

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université 8 mai 1945 Guelma
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de Génie des Procédés

Mémoire de Fin d'Etudes
2ème Année Master

***Fabrication du kérosène/jet A1 à partir du
Condensat (procédés et analyses)***

Filière : Génie des Procédés
Spécialité : Génie chimique

Présenté par :
Feddaoui djallel eddine
Segouali akram

Sous la direction de :
Pr.BOUAKKAZ Samia

Juin 2022

DEDICACE I

A ma très chère mère

Affable, honorable, aimable : Tu représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi. Ta prière et ta bénédiction m'ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études. Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que tu mérites pour tous les sacrifices que tu n'as cessés de me donner depuis ma naissance, durant mon enfance et même à l'âge adulte. Tu as fait plus qu'une mère puisse faire pour que ses enfants suivent le bon chemin dans leur vie et leurs études. Je te dédie ce travail en témoignage de mon profond amour. Puisse Dieu, le tout puissant, te préserver et t'accorder santé, longue vie et bonheur.

A mon très cher Père

Merci d'être pour moi le meilleur des pères, papa je t'aime d'un amour vrai, tu es mon repère, moi ton enfant aimant de toi je suis si fier tu es mon chemin qui mène vers le bonheur tu es mon guide, un exemple à suivre. Mon père sache que je t'aime de tout mon cœur

A vous mes frères (wassim et Marwane) qui m'avez toujours soutenu et encouragé durant ces années d'études. Je vous

*souhaite, **mon frère Marwane**, du succès dans votre travail et plus de succès et bonheur dans votre vie et je souhaite à **mon frère Wassim** du succès dans sa thèse de fin d'études*

A ma chère épouse

Merci pour ton soutien, aide et encouragement tout au long de ces années d'études et je te souhaite de réussir ta thèse de fin d'études et encore plus de réussite et de bonheur dans ta vie.

A Mon cher binôme « Segouali Akram » et à toute sa famille

A mes chers ami(e)s.

Feddaoui djallel eddine

DEDICACE II

A mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études.

A mon cher frère et ma chère sœur pour leur encouragements permanents, et leur soutien moral.

A toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire.

Que ce travail soit l'accomplissement de vos soi-disant désirs, et le fruit de votre soutien infailible. Merci d'être toujours à mes Côtés.

A Mon cher binôme « Feddaoui Djallel Eddine » et à toute sa famille.

A mes chers ami(e)s.

Segouali akram

REMERCIEMENTS

En premier lieu, Nous remercions Dieu le Tout- Puissant de nous avoir données la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce modeste travail.

Nous tenons à remercier en premier lieu notre promotrice Pr. BOUAKKAZ de nous avoir encadrés et orientés, ainsi que pour son aide et ses précieux conseils tout au long de ce travail.

Nous tenons à remercier l'ensemble du personnel du complexe topping RA2K, pour leurs conseils pleins de sens et pour le suivi et l'intérêt qu'ils ont porté à notre travail.

Nos vifs remerciements s'adressent à toute l'équipe pédagogique du Département de Génie des Procédés de l'Université 8 mai 1945 de Guelma et spécialement à Nos enseignants. Nos remerciements vont aussi à tous les membres de jury.

Enfin, nos remerciements vont à tous nos amis et collègues du Département et de la Faculté des Sciences et Technologie de l'Université de Guelma.

Résumé

L'objectif principal de ce travail repose sur le traitement du kérosène au niveau du laboratoire de Topping (RA2K) de Skikda, dont la fonction est de contrôler la qualité des carburants. A ce niveau, le kérosène est soumis à plusieurs analyses telles que la densité, point d'éclair, point de congélation distillation, point de fumée...etc. Afin de donner leur conformité aux normes nationale et internationale fixées par la législation pour qu'il puisse être utilisé convenablement.

Summary

The main aim of this memory rests on the treatment of the kerosene on the level of the laboratory of topping (RA2K) of Skikda, which its function is to control the quality of the fuels. At this level, the kerosene is subjected to several analyzes such as the density, point flash, point freezing distillation, point of smoke... etc, in order to give their national and international standard conformance fixed by the legislation and it can be used suitably.

ملخص

الهدف الرئيسي من هذه المذكرة هو الاعتماد على معالجة الكيروسان على مستوى مخبر الطوبينك (RA2K) حيث وظيفته هو مراقبة نوعية الهيدروكربور على هذا المستوى.

للكيروزان عدة تحاليل من بينها الكثافة نقطة التجمد، التقطير، نقطة التدخين....

وفي الأخير تعطي نتائج مطابقة وثابتة للمقاييس الوطنية والعالمية وتعطيها مشروعية الاستعمال بلياقة.

Sommaire

Dédicace	
Remerciements	
Résumé.....	i
Liste des figures.....	ii
Liste des tableaux.....	iii
Liste des abréviations.....	iv
Introduction générale.....	01

Chapitre I : Généralités sur le condensat

I.1. Définition de condensat.....	03
I.2. Origine du condensat.....	03
I.3. Composition chimique du condensat.....	03
I.3.1. Familles chimiques d'hydrocarbures.....	03
I.3.1.1. Hydrocarbures paraffiniques.....	03
I.3.1.2. Hydrocarbures cycliques saturés ou naphènes	04
I.3.1.3. Hydrocarbures aromatiques.....	04
I.3.1.4. Mixtes Hydrocarbures.....	04
I.3.2. Composés hétéro-atomiques.....	04
I.3.2.1. Composés soufrés.....	04
I.3.2.2. Composés azotés.....	04
I.3.2.3. Composés oxygénés.....	04
I.3.2.4. Les métaux.....	04
I.4. Utilisation en raffinage	05
I.4.1. GPL	05
I.4.2. Naphta.....	05
I.4.3. Kérosène.....	05
I.4.4. Gasoil.....	06
I.5. Production et qualité du Condensat en Algérie	06

I.5.1. La production	06
I.5.2. La qualité	06
I.6. Les propriétés de produits pétroliers	07
I.6.1. Distillation ASTM D86	07
I.6.2. La densité.....	07
I.6.3. Tension de vapeur.....	08
I.6.4. Point de congélation.....	08
I.6.5. Teneur en eau.....	08
I.6.6. Le point d'éclair.....	08
I.6.7. La couleur Saybolt	09
I.6.8. Corrosion de lame de cuivre	09
I.6.9. Point de fumée	09
I.6.10. L'acidité totale	09

Chapitre II : Généralités sur le kérosène et le complexe

Topping de condensat

II.1. Introduction	10
II.2. Objectif	10
II.3. Historique.....	10
II.4. Localisation géographique site	11
II.5. Description des installations du complexe Topping condensat	12
II.5.1. Conception Générale du Complexe	12
II.5.1.1 Unité de Topping de condensat (U100).....	12
II.6. Unité traitement du kérosène (U200)	14
II.6.1. Introduction.....	14
II.6.2. Propriétés du kérosène.....	14
II.6.2.1. Propriétés physiques	14
II.6.2.2. Propriétés chimiques.....	15
II.6.3. Procédé de traitement du kérosène	16

II.7. Installations de stockage et de transfert des Produits Finis (U300)	17
II.8. Les utilités (U500).....	18

Chapitre III : Matériels et Méthodes

III.1. Introduction.....	20
III.2. Distillation ASTM.....	20
III.2.1. Principe.....	20
III.2.2. Le but.....	20
III.2.3. Appareillage.....	20
III.2.4. Mode opératoire.....	21
III.3. La couleur Saybolt.....	22
III.3.1. Principe.....	22
III.3.2. Le but.....	22
III.3.3. Appareillage.....	22
III.3.4. Mode opératoire.....	23
III.4. Acidité totale.....	23
III.4.1. Principe.....	23
III.4.2. Le but.....	24
III.4.3. Réactifs et appareillage.....	24
III.4.3.1. Réactifs.....	24
III.4.3.2. Appareillage	24
III.4.4. Mode opératoire.....	24
III.5. Doctor test.....	25
III.5.1. Principe.....	25
III.5.2. Réactifs et appareillage.....	25
III.5.2.1. Réactifs.....	25
III.5.2.2. Appareillage	25
III.5.2.3. Verrerie.....	25
III.5.3. Mode opératoire.....	26

III.6. Point d'éclair.....	26
III.6.1. Principe.....	26
III.6.2. Le but.....	26
III.6.3. Appareillage	26
III.6.4. Mode opératoire	27
III.7. Densité.....	27
III.7.1. Principe.....	27
III.7.2. Le but.....	27
III.7.3. Appareillage.....	27
III.7.4. Mode opératoire	27
III.8. Point de congélation.....	27
III.8.1. Principe.....	27
III.8.2. Le but.....	28
III.8.3. Appareillage	28
III.8.4. Mode opératoire	28
III.9. La viscosité.....	28
III.9.1. Principe.....	28
III.9.2. Le but.....	29
III.9.3. Réactifs et appareillage.....	29
III.9.3.1. Réactifs.....	29
III.9.3.2. Appareillage.....	29
III.9.4. Mode opératoire.....	29
III.10. Point de fumée.....	30
III.10.1. Principe.....	30
III.10.2. Le but.....	30
III.10.3. Appareillage	31
III.10.4. Mode opératoire.....	31
III.11. Conductivité électrique.....	31

III.11.1. Principe.....	31
III.11.2. Le but.....	32
III.11.3. Réactifs et appareillage.....	32
III.11.3.1. Réactifs.....	32
III.11.3.2. Appareillage.....	32
III.11.3.3. Échantillonnage.....	32
III.11.4. Mode opératoire	33
III.12. Identification de l'intervalle d'absorption du kérosène par UV-Visible.....	33
III.12.1. Principe.....	33
III.12.2. Le but.....	33
III.12.3. Appareillage.....	33
III.13. Détermination des principaux groupes fonctionnels du kérosène par Infrarouge.....	34
III.13.1. Principe.....	34
III.13.2. But.....	34
III.13.3. Appareillage.....	34

Chapitre IV : Résultats et discussions

IV.1. Les analyses effectuées sur kérosène.....	35
IV.2. Distillation ASTM.....	35
IV.3. La couleur Saybolt.....	36
IV.4. L 'Acidité Totale.....	36
IV.5. Doctor test.....	37
IV.6 Le point d'éclair.....	37
IV.6.1. Discussion des résultats.....	37
IV.7. Densité.....	37

IV.8. Point de congélation.....	37
IV.9. La viscosité.....	38
IV.10. Point de fumée.....	38
IV.11. Conductivité électrique.....	38
IV.12. Identification de l'intervalle d'absorption du kérosène par UV-Visible.	38
IV.12.1. Spectre d'absorption du kérosène liquide.....	38
IV.13. Détermination des principaux groupes fonctionnels du kérosène par Infrarouge.....	39
IV.14. Conclusion.....	40
IV.15. Comparaison entre le Jet/A1 Du condensat et le Jet/A1 du brut	41
IV.16. Conclusion	42
Conclusion générale.....	44
Références bibliographique.....	45
Annexe A.....	I
Annexe B.....	II
Annexe B.1	II
Annexe B.2.....	II
Annexe B.3.....	IV
Annexe B.4.....	V
Annexe C.....	VI

Liste des figures

Figure II.1 : Plan de situation du complexe RA2k.	11
Figure II.2 : Schéma synoptique de l'unité Topping de Condensat « U100 ».	13
Figure III.1 : Appareillage de distillation ASTM, échelle laboratoire.	21
Figure III.2 : Appareil pour détermination de la couleur Saybolt.	23
Figure III.3 : Mesure de l'acidité.	24
Figure III.4 : Appareillage pour doctor test ASTM D4952.	25
Figure III.5 : Appareil manuel pour détermination du point d'éclair.	26
Figure III.6 : Densimètre automatique des produits pétroliers liquides.	27
Figure III.7 : Appareil principal pour la détermination du point de congélation.	28
Figure III.8 : Viscosimètre.	29
Figure III.9 : Appareil pour mesure de Point de Fumée.	31
Figure III.10 : Appareil de mesure de conductivité électrique.	32
Figure III.11 : Spectrophotomètre UV-Visible de type Shimadzu™ UV 1800.	33
Figure III.12 : Spectromètre FTIR « Spectrum One ».	34
Figure IV.1 : Spectre d'absorption du kérosène liquide à 303 K.	39
Figure IV.2 : Spectre infrarouge du kérosène.	40

