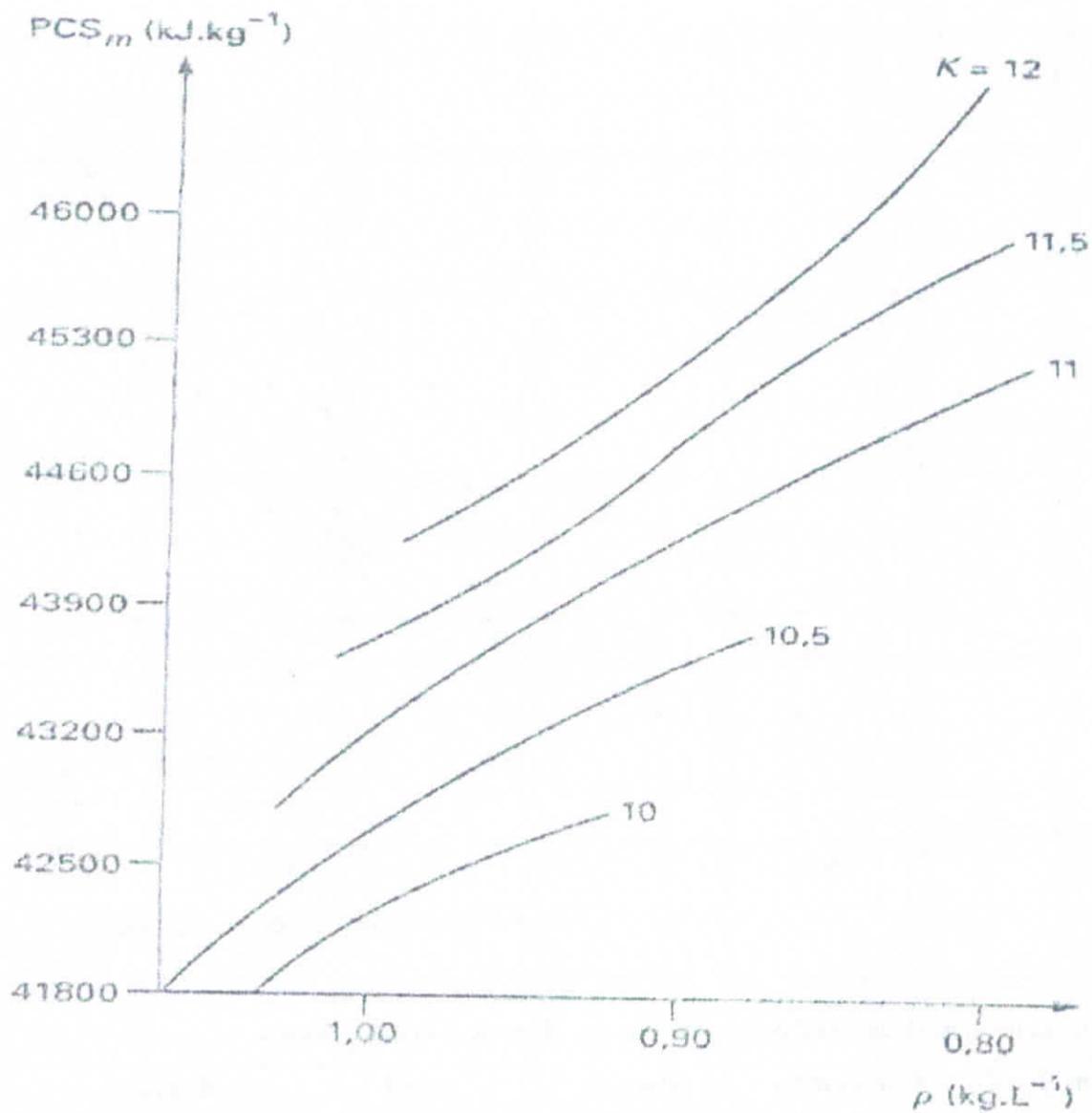


Figure 2.3 :détermination du pouvoir calorifique supérieur

Soit le tableau donnant les pouvoir calorifique supérieur :

Echantillon	PCSm , kJ/kg
Gasol léger	46041
Gasol lourd	45547
Mélange	46000

Tableau 2.10 : le pouvoir calorifique supérieur massique des échantillons

6)-le pouvoir calorifique inférieur PCI :

Le pouvoir calorifique inférieur massique (PCI_m) est déterminé par l'utilisation des abaques et corrélations . Plusieurs méthodes nous permet de calculer le PCI , soit la formule suivante :

$$PCI_m = PCS_m - 212.2W_H$$

La teneur en hydrogène est calculé à partir de l'abaque suivante :

