REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURE ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DE MEDEA

FACULTE DES SCIENCES



Mémoire

Présenté pour obtenir le diplôme de **Master**

En Chimie

Spécialité :
Chimie Macromoléculaire

Par :

Etudiant 1 :LAROUCI SAMIR
Etudiant 2 : BELHAYANI DJILALI

Thème :

Etude des propriétés rhéologiques d'un système hydrocarbure/additif

Soutenue publiquement le :21 /06 /2018, Devant le jury composé de :

Mr NedjiouiM.	Grade : MCA	Université de Médéa	Président
Mme Zouambia Y.	Grade :MCA	Université de Médéa	Examinateur
Mme Cherifi H.	Grade :MCA	Université de Médéa	Examinateur
Mme Khalladi R.	Grade :MCA	Université de Médéa	Encadreur
Mr RechidiY.	Grade : Magister	Raffinerie d'Alger	Co-encadreur

Année universitaire 2017/2018

ملخص

يتعرض الديزل،الذي يستخدم على نطاق واسع كوقود، و الذي نجد تجمده عند درجات حرارة منخفضة ولا يمكنه التدفق بعد تبلور البارافينات التي تشكله.،من بين الحلول المتوخاة لتحسين نقطة صب الديزل،تقترح العديد من شركات النفط الكثير من المضافات.

في هذا السياق ،تم تنفيذ العمل الحالي في مصفاة الجزائر العاصمة، حيث قمنا باختبار اثنين من منتجات نالكو.أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن نقطة صب الديزل المعد في هذه المصفاة انخفضت بشكل ملحوظ بعد إضافة هذين المضافين. إضافة إلى ذلك، اثبت فحص الخصائص التالية: الكثافة، اللزوجة، النقطة الأولية والنهائية للتقطير (أ س ت م)، نقطة الوميض، رقم السيتان ومحتوى الكبريت في عينة من الديزل/ المضاف نالكو أن المنتجين نالكو لهما تأثير إيجابي على هذه الخصائص مع احترام المواصفات المطلوبة دائمًا. وبالتالي،يمكن استخدام هذين المركبين من نالكو بعد دراسة فنية واقتصادية لمعالجة مشكلة التبلور والبلورة للديزل أثناء عمليات الإنتاج والنقل و التخزين.

تظهر هذه الدراسة أنه باستخدام احد المضافين بكمية 50 ملغ / لتر تم الحصول علي هذه النتائج التالية:

نقطة الصب =- 12. نقطة سحابة = -7 .الكثافة = 0.8340 . اللزوجة = 6.6 . نقطة الوميض = 87 .

رقم السيتان = 56.86 . محتوى الكبريت = 0.06 .

الكلمات المفتاحية :الديزل ،نقطة الصب ،الكثافة، اللزوجة، النقطة الأولية والنهائية للتقطير (أ س ت م)،نقطة الوميض ، رقم السيتان ،نالكو.

Résumé

Le gasoil produit pétrolier largement utilisé comme carburant est sujet à la gélification aux basses températureset il ne coule plus après cristallisation des paraffines qui le composent. Parmi les solutions envisagées pour l'amélioration du point d'écoulement du gasoil, plusieurs firmes pétrolières proposent l'ajout de nombreux additifs.

Dans ce contexte, le présent travail a été réalisé au niveau de la raffinerie d'Alger, où nous avons testé deux produits additif. Les résultats obtenus ont montré que le point d'écoulement du gasoil préparé dans cette raffinerie a nettement baissé après l'utilisation de ces deux additifs. De plus, l'examen des propriétés suivante : densité, viscosité, point initial et final de la distillation ASTM, point d'éclair, indice de cétane et la teneur en soufre d'un échantillon gasoil/ additifa montré que les deux produits additif ont positivement amélioré ces propriétés en respectant toujours les spécifications requises. Ainsi, les deux composés additif testés peuvent être proposés après une étude technico-économique pour la remédiation du problème de gélification et cristallisation du gasoil rencontré durant les opérations de production, de transport et de stockage.

Cette étude montre qu'en utilisant un additif les résultats obtenus avec 50mg/l sont:

point d'écoulement = -12°C, point trouble = -7°C, densité= 0.8340 ,viscosité = 6.6cSt, indice de cétane= 56.86 . Point d'eclair = 87, teneur en soufre = 0.06 %.

Mots clés : Gasoil, point d'écoulement, densité, viscosité, point initial et final de la distillation ASTM, point d'éclair, indice de cétane, NALCO.

Abstract

Gasoil is a petroleum product widely used as fuel. It is also subject to the jellification at low temperatures and it does not flow after the paraffin's crystallization. Among the solutions considered for the improvement of the gasoil pour point, several companies propose the addition of many additives.

Within this context, the present work was carried out at Algiers refinery, where two additive products were tested. The results obtained showed that the pour point of the gasoil prepared in this refinery decreased significantly after the use of these two additives. Furthermore, the examination of the following properties: density, viscosity, initial and final point of the ASTM distillation, flash point, cetane number, sulfur content of a gasoil/ additive samples has shown that these properties are positively enhanced by the two additive products with respecting always the required specifications. Therefore, the two additive compounds can be used after a technical-economic study for the remediation of the gasoil jellification and crystallization problem encountered during the production, the transport and the storage operations.

This study show that using 50mg / l of an additive the obtained results are:
pour point =-12°C, density = 0.8340 , viscosity = 6.6, cloud point=-7, flash point= 87 cetane number = 56.86 Sulfur content = 0.06%

Key words: Gasoil, pour point, density, viscosity, initial and final point of the ASTM distillation, flash point, cetane number, NALCO.

Remerciements

Nous tenons à remercier en premier lieu ALLAH, le tout puissant, qui nous a donné le courage et la volonté pour bien mener ce travail.

Nous tenons à remercier fortement notre encadreur du Projet de Fin d'études, Mme ***KHALLADI. R****, docteur à l'Université de MEDEA, qui nous a suivi tout au long de cette période et nous a conseillés sur l'orientation à prendre.*

Nos remerciements vont également aux membres du Jury : Mr ***NEDJIOUI. M*** *comme Président et aux, Examinatrices : Mes dames* ***ZOUAMBIA.Y*** *et* ***CHERIFI.H*** *de l'Université de MEDEA.*

Par ailleurs, nous remercions notre Co-encadreur Mr ***RECHIDI YOUCEF*** *responsable du laboratoire de la raffinerie d'Alger,*

Nous remercions aussi tous l'effectif du laboratoire de la raffinerie d'Alger pour leur accueil, gentillesse, disponibilité et aussi pour leurs fructueuses discussions.

Nos sincères et profonds remerciements vont à Mme ***MENACER*** *responsable du bureau de formation de la raffinerie d'Alger*

Enfin, nous tenons à remercier tous les enseignants pour leur aide et le temps qu'ils ont partagé avec nous.

DEDICACES

Ce mémoire, je le dédie particulièrement à :

Mes très chers parents qui représentent pour moi

l'exemple de sacrifice, de fidélité et de d'honnêteté.

Mes frères et sœurs.

Toute ma grande famille.

A mon binôme BELHAYANI Djilali et sa famille

Tous mes chers amis.

Tous ceux qui travaillent pour un avenir meilleur.

S.LAROUCI

DEDICACES

Ce mémoire, je le dédie particulièrement à :

Mes très chers parents qui représentent pour moi

l'exemple de sacrifice, de fidélité et de d'honnêteté.

Mes frères et sœurs.

Toute ma grande famille.

A mon binôme LAROUCI SAMIR et sa famille

Tous mes chers amis.

Tous ceux qui travaillent pour un avenir meilleur.

DJ. BELHAYANI

Liste des figures

Figure I.1 : Image satellitaire de la raffinerie d'Alger……..5
Figure I.2 : Schéma de l'unité de distillation atmosphérique ″Topping″……...6
Figure I.3 : Schéma de l'unité de reforming catalytique……7
Figure I.4 : Schéma de l'Unité Gaz plant……...8
Figure I.5 : Exemples d'hydrocarbures cycliques…….....11
Figure II.1: Schéma du procédé de distillation atmosphérique…….....17
Figure II.2: Schéma du procédé de distillation sous vide……18
Figure II.3: Schéma simplifie de l'action des additifs sur le gasoil……..13
Figure III.1: Schéma simplifier pour l'essai du point d'écoulement……..…….……..30
Figure III.2: Variation du point d'écoulement pour l'échantillon gasoil /Additif EC5905A..33
Figure III.3: Variation du point d'écoulement pour l'échantillon gasoil /Additif EC5372A..33
Figure III.4 : Schéma simplifier de mesure du point de trouble……...…….……....34
Figure III.5 : Représentation de la densité à 15°C des échantillons gasoil/ additif…….36
Figure III.6 : Schéma descriptive du montage de la distillation ASTM……...38
Figure III.7: Courbe ASTM des différents échantillons gasoil avec et sans additifs…….....39
Figure III.8: Appareil Pensky -Martens ASTM D93……..…….....40
Figure III.9: Schéma des viscosimètres utilisés……42
Figure III.10: Schéma de principe de l'analyseur de soufre total……..……...…….44

Liste des tableaux

Tableau I.1: Production annuelle de la raffinerie ……5
Tableau II.1: Propriétés des réservoirs de stockage du gasoil……...18
Tableau II.2: Classification selon la réglementation EC1272/ 2008 de l'additif **EC5372A**….25
Tableau III.1 : Propriétés du gasoil utilisé et spécifications…….27
Tableau III.2 : Propriétés physico-chimique du produit **EC5372A**……....28
Tableau III.3 : Propriétés physico-chimique du produit **EC5905A**…….29
Tableau III.4 : Gammes de température du bain et de l'échantillon…….....31
Tableau III.5 : Valeurs du point d'écoulement du mélange gasoil/additifs…….32
Tableau III.6 : Relation entre le point d'écoulement et la concentration de l'additif……...34
Tableau III.7 : Valeurs du point de trouble du gasoil sans et avec additifs…….35
Tableau II.8: Valeurs de point d'éclair obtenues pour le gasoil sans et avec additifs…….41
Tableau III.9 : Viscosité cinématique des mélanges gasoil/additifs à 20°C……..……..42
Tableau III.10: Teneur en soufre des mélange gasoil / additif…….45
Tableau III.11 : Indice de cétane des mélanges gasoil/additif…….46

Liste des abréviations et nomenclature

A.P.I: American Petroleum Institute

ASTM : American Society for Testing and Materials.

BTEX : Benzène, Toluène, Ethylbenzène et Xylène

C : concentration

CA 89 : Essence normal indice d'octane 89

d : densité à 15°C

Fuel BTS : fioul à très basse teneur en soufre

GPL : Gaz de Pétrole Liquéfié.

HDS : Hydrodésulfuration

IC ; Indice de cetane

jet A1 : Kérosène

k : Constante du viscosimètre

LCO : Light Cycle Oïl

NA : Norme Algérienne

P : pertes

PE ; point d'écoulement

PF : point final

PI : Point Initial

ppm : partie par million.

PT ; Point trouble

P.T.E : Plomb-tétraéthyle.

R : résidu

R1AG : Raffinerie d'alger

SP 96 : Essence super indice d'octane 96

T : température

t : temps d'écoulement en secondes.

TND : teneur non déterminé

TLF : Température Limite de Filtrabilité

V_c V_r ,$V_{d:}$ Volume Condensé, Volume Récupéré ; Volume Distillé

$\boldsymbol{v}$: viscosité cinématiques

Sommaire

Résume

Remerciement

Dédicace

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction générale……...1

Chapitre I : Présentation de la raffinerie d'Alger

I.1.Pourquoi doit-on raffiner le pétrole brut....……...……....4

I.2.La raffinerie d'Alger……....4

I.2.1. Historique de la raffinerie……..…….4

I.2.2.Situation géographique……..……....4

I.2.3. Capacité de production……....5

I.2.4. Principales installations de la raffinerie d'Alger…….....…..6

I.2.4.1. Unité de distillation atmosphérique ″Topping″…….....6

I.2.4.2. Unité de reforming catalytique "platforming″ (U 200)……..…...7

I.2.4.3. Unité de séparation des gaz liquéfiés "gaz-plant" (U 300)……....8

I.2.4.4. Unité de pomperie…….….8

I.2.4.5.Unité des utilités…….……..…..….9

I.2.4.6. Laboratoire d'analyse……..9

I.2.4.7.Nouvelle installation et réhabilitation de la raffinerie d'Alger…….9

I.3.Généralité sur le pétrole brut……..……..10

I.3.1.Origine du pétrole brut…….……..10

I.3.2.Composition des pétroles bruts……..10

I.3.3. Hydrocarbures aliphatiques……...11

I.3.4. Hydrocarbures cycliques……....11

I.3.5.Hydrocarbures mixtes……11

I.3.6.Autres composés contenus dans le brut…….....12

I.3.6.1. Composés sulfurés……...12

I.3.6.2.Composés azotés……...12

I.3.6.3.Composés oxygénés……...12
I.3.6.4.Composés métalliques……..……12
I.4.Classifications des pétroles bruts…..……12
I.4.1.Classifications Industrielle…...……..…...13
I.4.2. Classification Chimique……13
I.4.3. Classification Technologique……13
I.5.Classement du brut algérien……..14
I.6. Développement du raffinage en Algérie……..14

Chapitre II : Généralités sur le gasoil

II.1. Notions générales sur le gasoil……....16
II.2. Description des étapes de production du gasoil……....16
II.2.1. Distillation atmosphérique……...16
II.2.2. Distillation sous vide……17
II.2.3. Circuit Gasoil……....18
II.2.4.Stockage du gasoil…….…18
II.3. Propriétés physico-chimique du gasoil……...18
II.3.1. Indice de cétane……19
II.3.2.Teneur en soufre……....20
II.3.3.Densité……20
II.3.4. Distillation……..20
II.3.5.Viscosité……..20
II.4. Propriétés à froid du gasoil……21
II.4.1.Point d'écoulement……21
II.4.2.Point de trouble……..21
II.4.3.Température limite de filtrabilité……22
II.5.Techniques d'amélioration des propriétés à froid du gasoil…….....22
II.5.1. Sélection et constitution de la coupe gasoil……22
II.5.2.Utilisation d'un catalyseur à base d'un mélange de zéolithes……....22
II.5.3. Incorporation d'additifs……...23
II.6.Additifs de carburants NALCO®……...24

Chapitre III : Partie expérimentale

III.1.Lieu d'analyses……....27

III.2.Produits utilisés……...…27
III.2.1.Caractéristiques du gasoil utilisé…….....27
III.2.2. Propriété Physico-chimique des additif NALCO®…….29
III.3.Procédure expérimentale…….....30
III.4.Détermination du point d'écoulement……...30
III.4.1.Principe de mesure selon la norme ASTM D 97…….....30
III.4.2. Matériels utilisés……...31
III.4.3.Mode opératoire…….....31
III.4.4.Préparation des échantillons gasoil/additif…….....33
III.4.5. Résultats et discussions…….....33
III.5. Détermination du point de trouble……....34
III.5.1. Principe de mesure selon la norme ASTM D5771…….....34
III.5.2. Matériels utilisés……...34
III.5.3.Mode opératoire……35
III.5.4. Résultats et Interprétation……..35
III.6.Détermination de la densité……....36
III.6.1.Principe de mesure……...36
III.6.2.Matériels utilisés……...36
III.6.3.Mode opératoire……....36
III.6.4 .Résultats et Interprétation…….....36
III.7.Effet des additifs NALCO sur la distillation du gasoil……37
III.7.1. Principe de mesure distillation ASTM……..37
III.7.2.Matériels utilisés……...38
III.7.3.Mode opératoire……...38
III.7.4.Résultats et Interprétation……...39
III.7. Détermination du point d'éclair……....39
III.7.1.Principe de mesure……..39
III.7.2. Matériels utilisés……..40
III.7.3. Mode opératoire……..40
III.7.4. Résultats et interprétation……..41
III.8.Détermination de la viscosité……..41
III.8.1.Principe de mesure……...41
III.8.2.Matériels utilisés……...41

III.8.3.Mode opératoire……....42
III.8.4.Résultats et interprétation..……..42
III.9.Détermination de la teneur en soufre……....43
III.9.1. Principe de mesure……..43
III.9.2.Matériels utilisés…….……...43
III.9.3.Mode opératoire……45
III.9.4.Résultats et interprétation……45
III.10.Détermination de l'indice de cétane……46
III.10.1.Principe de mesure……..……...46
III.10.2.Résultats et interprétation……..……...46
Conclusion générale……..…47
Référence bibliographie……..48
Annexe…….....50

Introduction générale

L'industrie de raffinage est une industrie lourde qui transforme le pétrole brut en produits énergiques tels que les matières premières pétrochimiques, les carburants, les lubrifiants, les essences, les paraffines, et les bitumes. Cette industrie est dynamique, donc moderne, sa structure évolue constamment pour satisfaire la demande quantitative et qualitative d'un marché qui ne cesse de demander de l'énergie moins coûteuse mais plus satisfaisante chaque jour qui né. Dans ces conditions, les temps d'amortissement du matériel doivent être très courts, la recherche de nouveaux procédés et l'amélioration des rendements demeurent un objectif permanant.