Liste des tableaux

Tableau I.1 : Spécifications typiques pour un gaz naturel commercial.	3
Tableau I.2 : Les principaux champs de production de condensat livrés au Topping de Skikda (RA2K).	6
Tableau I.3 : Les caractéristiques physico-chimiques du condensat Algérien avec ses deux qualités.	7
Tableau IV.1 : Les spécifications de la coupe kérosène.	35
Tableau IV.2 : Le volume de distillat en fonction de la température.	36
Tableau IV.3 : Spécifications de l'analyse doctor test.	37
Tableau IV.4 : Comparaison entre les résultats d'analyse de Jet/A1 du condensat et du Jet/A1 Du brut.	41

Liste des abréviations

AR	Adrar
ASTM	American Society for Testing and Materials
BHP	Broken Hill Proprietary
CNPC	China National Petroleum Corporation
CP1K	Le Complexe des matières plastiques :
CPECC	China Petroleum Engineering & Contraction Corporation
GL1K	Le Complexe de Liquéfaction du Gaz naturel
GPL	Gaz de Pétrole Liquéfié
HEH	Haoud El Hamra
HR	Hassi R'mel
Jet A-1	Aviation Fuel Quality Requirements for Jointly Operated Systems
PF	Point Final de la distillation
PI	Point Initial de la distillation
PM	Poids Moléculaire
PPB	Part Per Billion
PPM	Partie Par Million
PSI	Pound per Square Inch
RA1K	Raffinerie de Skikda
RA2/K	Raffinerie de Topping condensat de Skikda
RTE	Région Transport Est
SONATRACH	Société Nationale pour la Recherche, la production, le Transport, la transformation, et la Commercialisation des Hydrocarbures
TFT	Tin Fouyé Tabankort

TRi	Turbo Réacteur i
ADE	Algérienne des eaux

Introduction générale

Le mot pétrole est tiré du mot latin "Petroleum" qui signifie huile de pierre, c'est une huile naturelle combustible. Il est le résultat d'une très lente décomposition de la matière organique, animale et végétale. Celle-ci est soumise à l'action des micro-organismes, qui en milieu anaérobie, la détruisent. Ainsi sur une durée de plusieurs dizaines de millions d'années, la biomasse déposée en couches voit la pression et la température augmenter, dans de telles conditions la matière organique est sédimentée et accumulée dans des roches imperméables sous terre.

Les pétroles bruts ont des caractéristiques physiques et chimiques très variables d'un champ de production à un autre et même à l'intérieur du même gisement. Leur composition chimique dépend essentiellement de son âge et de la nature géologique du lieu d'où il est extrait [1].

Après l'Indépendance en 1962, l'Algérie a suivi une stratégie pétrolière basée sur la production des dérivés essentiels du pétrole selon son évolution économique, de cela, elle a créé une entreprise pétrolière. SONATRACK est une entreprise pétrolière et gazière Algérienne créée le 31 décembre 1963, c'est un atout majeur de l'industrie pétrolière surnommée la major Africaine. SONATRACK est classée la première entreprise d'Afrique, dans l'Aval SONATRACK a six raffineries actives sur le territoire et deux complexes pétrochimiques, quatre complexes Liquéfaction GNL et deux complexes séparations GPL.

L'Algérie tire 98% de l'exploitation et le reste est vendu comme des hydrocarbures. Le gaz et le pétrole sont les principales sources de financement de l'économie Algérienne. Ainsi la politique d'exploitation des hydrocarbures en Algérie, est orientée dans le sens de valoriser, les dérivés du gaz naturel et le produit fini de brut tel que le kérosène et GPL, qui ont constitué ces dernières années les importantes sources de revenus en devises pour le pays.

Le raffinage du pétrole désigne l'ensemble des traitements et transformations, visant à tirer le maximum de produits pétroliers à haute valeur commerciale selon l'objectif visé [2]. Une raffinerie est un endroit où l'on traite le pétrole pour en extraire les fractions commercialisables comme la raffinerie de Topping condensat RA2K de Skikda.

Dans le présent travail, nous avons mené une étude détaillée sur le circuit de raffinage et de traitement du kérosène au niveau de la Raffinerie topping de Skikda. Nous nous sommes intéressés principalement aux analyses effectuées sur ce carburant.

Le mémoire résultant de cette étude est divisé en quatre principaux chapitres :

Dans le chapitre 1, nous aborderons la définition et l'étude de la matière première que le complexe affine, le condensat, sa composition, sa production en Algérie, son utilisation ainsi que les produits qui résultent de son raffinage et leurs caractéristiques.

Dans le deuxième chapitre, nous présenterons la raffinerie de topping de Skikda et plus particulièrement l'unité de traitement du kérosène, nous identifierons également les différentes installations qui la composent tout en expliquant la fonction de chacune d'elles.

Dans le troisième chapitre, nous exposerons les différents matériels et méthodes utilisés dans les analyses faites sur le kérosène de condensat durant notre étude.

Dans le quatrième chapitre nous présenterons les résultats d'analyses du kérosène de condensat obtenus ainsi qu'une étude comparative entre ces résultats et ceux obtenus par d'autres travaux effectués sur le kérosène de brut.

Enfin, nous clôturerons ce mémoire par une conclusion générale.

Chapitre I

Généralités sur le

condensat

I.1. Définition de condensat

Le Condensat est la fraction liquide (C_5^+), séparée lors du traitement du gaz naturel, à la sortie du gisement. C'est un mélange très large résultant de la combinaison d'atomes de carbone et d'hydrogène [3].

I.2. Origine du condensat

Le traitement du gaz naturel consiste à séparer, au moins partiellement, certains constituants présents à la sortie du puits tels que l'eau, les gaz acides et les hydrocarbures lourds pour amener le gaz à des spécifications de transport ou à des spécifications commerciales. La fraction liquide (C_5^+), séparée du gaz naturel sur le site de production, est appelée « Condensat » [3].

Des spécifications typiques pour un gaz naturel commercial sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau I.1: Spécifications typiques pour un gaz naturel commercial.

Spécifications	Valeurs
Pouvoir calorifique supérieur	39 100 à 39 500 kJ/m ³
Point de rosée hydrocarbures	Inférieur à -6 °C
Teneur en eau	Inférieur à 150 ppm
Teneur en C_5^+	Inférieur à 0,5 % molaire

I.3. Composition chimique du condensat

Le condensat est essentiellement composé de molécules résultant de la combinaison d'atomes de carbone et d'hydrogène appelées hydrocarbures. Il contient également du soufre du chlore (Cl_2) et de l'azote (N_2), on retrouve aussi les métaux, Hg, Ni, V, As, Pb etc.

I.3.1. Familles chimiques d'hydrocarbures

Le condensat peut être divisé en trois familles d'hydrocarbures.

I.3.1.1. Hydrocarbures paraffiniques

Ce sont des hydrocarbures saturés ; la formule générale est C_nH_{2n+2} . Ils peuvent être structurés en chaîne droite et ce sont les paraffines normales et les isoparaffines [4].

I.3.1.2. Hydrocarbures cycliques saturés ou naphènes

Ce sont des hydrocarbures saturés ; la formule générale est C_nH_{2n} . Dans le pétrole et dans le condensat, les plus fréquemment rencontrés sont ceux à cinq ou six atomes de carbone [4].

I.3.1.3. Hydrocarbures aromatiques

Ce sont des hydrocarbures insaturés ; la formule générale est C_nH_{2n} . Les hydrocarbures aromatiques sont caractérisés par le rapport C/H plus élevé que celui que l'on observe dans les autres hydrocarbures [5].

I.3.1.4. Mixtes Hydrocarbures

Ce sont des hydrocarbures insaturés ; la formule générale est C_nH_{2n-2} .

I.3.2. Composés hétéro-atomiques

I.3.2.1. Composés soufrés

Le soufre est l'hétéro élément le plus répandu dans le pétrole et le condensat. Dans les fractions à bas point d'ébullition, on trouve l'hydrogène sulfuré H_2S , les mercaptans R-SH, les sulfures R-S-R, les disulfures R-S-S-R et certains sulfures [6].

I.3.2.2. Composés azotés

On les trouve dans le pétrole et dans le condensat de deux à dix fois moins que les composés soufrés. Ils sont essentiellement présents dans les fractions lourdes sous forme d'amides saturées, ou aromatiques [6].

- D'amides R-NH₂, R-NH-R, ou (R) 3-N.
- De carbazoles.
- De pyridines.

I.3.2.3. Composés oxygénés

L'oxygène se trouve sous forme d'acides carboxyliques (R-COOH), d'esters (R-CO-R), de phénol, et de composés de type furane et benzofurane [6].

I.3.2.4. Les métaux

Dans les fractions les plus lourdes telles que les résines et les asphaltènes se trouvent des éléments métalliques comme le Nickel et le Vanadium sous forme de porphyrines, ou le métal au centre de cet ensemble sous forme de Ni²⁺ ou V⁵⁺. On trouve aussi les traces de Fer, Zinc, Chrome, Manganèse et Cobalt. La présence des métaux conduit à des problèmes de pollution, d'empoisonnement des catalyseurs et de corrosion [6].

I.4. Utilisation en raffinage

Dans le raffinage, le condensat peut subir une distillation. Cette dernière permet d'obtenir une gamme de produits légers, moyens et lourds. Les plus légers montent vers le haut de la colonne de distillation, tandis que les plus lourds se déposent en bas de la colonne. On obtient ainsi dans la colonne du haut en bas :

I.4.1. GPL

Le gaz naturel est une énergie primaire bien répartie dans le monde, propre et de plus en plus utilisée. Il dispose de nombreuses qualités abondance relative, souplesse d'utilisation, qualités écologiques, prix compétitifs. Le gaz naturel est une énergie fossile comme la houille, le charbon ou le lignite. C'est un mélange dont le constituant principal de 75 % à 95 % est du méthane (CH_4) [7].

I.4.2. Naphta

Deux types d'exigence sont formulés lors des contrats de fournitures de naphthas : elles concernent la composition et la teneur en impuretés définies. La composition est généralement traduite par une courbe de distillation, et peut être complétée par quelques analyses de composition, comme la teneur en aromatiques. Il s'y ajoute souvent la mesure de propriétés physiques telles que la masse volumique ou la pression de vapeur.

Le niveau de pureté est traduit par la couleur ou par des tests appropriés (corrosion à la lame de cuivre par exemple). Parfois, des dosages d'éléments particuliers (soufre, chlore, plomb) ou décomposés spécifiques (mercaptans, hydrogène sulfuré, éthers, alcools) sont requis [8].

I.4.3. Kérosène

Le kérosène est une coupe d'hydrocarbures située immédiatement au-dessus des essences. La composition approximative du kérosène fait intervenir des carbures compris entre C_{10} et C_{14} .

C'est un liquide inflammable jaune pâle ou incolore huileux avec une odeur caractéristique. Il a été construit dans les années 1850 à partir de goudron de houille, d'où le nom de l'huile de charbon est souvent appliqué au kérosène. Après 1859, la fraction de kérosène est restée un produit du pétrole par distillation ou par craquage de la partie moins volatile du pétrole brut à la pression atmosphérique et à des températures élevées. Toutefois, la quantité et la qualité varient selon le type de pétrole brut [9].

I.4.4. Gasoil

Les gazoles correspondent à des mélanges complexes d'hydrocarbures plus lourds que ceux contenus dans les essences. Ce sont des hydrocarbures de type paraffinique, naphthénique ou aromatique allant en général de C₁₂ à C₂₅. Leurs points d'ébullition à pression atmosphérique sont compris entre 180 et 360 °C environ [10].