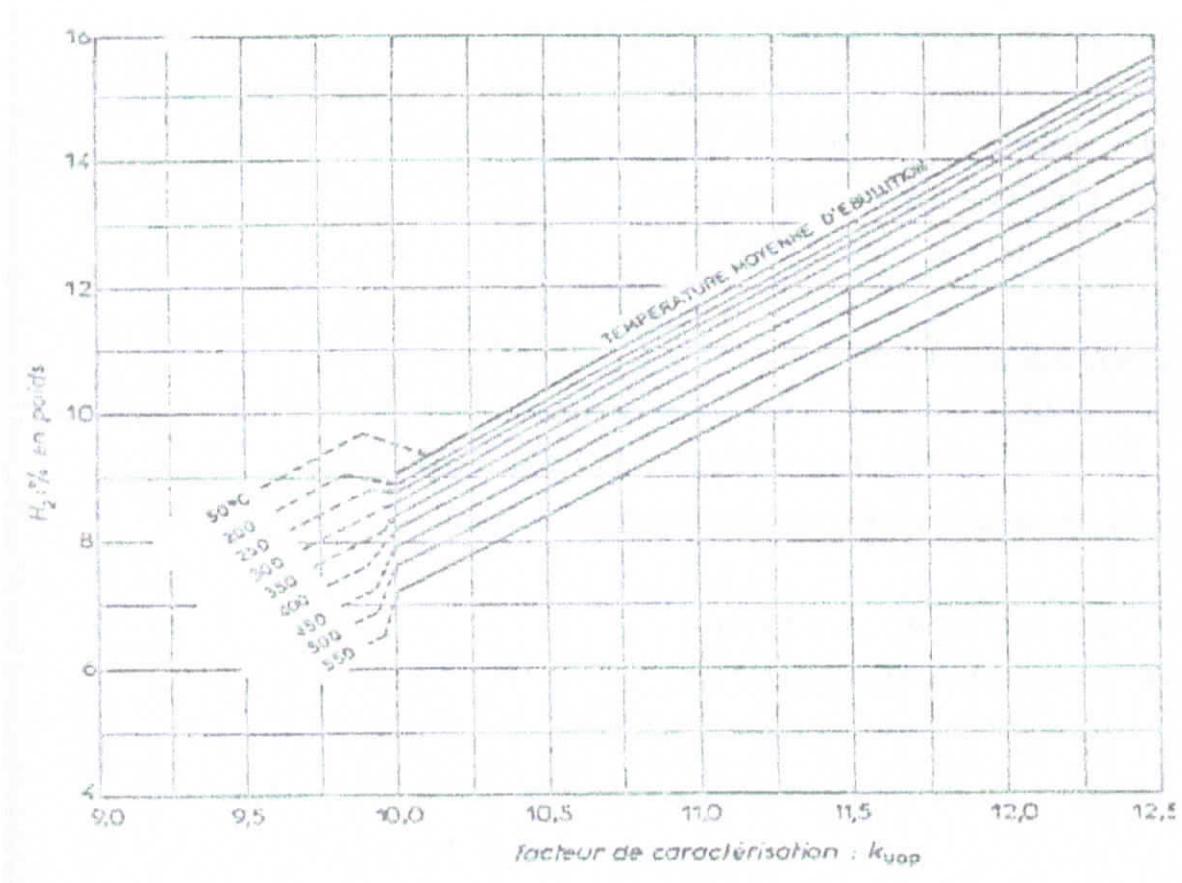


Figure 2.4 :Teneur en hydrogène des fractions pétrolières .

Il serait plus intéressant de calculer le pouvoir calorifique inférieur volumique , le calcul se fait par la relation suivante :

$$PCI_v = PCI_m * \rho.$$

Avec PCI_m : pouvoir calorifique inférieur massique .

ρ :étant la masse volumique à 20°C .

les résultats obtenus sont résumés dans le tableau suivant :

Echantillon	PCI _m (KJ/kg)	W _H (%pds)	PCI _v (kJ/l)
Gasoil léger	48916.31	13.55	41065.24
Gasoil lourd	42731.11	13.27	37163.24
Mélange	43135.3	13.5	38012.22

Tableau 2.11 : le PCI_v des échantillons

7)-Teneur en carbone (paraffiniques , naphéniques , aromatiques) :

la teneur en ces composés peut être obtenue par des relations empiriques , les méthodes les plus utilisées pour déterminer la teneur en carbone sont :

- ❖ La méthode n.d.M.
- ❖ La méthode n.d.PA .

a)-méthode n.d.M à 20°C :

la méthode n.d.M est basée sur la composition des trois paramètres physiques ; l'indice de réfraction , la densité à 20°C, la masse moléculaire .