Les gazoles produits de la distillation du brut sont des mélanges constitués de paraffines, de naphtènes et d'hydrocarbures aromatiques. Ils peuvent aussi contenir des quantités modérées d'oléfines. Ces produits ont un point d'ébullition compris entre 163 °C et 371 °C environ. Ils sont souvent soumis à un traitement d'hydrodésulfuration destiné à améliorer leur stabilité. Les qualités de ces fuels légers sont un indice de cétane dans les carburants diesel assurant un bon démarrage et une bonne combustion, un point d'éclair et un point d'écoulement bien précis, une combustion propre et l'absence de dépôts dans les réservoirs**[1]**.

Problématique gasoil- froid

Les propriétés du gasoil carburant pour moteurs diesel sont fortement liées aux conditions climatiques de leur région d'utilisation afin de garantir l'opérabilité des véhicules en toute situation. Ainsi en Europe par exemple, on distingue entre les zones dites à climat tempéré (du Portugal aux Pays-Bas) et les zones dites à climats arctiques (pays scandinaves).

Généralement , les carburants sont évalués en priorité par leur tenue à froid en adoptant dans chaque pays des valeurs maximales de points d'écoulement, point de trouble et de température limite de filtrabilité. Et ce pour empêcher les problèmes de cristallisation des gazoles moteurs qui pourraient survenir lors de la saison froide.

L'apparition des cristaux est due en particulier aux paraffines normales (n-alcanes) qui possèdent des températures de fusion élevées et dont la solubilité dans le mélange hydrocarboné diminue avec la température. Cependant, La structure linéaire et saturée des chaînes aliphatiques de ces composés leur confère l'aptitude de s'auto-enflammer facilement

et rapidement en présence de l'air ce qui est évalué par l'indice de cétane (IC).De plus, l'efficacité de la combustion du gasoil moteur est conditionnée par la qualitéde l'injection du gazole qui est gouvernée par plusieurs paramètres. Parmi les plus importants, on retrouve la viscosité, la densité et la volatilité. En outre, la teneur en soufre facteur majoritairement responsable de la corrosion des compartiments d'un moteur diesel est étroitement lié au niveau de pollution causé par le gasoil.

L'augmentation de la viscosité associée à la cristallisation des paraffines à basse température entrave le transport du gasoil dans les pipelines ainsi que son utilisation dans les moteurs diesel. Lorsque sa température descend en-dessous d'un certain seuil appelé point d'écoulement, le gasoil est sujet à la gélification et ne coule plus dans les canalisations. D'où les spécifications commerciales du pétrole sur le marché incluent son point d'écoulement.

La raffinerie d'Alger traite 8000 Tonnes/ jours de brut pour extraire 2000 Tonnes/ jours de gasoil, et afin d'améliorer le point d'écoulement du gasoil 200 Tonnes/ jours de kérosène sont mélangés avec le gasoil avant d'être commercialisé. Parmi les solutions envisagées pour l'amélioration du point d'écoulement du gasoil, plusieurs firmes industrielles proposent l'ajout de nombreux additifs.

Dans ce travail réalisé au niveau de la raffinerie d'Alger, nous allons tester deux composés proposés par la société NALCO®, à savoir : le EC5905A et le EC5372A. Cette société propose ces abaisseurs du point d'écoulement comme des solutions performantes pouvant maintenir les flux d'hydrocarbure même sous des profils thermiques défavorables durant les opérations de production, de transport et de stockage.

Dans ce contexte s'inscrit ce travail de recherche qui a comme objectif d'évaluer l'efficacité de deux additifs récemment produits par une société internationale pour l'amélioration des propriétés à froid d'un échantillon de gasoil préparé dans la raffinerie d'Alger.

Ce mémoire est constitué de trois chapitres:

Dans le premier chapitre on donne une brève présentation de la raffinerie d'Alger, sa situation géographique, son histoire et ses différentes structures. On expose aussi d'une manière succincte quelques généralités sur le pétrole brut. Une description de cette matière première d'un point de vue composition chimique, production et raffinage.

Dans le deuxième chapitre on présente les différentes étapes de préparation du gasoil, ainsi que les spécifications du gasoil que ce soit physiques, chimiques et aussi son comportement à basse température on prenant soins de bien préciser les différentes techniques d'améliorations de son point d'écoulement. La dernière partie de ce chapitre est consacrée à une présentation détaillée des deux additifs NALCO utilisés dans la partie expérimentale.

Le chapitre trois, comporte le détail de l'étude expérimental réalisée sur le gasoil de la raffinerie d'Alger. L'effet de l'ajout des deux produits NALCO®sur les propriétés suivantes :point d'écoulement, la densité, la viscosité, point initiale et finale de la distillation ASTM (American Society for Testing and Materials), point d'éclair, indice de cétane et la teneur en soufre ainsi que le point trouble a été investigué.

Ce manuscrit se termine par une conclusion générale qui regroupe l'ensemble des résultats obtenus et les perspectives envisagées.

I.1.Pourquoi doit-on raffiner le pétrole brut ?

Le pétrole, à l'état brut ne sert pas à grand-chose. C'est le rôle de la raffinerie de le mettre en valeur par des étapes de transformation et de traitement physiques, chimiques ou mécaniques afin de préparer des produits pétroliers finis.

Dans le schéma de raffinage le plus ancien et le plus simple possible, le gasoil provient de la coupe moyenne de distillation directe du pétrole brut. Cette voie demeure, évidemment, dans les raffineries modernes, mais elle s'accompagne d'autres flux, afin de faire face à la demande du marché en matière de quantité et de qualité. Dans ce chapitre nous allons présenter brièvement la raffinerie d'Alger lieu de production du gasoil utilisé dans de ce travail.

I.2.La raffinerie d'Alger [2,3]

I.2.1.Historique de la raffinerie

Surnommée la doyenne des raffineries Algériennes, la raffinerie d'Alger nommée **R1AG** a été construite par la société française FOSTER WHEELER, et mise en service en 1964 avec le démarrage en février de l'unité de distillation atmosphérique d'une capacité de 2.025.000 tonnes de brut par an. Puis, le démarrage en mars de l'unité reforming catalytique.

Une extension a été réalisée pour pouvoir atteindre jusqu'à 3 millions de tonnes de traitement de brut par an et satisfaire la demande du marché :

- Extension du parc de stockage : la raffinerie comporte trois bac de brut de 35.000 m^3et 30 autres bacs d'une capacité totale de 185.000 m^3 réservés aux produits finis et semi-finis.
- Augmentation de la capacité de réfrigération de certains équipements.

I.2.2. Situation géographique

La raffinerie d'Alger est érigée sur une surface de 182 Hectares à Sidi Arcine, à cinq kilomètres d'El Harrach et à vingt kilomètres à l'Est d'Alger. Et pour l'emplacement de Sidi Arcine le choix a été fait suite à une étude des sols et à la découverte d'une nappe d'eau qui est nécessaire pour l'alimentation des systèmes de refroidissement.



Figure I.1 : Image satellitaire de la raffinerie d'Alger**[4]**

I.2.3. Capacité de production

L'unité de productionde la raffinerie d'Alger a une capacité de traiter 2.700.000 tonnes par an de brut, soit une allure de 7700 tonnes par jour, pour 350 jours de marche (Tableau I.1). Cette raffinerie a pour objectif de traiter le pétrole brut de HASSI-MESSOUAD seul ou mélangé afin de produire différentes coupes pétrolières.

Tableau I. 1: Production annuelle de la raffinerie**[2,3]**

Produit	**Quantité (tonne/an)**
Propane	10.000
Butane	100.000
Essence normale	263.000
Essence super	323.000
Jet A1	235.000
Gas-oil	**796.000**
Fuel léger	6500.000
Fuel lourd	650.000
Naphta	228.000

I.2.4. Principales installations de la raffinerie d'Alger

Les principales installations de la Raffinerie d'Alger sont :

I.2.4.1. Unité de distillation atmosphérique ″Topping″ [3]

Destinée à séparer les différents produits pétroliers contenus dans le pétrole brut.C'est l'unité mère de la raffinerie (U 100). Elle a été conçue pour traiter soit le brute de HassiMassaoud seul, ou bien en mélange avec des proportions variable n'excédant pas 28% en poids de condensât provenant de Hassi-Rmel.

Le rôle de cette unité est de fractionner le pétrole brut en produits finis : Kérosène, et gasoil pour moteur qui seront directement stockés avant d'être commercialisés, ainsi qu'en produits intermédiaires : solvants léger et lourds et les GPL (gaz de pétrole liquéfié), qui serviront de charge pour l'unité de reforming catalytique et pour l'unité de séparation des gaz.

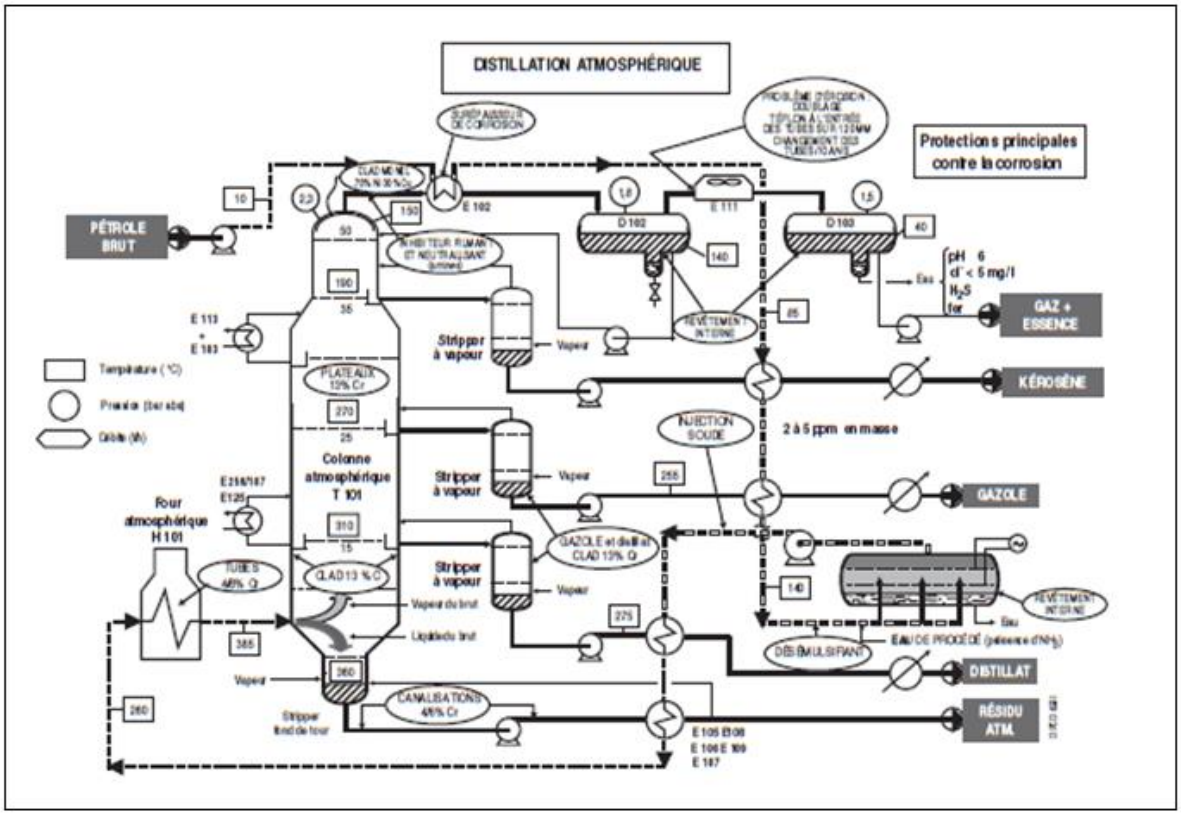


Figure I.2 : Schéma de l'unité de distillation atmosphérique ″Topping″ [5]

L'unité de distillation atmosphérique comprendles parties suivantes (Figure I.2) :

- Un train de préchauffe .
- Un ballon de flash .
- Un four .
- Une colonne de distillation atmosphérique .
- Une colonne de stabilisation des naphtas (C104) : qui permet de retirer de l'essence, le butane et les gaz les plus légers (GPL) pour les envoyer vers l'unité gaz-plant.

I.2.4.2. Unité de reforming catalytique "platforming" (U 200) [3]

Cette unité (U 200) a pour objectif d'augmenter l'indice d'octane du mélange solvant léger-solvant lourd par des réactions catalytiques pour obtenir à la sortie le "plat-format" destiné à la fabrication d'essences.

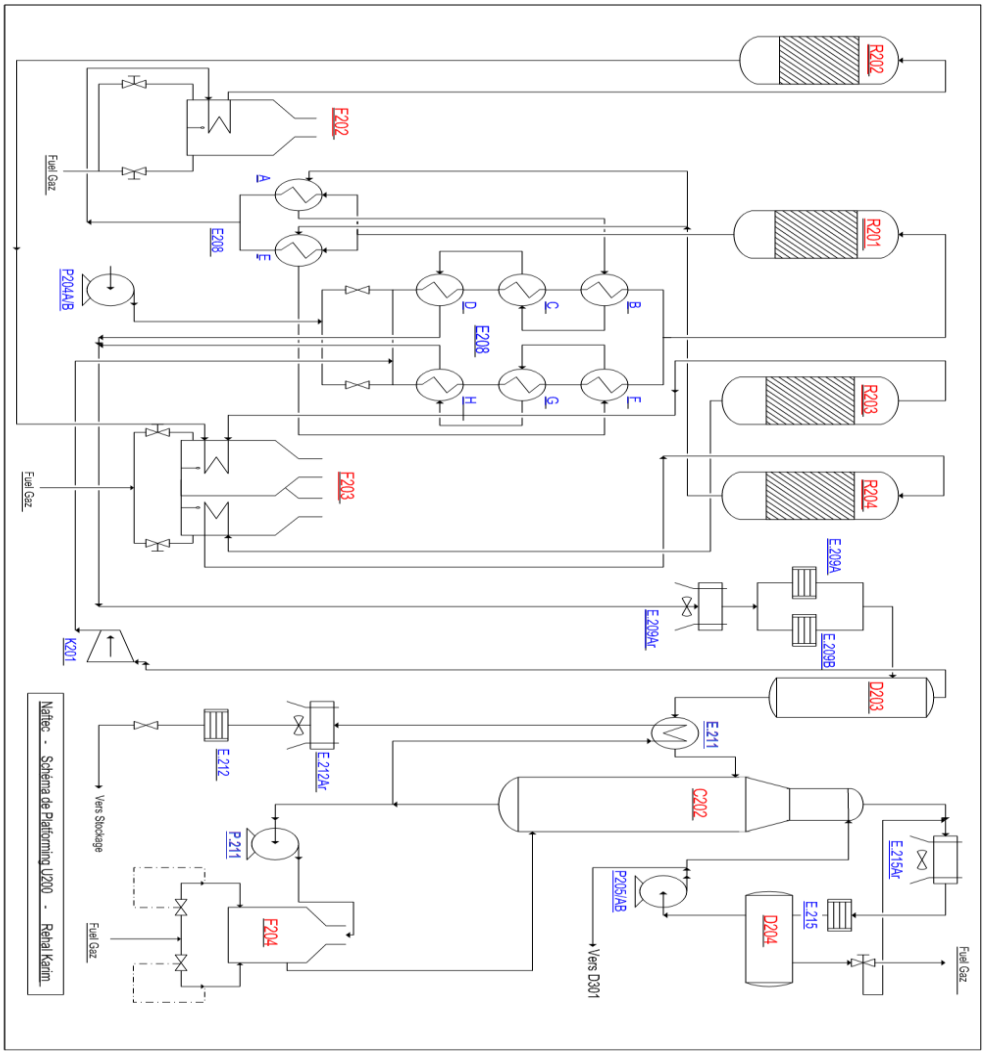


Figure I.3 : Schéma de l'unitéde reforming catalytique**[**6**]**

L'unité de reforming catalytique comprend (Figure I.3) :

- Un train de préchauffe .
- Un réacteur de garde utilisant un catalyseur pour retenir les poisons contenus dans la charge .
- Une section catalytique avec trois fours, trois réacteurs, un ballon séparateur .
- Une section de stabilisation avec une colonne (C202) : pour éliminer et envoyer vers l'unité de gas-plant les GPL contenue dans le plat- format.

I.2.4.3. Unité de séparation des gaz liquéfiés "gaz-plant" (U 300) [3,6]

L'unité de séparation et de traitement des gaz liquéfies nommée U300 (Figure I.4) a été dimensionnée pour traiter le produit liquide venant des accumulateurs de tête des débutaniseurs de l'unité de distillation et de l'unité de reforming afin d'obtenir du propane et du butane commerciaux. Ces produits vont traverser des systèmes de purification contenant des tamis moléculaires afin de les débarrasser de toute trace d'humidité et de produits sulfurés.