I.5. Production et qualité du Condensat en Algérie

I.5.1. La production

Les principaux champs de production de condensat livrés au Topping de Skikda (RA2K) sont reportés dans le tableau I.2.

Ils sont tous réunis à la station de pompage de HEH. Le gisement de Hassi R'Mel livre à Arzew 3.102.600 t/an et celui de Hassi Messaoud (gisement de brut) 330.000 t/an. Le condensat est produit généralement des gisements de gaz et en petites quantités des gisements de brut [3].

Tableau I.2 : Les principaux champs de production de condensat livrés au Topping de Skikda (RA2K).

Champs de production	Quantités (t/an)
Adrar	795667
Groupement TFT	762881
Hamra	636406
Ohanet BHP	762838
Rhour de Nousse	999353
Tiguentourine	972317

I.5.2. La qualité

Le condensat Algérien est un mélange d'hydrocarbures dont le point final de distillation est voisin de 380°C. Il peut être considéré comme un pétrole brut très léger. Sa teneur en soufre est très basse et son acidité est nulle. Le condensat Algérien se distingue par deux qualités comme bien illustré dans tableau I.3.

- Le condensat d'Arzew (HR720), provenant de Hassi R'mel, a une teneur élevée en paraffines avec présence de mercure.

- Le condensat de Bejaia (AR720), provenant d'Adrar, Rhour de Nousse et Hamra, est coloré (présence des isoparaffines) [3].

Tableau I.3 : Les caractéristiques physico-chimiques du condensat Algérien avec ses deux qualités.

Caractéristiques du Condensat		Arzew	Bejaia
Densité		0,7140	0,7190
Viscosité	0 °C	0,91	1,1
	20 °C	0,436	0,77
	37,8 °C	0,383	0,66
Point de trouble (°C)		-55	-50
Point d'écoulement (°C)		< -65	-60
Point d'aniline (°C)		63,3	66
Eau et BSW (% vol)		0,075 et 0	0
Hg (ppb)		53,8	16
n-paraffines (% poids)		42,7	32,5
S total (ppm)		20	9
PM moyen		117	117,6

I.6. Les propriétés de produits pétroliers

I.6.1. Distillation ASTM D86

C'est une distillation simple réalisée au laboratoire dans un matériel en verre suivant un mode opératoire spécifié par l'ASTM. On charge 100 ml du mélange dans le ballon, puis l'échantillon est chauffé avec un bec Bunsen et évaporé à allure contrôlée [11].

I.6.2. La densité

Elle conditionne directement le rayon d'action de l'avion, on a l'intérêt d'utiliser des carburateurs de densité élevée pour avoir le maximum d'énergie dans un volume donné, celui

des réservoirs, et réduire le poids et le volume. Mais cette densité élevée ne doit pas être obtenue par des fractions trop lourdes qui vraiment diminuent le rendement de combustion et donnent des dépôts de carbone, la densité se situe aux environs de 0,8 [12].

I.6.3. Tension de vapeur

Cette spécification n'intervient que dans le TR4. La tension de vapeur doit être comprise entre 140 et 210 g/cm². La présence d'éléments légers est indispensable pour l'allumage de la réaction au sol ou son réallumage en altitude, la teneur en aromatiques doit être inférieure à 25% pour limiter la formation des dépôts de carbone [13].

I.6.4. Point de congélation

Il est fixé à -40°C pour le TRO et à -60°C pour le TR4, il garantit ainsi la pompabilité du combustible aux très basses températures rencontrées en altitude et se situant aux environs de -50 à -55 °C. Rappelons que le point de congélation correspond à l'apparition d'un trouble dans le carburant, alors que la limite de pompabilité se situe à environ 10°C plus bas, ce qui donne une marge de sécurité acceptable. D'ailleurs actuellement on généralise les dispositifs de préchauffage des carburateurs au-dessus de 0°C pour éviter l'obstruction des filtres. Le point de congélation est en relation assez étroite avec le point final de distillation [14].

I.6.5. Teneur en eau

Les carburateurs doivent être exempts d'eau en suspension. Mais la solubilité de l'eau dans les hydrocarbures, bien que très faible, n'est pas négligeable. En effet à 30°C, le kérosène est saturé par environ 0,01% en poids d'eau provenant des divers traitements, mais à -20°C la solubilité devient pratiquement nulle, de sorte que l'abaissement de température en altitude provoque la démixtion de l'eau dissoute qui se cristallise instantanément et risque de boucher les filtres. La teneur en eau dissoute peut être considérablement réduite par traitement des carburateurs sur matières adsorbantes telles que silica gel ou charbon actif [15].

I.6.6. Le point d'éclair

C'est la température minimale à laquelle les vapeurs émises s'allument momentanément au contact d'une flamme dans des conditions normalisées. L'éclair est une faible explosion qui est possible dans un mélange d'hydrocarbure et en présence d'air [16].

I.6.7. La couleur Saybolt

La couleur Saybolt est une échelle de détermination de la couleur de l'essence et des huiles combustibles. Cette caractéristique s'applique aux produits dits blancs mais, en réalité, plus ou moins colorés depuis le jaune très pâle jusqu'au brun foncé [17].

I.6.8. Corrosion de lame de cuivre

Cette méthode d'essai couvre la détection de morosité de la lame de cuivre par l'essence d'aviation, le carburant de turbine d'aviation, l'essence d'automobile, l'essence naturelle ou autres hydrocarbures ayant une pression de vapeur de Reid ne dépassant pas 18 psi [18].

I.6.9. Point de fumée

Pour assurer la longévité des matériaux constituant la chambre de combustion et les turbines d'un réacteur d'avion, il est nécessaire d'obtenir lors de la combustion une flamme claire limitant la propagation de chaleur par rayonnement et ainsi que la formation de particules de carbone.

Pour évaluer le comportement d'un carburéacteur lors de sa combustion, celui-ci est brûlé dans une lampe à mèche normalisée. On cherche à obtenir la flamme la plus haute possible et cela sans formation de fumée. Cette hauteur de flamme, exprimée en millimètre, est mesurée à 0,6 mm près sur une échelle graduée incorporée à la lampe est appelée "point de fumée" du produit testé [19].

I.6.10. L'acidité totale

L'acidité totale est la quantité de potasse en milligrammes nécessaire pour neutraliser les constituants acides présents dans le kérosène [20].

Chapitre II
Généralités sur le
kérosène et le
complexe Topping de
condensat

II.1. Introduction

Le complexe Topping de condensat RA2K est conçu pour une capacité de traitement de cinq millions (5.000.000) de tonnes métriques pendant une période continue de 330 jours par an de Condensat provenant du Terminal de la Direction Région Transport Est de Skikda [03]

Le Complexe fonctionne selon trois (03) cas de marche définis ci-après :

- Cas A : Production maximale de Naphta et production maximale Gasoil (cas de base).
- Cas B : Production maximale du Kérosène Jet A1.
- Cas C : Production maximale de Naphta et production minimale du Gasoil.

Ce complexe est conçu pour le traitement de cinq (05) différentes charges de Condensat :

- 1- OB#1
- 2- D'ALRAR
- 3- BEJAIA
- 4- Rhour de Nousse
- 5- New OB#1

II.2. Objectif

Le Topping est l'endroit où l'on traite le condensat pour extraire le maximum de fractions pétrolières à haute valeur commerciale.

L'installation du complexe de Topping du Skikda a pour but de :

- Traiter une gamme assez large de bruts.
- Assurer la couverture des besoins du marché national en produits raffinés sur le plan quantitatif et qualitatif.
- L'exploitation du brut dont l'Algérie est très riche de cette matière [21].

II.3. Historique

Le complexe a été réalisé par la société chinoise CPECC filiale de l'Entreprise CNPC. L'unité de condensat de Skikda a été conçue par la compagnie nationale de transport et de commercialisation des hydrocarbures, SONATRACH. La conception de la nouvelle unité de condensat a été basée sur le traitement de 5 millions de tonnes par an du condensat Algérien. Le démarrage du Topping de condensat a eu lieu en 31 août 2009, dont le but était le traitement de condensat des champs pétroliers Algériens en vue de produire le butane, le naphta, le kérosène, le gasoil léger, et le gasoil lourd [22].

II.4. Localisation géographique site

Le Complexe Topping de Condensat RA2K est situé dans l'enceinte, Zone Industrielle de Skikda (comme le montre la figure II.1), à l'Est de la ville de Skikda, en dehors du tissu urbain, dans le périmètre de l'ancien aéroport. Les principaux sites industriels localisés dans les environs sont :

- Le Complexe de liquéfaction du gaz naturel GL1K au nord.
- Le Complexe des matières plastiques CPIK au nord-est.
- POLYMED au nord-est.
- La Raffinerie de pétrole RA1K à l'ouest.
- Le Terminal de stockage du pétrole brut et du Condensat RTE au sud.

Il s'étend sur une superficie d'environ 45 hectares et comprend les unités de production, les différentes utilités, les zones de réception de la matière première, de stockage et de transfert des produits finis [21].

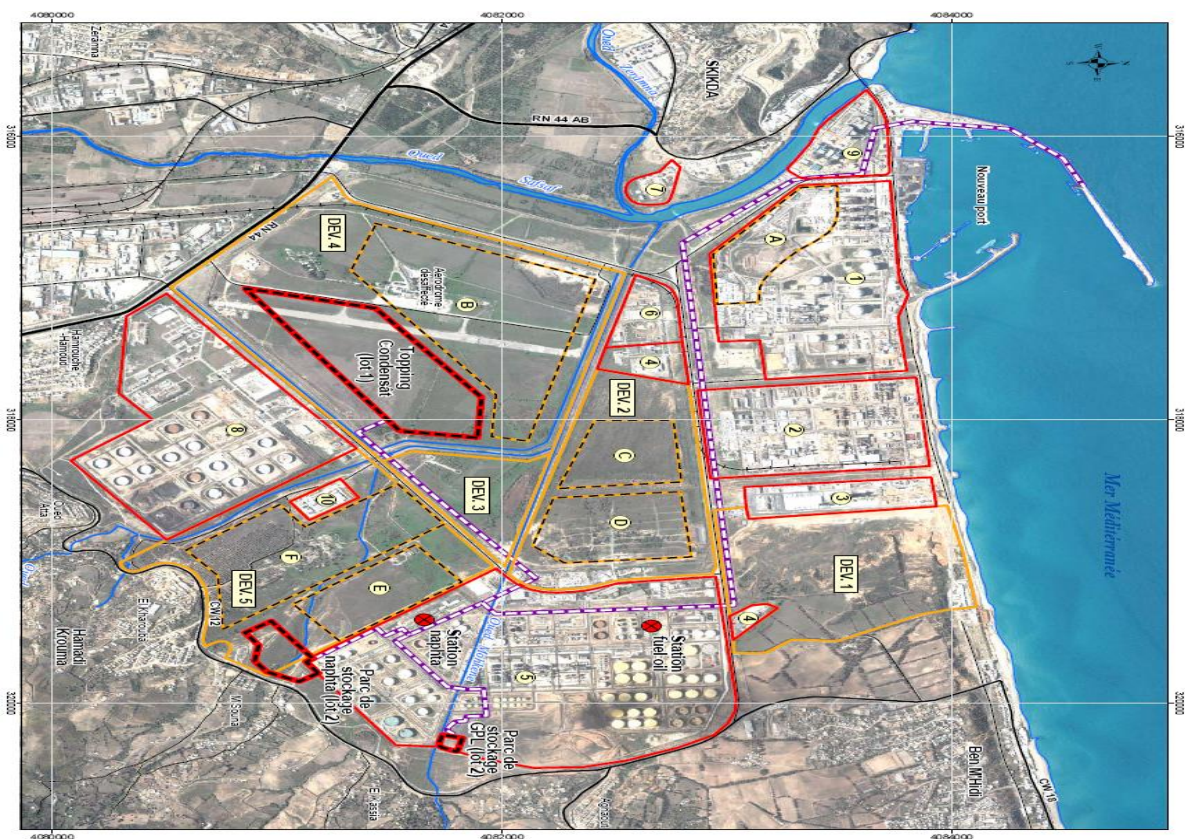


Figure II.1 : Plan de situation du complexe RA2k [22].