Cette méthode fait intervenir deux paramètres définis comme suit :

$$V = 2.51 (n - 1.4750) - (d - 0.8510).$$

$$W = (d - 0.8510) - 1.11 (n - 1.4750)$$

V > 0	$\%C_A = 430 \cdot V + (360 / M)$ $R_A = 0.44 + 0.055 \cdot M \cdot V$
V < 0	$\%C_A = 670 \cdot V + (360 / M)$ $R_A = 0.44 + 0.08 \cdot M \cdot V$
W > 0	$\%C_R = 820 \cdot W - 3 \cdot S + 1000 / M$ $R_T = 1.33 + 0.146 \cdot M \cdot (W - 0.005 \cdot S)$
W < 0	$\%C_R = 1440 \cdot W - 3 \cdot S + (10600 / M)$ $R_T = 1.33 + 0.18 \cdot M \cdot (W - 0.005 \cdot S)$

Telles que : $\%C_N = \%C_R - \%C_A$

$$\%C_P = 100 - \%C_R$$

$$R_N = R_T - R_A$$

Avec :

$\%C_A$: pourcentage en poids de carbones aromatiques ,

$\%C_N$: pourcentage en poids de carbones naphthéniques ,

$\%C_P$: pourcentage en poids de carbones paraffiniques ,

$\%C_R$: pourcentage en poids de carbones en cycles ,

R_A : nombre de cycles aromatiques dans une molécule moyenne ,

R_N : nombre de cycles naphthéniques dans une molécule moyenne ,

R_T : nombre de cycles total dans une molécule moyenne,

S : pourcentage en poids de soufre.

b)-Méthodes n.d.PA :

la méthode n.d.PA est basée sur la connaissance de :

- l'indice de réfraction ,
- densité mesuré à 20°C (d),
- Point d'aniline (PA) .

Elle est donnée par la relation suivante :

$$\%C_A = 1039.4 * n - 470.4 * d - 0.315 * PA - 1094.3 .$$

$$\%C_N = -1573.3 * n - 840.15 * d - 0.4619 * PA + 1662.2 .$$

$$\%C_P = 100 - (\%C_A + \%C_N)$$

Références Bibliographiques

[1] : S.Khirani , « étude analytique d'un gasoil en vue d'une formulation de boue de forage » , projet de fin d'étude , Département de Génie Chimique , ENP (juin 2002).

[2] : A.ARBAOUI , « Contribution à l'étude des différents gasoils » , projet de fin d'étude , Département de Génie Chimique , ENP (juin 2003).

[3] : A.FETITA, « Contribution à l'étude et la modélisation de l'extraction des aromatiques d'un gasoil de Hassi -Messaoud , application à un boue de forage » , thèse de magister , Département Génie Chimique , ENP(Novembre 2003).

[4] : J.-C.GUIBET , « Carburants et moteurs Technologies –Energie –Environnement , tome1 » , Publication de l'Institut Français du Pétrole , éditions Technip , 1997.

[5] :J.-P.WAUQUIER, « raffinage pétrole :Produits pétroliers,Shémas de fabrication » ,Publications de l'Institut Français du Pétrole , edition Technip. 1994.

[6] : J.-P.FAVENNEC , « Raffinage du pétrole : Exploitation et gestion de la raffinerie » , Publication de l'Institut Français du Pétrole , Edition Technip .1998.

[7] : C.E.CHITOUR , « Raffinage , tome 1 , les propriétés physiques des hydrocarbures et des fractions pétrolières » , Edition de l'Office des Publications Universitaires ,1999.

[8] : C.E.CHITOUR , « Raffinage , tome2 , les propriétés thermiques » , Edition de l'Office des Publications Universitaires ,1999.

[9] : P.WUITHIER , « Le pétrole, Raffinage et génie Chimique , tome1 » ,Publication de l'Institut Français du Pétrole , Edition Technip .1972.

[10] : ENSPM (Ecole Nationale du Pétrole et des Moteurs) , Formation Industrie ,
Composition et propriétés des carburants automobiles ,1990.

[11] : P.LAJOIE , centre de santé publique de la région de Québec , Polluants Vedettes
Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP).

[12] : Bureau de normalisation du pétrole , « Méthodes d'essai des produits pétroliers ,
tome1,2,3 « , Office de Publicité Générale , Paris.