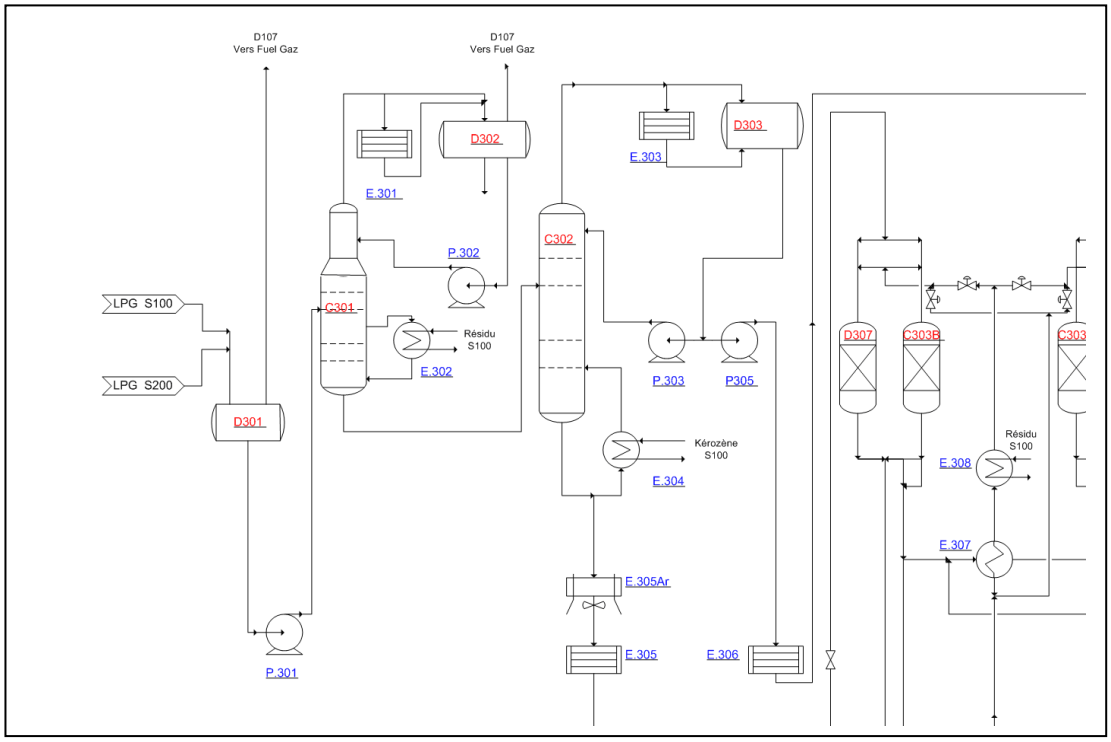


Figure I.4 : Schéma de l'Unité Gaz plant**[**6**]**

I.2.4.4. Unité de pomperie

Cette unité à deux fonctions ; la premièreest la fabrication de l'essence normale (CA 89) et super (SP96) à partir du plat format et la seconde fonction est l'expédition des produits aux

dépôts suivant : le port d'Alger, les dépôts carburant (Caroubier, El Harrach, et la Chiffa) et l'aéroport Houari Boumediene.

I.2.4.5. Unité des utilités [6]

Elle a pour but d'assurer les besoins énergétiques de la raffinerie, ces derniers sont fournis par des chaudières et des alternateurs et générateur de courant électrique. La raffinerie dispose aussi d'une ligne de courant de secours SONALGAZ utilisée durant les périodes d'arrêt de maintenance.

I.2.4.6. Laboratoire d'analyse

Le laboratoire effectue sur les différents produits intermédiaires ou finis un certain nombre de testes classiques qui ont pour but de contrôler les spécifications des produits pétroliers selon les normes et détecter les anomalies de fonctionnement des procédés pour optimiser les paramètres.Le service laboratoire fait partie du département technique, il est composé de deux sections :

a. Section contrôle

Comme son nom l'indique, elle est chargée de contrôler la qualité des produits en effectuant différents types d'analyse :

- Suivi des points de distillation : elle permet de vérifier le point initiale (PI) et le point finale (PF) de la coupe pétrolière .
- Mesure de la densité ;Calcul de l'indice d'Octane
- Vérification des points de congélation, de trouble et point d'éclair du gasoil et du kérosène .
- Calcul de la conductibilitéélectriquedu kérosène et/ou jet A1 .
- Vérification de la couleur de certains produits .

b. Section chimie

Elle est chargée d'effectuer des analyses qualitatives et quantitatives sur les différents produits finis et sur les eaux de process.

I.2.4.7.Nouvelle installation et réhabilitation de la raffinerie d'Alger

Le programme de réhabilitation et d'adaptation de la raffinerie est décliné en un seul projet global comprenant les opérations suivantes:

- Augmentation de la capacité du Topping de l'ordre de 35 % (passage de 2 700 000 à 3 645 000 t/an),
- Remplacement du Reforming existant (catalyseur monométallique) par un nouveau Reforming à catalyseur bimétallique.
- Installation d'une nouvelle unité d'isomérisation de naphta léger,
- Installation d'une unité de prétraitement et de fractionnement de naphta, commune aux deux unités d'isomérisation et de reforming
- Installation d'une nouvelle unité d'adoucissement et de séparation des GPL,
- Modernisation de l'instrumentation du système de contrôle ainsi que le réseau électrique .
- Modernisation et l'extension du système de traitement des effluents (traitement biologique) .
- Installation d'un Package de traitement et de récupération de soufre.

I.3. Généralités sur le pétrole brut

Le pétrole brut est un fluide constitué principalement d'hydrocarbures ; il contient également des composés organiques soufrés, oxygénés et azotés. On le rencontre dans les bassins sédimentaires, où il occupe les vides de roches poreuses appelées réservoirs

I.3.1. Origine du pétrole brut [1,7]

Depuis sa découverte de nombreuses théories traitent de l'origine de cette source d'énergie, mais seules deux d'entre elles étaient prises en considération.La première, celle de l'origine minérale défendue autrefois par Moissan et Sabatier.Quant à la deuxième, la vraisemblable aujourd'hui, défendue autrefois par Engler et Hofer. En effet, ces deux savants ont réussi à obtenir au laboratoire des hydrocarbures à partir des végétaux et des poissons, ce qui a permis d'expliquer l'élaboration des immenses nappes de pétrole.

I.3.2. Composition des pétroles bruts [1]

Le pétrole brut, appelé aussi hydrocarbure, est composé essentiellementde carbone (83%-87%) et d'hydrogène (11%-14%). De plus, on trouve aussi d'autres éléments tels que l'oxygène, le soufre, et l'azote (6% - 7%) qui sont plus au moins nocifs dans le traitement du brut ou lors de l'utilisation des fractions pétrolières finies. Aussi, on peut détecter par l'analyse des cendres du pétrole la présence de d'autres éléments tels : Cl, I, P, As, Si, Na, Fe,..etc.

Ces éléments chimiques forment les trois grandes familles des hydrocarbures qui sont : les aliphatiques, les cycliques et les hydrocarbures mixtes.

I.3.3. Hydrocarbures aliphatiques

Ce sont les hydrocarbures à chaîne ouverte. On distingue :

- **Les composés Saturés** : Ce sont les paraffines appelés aussi alcanes de formule C_nH_{2n+2} qui sont soit à structure normale, soit ramifiée. Les pétroles paraffiniques contiennent environ 50% de paraffine (alcanes).
- **Les composés non saturés** : ils n'existent pas dans le brut, ils sont formés pendant le traitement du pétrole par les procédés de craquage thermique ou thermocatalytique. Ils peuvent être desalcènes (les oléfines) de formule générale C_nH_{2n}ou des alcynes (les acétyléniques) dont la formules est C_nH_{2n-2}.

I.3.4. Hydrocarbures cycliques

Généralement le cycle comprend cinq ou six atomes de carbone. On distingue :

- **Les cycles saturés** : Ce sont-les hydrocarbures naphténiques ayant la formule C_nH_{2n}. Ils sont divisés en naphténiques monocycliques, bicycliques et polycycliques. comme exemple on cite le cyclopentane et le cyclohexane (Figure I.5).

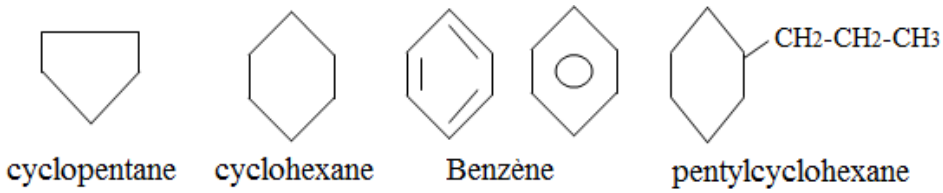


Figure I.5 : Exemples d'hydrocarbures cycliques

- **Les cycles non saturés** : Ce sont les aromatiques de formule chimique C_nH_{2n-6} et dont la formule de base est celle du benzène C_6H_6(Figure I.5). Parmi les composés aromatiques présents dans le bruton les BTEX (Benzène, Toluène, Ethylbenzène et Xylène), naphtalène, anthracène, pyrène, etc.

I.3.5.Hydrocarbures mixtes

L'union des hydrocarbures cycliques et aliphatiques donne des molécules mixtes dontles propriétés sont en fonction de l'importance du cycle ou des chaînes dans la structure (Figure I.5).

I.3.6.Autres composés contenus dans le brut [7]

I.3.6.1. Composés sulfurés

Pratiquement tous les pétroles contiennent du soufre. La teneur de ce dernier augmente avec l'augmentation de la température d'ébullition de la fraction pétrolière. Ces composés sulfurés sont classés en trois groupes.

- **Lepremier groupe :** comprend le H_2S et les R-SH (mercaptans) qui ont des propriétés acides, corrosive et odeur désagréable.
- **Le deuxième groupe :** renferme les sulfures R-S-R' et disulfures R-S-S-R' qui sont neutres à froid et instables à une température élevée entre 130 à 160ºC.
- **Le troisième groupe :** renferme les composés hétérocycliques, instables à température élevée de l'ordre de 500 à 600ºC.

Les composés sulfurés sont indésirables, par ce qu'ils diminuent le nombre d'octane de l'essence, en agissant sur l'efficacité de l'action des additifs antidétonants, tels que le P.T.E (Plomb-tétraéthyle). Ces composés empoisonnent aussi les catalyseurs utilisés dans les procédés catalytiques.

I.3.6.2.Composés azotés

La teneur de l'azote dans le brut varie de 0,02 à2,5%, elle augmente avec l'augmentation de la température d'ébullition des fractions. On retrouve l'azote sous forme de quinoléine. La majorité des composés azotés sont des poisons pour les catalyseurs.

I.3.6.3.Composés oxygénés

Dans le pétrole se trouve une petite quantité d'oxygène, dans les acides naphténiques, les phénols et les gommes.

I.3.6.4. Composées métalliques

Ils existent sous forme de sels dissous dans l'eau mélangée avec le pétrole brut. Les métaux sont des poisons permanents pour les catalyseurs industriels. Parmi ces composés on trouve le Pb, As, P, V, Hg, …etc.

I.4. Classifications des pétroles bruts [8]

A la découverte d'un gisement du pétrole, ce dernier subit une série d'analyses, permettant sa classification. La classification du pétrole est d'une extrême importance car elle nous permet de connaître les méthodes appropriées de son traitement, l'assortiment et les qualités des produits à obtenir. On distingue trois types de classification :

I.4.1. Classification Industrielle

Selonla densité du brut mesurée à 15 °C (d_{15}), on a:

- Un pétrole est léger : si $d_{15} < 0,828$
- Un pétrole est moyen : si $0,828 < d_{15} < 0,884$
- Un pétrole est lourd : si $d_{15} > 0,884$

Comme règle générale, un pétrole brut léger contient une qualité relativement importante de fractions légères (essence, kérosène, gasoil léger), et de paraffines. Mais il y a peu de soufre et de gommes. Cependant, d'habitude les pétroles lourds sont les pétroles aromatiques qui contiennent peu d'essence mais leur indice d'octane est élevé, ainsi que leur teneur en gommes. Cette classification qui ne tient compte que de la densité d_{15} reste incomplète.

I.4.2. Classification Chimique

En fonction de la prédominance d'une ou plusieurs familles des hydrocarbures, on peut distinguer les pétroles suivants :

- Un pétrole paraffinique (Etats Unis).
- Un pétrole naphténique (République d'Azerbaïdjan).
- Un pétrole paraffino-naphténique (**Algérie**).
- Un pétrole aromatique (Indonésie).
- Un pétrole naphténo-aromatique (Californie).
- Un pétrole paraffino-naphténique -aromatique (mixte).

La classification chimique ne reflète pas la vraie nature du pétrole car les fractions lourdes contiennent des hydrocarbures mixtes, et donc cette classification ne peut pas nous renseigner complètement sur la quantité et la qualité des produits à obtenir.Actuellement, la méthode la plus complète, et donc la plus utilisée reste la classification technologique.

I.4.3. Classification Technologique

Elle est basée sur :

a-La teneur en soufre dans le pétrole et dans les fractions pétrolières

- Classe 1 : Pétrole peu sulfureux : $S \leq 0,5\%$
- Classe 2 : Pétrole sulfureux : $0,5 < S \leq 2\%$
- Classe 3 : Pétrole très sulfureux : $S > 2\%$

b- La teneur potentielle en produits clairs (PF ≤ 350°C)

- Type 1 : teneur en produits clairs ≥ 45%
- Type 2 : teneur en produits clairs 30 - 45%
- Type 3 : teneur en produits clairs ≤ 30%

c- La teneur en huiles de base et leurs qualités

En fonction de la teneur en huiles de base et d'huile résiduelle, on distingue les groupes, et en fonction de leurs qualités (indice de viscosité), on distingue les sous-groupes.

d- La teneur en paraffines dans le pétrole :

En fonction de la teneur en paraffines et de la possibilité de la fabrication des carburéacteurs et des carburants diesel et des huiles de distillat de base à partir du pétrole brut, avec ou sans déparaffinage, on distingue trois espèces de pétrole :

- Pétrole peu paraffinique, teneur en paraffines ≤ 1,5%
- Pétrole paraffinique, teneur en paraffines 1,5 à 6%
- Pétrole très paraffinique, teneur en paraffines> 6%

I.5. Classement du brut algérien

Le pétrole brut algérien connu communément par Sahara Blend peut être classé selon la classification chimique comme étant un pétrole paraffino-naphténique. Connu à l'échelle mondial comme un fioul à très basse teneur en soufre (Fuel BTS), avec une teneur en soufre inferieure à 0,5% .

I.6. Développement du raffinage en Algérie [9]

Dans le domaine de raffinage, l'Algérie possède cinq raffineries d'une capacité totale de production de 22,3 million tonnes/an soit 45% environ de sa production de pétrole brut. A l'origine, ces raffineries étaient une partie intégrante de SONATRACH. En 1988, le raffinage a était séparé de l'activité distribution et érigé en entreprise nationale de raffinage de pétrole NAFTEC. En avril 1998, l'entreprise devient une filiale dont les actions détenues à 100% par le holding raffinage et chimie SONATRACH avec un capital social de 12 milliards de dinars.

Dénommé société nationale de raffinage NAFTEC Spa; Ces principaux objectifs sont :

- Améliorer la valeur de la société sur le marché national .
- Continuer à assurer la couverture des besoins en produits raffinés sur le plan quantitatif et qualitatif dont un programme de suppression des essences avec plomb avec une réduction de 0,40 g/l depuis le 1er janvier 1999 et de 0,15 g/l à partir du 1er janvier 2002 et la suppression totale dans le prochain avenir .

- Intégration d'une unité d'isomérisation pour la production de l'Eurosuper 95. Quant au gasoil, une unité d'hydrodésulfuration (HDS) est envisagée.

II.1. Notions générales sur le gasoil

Le gasoil appartient à la famille des gazoles, qui sont constitués principalement d'hydrocarbures saturés et de composés aromatiques. Sous cette appellation, il faut entendre un hydrocarbure liquide susceptible d'être utilisé dans un moteur, Quelle que soit leur utilisation, à savoir gazole pour moteur automobile Diesel, moteur de bateaux, moteur d'engins agricoles et forestiers ou encore combustible de chauffage, ces produits demeurent de qualité et de composition très semblables.

Les qualités requises pour ces produits sont les suivantes : propreté (carbone Conradson, sédiments, eau, soufre), combustion (indice de cétane), fluidité et écoulement (viscosité et point d'écoulement) et volatilité (points de distillation et point éclaire). Ces propriétés dépendent essentiellement de la nature du pétrole brut utilisé et de l'intervalle de distillation choisi. Ainsi, les bruts paraffinés fournissent des coupes d'indice de cétane satisfaisant, mais des caractéristiques à froid médiocres; l'inverse est observé avec des bruts naphténiques.