II.5. Description des installations du complexe Topping condensat

II.5.1. Conception Générale du Complexe

Le complexe est constitué principalement de :

- Une Unité de Topping de condensat (U100).
- Une Unité de purification et de traitement de Kérosène (U200).
- Des installations de stockage et de transfert des Produits Finis (U300).
- Système de torche (U400).
- Des installations de production et de distribution des Utilités (U500).

II.5.1.1 Unité de Topping de condensat (U100) [23]

L'unité de traitement est constituée des différentes sections suivantes (figure II.2) :

- ✓ Distillation du Condensat
- ✓ Stabilisation du Naphta
- ✓ Dépropanisation et séchage de butane.

a- Section Distillation du Condensat

Cette section du procédé est principalement composée d'un préfractionneur, d'une tour atmosphérique et d'une tour sous vide. Elle est conçue pour séparer le condensat en naphta, kérosène, gasoil léger et gasoil lourd. Ces produits sont acheminés selon ce qui suit :

- Naphta léger : vers la section de stabilisation du naphta
- Naphta lourd : vers stockage
- Kérosène : vers l'unité de traitement du kérosène
- Gasoil léger : vers stockage
- Gasoil lourd : vers stockage

La section de distillation du condensat comprend également trois fours ; il s'agit de deux fours rebouilleurs pour le préfractionneur et la tour atmosphérique, ainsi qu'un four atmosphérique qui sert à augmenter la température des résidus du préfractionneur avant qu'ils n'entrent dans la tour atmosphérique.

b- Section Stabilisation du Naphta

Elle est conçue pour séparer le naphta léger du préfractionneur en GPL et en naphta stabilisé. Le naphta stabilisé est mélangé avec celui issu du préfractionneur et de la colonne

puis acheminé vers stockage. Le GPL est acheminé vers le dépropaniseur.

c- Section Dépropanisations et séchage de butane

La section est premièrement constituée d'un dépropaniseur. Cette section est conçue pour séparer le GPL de la section de stabilisation du naphta en butane et en propane.

Le propane est utilisé en tant que combustible pour les fours et le butane est acheminé vers une unité de séchage avant d'être acheminé vers les sphères de stockage.

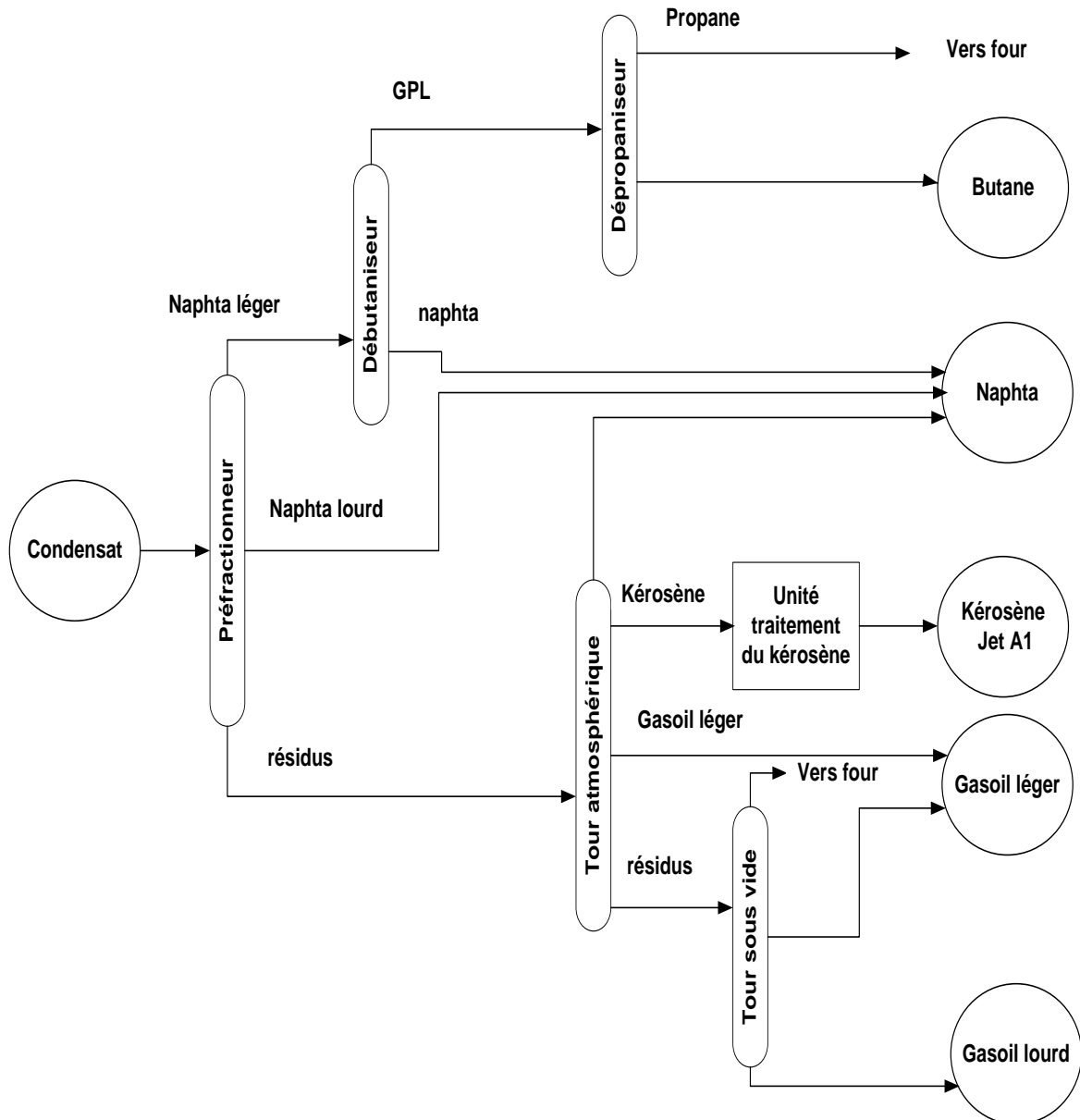


Figure II.2 : Schéma synoptique de l'unité Topping de Condensat « U100 » [21].

II.6. Unité traitement du kérosène (U200)

II.6.1. Introduction

Le kérosène en provenance de la section de distillation atmosphérique n'est pas totalement purifié. A cet effet, différentes installations ont été disposées pour le traitement et le stockage de ce combustible.

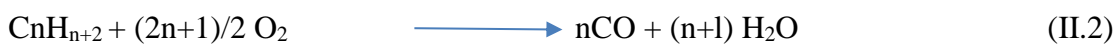
L'unité de traitement de kérosène, intégrée à la zone industrielle de Skikda, est dimensionnée pour pouvoir traiter 260 m³/h de kérosène en deux lignes identiques dont la capacité chacune est de 130 m³/h.

Une installation de stockage est disposée pour recevoir le kérosène traité et non traité dans des réservoirs intermédiaires de capacité 5380 m³ [24].

II.6.2. Propriétés du kérosène

Le kérosène est un liquide incolore, inflammable, bouillant entre 166°C et 232 °C. Il fait partie des coupes moyennes qui sont extraites du condensat lorsque celui-ci est soumis à une distillation atmosphérique. Il est composé d'hydrocarbures allant de C9 à C17. Il a un point d'inflammabilité compris entre 42°C et 72°C. Sa température de combustion est égale à 210°C.

En fonction de l'apport en oxygène, le kérosène brûle selon l'une des trois réactions chimiques suivantes :



La réaction (II.1) ne se produit que lorsque le kérosène est mélangé à de l'air avant d'être brûlé, comme par exemple, dans les moteurs d'avion. Les réactions (II.2) et (II.3) se produisent quand une flaque de kérosène prend feu. Quand la réaction (II.3) aura lieu, le carbone produit par la réaction forme la suie noire que l'on aperçoit dans les flammes, cela rend la fumée très noire [25].

II.6.2.1. Propriétés physiques

Les propriétés du kérosène varient selon les exigences du marché, du type de brut utilisé et du traitement chimique ou physique qu'il a subi. Les kérosènes utilisés dans les moteurs des tracteurs agricoles n'ont pas les mêmes propriétés que ceux utilisés pour l'éclairage, ou pour les

moteurs d'avions (appelés également carburéacteurs) [26]. La fraction du kérosène est divisée, selon son utilisation, en trois groupes :

- ♦ Les carburéacteurs de type essence (JP-4).
- ♦ Les carburéacteurs de type kérosène.
- ♦ Les carburants à haut point d'éclair pour moteurs d'avions, (JET-A1).

II.6.2.2. Propriétés chimiques

Le condensat, et comme on a déjà vu, contient des familles de composés organiques différentes, chaque composé prend son état suivant les conditions où il se trouve (la température, la pression...). Parmi ces composés, on trouve des composés nocifs dont ils poussent le raffineur à les éliminer afin d'améliorer la qualité des produits désirés et de protéger les équipements. La fraction kérosène dont on parle contient beaucoup de ces composés, parmi lesquels on trouve les acides, des composés sulfureux et azotés [27].

a. Les composés acides

Ces derniers ont été découverts pour la première fois dans la fraction pétrolière, kérosène, en 1874 par Eichler. Ces acides sont de type naphthénique, phénoliques, thiophénols, ...etc. les acides naphthéniques sont une classe d'acides présents dans le brut particulièrement ceux à caractères non paraffiniques. Ces acides sont souvent contenus dans le brut d'origine et contribuent à former des émulsions, il est admis qu'ils peuvent être produits en partie par l'oxydation de certains naphthènes (cycloparaffines) oxydables, durant les opérations de distillation.

Les acides naphthéniques sont difficiles à isoler séparément, les groupes connus sont incolores. D'une manière générale, la présence d'un groupement « COOH » rattaché à une molécule d'hydrocarbures indique un acide naphthénique.

Les acides naphthéniques sont légèrement solubles dans les hydrocarbures, de poids moléculaire compris entre 180 et 350 suivant les stocks desquels ils sont extraits. Leur forme commerciale se présente sous l'aspect d'un liquide sombre d'odeur douce, malodorante et corrosive sur les métaux. Enfin, ajoutons que les acides naphthéniques sont utilisés pour différentes productions (sodium, calcium, aluminium, manganèse, naphthénique de plomb etc.), ils servent également à la conservation du bois, ils entrent dans la composition des solvants, du caoutchouc, des résines, des gommes et dans la production des détergents et agents mouillants [28].

b. Les composés sulfureux

Les distillats de kérosène peuvent contenir de 0,05% à 0,30% de soufre sous forme de différents composés organiques, à savoir les mercaptans, les sulfures, les bisulfures et les thiophènes. Certains de ces composés sont produits pendant la distillation des composés sulfureux se trouvant dans le brut de départ à haut point d'ébullition [29].

c. Les composés azotés

La plupart des bruts ont une faible teneur en azote ; on trouve des composés azotés basiques et non basiques dans les distillats. La présence des composés azotés dans le kérosène a pour rôle de stabiliser la couleur du kérosène [29].

II.6.3. Procédé de traitement du kérosène

L'unité de traitement de kérosène est destinée à la purification du kérosène produit par la colonne de distillation atmosphérique T-103. Sa mise en service dépendra des caractéristiques du kérosène. Elle ne peut être démarrée qu'après la mise en service de l'unité 100, et au cas où le kérosène nécessiterait des traitements [30].

Le traitement de kérosène a pour but l'élimination des acides naphthéniques R-COOH qui provoquent par leur présence la corrosion des installations des turbomachines des avions, et l'élimination de l'eau dont la présence au sein de la fraction du kérosène causera le bouchage des filtres des tuyaux des turbomachines lors de la congélation à haute altitude.

Cette unité consiste en trois parties [30] :

- Traitement de Kérosène
- Préparation et stockage de soude caustique.
- Traitement de résidus.

a. Traitement de Kérosène

Le but de ce traitement est d'éliminer l'acidité, l'eau et les impuretés du Kérosène.

b. Préparation de la soude caustique

Cette étape a pour but la dissolution et la préparation de soude caustique NaOH qui a une concentration de 3%, qui sera ensuite injecté au niveau du traitement de Kérosène.

c. Traitement des résidus de sel

Procédé de traitement :

- Éliminer l'odeur par l'oxydation
- Éliminer le sel caustique par l'acidification en injectant l'acide
- Neutraliser les effluents par l'injection de soude caustique fraîche 10%.

d. Produit et effluents

Produit : Kérosène envoyé au stockage.

Effluents :

- Résidus neutralisés envoyés au système de traitement des eaux usées.
- Gaz résiduaire de 200-V-503 évacué dans l'atmosphère à un endroit de sécurité sous le contrôle de pression.
- Gaz résiduaire de 200-V-505 évacué de la même façon.
- Kérosène hors spécification sera récupéré par le réseau slop oil.

II.7. Installations de stockage et de transfert des Produits Finis (U300) [31]**a. Zone de stockage du condensat**

Le condensat sera acheminé aux 03 réservoirs du complexe par pipeline provenant de la zone de stockage du complexe RTE. Le condensat est transféré vers l'unité de séparation à l'aide de deux pompes qui fonctionnent en alternance à un débit de 910 m³/h. chaque réservoir est muni d'un toit flottant externe avec une capacité de 25000 m³.

b. Zone de stockage de Naphta**c. Zone de stockage du kérosène**

Le kérosène produit est acheminé vers les deux réservoirs de kérosène du complexe. Deux pompes utilisées en alternance serviront à transporter le kérosène vers les réservoirs existants de la raffinerie RA1K.

chaque réservoir est muni d'un toit flottant interne avec une capacité de 5360 m³.

d. de stockage de gasoil léger**e. Zone de stockage du gasoil lourd****f. Zone de stockage du butane.**

II.8. Les utilités (U500) [32]

Les principales utilités requises pour la mise en exploitation du complexe sont le gaz naturel, l'azote, l'électricité, l'eau industrielles, la vapeur et l'air comprimé.

a. Le gaz naturel

L'alimentation du complexe par le gaz naturel est assurée par la compagnie Sonatrach RTE/TRC ; le gaz naturel est utilisé comme combustible pour les fours et l'allumage des pilotes de la torche.

b. L'azote

L'alimentation du complexe par l'azote est assurée par l'entreprise des gaz industriels ENGI ; l'azote est nécessaire pour l'inertage des milieux de stockage et de la maintenance des installations du complexe.

L'azote fourni, de grade industriel, avec une pureté de N₂ de 99,99% min.

c. L'eau

L'alimentation du complexe par l'eau est assurée par l'entreprise ADE (EPDEMIA) ;

L'eau est utilisée pour les besoins suivants :

- ✓ Les appoints du système d'eau de refroidissement des installations,
- ✓ La consommation domestique du personnel,
- ✓ L'appoint du système du réseau d'eau de lutte contre l'incendie,
- ✓ La maintenance et l'exploitation des installations.

Le complexe dispose d'un système de traitement et de distribution en eau potable pour assurer les besoins requis pour le personnel du complexe en eau potable, l'unité comporte un bac de stockage, deux pompes (une en service, l'autre en secours), une unité de traitement et de potabilisation de l'eau et un réseau pour la distribution de l'eau pour alimenter les différents consommateurs.

d. La vapeur

L'alimentation du complexe par la vapeur est assurée par le complexe RA1K ;

La vapeur est utilisée pour les besoins de la maintenance des installations, la torche, moniteur de corrosion et l'unité traitement des effluents.

e. L'air

L'air comprimé (air service et air instruments) est assuré par deux (02) compresseurs d'airs, l'air instruments est préalablement séché à travers deux sécheurs (un sécheur en service et un en régénération).

Un ballon de stockage tampon d'air instruments dimensionné pour assurer une autonomie de fonctionnement du complexe d'environ trente (30) minutes.

f. L'électricité

L'alimentation du complexe par l'électricité est fournie à partir du réseau Sonelgaz. Deux (02) lignes électriques indépendantes raccordées au réseau SONELGAZ.

g. Unité traitement des effluents

Les eaux huileuses et les rejets chimiques et les eaux pluviales et les eaux sanitaires sont collectées et traitées dans la section traitement des eaux usée du complexe Topping de condensat avant d'être évacuées vers le réseau approprié de la zone industrielle de Skikda [32].

Chapitre III

Matériels et Méthodes

III.1. Introduction

Ce chapitre est consacré aux techniques et équipements utilisés pour analyser les paramètres chimiques et physiques du kérosène. L'analyse de cette coupe permet d'établir un certificat de qualité selon ASTM.

III.2. Distillation ASTM

III.2.1. Principe

On charge 100 ml du mélange dans le ballon, puis l'échantillon est chauffé avec un bec Bunsen et évaporé à allure contrôlée. Les observations systématiques des volumes de condensat et des indications thermométriques sont mentionnées dans le procès-verbal d'essai et permettent la détermination des résultats [11].

III.2.2. Le but

La distillation ASTM permet de connaître les températures de condensation (PI) et desoutirage (PF) des produits pétroliers dans le but de :

- Régler la température des plateaux des colonnes.
- La détermination de quelques caractéristiques des produits pétroliers (composition, résidu, les pertes, volume condensé, volume évaporé, récupération totale).

III.2.3. Appareillage

Comme indiqué dans la figure III.1, l'appareillage nécessaire pour effectuer cette distillation comprend essentiellement :

- Un Compartiment de chauffe qui contient deux résistances à hauteurs réglables (permet d'effectuer deux analyses au même temps).
- Un Bain d'eau de refroidissement avec entrée et sortie de l'eau d'appoint pour assurer la circulation continue de l'eau de refroidissement.
- Le produit à condenser passe dans un serpentin à l'intérieur du bain de refroidissement.
- Deux systèmes électriques avec deux cadrans de voltmètres pour régler manuellement la chauffe des deux résistances (les cadrans indiquent de 0 à 250 V).
- La réception du produit après condensation dans l'éprouvette est hors de l'appareil avec un suivi visuel du volume du produit récupéré dans l'éprouvette.

- Un thermomètre pour mesurer la température à l'intérieur du ballon de distillation.
- Un thermomètre pour mesurer la température du bain de refroidissement.
- De la verrerie « Ballon de distillation 100 ou 125 ml, Eprouvette de 100 ml et plaque »



Figure III.1 : Appareillage de distillation ASTM, échelle laboratoire.

III.2.4. Mode opératoire

- 1) Filtrer l'échantillon à distiller avec du papier filtre surtout pour les produits lourds.
- 2) Mettre quelques pierres ponce dans le ballon de distillation.
- 3) Mettre 100 ml de l'échantillon dans l'éprouvette puis le transvaser dans le ballon de distillation.
- 4) Placer le thermomètre dans le ballon et s'assurer que le bout du thermomètre est au même niveau que le col du ballon de distillation (bien serrer le support en liège ou en plastique du thermomètre pour éviter les pertes au cours de l'analyse).
- 5) Pour chaque produit à distiller utiliser le thermomètre adéquat.
- 6) Placer le ballon dans la chambre de chauffe de l'appareille sur la plaque en céramique en gardant une certaine flexibilité du ballon pour éviter la rupture du col au cours de la chauffe, et régler la hauteur de la résistance.
- 7) Placer l'éprouvette à la sortie du système de condensation juste sous le tube métallique sortant du bain pour récupérer tout le produit condensé.
- 8) Allumer l'interrupteur et régler la température de chauffe selon le besoin et la nature du produit.
- 9) Attendre le point initial par le guet de la première goutte et noter la température correspondante.
- 10) Suivre le déroulement de l'analyse et noter les températures correspondantes aux volumes récupérés (10%,50%,90%).

- 11) Pour le LGO et le HGO noter également les températures correspondantes à 65% et 85 % du distillat.
- 12) Pour le point Final noter la température maximale observée sur le thermomètre.
- 13) A la fin de l'analyse, mesurer le résidu et les pertes et les noter.

III.3. La couleur Saybolt

III.3.1. Principe

La couleur est une sensation résultant de l'impression produite sur l'œil par une lumière émise par une source et reçue directement (couleur d'une source : flamme, etc...) ou après avoir interagit (action réciproque avec quelque chose d'autre) avec un corps non lumineux (couleur d'un corps).

- La couleur Saybolt (cotation visuelle) est basée sur la mesure d'une hauteur de produit et la corrélation à une échelle de couleurs suivant une procédure normalisée.
- Cette méthode est appliquée aux produits pétroliers clairs tels que Naphta, Kérosène ...et couvre une échelle de +30 (clair et transparent) à -16 (fortement coloré) [17].

III.3.2. Le but

La couleur Saybolt nous aide à savoir si le produit répond aux normes internationales " [+20, +30] " ou non, et pour connaître si le produit est contaminé par une autre coupe (Essence, gas-oil...etc.).

III.3.3. Appareillage

Cette analyse se fait par Chronomètre Saybolt (Figure III.2) (instrument de mesure de l'intensité de couleur) composé de :

- 02 tubes en verre (Borosilicate) (un pour l'échantillon muni d'un robinet de déversement et l'autre comme référence).
- Un système optique (oculaire).
- Une source de lumière.
- 03 lentilles de couleurs standards numérotés 0,5, 1 et 2.
- Un système de chauffage.

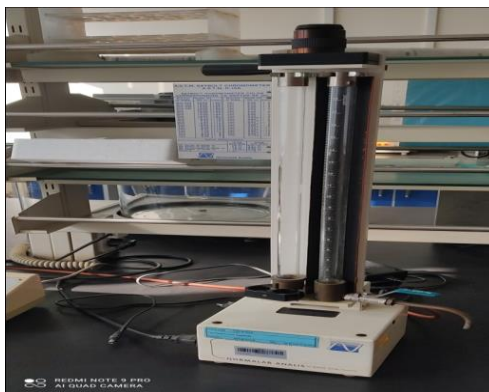


Figure III.2 : Appareil pour détermination de la couleur Saybolt.

III.3.4. Mode opératoire

- 1) Rincer le tube propre (côté droit du chronomètre) avec l'échantillon à analyser et le remplir avec le produit jusqu' à la graduation 20.
- 2) Essuyer le tube de l'extérieur avec un chiffon blanc propre et le placer avec précaution dans le compartiment de l'instrument.
- 3) Allumer la lampe de faisceaux lumineux.
- 4) Sélectionner la lentille de couleur standard numérotée : 0,5
- 5) Placer l'œil sur l'oculaire de l'instrument et comparer les deux demi-champs de couleur échantillon et standard.

Si les deux couleurs sont plus ou moins identiques, noter directement la valeur de la couleur sur l'échelle de l'instrument (Voir tableau Annexe A).

Si la couleur de l'échantillon est foncée que celle du standard, procéder comme suit :

- En utilisant le robinet du tube contenant l'échantillon et un récipient de vidange (Erlenmeyer) faire diminuer la hauteur du liquide tout en gardant l'œil sur l'oculaire optique de comparaison.
- Arrêter la vidange au moment où les deux couleurs sont plus ou moins identiques.
- Lire la correspondance du volume déversé avec la valeur de la graduation du tube et noter la couleur sur le tableau de corrélation de l'instrument.

III.4. Acidité totale

III.4.1. Principe

Quelques acides peuvent être présents dans les carburants d'aviation, qui sont dus soit au traitement acide pendant le processus de raffinage ou aux acides organiques naturels présents

dans le carburant. Cette acidité peut provoquer la corrosion du métal et ne doit pas dépasser un seuil limite [20].