La demande croissante en gasoil pourrait inciter le raffineur à augmenter le point final de distillation, mais il en résulterait une détérioration du point d'écoulement. Ainsi, on admet généralement qu'un gain de rendement sur brut de 0,5 % en masse entraînerait une dégradation du point d'écoulement de 1°K; le compromis entre quantité et qualité apparaît donc ici particulièrement étroit **[10].**

Dans ce travail nous allons étudier les gazoles destinés aux véhicules à moteur Diesel.

II.2. Description des étapes de production du gasoil

Le gasoil ou gazole préparé à base de pétrole brute est l'un des produits de distillation atmosphérique (Figure II.1), en se basant sur le principe de l`évaporation partielle d`un liquide qui permet de fractionner un mélange d'hydrocarbures en des coupes pétrolières selon leurs température d'ébullition en opérant dans un système où la vapeur est en équilibre avec un liquide résiduel.

II.2.1. Distillation atmosphérique

La distillation du brut se passe sous une pression atmosphérique ou sous vide (Figure II.1 et II.2)**,** et donne généralement les coupes pétrolières suivantes les légers (composés gazeux et essences dont la température d'ébullition se situe entre 40 et 210°C), les moyens (kérosène, diesel et fuel domestique, dont la température d'ébullition se situe entre 170 et 360°C) et les lourds (fuel lourd ou résidus) **[11.12].**

La figure I.2 donnée dans le chapitre I, présente les différentes étapes constituant la distillation atmosphérique réalisée dans la raffinerie d'Alger. L`alimentation liquide passe à travers un échangeur ou elle est partiellement évaporée, et entre dans une colonne sous forme d'un mélange diphasique. Cette colonne assure une séparation du liquide et de la vapeur, la vapeur est condensée dans un condenseur et constitue le distillat**.** Le liquide recueilli au fond de la colonne constitue le résidu **[13, 14].**

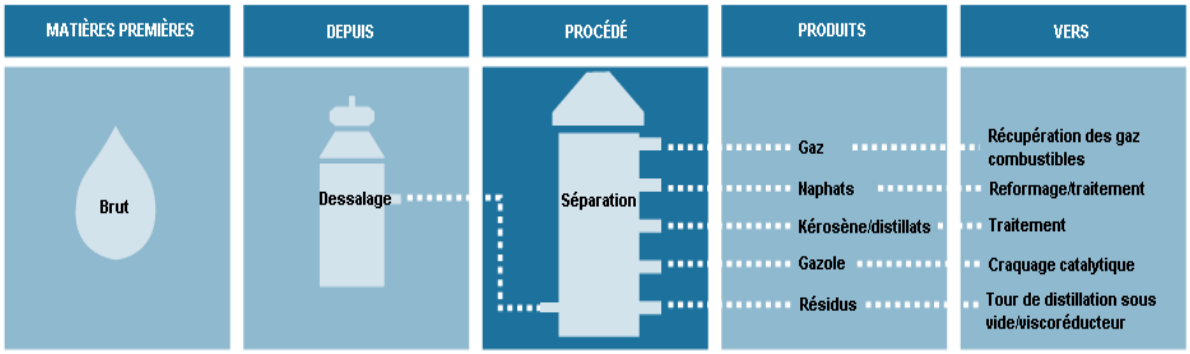


Figure II.1 : Schéma du procédé de distillation atmosphérique **[12].**

Les fractions ayant un intervalle d'ébullition intermédiaire, dont le gazole, le naphta lourd et les distillats, sont soutirées latéralement dans la section médiane de la tour. Elles sont soumises à des opérations de finition en vue d'être utilisées comme kérosène, carburant diesel, gasoil combustible (mazout), carburéacteurs, matières premières des unités de craquage catalytique et essences de base.

Les fractions plus lourdes à point d'ébullition plus élevé (appelées résidus ou queues de distillation) qui se condensent ou qui restent dans la partie inférieure de la tour sont utilisées comme fiouls ou matières premières pour les unités de production de bitume ou de craquage, ou sont acheminées vers un réchauffeur et une tour de distillation sous vide pour subir un fractionnement plus poussé.

II.2.2. Distillation sous vide [13, 14.5]

Le résidu de la distillation atmosphérique est envoyé dans une colonne de distillation sous vide afin de poursuivre son fractionnement (Figure II.2). Cette colonne fonctionne à pression inférieure à la pression atmosphérique, et permet d'obtenir des distillats sous vide (fraction C20-C50) et un résidu sous vide (fraction C>50) appelé aussi « fond du baril ».

L'aspect opérationnel le plus important d'une unité sous vide est la qualité du gasoil lourd sous vide, en particulier lorsqu'il alimente une unité d'hydrocraquage. Le niveau de carbone Conradson et/ou la teneur en métaux est très critique pour une unité d'hydrocraquage

et dépend surtout du fonctionnement et de la performance de la section de l'huile de lavage dans l'unité de distillation sous vide ainsi que du dessaleur dans l'unité de distillation de brut.

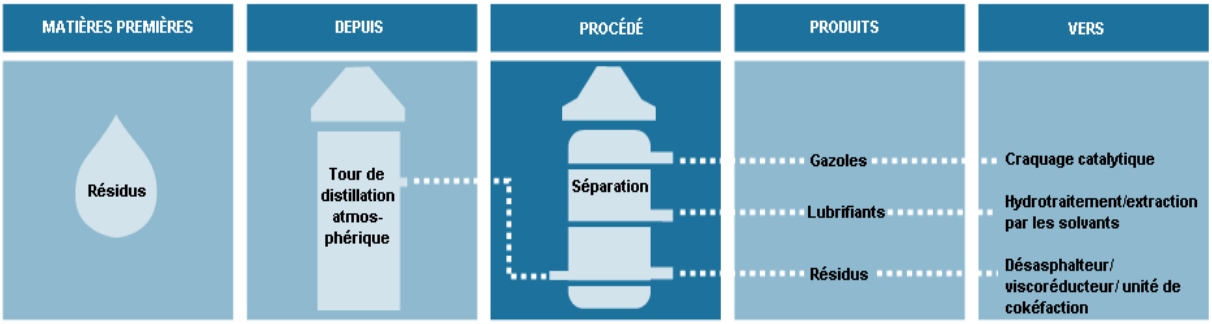


Figure II.2: Schéma du procédé de distillation sous vide **[12].**

II.2.3. Circuit Gasoil [15]

Une partie du gasoil léger peut être utilisée pour constituer le fuel-oil léger, en mélange avec le gasoil lourd et le résidu atmosphérique. Ou bien comme huile de rinçages et envoyée dans différents appareils.

II.2.4.Stockage du gasoil

La raffinerie est équipée pour produire, stocker et expédier deux qualités d'essences finies (normal et super), jet A1, gasoil moteur, fuel BTS (fioul à très basse teneur en soufre) et naphta. Le gasoil est stocké dans des réservoirs pour produits légers (Tableau II.1).

Le gasoil pour moteur est obtenu par mélange en ligne des deux produits gasoil léger et kérosène avec des proportions bien définies pour respecter les spécifications requises .Une fois préparé le gasoil est analysé dans un laboratoire bien équipé.

Tableau II.1: Propriétés des réservoirs de stockage du gasoil **[16, 17]**

Items	Repères	Services	Volume m^3	Nature de toit
01	B7	Stockage de Gasoil	5000	Toit flottant
02	A201		20000	
03	A202		20000	

II.3. Propriétés physico-chimique du gasoil

Toutes les propriétés exigées pour le choix et l'utilisation du gasoil se justifient par les caractéristiques du cycle diesel, en particulier:

- le mode d'introduction du carburant par injection sous haute pression;

- le déclenchement de la combustion grâce à une auto-inflammation en milieu hétérogène;
- le réglage de la puissance par modification du débit de gasoil introduit dans une même quantité d'air.

Les spécifications requises pour le gasoil de moteur diesel sont regroupées dans le tableau III.1 présenté dans le chapitre III.

II.3.1. Indice de cétane

L'indice de cétane évalue la capacité d'un carburant à s'enflammer sur une échelle de 0 à 100. Il est particulièrement important pour les moteurs Diesel où le carburant doit s'auto-enflammer sous l'effet de la compression. Un carburant à haut indice de cétane est caractérisé par sa facilité à s'auto-allumer. L'indice de cétane est au moteur Diesel ce que l'indice d'octane est au moteur à essence.

Dans le moteur diesel, il est nécessaire que le gazole présente une structure chimique favorable à l'auto-inflammation. Les spécifications européennes imposent, pour les zones à climat tempéré un indice de cétane supérieur à 50. Les valeurs observées en station-service se situent le plus souvent entre 49 et 55. Un indice de cétane élevé contribue à améliorer de nombreuses qualités d'utilisation: démarrage aisé, bruit moins intense, notamment au ralenti à froid, émissions moins élevées de fumées noires. Par ailleurs, l'accroissement d'indice de cétane permet de réduire les rejets de polluants à l'échappement **[7, 18**].

Il est parfois difficile d'obtenir l'indice de cétane minimal requis par simple mélange des produits disponibles en raffinerie. D'où, on utilise fréquemment, des additifs appelés procétane. Par ailleurs, la relation entre l'indice de cétane et la nature chimique du gasoil peut être exprimée par l'indice Diesel dont la valeur est fréquemment confondue avec celle de l'indice de cétane. L'indice Diesel est fonction de deux propriétés facilement mesurables: la densité exprimée en degré A.P.I (*American* Petroleum Institute). et le point d'aniline (température de dissolution d'un mélange équivolumétrique de gasoil et d'aniline pure).On définit ainsi l'indice Diesel par la relation suivante **[17.18].**

$$Indice\ Diesel = \frac{point\ aniline\ (°F)\ \times densité\ (°A.P.I)}{100}$$

Notons que contrairement à l'indice cétane, l'indice diesel ne fait pas partie des spécifications ASTM du gasoil.

On calcule l'indice de cétane du gasoil selon la méthode ASTM D976 à partir de l'équation suivant:

Indice de cétane = 454,74 – 1641,416d + 774,74d² - 0,554B + 97,803 (log B)²

Avec:

d = densité à 15°C (-)

B= point 50 % de la distillation ASTM (°C)

II.3.2.Teneur en soufre

Elle doit être comprise entre 0,05 et 0,55 % en poids. Tous les composés sulfurés provoquent une corrosion à froid, par l'acide sulfurique dilué qui se dépose et agissent sur la formation et la dureté des dépôts. Des contrôles systématiques effectués depuis plusieurs années montrent une corrélation étroite entre la teneur en soufre et l'usure des chemises des moteurs Diesel. On a cherché à remédier à cette corrosion par l'incorporation de dopes d'onctuosité avec les huiles afin d'obtenir un film continu protecteur sur les chemises.

Par ailleurs, les techniques de désulfuration catalytique mises à disposition des raffineurs ont permet de réduire considérablement la teneur en soufre, moyennant un supplément de cout acceptable jusqu'à 0,2 %. En Algérie, la teneur en soufre dans le produit gasoil issu de la distillation atmosphérique est environ de 0,06% **[7].**

II.3.3.Densité

La densité du gasoil mesurée à 15°C doit être comprise entre 0,810 et 0,890 dans les pays tempérés. La fixation d'une valeur minimale de la densité se justifie par le souci d'obtenir une puissance maximale suffisante pour le moteur, au moyen d'une pompe d'injection dont le réglage de débit s'effectue en volume; plus la densité du gasoil est élevée, plus la quantité d'énergie délivrée à pleine charge est importante. Par ailleurs, on impose une limite maximale à la densité, afin de réduire les émissions de certains polluants et d'éviter la formation de fumées noires **[7, 18].**

II.3.4. Distillation

Le gasoil a un point initial de distillation qui se situe aux environs de190°C et ainsi, contient donc approximativement une gamme d'hydrocarbures compris entre C14 et C20. Le point 50 % de la courbe de distillation ASTM représente des propriétés moyennes en terme de volatilité et viscosité, et le point 90% qui est inférieur à 350 °C limite la teneur en produits lourds et le point d'écoulement. Le dépassement de ces limites correspond à une mauvaise

séparation dans la colonne de distillation et, en général, la couleur des produits dans ce cas est mauvaise. Le point d'éclair du gasoil doit être compris entre 55°C et 120°C **[7, 18].**

II.3.5.Viscosité

Parmi les caractéristiques rhéologiques du gasoil la viscosité doit être, elle aussi, comprise entre des limites précises. En effet, un carburant trop visqueux s'écoule faiblement en augmentant les pertes de charge dans la pompe et les injecteurs, ce qui tendrait à réduire la pression d'injection, à détériorer la finesse de pulvérisation et finalement à affecter le processus de combustion. À l'inverse, une viscosité très basse et insuffisante pourrait provoquer le grippage de la pompe d'injection. Dans les pays d'Europe à climat tempéré, la viscosité cinématique du gasoil, mesurée à 40°C, doit être comprise entre 2,00 et 4,50 m^2/s **[7, 18, 19].**

II.4. Propriétés à froid du gasoil

Les caractéristiques du gasoil à basse température, conditionnent d'avantage sa mise en œuvre que son comportement en matière de combustion. Cependant, nous les examinerons ici en raison de leur très forte implication dans l'utilisation satisfaisante du carburant.

Les paraffines à l'état pure se cristallisent selon la longueur de leur chaine carbonée en une des structures suivantes : monoclinique (> 26 Carbones) , triclinique (< 26 Carbones) et orthorhombique pour les alcane primaires. Cependant, dans un mélange comme le gasoil, les paraffines se cristallisent dans une structure orthorhombique ou hexagonale **[7]**

II.4.1.Point d'écoulement

Le Point d'écoulement noté (PE), est la température minimale à partir de laquelle le fluide ne s'écoule plus. En effet, contrairement aux autres carburants pétroliers comme les essences et le kérosène, la fluidité du gasoil décroit nettement en abaissant la température (dès 0°C).Ce phénomène rhéologique est dû à l'apparition de cristaux dans le carburant, dont la présence peut provoquer divers incidents tels que le colmatage du filtre, le désamorçage de la pompe d'injection. Ces considérations justifient la nécessité d'adopter des spécifications très strictes en matière de comportement à froid du gasoil même si certains dispositifs technologiques (réchauffage des filtres sur les véhicules récents) contribuent à atténuer les risques d'incidents en service. Généralement, le point d'écoulement des différents gasoils moteur commercialisé est très proche de -10°C. **[19]**

II.4.2.Point de trouble

Le point de trouble noté (PT), est exprimé par la température d'apparition des premiers cristaux lorsque le carburant est refroidi sous une vitesse bien définie. Aux basses températures le gasoil peut perdre sa limpidité après formation de cristaux de paraffines. En France, les valeurs exigées pour cette propriété sont comprises entre -5 et 5°C **[20].**

II.4.3.Température limite de filtrabilité

La température limite de filtrabilité (TLF) représente la température seuil de colmatage des filtres à carburant par des cristaux formés lors du refroidissement du carburant. Elle est étroitement liée aux températures de point d'écoulement et de point de trouble **[7].**

II.5.Techniques d'amélioration des propriétés à froid du gasoil

En pratique, dans la plupart des raffineries de remarquables quantités de kérosène produites sont additionnées à la fraction gasoil dans le but d'améliorer sa tenue au froid. Ce qui est une perte d'énergie et d'argent. En effet, la raffinerie d'Alger traite 8000 Tonnes/ jours de brut pour extraire 2000 Tonnes/ jours de gasoil, et afin d'optimisé et d'améliorer le point d'écoulement du gasoil 200 Tonnes/ jours de kérosène sont mélangés avec le gasoil avant d'être commercialisé. De ce fait, l'obtention par le raffineur, d'un gasoil possédant de bonnes caractéristiques à froid résulte, comme toutes les opérations de raffinage, d'un compromis technico-économique. Les moyens d'action sont essentiellement de deux types.

II.5.1. Sélection et constitution de la coupe gasoil [19]

La valeur du point final de distillation doit être la plus faible possible, afin de minimiser le taux de fractions lourdes dans le carburant. En effet, celles-ci contiennent fréquemment des n-paraffines responsables de la formation de cristaux à basse température. Un point initial bas favorise le maintien en solution des paraffines lourdes par les fractions légères ce qui améliore les caractéristiques à froid. Dans les pays ou les hivers sont très sévères. L'abaissement du point initial impose parfois un recouvrement prononcé des coupes gazole et kérosène. Ce gasoil de type « grand froid » doit d'ailleurs recevoir des additifs qui accroissent sa viscosité et évitent ainsi les usures de systèmes d'injection, engendrés par la présence de coupes légères.