III.4.2. Le but

L'acidité totale nous permet d'évaluer la quantité et la concentration de NaOH qu'il faut injecter pour la neutralisation de la coupe kérosène afin d'éviter les problèmes de corrosion qui peuvent être engendrés dans les pipes ou les réservoirs de stockage. Titrer l'acidité avec la solution de KOH jusqu'à avoir une couleur verte et noter le volume V de KOH en millilitres (ml).

III.4.3. Réactifs et appareillage

III.4.3.1. Réactifs

- Solution titrante : KOH alcoolique à normalité définie NKOH.
- Solvant : Toluène, alcool isopropylique, eau distillée.
- Indicateur *p*-naphtholbenzeine
- Azote pour barbotage.

III.4.3.2. Appareillage (Figure III.3)

- a) Burette de 25 ml graduée.
- b) 02 béchers 250ml.
- c) Agitateur avec barreau magnétique
- d) éprouvette de 100 ml.



Figure III.3 : Mesure de l'acidité.

III.4.4. Mode opératoire

- 1) Mesurer 100 ml du solvant avec l'éprouvette et le verser dans un bécher.
- 2) Ajouter quelques gouttes de l'indicateur (couleur orange en milieu acide).

- 3) Mettre le barreau magnétique et lancer l'agitateur.
- 4) Standardiser le solvant en titrant avec le KOH alcoolique jusqu'au virage de la couleur orange vers la couleur verte puis arrêter l'agitation.
- 5) Mesurer environ 50g de l'échantillon et le verser avec le solvant standardisé.
- 6) Faire barboter légèrement avec de l'azote.
- 7) Lancer l'agitateur.
- 8) Titrer avec KOH alcoolique jusqu'au virage de la couleur vers le vert et noter le volume titrant V_t .

III.5. Doctor test

III.5.1. Principe

L'analyse doctor test a pour but la recherche qualitative du sulfure d'hydrogène (H_2S) et des mercaptans ($R-SH$) dans les fractions du pétrole peu colorées ayant un point final de distillation ASTM inférieur à $300C^\circ$ (White spirit, coupe essence, carburateurs) [33].

III.5.2. Réactifs et appareillage

III.5.2.1. Réactifs

- a) Plombite de sodium (125 grammes NaOH dans un litre d'eau distillée + 60 grammes de PbO)
- b) Fleur de soufre.

III.5.2.2. Appareillage (Figure III.4)



Figure III.4 : Appareillage pour doctor test ASTM D4952 [33].

III.5.2.3. Verrerie

- a) Cylindre de 50 ml à col rodé avec bouchon.
- b) Pipette de 05 et 10 ml

III.5.3. Mode opératoire

- 1) Prendre 05 ml de plombite de sodium dans un cylindre gradué de 50 ml avec col rodé muni d'un bouchon.
- 2) Ajouter 10 ml d'échantillon.
- 3) Agiter vigoureusement pendant 15 secondes
- 4) Ajouter une pincée de fleur de soufre.
- 5) Agiter pendant 15 secondes et laisser reposer pendant 02 minutes puis filtrer.

III.6. Point d'éclair

III.6.1. Principe

Chauffage d'un produit pétrolier peu à peu jusqu'à formation des vapeurs ou en présence d'une étincelle régulier produit un flash [16].

III.6.2. Le but

La connaissance du point d'éclair permet de connaître :

- La teneur en produits volatils ;
- La limite supérieure de la température de chauffe d'un produit sans danger ;
- Le degré de stabilisation du pétrole ;
- Les pertes accidentelles en produits légers lors de la manipulation (remplissage ou vidange des citernes et des bacs par exemple), et notamment ce qui concerne les conditions de transport, de stockage et de sécurité.

III.6.3. Appareillage (Figure III.5)

- a) Appareil point d'éclair manuel
- b) Thermomètre



Figure III.5 : Appareil manuel pour détermination du point d'éclair.

III.6.4. Mode opératoire (Annexe B.1)

III.7. Densité

III.7.1. Principe

Elle est définie par rapport à l'eau. La densité d'un corps solide ou liquide est le rapport de la masse volumique du corps à la masse volumique de l'eau. Rapport de deux mêmes grandeurs, la densité s'exprime par conséquent sans unités.

La valeur d'une densité doit évidemment toujours être accompagnée de la température correspondante, Pour les produits pétroliers elle est généralement donnée à 15°C [12].

III.7.2. Le but

La masse volumique est importante pour des besoins économiques et en plus elle nous permet de contrôler la contamination de l'échantillon avec les fractions légères ou lourdes.

III.7.3. Appareillage

- a) seringue.
- b) densimètre automatique Anton Paar GMBH DMA 4100 (Figure III.6).



Figure III.6 : Densimètre automatique des produits pétroliers liquides.

III.7.4. Mode opératoire (Annexe B.2)

III.8. Point de congélation

III.8.1. Principe

Cette méthode d'essai couvre la détermination de la température en dessous de laquelle les cristaux d'hydrocarbures solides peuvent se former dans les carburateurs et l'essence d'aviation à haute altitude, cette méthode est basée sur le passage d'un faisceau de lumière émis par une cellule photoélectrique à travers un échantillon de kérosène soumis à un refroidissement progressif [14].

III.8.2. Le but

Vu l'utilisation du Jet A-1 comme carburéacteur d'aviation à haute altitude, on mesure sa température de congélation pour éviter le bouchage du turboréacteur.

III.8.3. Appareillage (Figure III.7)

- ❖ Un PC moniteur.
- ❖ Appareil principal contenant les éléments suivants :
 - La jacket.
 - Un tube d'échantillon.
 - L'embout d'accrochage qui est lui-même relié à :
 - Un agitateur.
 - Un thermomètre.
 - Un détecteur de lumière.



Figure III.7 : Appareil principal pour la détermination du point de congélation.

III.8.4. Mode opératoire (Annexe B.3)

III.9. La viscosité

III.9.1. Principe

La viscosité est une grandeur physique qui mesure la résistance interne à l'écoulement d'un fluide, la résistance est due aux frottements des molécules qui glissent les unes contre les autres. La mesure de la viscosité consiste à calculer le temps mis par un volume déterminé de liquide pour s'écouler dans des conditions normalisées à travers un capillaire calibré à une température fixe [34].

III.9.2. Le but

La connaissance de la viscosité des kérosènes permet :

- La détermination du débit des fluides à travers les pipelines et les tubes des échangeurs et donc leur dimensionnement.
- De prévoir leurs qualités de pompabilité.
- De définir le type d'écoulement dans les canalisations.
- L'évaluation de la vitesse d'écoulement du produit.

III.9.3. Réactifs et appareillage

III.9.3.1. Réactifs

- Solvant adapté « acétone »
- Acide chromique
- Fluide alcoolique

III.9.3.2. Appareillage

- Viscosimètre SCAVINI « instrument » (Figure III.8)
- Tube viscosimétrique UBBELOHDE série 1 N1053 code 10084
Constante K1-----0.01140
- Thermomètre de contrôle TA 127C-N00 ASTM 127C5-21.4/-18.6°C).
- Chronomètre.
- bécher de 50 ml
- Poire d'aspiration.



Figure III.8 : Viscosimètre.

III.9.4. Mode opératoire

- 1) Brancher et mettre en marche l'instrument « attendre l'atteinte de la température de mesure $-20,0 \pm 0,01^\circ\text{C}$ affichée en haut du panneau de contrôle ».

- 2) Nettoyer le tube viscosimétrique avec un solvant adapté puis le sécher en insufflant de l'air propre et sec.
- 3) Remplir le bulbe principal du viscosimètre un nouveau situé entre les deux traits horizontaux correspondant à un volume d'environ 12-14 ml en utilisant un bécher de 50ml.
- 4) Essuyer le tube avec un chiffon propre et le placer avec son support adapté à l'intérieure du bain (fluide alcoolique réfrigéré) dans une position verticale ($\pm 1^{\circ}\text{C}$ dans tous les sens).
- 5) Attendre jusqu'à ce que l'échantillon atteigne la température de mesure (30 minutes généralement suffisante)
- 6) Adapter si nécessaire 02 tubes/caoutchouc aux extrémités des tubulures 2 et 3 du viscosimètre
- 7) Obturer la tubulure (02) et au moyen d'une poire fixée à l'extrémité de la tubulure 3, appliquer une aspiration afin que le liquide remonte dans le bulbe de mesure à un niveau légèrement au-dessus du trait de repère supérieur.
- 8) Libérer les 02 tubulures (02) et (03) et laisser le liquide s'écouler librement à travers le capillaire en chronométrant à 1/10 près le temps d'écoulement du liquide du trait de repère supérieur au trait de repère inférieur du bulbe.
- 9) Répéter l'essai jusqu'à obtention de 02 valeurs proches et faire la moyenne.

III.10. Point de fumée

III.10.1. Principe

Le point de fumée est lié à l'hydrocarbure et la composition de ces carburants. En général, le plus aromatique de ces carburants est le plus producteur de fumée dans une flamme. Son principe repose sur la mesure de la hauteur maximale de la flamme d'une mèche de lampe au-delà de laquelle la combustion de l'échantillon provoque l'émission de fumée.

L'échantillon est brûlé dans une lampe fermée pourvue d'une échelle graduée. La hauteur maximum que peut atteindre la flamme est évaluée avec une approximation de 0,5mm [19].

III.10.2. Le but

Cette méthode d'essai couvre un procédé pour la détermination du point de formation de fumée du carburant de kérosène et de turbine d'aviation.

III.10.3. Appareillage (Figure III.9)

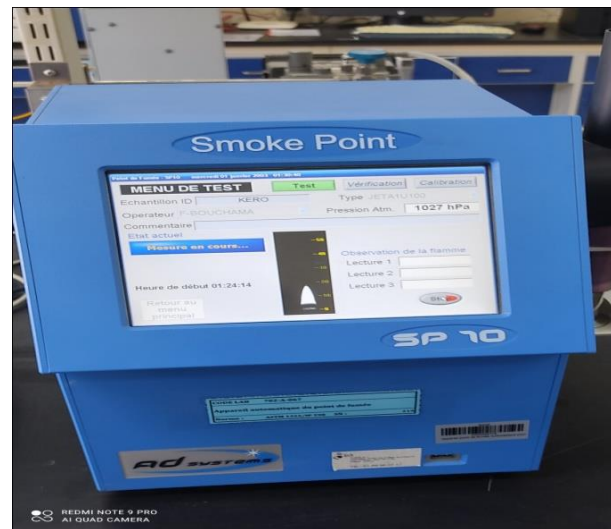


Figure III.9 : Appareil pour mesure de Point de Fumée.

III.10.4. Mode opératoire

- 1) Ajuster la mèche à 6mm de hauteur.
- 2) Introduire 25 ml d'échantillon dans la douille de la bougie.
- 3) Placer le dispositif douille à sa place.
- 4) Régler la flamme jusqu'à la disposition des fumées.
- 5) Lire la hauteur de la flamme en millimètres.

III.11. Conductivité électrique

III.11.1. Principe

La conductivité électrique est l'aptitude d'un matériau ou d'une solution à laisser les charges électriques se déplacer librement, autrement dit à permettre le passage du courant électrique.

Un voltage est appliqué entre deux électrodes immergées dans le carburant, et le courant électrique résultant est estimé comme valeur de la conductivité électrique. La capacité du carburant à dissiper la charge électrique qui est générée lors des opérations de pompage ou filtrage est contrôlée par sa conductivité électrique, si la conductivité est suffisamment grande les charges se dissipent suffisamment pour empêcher leur accumulation ce qui provoque un haut potentiel [35].

III.11.2. Le but

La mesure de conductivité électrique a pour objet de connaître est ce que le produit conduit le courant statique ou non.

III.11.3. Réactifs et appareillage

III.11.3.1. Réactifs

- Solvant pour nettoyage (alcool isopropylique suivi de toluène) ou (mélange de 50% alcool isopropylique et 50% d'heptane).