La structure chimique du pétrole brut traité a aussi une influence sur les propriétés à froid des gazoles, le pétrole brut aromatique ou naphténique présente une bonne tenue à froid, ce qui n'est pas le cas du brut paraffinée. De même, les produits de craquage, riches en

aromatiques, comme la coupe *Light Cycle Oil*, peuvent améliorer les caractéristiques à froid du gazole mais leur indice de cétane faible conduit à les utiliser de façon très modérée**.**

II.5.2.Utilisation d'un catalyseur à base d'un mélange de zéolithes

Cette technique consiste à l'amélioration du point d'écoulement de charges d'hydrocarbures issues du procédé de distillation atmosphérique, en particulier pour convertir, avec un bon rendement, les charges possédant des points d'écoulement élevés en une coupe présentant un point d'écoulement bas et un haut indice de viscosité. Pour les Gasoils, par passage dans un catalyseur d'hydro-déparaffinage catalytique comportant au moins une zéolithe (tamis moléculaire) choisie dans le groupe formé par les zéolithes de type structural TON (Theta-1, ZSM-22, ISI-1, NU-10). Et au moins une zéolithe ZBM-30, au moins une matrice minérale poreuse, au moins un élément hydro-déshydrogénant, de préférence choisi parmi les éléments du groupe VIB et du groupe VIII de la classification périodique **[21].**

II.5.3. Incorporation d'additifs

Généralement les additifs proposés pour améliorer l'efficacité des gasoils de moteurs diesel agissent sur différentes propriétés et fonctionnalités (l'indice de cétane, point d'écoulement, anti oxydation et anticorrosion, lubrification, anti mousse). Ces additifs sont classés selon les facteurs suivants : performance du moteur, manipulation, stockage et stabilité du carburant, ainsi que l'effet sur l'environnement.

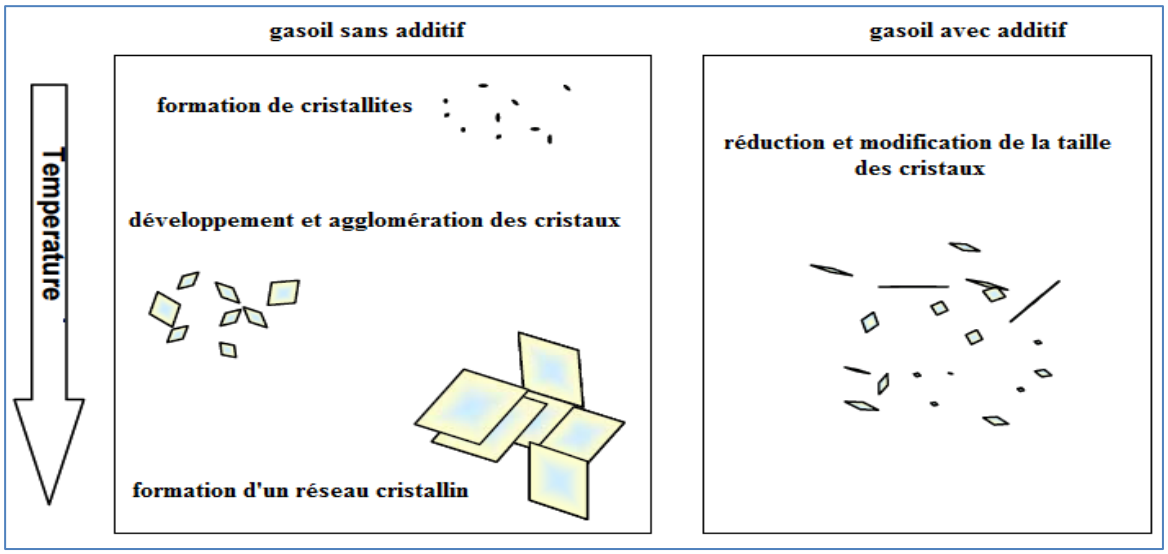


Figure II.3: Schéma simplifie de l'action des additifs sur le gasoil **[7]**

Les abaisseurs du point d'écoulement agissent sur le processus de cristallisation des paraffines en modifiant leur structure cristalline selon plusieurs mécanismes, les plus connus

sont: par nucléation des cristaux et par l'inhibition de la formation des cristaux (figure II.3). Ils sont conçus de telle façon qu'une partie de leur molécule sera similaire aux cristaux paraffiniques et crée des sites de nucléation, multipliant ainsi les cristaux plus petits en co-cristallisant avec les paraffines. L'autre partie de la molécule, différente des cristaux de paraffines, empêche le développement de gros cristaux et bloque la formation d'un réseau tridimensionnel responsable de la gélification du gasoil. Ceci permet de diminuer la viscosité et le point d'écoulement **[22, 23].**

Les additifs utilisés pour améliorer les propriétés aux basses températures des carburants et huiles sont généralement des polymères (homopolymères, copolymères, …). Les plus utilisés sont formés à base des copolymères α- oléfines et acétate de vinyle, copolymères d'alkyl acrylates, et les copolymères d'anhydrides maléique. Et ce, à cause de leur composition semi cristalline. Où la partie cristalline interagit avec la fraction cristallisable dans le carburant et la partie amorphe tends à modifier et retarder la formation de nouveaux cristaux. Par exemple, dans l'additif contenant le copolymère éthylène d'acétate de vinyle la partie éthylène Co-cristallise avec les chaines de paraffines tandis que les groupes d'acétate de vinyle agissent sur la structure cristalline en formant de petits cristaux [**23].**

En pratique, l'efficacité de ces additives dépend beaucoup de l'origine du brut et de la composition des gasoils. Ainsi, les pétroles bruts de la Mer du nord sont moins enclins que d'autres à une amélioration de leurs caractéristiques à froid par des additifs.

Le cout de traitement du gasoil par ces additifs est relativement faible, de l'ordre de quelque centime par litre de carburant. Soulignons qu'en pratique, un gasoil renfermant un additif fluidifiant se reconnait par l'écart important (plus de 10°C) existant entre le point de trouble et la TLF. Les réductions de la TLF et de la température de point d'écoulement peuvent atteindre aisément 6 à 12°C degrés pour des doses comprises entre 200 et 600 ppm massique **[7]**. En effet, cette technique est peu couteuse en énergie, particulièrement intéressante et efficace, et peut facilement être complémentaire des opérations de raffinage.

Dans ce qui suit nous allons présenter un type particulier d'additif qui va être testé sur le gasoil moteur de la raffinerie d'Alger.

II.6.Additifs de carburants NALCO®

NALCO® est une société internationale dont les produits et additifs sont utilisés par les raffineurs dans le monde entier pour produire continuellement des carburants répondant aux spécifications. Selon cette société, ses additifs sont conçus pour réduire les frais de

retraitement au minimum **[24].**La gamme complète des additifs NALCO® pour carburants est la suivante:

- Abaisseurs de point d'écoulement pour : pétrole brut, gasoil, mazout domestique et le mazout lourd.
- Des inhibiteurs de corrosion.
- Auxiliaires d'onctuosité.
- Additifs basses températures pour diesel.
- Agent d'adhésivité pour l'asphalte.

Dans cette étude nous avons utilisé deux additifs NALCO pour tester pour la première fois leur effet sur les propriétés rhéologique et physico chimiques à froid du gasoil pour moteur préparé en Algérie; à savoir : le **EC5372A**et le **EC5905A.** La composition de ces deux additifs est inconnue.

Les deux composés utilisés sont classés comme produits dangereux, nocif pour la santé et irritant et dangereux pour l'environnement Les tableaux ci-dessous présentent la classification des produits ou leur limite d'exposition professionnelle **[25,26].**

Tableau II.2: Classification selon la réglementation EC1272/ 2008 de l'additif **EC5372A**

Classification
Liquide : Inflammable : H226. Toxique : H33II. Irritant : H315. A Risque d'aspiration : H304. Toxique, pour certains organismes avec une exposition répétée : H373. A toxicité aquatique chronique : H411. Cancérogène : H351. limite d'exposition professionnelle : 30-60% massique

La signification des codes de sécurité (H..) est présentée dans l'**Annexe .**Ces produits NALCO sont stockés dans des récipients hermétiquement fermés loin de la chaleur et des oxydants chimiques. Les cuves de stockage doivent être fabriquées par de l'acier au carbone, acier inoxydable. Aussi, il existe des matériaux qui ne sont pas compatibles avec ces additifs

comme le caoutchouc naturel et le polypropylène. Ainsi, la compatibilité avec les cuves en plastique peut varier, il faut donc que la compatibilité soit testée avant l'utilisation d'un récipient ou flacon pour stocker ces deux produits.

III.1.Lieu d'analyses

Les expériences et analyses présentées dans cette partie sont toutes effectuées au niveau du laboratoire d'analyse de la raffinerie d'Alger. Le gasoil issu de la distillation atmosphérique de l'unité RA1G de cette raffinerie a été analysé et utilisé dans cette étude.

III.2.Produits utilisés

III.2.1.Caractéristiques du gasoil utilisé

Dans ce travail nous avons utilisé des échantillons de gasoil pour moteur diesel qui a été préparé et fourni par la raffinerie d'Alger. Les propriétés de ce carburant sont présentées dans le tableau III.1.

Tableau III.1 : Propriétés du gasoil utilisé et spécifications

Caractéristiques		***Limites***	***Méthodes d'essai***	***Normes Algériennes***	***Résultats***
Densité à 15°C(kg/l)		0,810-0,860	ASTM D1298	NA 417	0,8338
Couleur		2,5 MAX	ASTM D1500	NA 1145	<0.5
Point d'écoulement (°C)	1/11 au 31/03	-12 MAX	ASTM D 97	NA 2660	-6
	1/04 au 31/10	-7 MAX			
Viscosité à 20°C (Cst)		9 MAX	ASTM D 445	-	6,78
Point d'éclair(°C)		55 MIN	ASTM D 93	NA 2658	87
Teneur en Cendres(% masse)		TND	ASTM D 482	NA 1660	TND
Teneur en eau(%vol)		TND	ASTM D 95	-	TND
Teneur en Soufre(%masse)		0,15 MAX	ASTM D5453	-	0.06
Indice de Cétane		48 MIN	ASTM D 976	NA 8117	57,10
DISTILLATION	Point initial		ASTM D86	NA 1445	209
	10%				250
	30%				271
	50%				290
	65%	250°CMIN			308
	70%				315
	90%	350°C MAX			349
	Point final	390°C MAX			369
	Distillation% vol				98,0
	Résidu%				1,0
	Pertes%				1,0

TND : Teneur non déterminée ; MAX : maximum ; MIN : minimum

Dans ce tableau nous remarquons les limites supérieures et inférieures ainsi que la méthode d'analyse effectuée (méthodes ASTM) et les valeurs des normes algériennes notées NA exigées pour le gasoil des moteurs diesel.

III.2.2. Propriété Physico-chimique des additif NALCO®

Les tableaux III.2 et III.3 regroupent les propriétés des deux additifs NALCO le EC5372A et le EC5905A respectivement.

Tableau III.2 : Propriétés physico-chimique du produit **EC5372A [25]**

Image	
Etat physique	Liquide visqueux
Apparence	Jaune laiteux
Odeur	Aromatique
Densité relative	0,89 g/cm^3 (50 °C)
Point d'écoulement	30 °C (ASTM D97)
Point d'ébullition initiale	150 °C
Point éclaire	62 °C
Solubilité dans l'eau	Insoluble
Température d'auto-inflammation.	>250 °C.
Viscosité cinématique.	118 m^2/s (40 °C).

Les deux produits NALCO® sont chimiquement stables à condition normal de température et de pression, il faut les laisser loin de la chaleur et sources d'inflammation, y compris les décharges statiques ainsi que les oxydant chimiques comme le chlore, les chromates, les peroxydes, l'acide nitrique, le perchlorate et le permanganate d''oxygène, qui peuvent générer de la chaleur, un feu, des explosions et des vapeurs toxiques

Tableau III.3 : Propriétés physico-chimique du produit **EC5905A [26]**

Image	
Etat physique.	Liquide.
Apparence.	transparent.
Odeur.	Solvant.
Densité relative.	0,91 g/cm^3
Pression de vapeur.	0,045 kPa (20°C).
Point d'ébullition initiale.	185 °C.
Point éclaire.	62 °C.
Solubilité dans l'eau.	Négligeable.
Température d'auto-inflammation.	>200 °C.
Viscosité cinématique.	78 m^2/s (40 °C).

III.3.Procédure expérimentale

Le traitement du gasoil par des additifs a pour but d'obtenir un produit conforme aux spécifications (normes) nationales ou internationales recommandées par l'utilisateur, cela ne puisse se réaliser sans la coordination de travail entre l'unité Topping et le service laboratoire car l'unité a pour rôle de veiller sur le processus tandis que le laboratoire joue le rôle de contrôleur en fonction des analyses réalisées à son niveau.

Ainsi pour remédier aux problèmes liés au comportement du gasoil aux basses températures, l'effet des deux additifs NALCO sur différentes propriétés a été examiné par la mesure du point d'écoulement, la densité, la viscosité, point initiale et finale de la distillation ASTM, point d'éclair, indice de cétane et la teneur en soufre ainsi que le point trouble.

III.4.Détermination du point d'écoulement

III.4.1.Principe de mesure selon la norme ASTM D 97

Cette méthode permet de déterminer le point d'écoulement noté PE pour les produits pétroliers et qui correspond à la plus basse température à laquelle le produit s'écoule toujours

lorsqu'il est refroidit. Elle peut être réalisée par un appareil automatique ou manuel selon la méthode d'essais ASTM D97. Son principe est de refroidir d'une façon progressive un échantillon de gasoil et faire des tests d'écoulement à des températures bien définit **[27].**

III.4.2. Matériels utilisés

Les différents instruments utilisés dans cette analyse sont les suivants (figure III.1) :

- Un tube à essai cylindrique normalisé en verre claire avec des dimensions bien définies et Un trait de jauge pour nous indiquer la quantité de l'échantillon à verser.
- Thermomètre normalisé ASTM5C
- Joint d'étanchéité pour fixer confortablement le tube à essai à l'intérieur de la jaquette. Le joint peut être fait de caoutchouc, de cuir ou d'un autre matériau suffisamment élastique pour s'accrocher au récipient d'essai et assez dur pour tenir sa forme et d'empêcher le tube de test de toucher la gaine.
- Disque en liège ou en feutre de 6 mm d'épaisseur pour s'adapter au fond de la jaquette.
- Bain maintenu à des températures prescrites avec un support ferme pour maintenir la jaquette en verticale. Les températures du bain requises peuvent être obtenues par réfrigération.

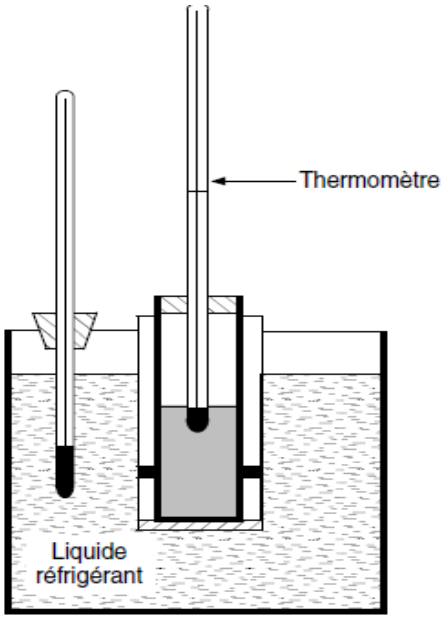


Figure III.1: Schéma simplifier de l'essai du point d'écoulement **[27]**

III.4.3.Mode opératoire

- Verser l'échantillon dans le tube à essai jusqu'au repère de niveau. Si nécessaire, chauffer l'échantillon dans un bain jusqu'à ce qu'il soit suffisamment liquide pour le verser dans le tube

d'essai.

- Placer le bouchon de liège portant le thermomètre au tube à essai tout en s'assurant de son étanchéité, que le thermomètre et le tube soient coaxiaux et que l'ampoule du thermomètre soit immergée de sorte que le début du capillaire soit 3 mm sous la surface de l'échantillon
- S'assure que le disque, le joint d'étanchéité et l'intérieur de la jaquette sont propres et secs. Placer le disque dans le bas de la jaquette et le joint d'étanchéité autour du pot d'essai, à 25 mm du bas. Insérer le bocal de test dans la jaquette.

Après que l'échantillon a refroidi pour permettre la formation de cristaux de paraffine, il faut faire très attention à ne pas perturber la masse de l'échantillon, ni déplacé le thermomètre dans l'échantillon; Toute perturbation du réseau spongieux des cristaux de cire conduira à des résultats non fiables et erronés.

Les points d'écoulements sont exprimés en nombres entiers positifs ou négatifs de 3°C. Lorsque la température de l'échantillon est de 9 °C au-dessus du point d'écoulement attendu. A chaque lecture du thermomètre d'essai qui est un multiple de 3 °C en dessous de la température de départ, retirer le flacon de test de la chemise. Pour enlever l'humidité condensée qui limite la visibilité, il faut essuyer la surface avec un chiffon propre humecté d'alcool (éthanol ou méthanol).

Ensuite incliner le pot juste assez pour vérifier s'il y a un mouvement de l'échantillon dans le pot de test. Si le mouvement de l'éprouvette dans le récipient est noté, remplacer le bocal d'essai immédiatement dans la veste et répéter un essai pour un flux de température suivante, 3 °C plus bas. En règle générale, l'opération complète d'enlèvement, d'essuyage et de remplacement ne doit pas dépasser 30 secondes.

Tableau III.4 : Gammes de température du bain et de l'échantillon.

Température de l'échantillon Plage, ° C	**Température du bain Réglage, °C**
≥ 27 °C	24 ± 1.5 °C
De 27 à 9 °C	0 ± 1.5 °C
De 9 à -6 °C	-18 ± 1.5 °C
De -6 à -24 °C	-33 ± 1.5 °C
De -24 à -42 °C	-51 ± 1.5 °C

On continue l'analyse en prenant soin de respecter les paliers de refroidissement représentés dans le tableau (III.4), jusqu'à ce que échantillon ne montre aucun mouvement lorsque le pot d'essai est maintenu dans une position horizontale pendant 5 secondes. On note la température observée dans le thermomètre et on l'augmente par 3 °C.

III.4.4.Préparation des échantillons gasoil/additif

Afin d'amélioré le point d'écoulement du gasoil on lui ajoute des quantités bien définie de l'additif testé (**EC5905A ou EC5372A)** pour pouvoir déterminer la concertation optimale qui nous donnera un point d'écoulement égale à **-12°C**, valeur maximale exigée pour le gasoil(Tableau III.1).

III.4.5. Résultats et discussions

Le tableau suivant montre la variation du point d'écoulement en fonction de la concentration des deux additifs NALCO utilisés.

Tableau III.5 : Valeurs du point d'écoulement du mélange gasoil/additifs.

Concentrations mg/l	**Point d'écoulement (°C)**	
	Gasoil + EC 5905 A	**Gasoil + EC 5372 A**
0	-6	-6
12,5	-6	-6
25	-9	-6
50	**-12**	**-9**
125	**-15**	**-12**
250	-18	-15
500	-21	-18
1000	-24	-21

D'après le tableau III.5 on constate que la meilleur valeur de la concentration pour avoir un point d'écoulement conforme aux spécification qui est égale à -12 est de 50 mg/l pour l'additif EC5905A, et de 125 mg/l pour le deuxième additif EC5372A. Comparé à l'échantillon du gasoil seul dont le point d'écoulement est égale à **-6°C** (Tableau III.1), pour de fortes concentrations en EC5905A et EC5372A cette valeur peut être réduite par -18°C et -15°C respectivement. La variation du point d'écoulement (PE) pour le mélange gasoil/additif est inversement proportionnelle avec la concentration.

D'après le tableau III.6, la linéarisation des résultats obtenus pour l'échantillon (Gasoil + EC5905A) et l'échantillon (Gasoil + EC5372A) présentés sur les figures III.2 et III.3 montre une diminution de la température PE en fonction de la concentration par une tendance logarithmique avec un coefficient de détermination égale à 0,998 et 0,997 respectivement. De plus les équations de linéarisation obtenues montrent que les deux additifs ont un effet comparable.

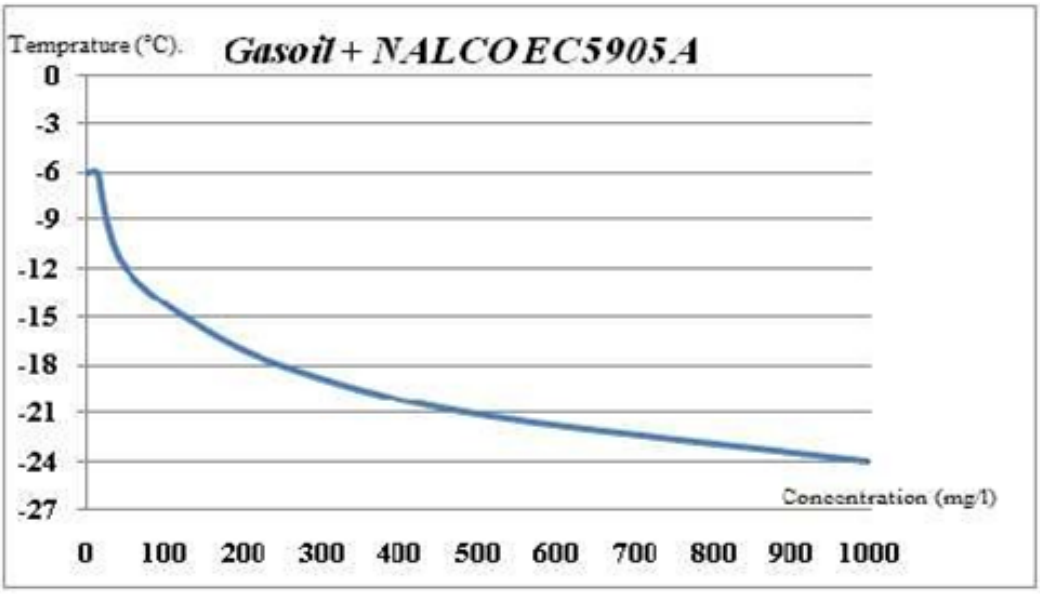


Figure III.2: Variation du point d'écoulement pour l'échantillon gasoil /Additif EC5905A

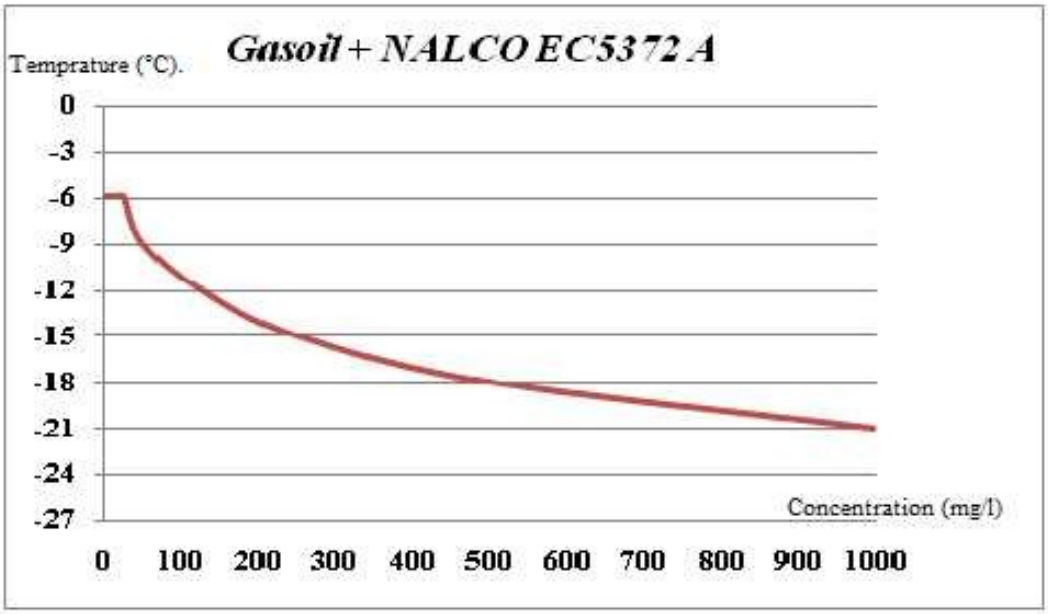


Figure III.3: Variation du point d'écoulement pour l'échantillon gasoil /Additif EC5372A

Tableau III.6 : Relation entre le point d'écoulement et la concentration de l'additif

	Gasoil + EC5905A	Gasoil + EC5372A
R^2	0,998	0,997
Equation de linéarisation	**PE= -4,04ln(C) + 4,135**	**PE= -4,02ln(C) + 7,018**

III.5. Détermination du point de trouble

III.5.1. Principe de mesure selon la norme ASTM D5771 [20]

Pour mesurer le point de trouble (PT), l'échantillon (gasoil seul ou gasoil/additif) est refroidi grâce à une jaquette thermostatée dans laquelle circule un fluide réfrigérant dont la température est abaissée par paliers. La température d'apparition des premiers cristaux c'est le point de trouble. La détection est effectuée par la mesure de l'intensité d'un faisceau lumineux passant de façon continue à travers le fluide. Le faisceau est réfléchi par un miroir tapissé dans le fond du tube et réceptionné par la sonde lumineuse.

III.5.2. Matériels utilisés

Un appareil automatique est utilisé pour la détermination de la température de point de trouble (Figure III.4).

1- Circulation du fluide réfrigérant
2- Source lumineuse émettrice
3- Source lumineuse réceptrice
4- Jaquette thermostatée
5- Fibre optique
6- Echantillon
7- Sonde de température
8- Miroir

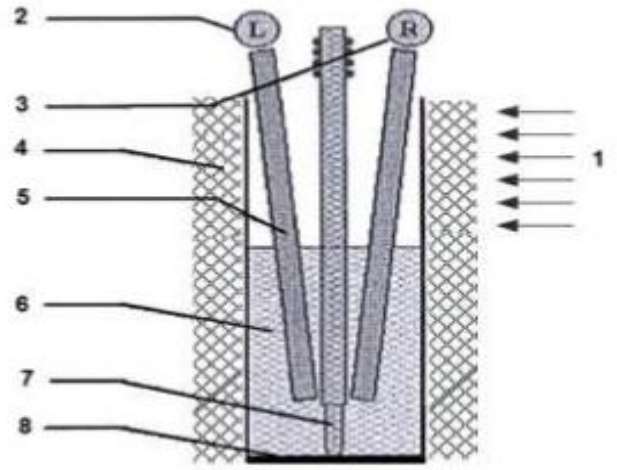


Figure III.4 : Schéma de l'appareil de mesure du point de trouble **[20]**

III.5.3.Mode opératoire

- Allumer l'unité centrale de l'ordinateur.
- Allumer l'appareil (bouton sur le front de l'appareil) et laisser stabiliser 20 minutes.
- Remplir le tube d'échantillon avec la prise d'essai jusqu'au niveau indiqué et le placer

ensuite dans son emplacement sur l'appareil.

- Faire descendre le tube d'échantillon dans le bain, ensuite allumer l'appareil.
- Une fois l'analyse est terminée, noter la température du point de trouble affichée sur l'ordinateur.

III.5.4. Résultats et Interprétation

Les valeurs obtenues du point de trouble pour le gasoil seul (sans additif) et avec additif sont regroupés dans le tableau suivant.

Tableau III.7 : Valeurs du point de trouble du gasoil sans et avec additifs

Concentrations d'additif (mg/l)	**Point de trouble (°C)**	
	Gasoil + EC 5905 A	**Gasoil + EC 5372 A**
0	0	0
12,5	-1	0
25	-3	0
50	-7	-2
125	-10	-4
250	-13	-8
500	-15	-11
1000	-18	-14

D'après le tableau III.7, nous constatons une diminution de la température du point trouble en augmentant la concentration des deux additifs. Des températures très faibles sont été obtenues pour l'échantillon de gasoil avec l'additif EC 5905A par rapport à celui avec l'additif EC 5372A. Donc il y a une nette amélioration du point de trouble en fonction de la concentration des deux additifs. Où des valeurs meilleures telles –7 et -4°C peuvent être obtenues comparées à l'intervalle [-5 , +5°C] avec 50mg/l de EC 5905A et 250 mg/l de EC 5372A respectivement.

III.6.Détermination de la densité

III.6.1.Principe de mesure

La densité est définie comme un rapport de la masse volumique du liquide à une température bien définie par celle de l'eau à la température de référence de 3,98 °C **[28].**

III.6.2.Matériels utilisés

- Densimètre ou Aéromètre
- Eprouvette graduée
- Thermomètre.

III.6.3.Mode opératoire

- Remplir l'éprouvette jusqu'à ce que l'aéromètre flotte librement.
- Placer l'appareil verticalement dans l'eau maintenue à 15°C jusqu'à ce que le thermomètre inclus dans l'aéromètre indique 15°C.
- Après avoir vérifié que l'aéromètre n'est pas en contact avec les parois de l'éprouvette, lire la masse volumique.

III.6.4 .Résultats et Interprétation

Les valeurs de la densité mesurées à 15 °C des différents échantillons contenant le gasoil avec l'additif sont en présence des concentrations optimales détectées précédemment, à savoir ; 50 mg/l pour le aditif EC5905 et 125 mg/l pour le additif EC5372. Ces valeurs sont présentées sur la figure III.5.

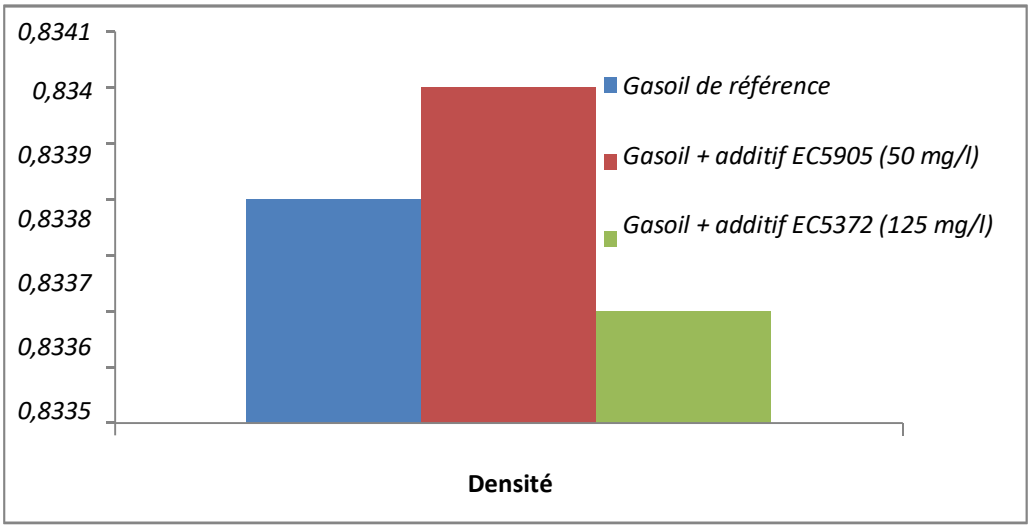


Figure III.5 : Représentation de la densité à 15°C des échantillons gasoil/ additif

Selon la figure III.5, l'ajout de l'additif NALCO avec des concentrations optimales choisies n'a pas trop influencé la densité du gasoil de la raffinerie d'Alger. Et les valeurs obtenues sont toujours inclus dans le domaine de densité spécifique à la coupe gasoil qui est entre 0,810 et 0,860 d'après les spécifications.

D'après cette figure on remarque une légère augmentation pour la densité du gasoil avec l'additif EC5905A et une légère diminution pour la valeur de la densité du gasoil avec EC5372A on les comparant au gasoil. De L'unité RA1G. Ces différences de densité sont probablement dues aux interactions de type différentes entre les molécules de l'additif et les molécules constituantes du gasoil.

III.7.Effet des additifs NALCO sur la distillation du gasoil

III.7.1. Principe de mesure distillation ASTM

Cette méthode s'applique à tous les produits pétroliers sauf aux gaz de pétrole liquéfiés et aux bitumes fluxés. Elle consiste à distiller 100 ml de produit dans des conditions normalisées et à relever les températures correspondant aux volumes de distillats évaporés ou recueillis **[8, 29].**On s'intéresse généralement à la détermination des deux températures suivantes :

- Température de point initial notée **PI** qui correspond à l'apparition de la première goutte du distillat.
- Température de point final notée **PF** qui est la température maximale relevée au -cours de l'essai.

On effectue le tracé de la courbe de distillation ASTM en portant sur un graphique les températures notées en fonction des volumes distillés à partir des définitions et des résultats suivants:

- Le résidu noté R se mesure après refroidissement du ballon à l'aide d'une petite éprouvette de 5 ml.
- Le volume total condensé V_c est celui récupéré en fin d'essai dans l'éprouvette.
- Le volume total récupéré $V_r = V_c + R.$, et les pertes notées P (dues aux légers non condensés) valent donc : $P = 100 - V_r$.
- Le volume distillé V_d apparaît alors comme : $V_d = V_c + P$.