III.11.3.2. Appareillage

- a) Appareil de mesure de conductivité portable (Figure III.10).
- b) Sonde contenant la cellule.
- b) Thermomètre qui permet d'effectuer la mesure sur le champ.
- c) Bol métallique ou en verre capable de contenir suffisamment de carburant pour effectuer la mesure.
- d) Câble de 50m pour permettre d'effectuer la mesure dans les grands réservoirs.
- e) Câble de mise à la terre pour connecter le récipient ou le bac à l'appareil.



Figure III.10 : Appareil de mesure de conductivité électrique.

III.11.3.3. Echantillonnage

1. L'échantillon prélevé doit être mis dans un récipient métallique lavé auparavant par le solvant puis rincé par l'échantillon.
2. Il est préférable d'effectuer la mesure de la conductivité juste après l'échantillonnage sinon 24H après la prise d'échantillon.

3. Le récipient d'échantillonnage doit être rincé avec du solvant avant son utilisation puis le sécher avec de l'air sec.

III.11.4. Mode opératoire (Annexe B.4)

III.12. Identification de l'intervalle d'absorption du kérosène par UV-Visible

III.12.1. Principe

L'UV-visible est une technique de caractérisation qui s'applique à des produits contenant un groupement chromophore, surtout les molécules contenant au moins un noyau aromatique ou un radical, aussi les composés hétérocycliques. Lorsqu'un faisceau de radiation monochromatique parallèle traverse sous incidence normale un milieu absorbant homogène et constitué d'une solution de N composés dissous ne réagissent pas les uns sur les autres, l'absorbance de l'ensemble est égale à la somme des absorbances spécifiques.

Lors de ce processus, la molécule passe de l'état fondamentale à l'état excité. La spectrophotométrie UV-visible s'occupe des électrons de valence, les transitions possibles seront les électrons des orbitales moléculaires liante ou non liante et orbitale moléculaire antiliante [36].

III.12.2. Le but

La spectroscopie UV-Visible permet d'accéder qualitativement à des renseignements quant à la nature des liaisons présentes au sein de l'échantillon mais également de déterminer quantitativement la concentration d'espèces absorbant dans ce domaine spectral. Non destructive et rapide, cette spectroscopie est largement répandue en travaux pratiques de chimie ainsi qu'en analyse chimique ou biochimique [37].

III.12.3. Appareillage

Le spectre UV-VIS est obtenu en faisant traverser à un échantillon un rayonnement continu en fréquence. Dans notre étude, on a utilisé un spectromètre UV-Visible de type Shimadzu™ UV1800, spectrophotomètre avec affichage direct de courbe d'absorbance [38].



Figure III.11 : Spectrophotomètre UV-Visible de type Shimadzu™ UV 1800.

III.13. Détermination des principaux groupes fonctionnels du kérosène par Infrarouge

III.13.1. Principe

Le principe de la spectroscopie infrarouge (IR) repose sur l'absorption de la lumière par la plupart des molécules dans la région de l'infrarouge du spectre électromagnétique et en convertissant cette absorption en vibration moléculaire. L'intensité du faisceau sortant est alors mesurée par le détecteur. Le rayonnement infrarouge est un rayonnement électromagnétique d'une longueur d'onde supérieure à celle de la lumière visible mais plus courte que celle du micro-onde [39].

III.13.2. But

La spectroscopie infrarouge est une méthode d'analyse qualitative et quantitative qui permet de caractériser les principales fonctions d'une molécule organique.

III.13.3. Appareillage

Pour les mesures en mode réflectance, le spectromètre IR à Transformée de Fourier utilisé pour cette étude est le Spectrum one de Perkin Elmer piloté par un micro-ordinateur muni d'un logiciel d'acquisition des données (Figure III.12). Le Spectrum permettant l'enregistrement des spectres dans le moyen infrarouge en fonction de la combinaison source/séparatrice/détecteur utilisée. Un système optique permet de recueillir les données sur un éventail total de 4500 à 400 cm^{-1} (220 cm^{-1} avec le fractionneur de faisceau CsI) avec une résolution idéale de 0,5 cm^{-1} .

Une goutte de kérosène est déposée et bien étalée sur la surface centrale de la pastille en KBr à l'aide d'un tube capillaire. Le nettoyage des deux pastilles après chaque mesure est effectué avec le chloroforme.

Un traitement de ligne de base est ensuite effectué en plus d'autres analyses et traitement des résultats.



Figure III.12 : Spectromètre FTIR « Spectrum One ».

Chapitre IV

Résultats et discussions

IV.1. Les analyses effectuées sur kérosène

La coupe kérosène a des caractéristiques et spécifications confondues aux normes ASTM ; le tableau ci-dessous les résume.

Tableau. IV.1 : Les spécifications de la coupe kérosène (Annexe C).

Caractéristiques	Unité	Spécifications		
		Limites		Méthode d'essai
		Min	Max	
Acidité totale	mg KOH/g		0,015	ASTM-D3242
Aspect	/	Claire et Limpide		Visuelle
Couleur Saybolt	/	Report		ASTM-D156
Distillation	°C	205	300	ASTM-D86
Doctor test		Négatif		ASTM D4952
Densité à 15 °C		0,775	0,840	ASTM-D 4052-18
Point d'éclair	°C	38		ASTM-D56
Point de congélation	°C	-47		ASTM-D2386
Point de fumée	Mm	25		ASTM-D1322
La viscosité à -20°C	mm ² /s		8,000	ASTM D445
Conductivité électrique	ρS/m	50	600	ASTM D2624

IV.2. Distillation ASTM

Les résultats de distillation ASTM (Annexe C) sont récapitulés dans le tableau IV.2.

Tableau IV.2 : Le volume de distillat en fonction de la température.

Vol%	PI	10	50	90	PF
T °C	164	175	191	214	231

Le volume de distillat en fonction de la température

- point initial PI = 164°C.
- point final PF = 231°C.
- résidu 0,5% volumique.
- Perte 0,5 % volumique.

Le point initial est 164°C donc notre produit contient des légers. Le résidu est évalué à 0,5% volumique, valeur inférieure à 1,5% volumique, maximum à ne pas dépasser (Annexe C). Les pertes sont évaluées à 0,5% volumique, valeur inférieure à 1,5% volumique, maximum à ne pas dépasser (Annexe C). En comparant avec les spécifications : Le point 10% maximum 205°C et le résultat est 175°C. Le point final maximum 300°C et le résultat est 231°C donc le produit est conforme aux normes exigées.

IV.3. La couleur Saybolt

Après la comparaison entre la couleur de l'échantillon et celle du blanc on a trouvé +30 (extra blanc). La valeur de la couleur Saybolt n'est pas hors l'intervalle [+20, +30] donc notre échantillon n'est pas contaminé. Si on dépasse l'intervalle (hors normes), il y aurait donc des fuites au niveau de l'unité par exemple dans les échangeurs, ce qui signifie la contamination de produit par le brut.

IV.4. L 'Acidité Totale

$$\text{Acidité (mg KOH / g)} = \frac{V_t \times N_{\text{KOH}} \times 56,1}{P_{\text{éch}}} \quad (\text{IV.1})$$

V_t = volume titrant = 0,5 ml

N = normalité du KOH = 0,02

P = poids de l'échantillon = 75,60 g

Donc

$$\text{Acidité totale} = 0,007 \text{ mgKOH/g}$$

IV.5. Doctor test

- L'essai est dit positif si la solution présente une coloration noire ou brun foncé ou si la couleur jaune du soufre est notablement masquée P ou (+) comme spécifié dans le tableau IV.3.
- L'essai est dit négatif si la solution n'a pas nettement changé de couleur et si la surface du soufre est jaune clair ou seulement colorée en gris avec les légers points noirs N ou (-), La couleur de la solution obtenue était claire et la surface de soufre était un léger jaune pâle, donc notre test était négatif.

Tableau IV.3 : Spécifications de l'analyse doctor test.

Doctor test Positif	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Présence d'H₂S ou de mercaptans ➤ Changement de couleur
Doctor test Négatif	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Très peu d'H₂S et ou de mercaptans (en général <5g/T) ➤ Pas de changement de couleur

IV.6. Le point d'éclair

IV.6.1. Discussion des résultats

Le flash a été détecté à 60°C, alors notre produit est acceptable. On note ici que cette caractéristique est très importante car elle concerne la sécurité des opérations de stockage et de transport. Le point de flash est 60°C c'est une valeur supérieure à la valeur minimale recommandée évaluée à 38°C, donc le produit est conforme.

IV.7. Densité

La densité lue était 0,7783 et la température relative 16,5°C, la correction du résultat à 15°C a donné une densité de 0,777. Les normes exigées sont un minimum de 0,775 et un maximum de 0,840 donc notre produit est conforme aux normes spécifiques (Annexe C).

IV.8. Point de congélation

Comme indiqué sur tableau des résultats d'analyse (Annexe C), le point de congélation obtenu est -60 °C, c'est d'ailleurs la température minimale de disparition des cristaux de kérosène et le maximum indiqué dans les spécifications est -47, on est bien dans les normes.

IV.9. La viscosité

a. Résultat et calcul

La valeur de viscosité moyenne affichée était $\nu = 3,387 \text{ mm}^2/\text{s}$.

La viscosité du kérosène est évaluée à $3,387 \text{ mm}^2/\text{s}$, valeur bien inférieure à la valeur maximale $8 \text{ mm}^2/\text{s}$ donc le résultat est conforme aux normes, et par suite notre produit est acceptable.

IV.10. Point de fumée

La lecture de la hauteur de la flamme en millimètres a donné une valeur de 33,4 mm. Généralement plus le carburant contient les aromatiques, plus la flamme est fumeuse. Le résultat obtenu dans notre cas est 33,4 mm, le minimum exigé par les normes est 25 mm (Annexe C) donc le produit est conforme.

IV.11. Conductivité électrique

Le résultat est 100 Picosiemens/m, donc le produit contient des sels. Ce résultat est inséré dans l'intervalle exigée qui est entre un minimum de 50 et un maximum de 600 Picosiemens/m, on peut dire donc que notre kérosène est de bonne qualité (Annexe C).

IV.12. Identification de l'intervalle d'absorption du kérosène par UV-Visible

IV.12.1. Spectre d'absorption du kérosène liquide

Cette analyse a été effectuée au laboratoire de recherche de chimie appliquée (LCA) de l'université 8 mai 1945 Guelma. Le spectre d'absorption du kérosène liquide (affichée sous forme de densité optique) a été enregistré avec un monochromateur UV-Visible de type Shimadzu™ UV1800 entre 190 et 1100 nm, avec une résolution spectrale de 0,1 nm, à 303 K et 0,1 MPa, cette analyse a été effectuée à deux concentrations différentes de kérosène. Un zoom du spectre entre 205 et 715 nm est affiché dans la figure IV.1 pour meilleure visualisation du domaine d'absorption du kérosène. Une très forte absorption est remarquée en dessous de 230 nm.

Néanmoins, sonder et explorer le kérosène à de si faibles longueurs d'onde serait probablement d'un intérêt limité en raison de la forte absorption par l'oxygène moléculaire. Entre 245 et 330 nm, une deuxième bande d'absorption est présente avec un maximum dans la gamme 266-274 nm. Ce résultat est en parfaite concordance avec une analyse spectrale effectuée par *M. Orain* et al.[40], Sur du kérosène extra pure.