III.7.2.Matériels utilisés

L'appareillage correspondant à l'essai manuel de la distillation ASTM conforme à la norme est le suivant:

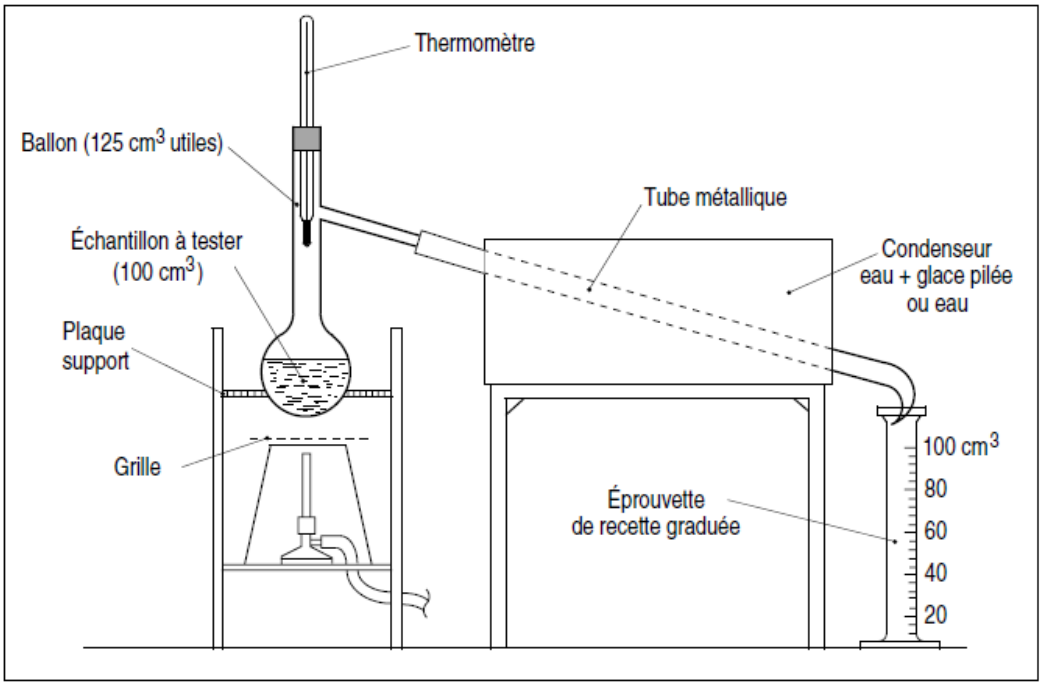


Figure III.6 : Schéma descriptive du montage de la distillation ASTM **[29].**

III.7.3.Mode opératoire

- Mettre une prise d'essai de 100 ml dans le ballon de distillation.
- Le thermomètre convenant au produit à analyser est monté sur un bouchon de liège enfoncé dans le col du ballon.
- Placer le ballon sur la plaque en verre.
- L'éprouvette graduée qui a été utilisé pour mesurer la prise d'essai est placée sans être séché à la sortie du tube condenseur.
- Prendre toute les précautions pour que la température du bain entourant l'éprouvette graduée reste dans les limites figurant au tableau de la norme.
- Régler le chauffage afin que le temps s'écoulant entre le début du chauffage et l'obtention du point initial n'excède pas la limite prescrite par le tableau de la norme.
- Immédiatement après avoir observé le point initial, régler le chauffage afin que le volume de condensât recueilli dans l'éprouvette augmente de façon uniforme et dans les limites prescrites par le tableau de la norme **[28,29].**

III.7.4.Résultats et Interprétation

Les résultats de la distillation ASTM obtenus sont illustrés sur la figure III.7

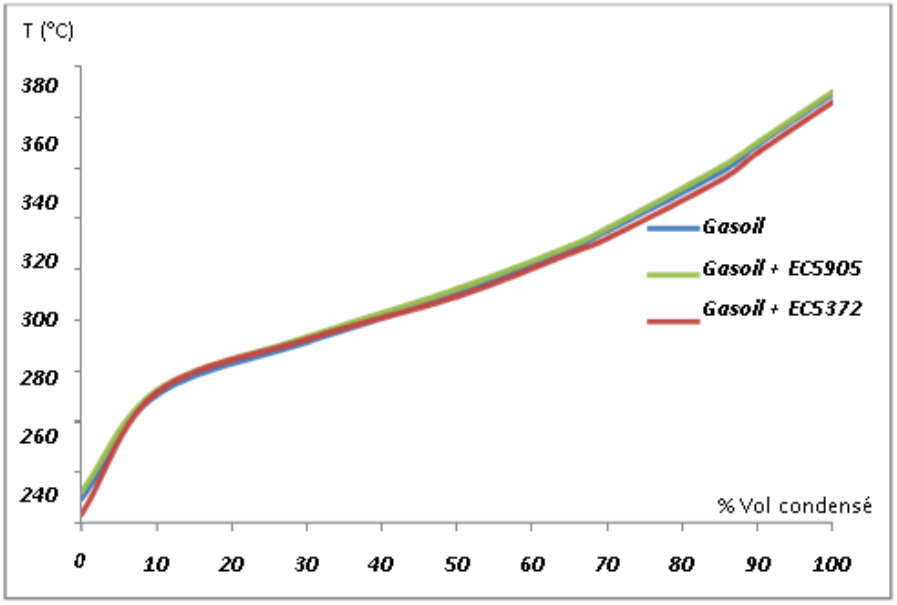


Figure III.7: Courbe ASTM des différents échantillons gasoil avec et sans additifs.

D'après la figure III.7, nous remarquons qu'il n'y a pas un grand écart entre les point de la distillation ASTM du gasoil sans et avec les deux additifs. Donc nous concluons que les deux additifs NALCO testés n'ont pas un effet que ce soit négatif ou positif sur la distillation ASTM et que les échantillons de gasoil contenants des concentrations optimales d'additif restent dans la zone de conformité du produit gasoil. Les points initiales et finales de ces mélanges sont 203 et 366°C pour le EC5905A et 212 et 370°C pour le EC5372A.

III.8. Détermination du point d'éclair

III.8.1.Principe de mesure

Le point d'éclair est la température à laquelle il faut porter un produit pétrolier liquide pour qu'il émette dans des conditions normalisées, des vapeurs en quantité suffisante pour que celle-ci puisse s'enflammer en présence d'une flamme. A une température supérieure à celle de son point d'éclair les vapeurs émises par un produit pétroliers forment donc avec l'air un mélange inflammable. Cette température ne doit toutefois pas être confondue avec la température d'auto-inflammabilité du produit qui est la température à laquelle le produit s'enflamme spontanément dans l'air **[30].**

Dans une coupe pétrolière donnée, ce sont les constituants les plus volatils ou légers qui se vaporisent le plus facilement et qui constituent au- dessus de la phase liquide une atmosphère riche en vapeur des hydrocarbures. Un enrichissement en légers à, de ce fait, pour conséquence d'abaisser la température du point d'éclair. Les résultats obtenus par les

méthodes d'essais normalisés de mesure du point d'éclair sont d'ailleurs très sensibles à la présence de traces d'impuretés volatils ou de produits trop légers. Il faut noter que sur un même produit ils donnent des résultats différents et qu'il est nécessaire d'accompagner la vapeur de la mesure d'un point d'éclair de la nature de la norme correspondante **[8].**

III.8.2. Matériels utilisés

L'appareil correspondant à cette analyse selon la norme ASTM D93 est celui de Pensky-Martens représenté dans la figure III.8.

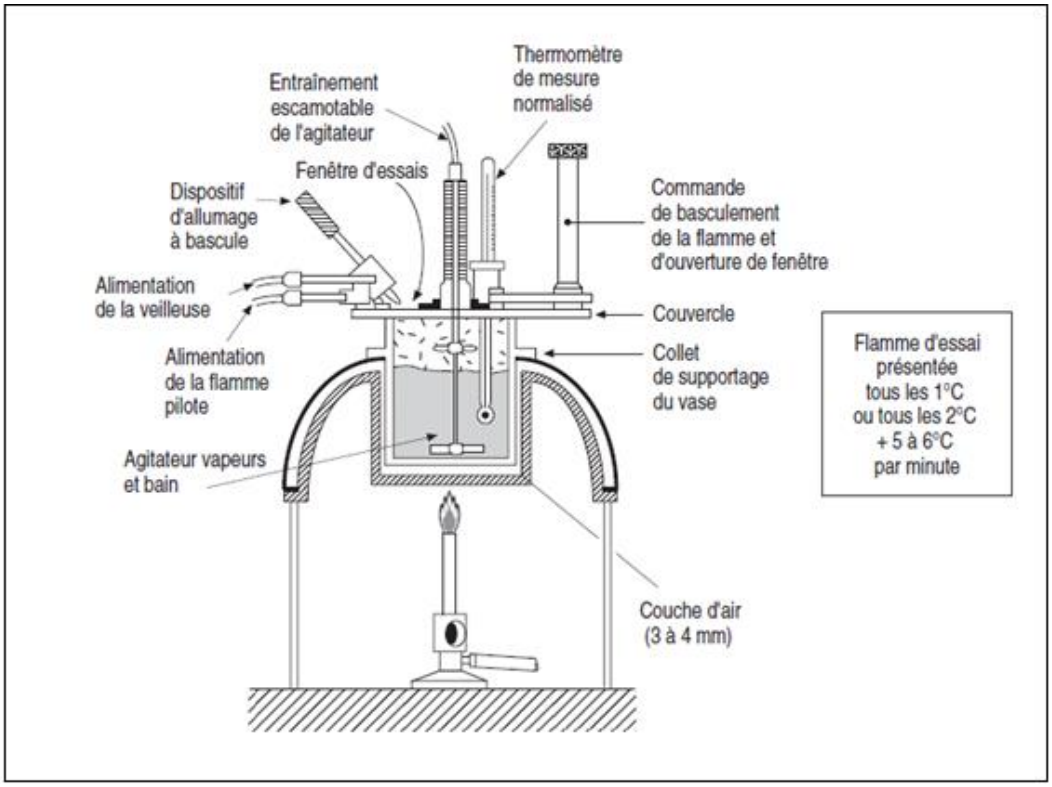


Figure III.8: Appareil Pensky -Martens ASTM D93 **[8].**

III.8.3. Mode opératoire [29]

- Remplir la coupe avec la prise d'essai jusqu'au niveau indiqué.
- Placer la coupe dans l'enceinte du bloc chauffant, placer le couvercle sur la coupe.
- Donnez une température présumée du point d'éclair.
- Appuyer sur START pour commencer l'analyse.

III.8.4. Résultats et interprétation

Les valeurs de point d'éclair obtenues pour les échantillons du gasoil avec et sans additif sont présentés dans le tableau III.8.

Tableau III.8: Valeurs de point d'éclair obtenues pour le gasoil sans et avec additifs

Echantillon	Point éclair (°C)
Gasoil	87
Gasoil + additif EC5905 (50 mg/l)	87
Gasoil + additif EC5372 (125 mg/l)	86

Le tableau III.8 montre qu'il n'y a pas de différence entre les valeurs du point d'éclair Pensky obtenue pour le gasoil sans additif et le gasoil avec l'additif EC5905A. Contrairement à l'autre échantillon avec l'additif EC5372A qui représente une différence d'un degré Celsius, qui est dû à l'erreur de manipulation ou à la valeur du point d'éclair de l'additif qui est inférieure à celle du gasoil de référence.

III.9.Détermination de la viscosité

III.9.1.Principe de mesure [31]

La norme ASTM D445 décrit une méthode de mesure de la viscosité cinématique des produits pétroliers liquides. Elle consiste à mesurer le temps d'écoulement d'un liquide dans un capillaire calibré à température fixée. La viscosité cinématique est calculée à partir du temps d'écoulement en utilisant la formule suivante :

$$v = k.t$$

On : $\boldsymbol{v}$ = viscosité cinématiques en (cSt) ou (St)

$\boldsymbol{k}$ = constante du viscosimètre qui dépend de la taille du capillaire utilisé

$\boldsymbol{t}$ = temps d'écoulement en secondes.

III.9.2.Matériels utilisés

On utilise le viscosimètre Ubbelohde à niveau suspendu pour les liquides transparents et le viscosimètre Cannon Fenske à écoulement inversé pour les liquides opaques (figure III.9).En plus du viscosimètre de type « à capillaire » le matériel utilisé est : un bain thermostatique et un chronomètre.

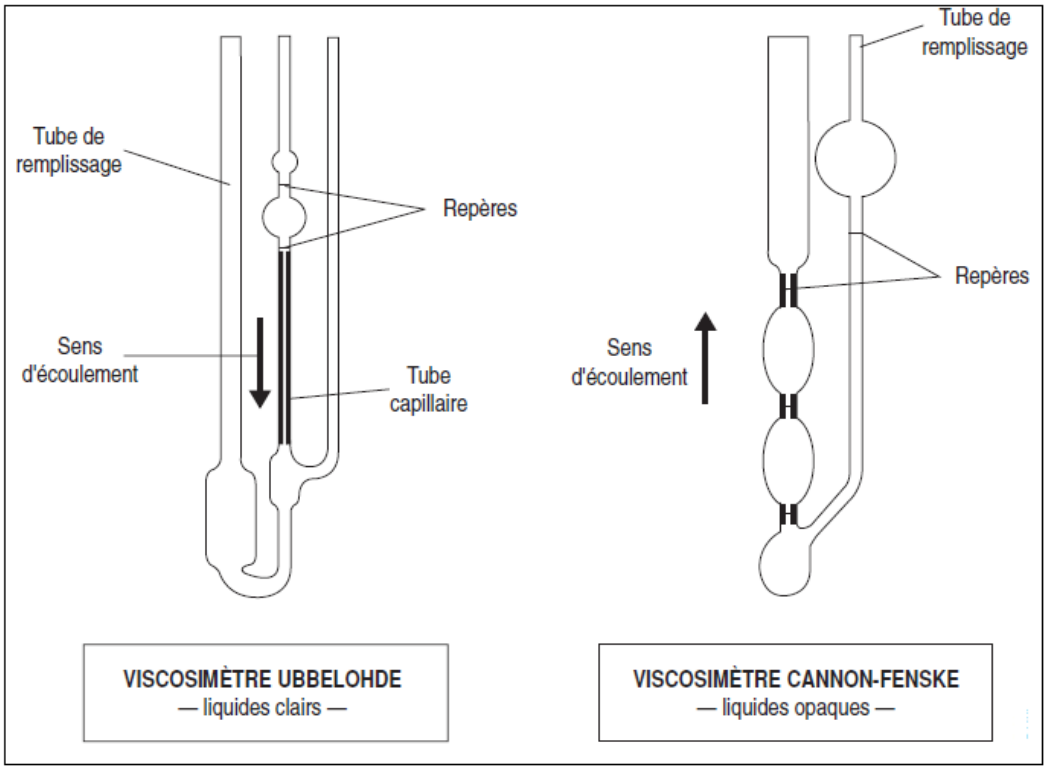


Figure III.9: Schéma des viscosimètres utilisés**[8].**

III.9.3.Mode opératoire [28, 31]

- Remplir le viscosimètre avec le produit à analyser d'une manière approprié à sa conception.
- Immerger le viscosimètre dans le bain préalablement chauffé à 20 °C et s'assurer qu'il est bien vertical
- Mesurer en seconde le temps que met le ménisque pour passer de la première marque à la seconde et de seconde à la troisième.

III.9.4.Résultats et interprétation

Les valeurs de la viscosité obtenues pour un échantillon du gasoil sans et avec additifs sont présentées dans le tableau III.9.

Tableau III.9 : Viscosité cinématique des mélanges gasoil/additifs à 20°C.

Echantillon	Viscosité cinématique (cSt)
Gasoil	6,78
Gasoil + additif EC5905 (50 mg/l)	6,60
Gasoil + additif EC5372 (125 mg/l)	6,54

A partir du tableau III.9 nous remarquons que la valeur de la viscosité du gasoil avec additifs est plus faible par rapport à celle du gasoil de référence. Ceci peut être dû au faite que ces additifs jouent aussi le rôle d'abaisseur de viscosité ou d'agents de dispersion. Notons que les valeurs obtenues avec les deux additifs sont toujours inférieure à 9 cSt spécification du gasoil citée dans le tableau III.1.

III.10. Détermination de la teneur en soufre [32]

III.10.1. Principe de mesure

La première étape de la quantification consiste en une combustion de l'échantillon à haute température en présence d'oxygène. Les déférents travaux publiés mentionnent des températures de 900 °C minimum. Nous travaillons à 1000 °C au moins, et à 1100°C maximum. Cette combustion à lieu dans un tube en quartz d'ont la zone portée à haute température mesure 30 cm de long environ. Ce tube en quartz est rempli de perle de quartz afin d'augmenter la surface de contact entre l'échantillon et l'atmosphère oxydante. Ce tube de combustion ne contient aucun autre élément, en particulier, pas de catalyseur.

Tous les composés soufrés sont convertis en dioxyde de soufre, les autres produits issus de cette combustion sont le dioxyde de carbone, de l'eau, d'autres oxydes éventuels, l'excès d'oxygène et le gaz neutre. Ce mélange de gaz passe dans le tube sécheur qui élimine l'eau. Les gaz sont ensuite introduits dans le détecteur. Le maximum de la lumière fluoresce se situé vers 420 nm. A la sortie du détecteur de soufre, le mélange gazeux est donc constitué de dioxyde de carbone, d'oxygène, d'argon et de dioxyde de soufre.

Les réactions réalisées sont :

Combustion: $R\text{-}S \longrightarrow SO_2 + H_2O + CO_2 + \text{autres oxydes}$

Détection: $SO_2 + h\nu \longrightarrow SO_2^* \longrightarrow SO_2 + h\nu'$

III.10.2. Matériels utilisés

L'appareil utilisé est un analyseur de soufre par fluorescence UV présenté dans la figure III.10.

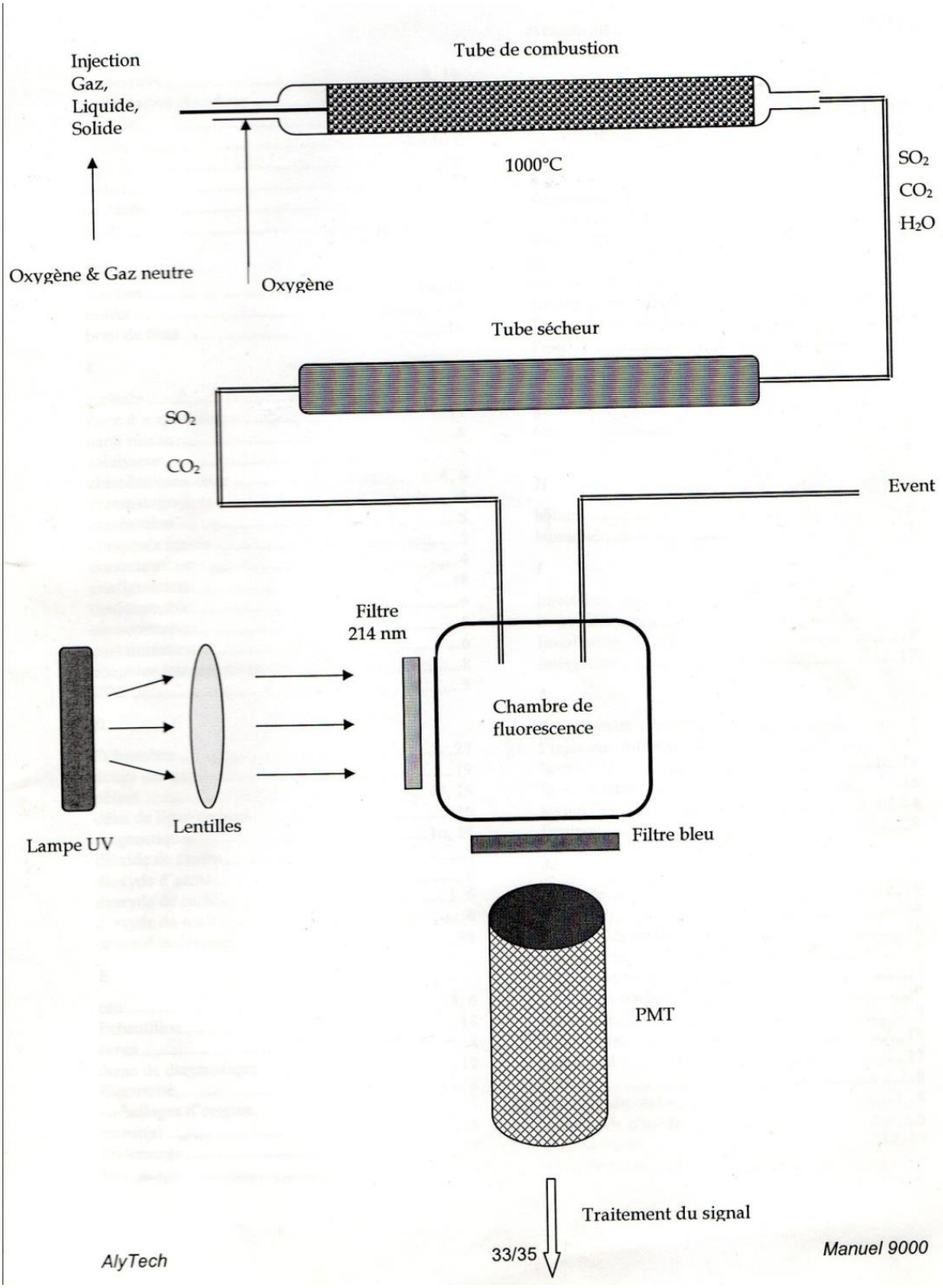


Figure III.10: Schéma de principe de l'analyseur de soufre total **[32]**

III.10.3.Mode opératoire

L'analyseur de soufre est lié à un logiciel comprenant les trois modes suivants :

A) Méthode :

Elle consiste à fixer tous les paramètres analytiques et de traitement du signal.

Les paramètres optimisés dans cette méthode sont :

La température fixée à 1000°C.

Les débits des gaz :

- Argon, vecteur ……120 – 160 ml/ min.
- Oxygène, vecteur ……10 – 20 ml /min.
- Oxygène, combustion ……450 -500 ml / min.

b) Etalonnage :

L'étalonnage se fait à partir de solutions de références de concentrations connues en soufre exprimé en ppm. Dans la gamme envisagée de 100 – 1000 ppm, il faut commencer par injecter l'étalon le plus concentré, par exemple le1000 ppm, le pic doit être environ au maximum de la plage dynamique 0 – 2 V. Il faut aussi vérifier que le 100 ppm donne un signal significativement différent du bruit de fond sinon, il faut augmenter la sensibilité ou le voltage, ensuite on trace la courbe d'étalonnage.

c) Echantillon :

On fait passer l'échantillon et on détermine la teneur en soufre exprimée en ppm.

III.10.4. Résultats et interprétation

Les résultats de l'analyse de soufre des échantillons de gasoil en présence et en l'absence des additifs trouvés sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau III.10: Teneur en soufre des mélange gasoil / additif

	gasoil	**gasoil+ EC5372 (50 mg/l)**	**gasoil+ EC5905 (125 mg/l)**
Teneur en soufre(% masse)	0,06	0,06	0,06

D'après les résultats obtenus, nous remarquons une teneur en soufre constante pour les deux échantillons gasoil+ EC5372 et gasoil+ EC5905 par rapport au produit d'origine gasoil. Ceci peut être expliqué par le fait que les deux additifs utilisés ne contiennent pas de soufre.

III.11.Détermination de l'indice de cétane

III.11.1.Principe de mesure

L'indice de cétane d'un carburant pour moteur diesel est déterminé par comparaison de sa qualité d'inflammabilité avec celle de mélanges de carburant d'indice connu. Cette qualité d'inflammabilité est obtenue par variation du rapport volumétrique de compression pour l'échantillon et chaque mélange de référence, afin d'obtenir un délai déterminé entre le but d'injection et le but d'allumage.

L'indice de cétane calculé est un moyen pratique pour estimer le nombre de cétane quand on ne dispose pas de moteur d'essai pour déterminer cette propriété. Il est déterminé en utilisant l'équation suivante :

$$\text{Indice de cétane} = 454{,}74 - 1641{,}416d + 774{,}74d^2 - 0{,}554B + 97{,}803 (\log B)^2$$

Où : d : densité à 15°C

B : point50 % de la distillation ASTM (°C)

III.11.2. Résultats et interprétation

Les résultats trouvés sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau III.11 : Indice de cétane des mélanges gasoil/additif

	gasoil	**gasoil+ EC5372 (50 mg/l)**	**gasoil+ EC5905 (125 mg/l)**
Indice de cétane	57.10	56.86	57.50

Nous remarquons une petite variation de l'indice de cétane pour les deux additifs par rapport à l'échantillon de référence (gasoil). Cette variation est due à l'écart minime constaté entre la densité et le point 50% de la distillation avant et après ajout des deux additifs.

Conclusion générale

Durant toute la période de cette étude réalisée au niveau du laboratoire de la raffinerie d'Alger, nous avons travaillé avec plusieurs méthodes d'analyse pratiquées dans le milieu industriel. Ces méthodes sont utilisées pour un seul but qui est le contrôle des produits finis et non finis avant leurs commercialisations.

Le travail que nous présentons au travers de ce manuscrit, s'inscrit dans le cadre de l'amélioration du comportement rhéologique du gasoil produit dans la raffinerie d'Alger, et particulièrement son point d'écoulement par l'ajout d'un additif NALCO.

Les résultats obtenus ont montré que les valeurs optimales de la concentration des produits NALCO® qui ont permet d'avoir un point d'écoulement égal à -12 °C sont de 50 mg/l pour le EC5905A et de 125 mg/l pour le EC5372A.

L'analyse des différents échantillons de gasoil mélangé avec additif après optimisation du point d'écoulement ont montré que les deux produits NALCO® testés ont nettement amélioré le point d'écoulement du gasoil produit dans la raffinerie sans affecter la conformité des autres paramètres qui sont eux aussi très importants, tel : viscosité, densité, point initial et final de distillation, teneur en soufre et point de trouble, point d'éclair et indice de cétane.

Ainsi, d'après cette étude on va pouvoir améliorer les paramètres requis aux basses températures pour une utilisation efficace du gasoil et en même temps augmenter la quantité produite du kérosène en évitant son utilisation dans le traitement du gasoil.

En perspectives, nous envisageons d'approfondir ce travail par l'étude du comportement rhéologique (modèle d'écoulement) du gasoil en présence de ces deux additifs NALCO, ainsi que d'enrichir les résultats obtenus par une étude économique.

Références bibliographiques

[1] J.P.WAUQUIER**,**« Le Raffinage du pétrole brut » Tome 1, Edition technique ; Paris 1994,

[2] Documentation de la raffinerie d'Alger, « manuel d'exploitation, gaz plant »,1964.

[3] Documentation de la raffinerie d'Alger, « Foster Wheeler », 1964.

[4] Site internethttp://www.google.dz image @2018 digital globale. Données cartographiques Date : 13/03/2018

[5] A.LAHIOUEL**,** « Parc de Stockage », Séminaire, Institut Algérien du Pétrole SKIKDA, 2014.

[6] Manuel opératoire de la raffinerie d'Alger, département de production, (1 janvier 2006)

[7] M. N. MAITHUFI, (2010). Synthesis, characterization and application of branched polymers as middle distillate fuels cold flow additives Eindhoven: Technische Universiteit Eindhoven, DOI: 10.6100/IR686567.

[8] Cours de Raffinage I : Faculté des Hydrocarbures et de la Chimie (FHC), Université A. BOUGUERRA, Boumerdes 2003-2004, Groupes : IGCR99 et IGCP99

[9] A. BABOUCHE, « Unité de déminéralisation », Mémoire ingénieure Institue Algérienne de Pétrole SKIKDA, 2008.

[10] J.C.GUIBET, caractéristique des produits pétrolier .technique d'ingénieur ; édition 1999 p 150-170

[11] S. BENAZZOUG**,** « Unité 11 », Mémoire ingénieure Institut Algérien du Pétrole SKIKDA, 2008

[12] S. KRAUS**,** « Le Raffinage Du Pétrole », 2008.

[13] M. GACEB, «Etude de l'Encrassement du Circuit de Refroidissement du Kérosène de la Raffinerie d'Alger (RA1G) », mémoire ingénieure, Institut Algérien du Pétrole de Boumerdes, 2011

[14] RAFFINERIE D'ALGER**,** « Manuel opératoire Carburant (MO PROD 01**)** », SONATRACH, 2006.

[15] B. ALIH**,**« L'augmentation de capacité de traitement dans l'unité de distillation atmosphérique de la raffinerie d'alger» , mémoire ingénieure université de Boumerdes, 2005.

[16] RAFFINERIE D'ALGER**,** « Plan de contrôle qualité des carburant », SONATRACH, 2006.

[17] RAFFINERIE D'ALGER**,** « Manuel opératoire stockage, mélange & expédition », SONATRACH, 2001.

[18] P.CISS**,** « Etude De L'utilisation Du Diesel Oïl Dans Les Moteur Diesel Turbocompresseur aux ics plate-forme Darou », mémoire ingénieur, Université CHEIKH ANTA DIOP, 2002-2003.

[19] J.C. GRUIBET, **«**Carburants et moteur: Technologie, Energie, Environnement » Tome 1, Edition Technique, Paris, 1997.

[20] A. C.KOUAKOU, « Etude approfondie de la cristallisation des carburants et des combustibles : impact des nouvelles bases » mémoire de doctorat, université de PAU et des PAYS de l'ADOUR (2003).

[21] E. BENAZZI, E, GUILLON**, «** Procédé d'amélioration du point d'écoulement de charges hydrocarbonées issues du procédé Fischer-Tropsch utilisant un catalyseur a base d'un mélange de zéolithes », BrevetWO 2005012461 A1, Institut Français Du Pétrole, 2001.

[22] Site internet, http://www.anticor-chimie.com/ppdf.html, Article, Date : 13/02/2017

[23] Site internet ,http://www.sgs.ca/fr-FR/Trade/Commodity-Trading/Oil-Gas-and Chemicals/Fuels-Blending-and-Cargo-Treatment/Fuels-Improvement.aspx, Article, Date : 08/02/2017

[24] Site internet, http://fr-eu.nalco.com/eu/applications/fuel-additives.html,Article, Date : 01/03/2017

[25] NALCO® EUROPE SARL**,** « EC 5372 A », fiche technique.

[26] NALCO® EUROPE SARL,« EC 5905 A », fiche technique

[27] ASTM D97-12, « Standard Test Method for Pour Point of Petroleum Products », West Conshohocken,2014.

[28] RAFFINERIE D'ALGER, « Manuel opératoire laboratoire », SONATRACH,2016.

[29]ASTM D86-01, « Standard Test Method for Distillation of Petroleum Products at Atmospheric Pressure », West Conshohocken, 2001.

[30] ASTM D97-12, « Standard Test Method for Pour Point of Petroleum Products », West Conshohocken,2014.

[31] ASTM D445. "Caractéristiques standard et Instructions pour capillaire en verre Viscosimètres cinématiques". ASTM International, 2012.

[32] Manuel d'équipement (analyse de soufre) Antek 9000

Annexe

Information supplémentaire sur NALCO® 5372A

- **Codes de dangers**

La liste des codes qui commence par la lettre H mentionne un danger pertinent.

H226 : Liquide et vapeur inflammables.

H302 : Nocif en cas d'ingestion.

H304 : Peut être mortel en cas d'ingestion et de pénétration dans les voies respiratoires.

H315 : Provoque une irritation de la peau.

H319 : Provoque une irritation grave aux yeux.

H332 : Nocif par inhalation.

H335 : Provoque des irritations respiratoires.

H336 : Peut provoquer des somnolences ou des vertiges.

H351 : Suspectés de causer le cancer.

H373 : Peut causer des lésions aux organes par une exposition prolongée ou répétée.

H400 : Très toxique pour la vie aquatique.

H410 : Très toxique pour la vie aquatique avec des effets durables.

H411 : Toxique pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme.

Toxicité	
Forme	**Concertation et temps d'exposition.**
Toxicité pour les poissons.	: 21 mg/l, pendant 96 Heurs.
Toxicité chronique pour les poissons.	: 0.083 mg/l, pendant 14 jours
Toxicité pour les dauphins et autres invertébrés aquatiques.	: 68 mg/l, pendant 48 Heurs.
Toxicité chronique pour les daphnies et autres invertébrés aquatiques.	: 0.2 mg/l, pendant 21 jours.
Toxicité pour les algues.	: 22 mg/l, pendant 72 Heurs.
Toxique pour les bactéries.	: ≥ 1000 mg/l, pendant 40 heurs.

- **Informations écologiques.**

la partie organique de cette préparation devrait être faiblement biodégradable, d'où 60 % de ce mélange est facilement biodégradable, après un temps d'exposition de 28 jours.

Bioaccumulation	Les composants sont potentiellement bioaccumulable. D'où la portion dans l'eau devrait flotter à la surface.

Information supplémentaire sur NALCO® 5905A.

- **Informations écologiques**

Toxicité		
Forme	**Composé.**	**Concertation et le temps.**
Toxique pour les poissons.	Hydrocarbure : C10, aromatique, >1% naphtène	2 mg/l, pendant 96 heurs.
	1, 2, 4-triméthylbenzène.	7.7 mg/l, pendant 96 heurs.
Toxicité pour les dauphins et autres invertébrés aquatiques.	Hydrocarbure : C10, aromatique, >1% naphtène	3 mg/l, pendant 48 heurs.
	Kérosène.	1.4 mg/l, pendant 48 heurs.
	1, 2, 4-triméthylbenzène.	3.6 mg/l, pendant 48 heurs.
Toxicité pour les algues.	Hydrocarbure : C10, aromatique, >1% naphtène	>1 mg/l, pendant 72 heurs.
	1, 2, 4-triméthylbenzène.	2.4 mg/l, pendant 96 heurs.
Toxique pour les bactéries.	Hydrocarbure : C10, aromatique, >1% naphtène	1.892 mg/l
Toxicité chronique pour les poissons.	Hydrocarbure : C10, aromatique, >1% naphtène	0.487 mg/l, pendant 28 jours.
Toxicité chronique pour lesdaphnies et autres invertébrés.	Hydrocarbure : C10, aromatique, >1% naphtène	0.851 mg/l, pendant 21 jours.
	1, 2, 4-triméthylbenzène.	0.367 mg/l, pendant 16 jours.

Biodégradabilité	la partie organique de cette préparation devrait être faiblement biodégradable.
Bioaccumulation	Les composants sont potentiellement bioaccumulable, d'où la portion dans l'eau devrait flotter à la surface.