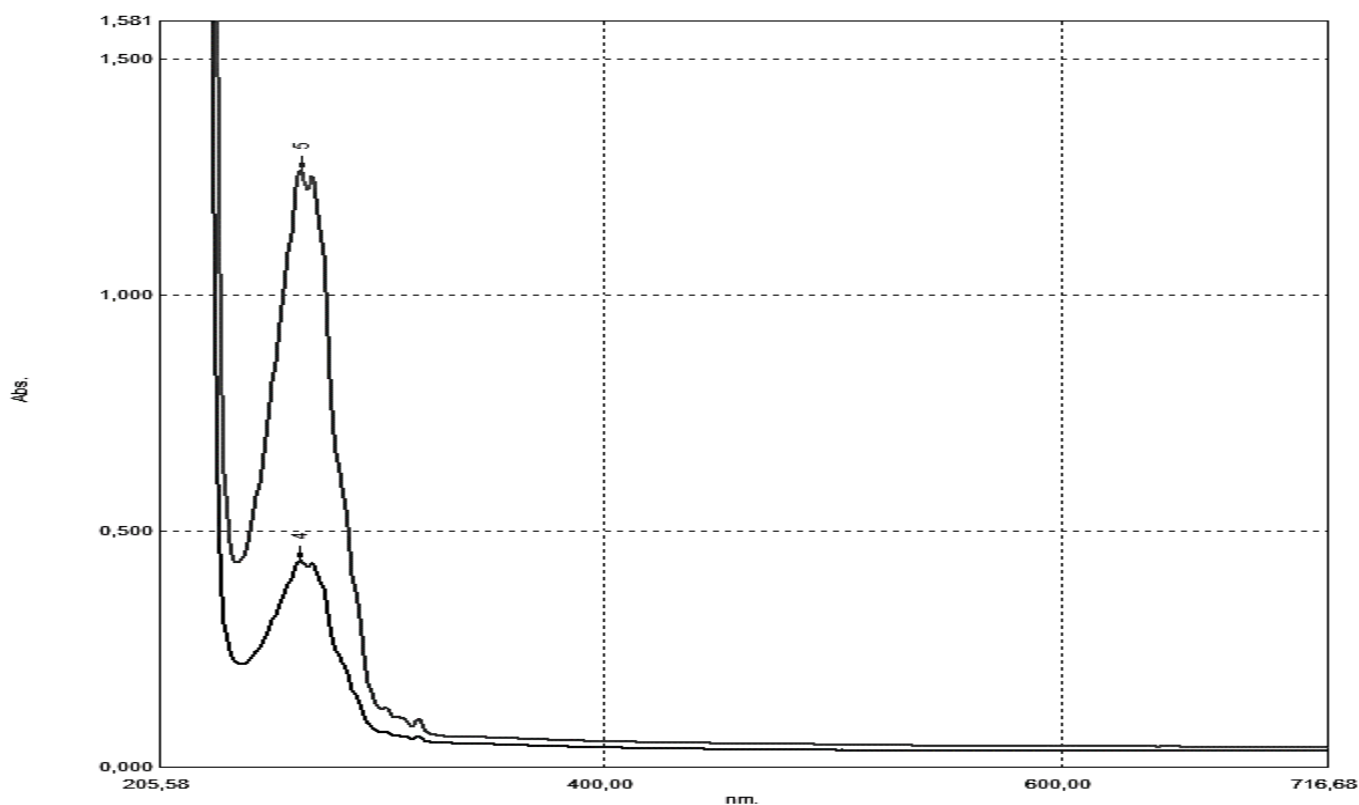


Figure IV.1 : Spectre d'absorption du kérosène liquide à 303 K.

V.13. Détermination des principaux groupes fonctionnels du kérosène par Infrarouge

La figure V.2 présente le spectre Infrarouge du kérosène sous forme liquide.

L'analyse a été effectuée au Laboratoire d'Analyses Industrielles et Génie des Matériaux de l'université 8 mai 1945. Dans les spectres IR (Figure IV.2), on note la présence de certaines bandes d'absorption caractéristiques du kérosène, les bandes citées ci-dessous sont liées à des vibrations d'élongation antisymétrique et symétrique des chaînes de kérosène CH_2 , CH_3 et CH [41]. On trouve principalement dans la zone diagnostique du spectre infrarouge les vibrations d'élongation de la liaison C–H entre 3000 et 2840 cm^{-1} (forte), Nous retrouvons ici les fréquences suivantes :

$$\begin{array}{ll} \nu_{\text{as}} (\text{CH}_3) : 2960 \text{ cm}^{-1} & \nu_{\text{s}} (\text{CH}_3) : 2872 \text{ cm}^{-1} \\ \nu_{\text{as}} (\text{CH}_2) : 2926 \text{ cm}^{-1} & \nu_{\text{s}} (\text{CH}_2) : 2853 \text{ cm}^{-1} \end{array}$$

Le plus probable est donc des liaisons C-H d'alcane avec atome de carbone hybridé en sp^3 ($\text{C}_{\text{sp}^3}\text{-H}$).

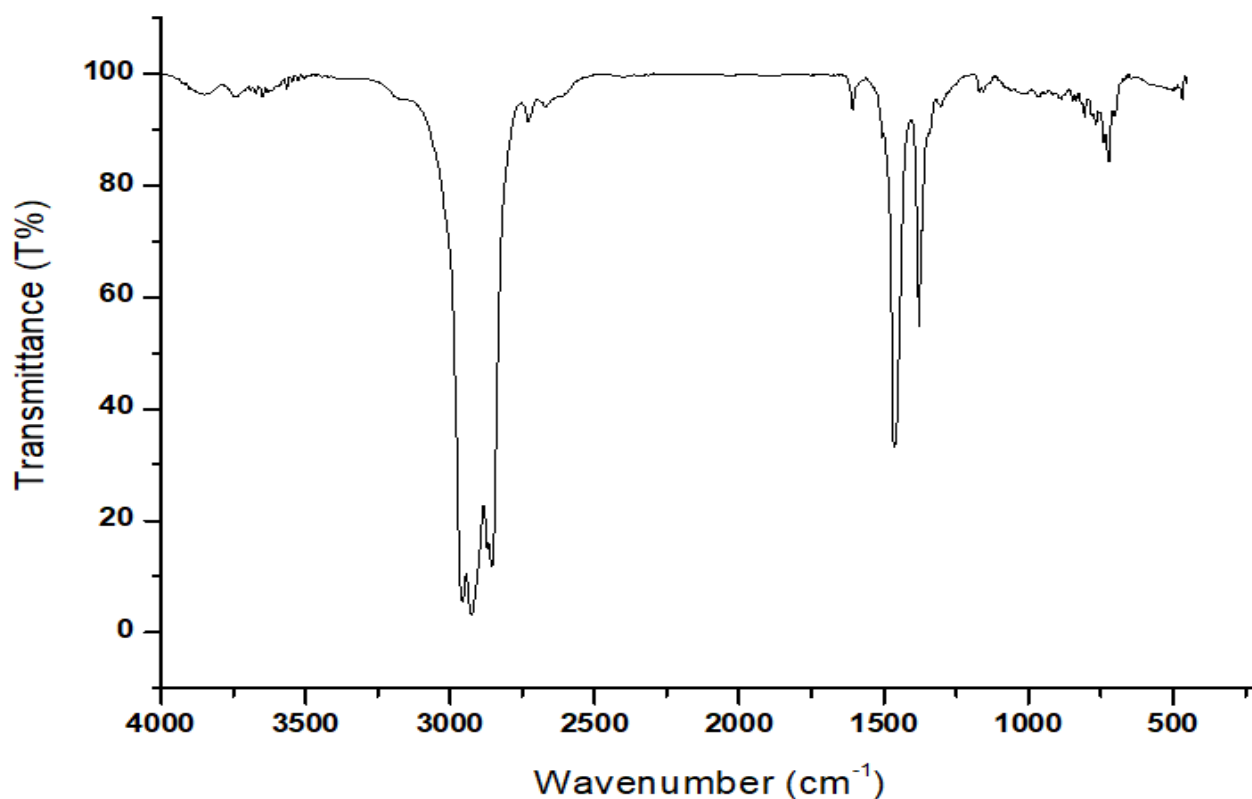


Figure IV.2 : Spectre infrarouge du kérosène.

Vers 1400 cm^{-1} dans la zone empreinte, se situent les vibrations de déformation dans le plan des liaisons C–H :

$$\delta_{as}(\text{CH}_3) : 1450\text{ cm}^{-1} \quad \delta_s(\text{CH}_3) : 1375\text{ cm}^{-1} \quad \delta_s(\text{CH}_2) : 1465\text{ cm}^{-1}$$

Une vibration de déformation hors du plan des CH_2 apparaît à $722,57\text{ cm}^{-1}$.

D'après le spectre obtenu, et en comparant avec les résultats obtenus par d'autres travaux [41, 42] il s'agit d'alcane saturés.

IV.14. Conclusion

En recapitulant les analyses effectuées sur le kérosène avant traitement, les résultats étaient comme suit :

- ✓ Acidité totale = $0,007\text{ mgKOH/g}$
- ✓ Point d'éclair = 60°C
- ✓ Densité = $0,777$
- ✓ Point de congélation = -60°C
- ✓ Distillation (tableau IV.2)

IV.15. Comparaison entre le Jet/A1 Du condensat et le Jet/A1 du brut

Après toute cette étude effectuée sur le kérosène du condensat et en comparant les résultats des analyses obtenus avec un travail antécédent [43]. Effectué sur le kérosène du brut on trouve que les principales différences se résumaient dans le tableau ci-dessous :

Tableau IV.4 : Comparaison entre les résultats d'analyse de Jet/A1 du condensat et du Jet/A1 du brut.

	Kéro jet A1 du condensat	Kéro jet A1 du Brut
Point de fumée (mm)	33,4	26,1
Point d'éclair (°C)	60	43
Point de congélation(°C)	-60	-55
La couleur Saybolt	+30	+30
L'acidité totale (mg KOH/g)	0,010	0,012
La densité	0,777	0,792
La distillation(°C)	164	172
	175	182
	191	193
	214	210
	231	220
Doctor test	Négatif	Négatif
La viscosité à -20°C (mm ² /s)	3,463	3,244

D'après le tableau des résultats obtenus on remarque que :

a. le point de fumée

La hauteur de la flamme du kérosène de condensat (33,4mm) est plus grande que celle du kérosène de brut (26,1mm) et le minimum exigé par les normes est 25mm.

b. le point d'éclair

Pour cette analyse, le flash a été détecté à 60°C pour le kérosène de condensat et 43°C pour le kérosène de brut alors notre produit est acceptable quel que soit le condensat ou le brut parce que le minimum exigé par les normes est 38°C mais on voit que la température du kérosène de condensat est plus élevée que celle du brut.

c. le point de congélation

Le point de congélation de jet/A1 du condensat obtenu est -60°C et -55°C pour le jet/A1 du brut, c'est d'ailleurs la température minimale de disparition des cristaux de kérosène et le maximum indiqué dans les spécifications est -47°C.

d. l'acidité totale

Le résultat de l'acidité totale de jet/A1 du condensat est 0,007 mg KOH/g et 0,012 mg KOH/g pour le jet/A1 du brut, on voit que le jet/A1 du condensat moins acide que le jet/A1 du brut.

e. doctor test

Un test très important, l'analyse du doctor test de jet/A1 du condensat est négatif (ne contient pas de H₂S ou mercaptans ou les métaux) le même résultat pour le jet/A1 du brut (ne contient pas de H₂S ou mercaptans).

IV.16. Conclusion

On constate que les résultats des analyses du jet /A1 du condensat sont relativement meilleurs que ceux du kérosène du brut et de plusieurs points de vue :

- Du point de vue qualité le jet /A1 du condensat et d'après les résultats des analyses effectuées est bien meilleur, plus léger, plus pure et ne nécessite pas de traitement avant sa commercialisation comme le cas du brut.

- La production de kérosène de condensat est beaucoup moins coûteuse que celle du kérosène du brut vu la légèreté de la matière première comparativement avec le brut très lourd.
- Du point de vue économique toujours, malgré sa production est moins coûteuse que celui du brut, le Jet/A1 de condensat est vendu à des prix bien supérieurs à ceux du brut vue sa meilleure qualité.

Conclusion

Générale

Conclusion générale

La raffinerie topping de Skikda joue un rôle primordial dans le développement économique du pays, par sa contribution incontournable dans l'exploitation d'une source naturelle, comptée actuellement comme base de l'industrie mondiale. Le condensat, ramené de Hassi Messaoud et le pétrole réduit importé de l'étranger sont traités au niveau de cette raffinerie pour produire diverses fractions pétrolières dont l'application et l'utilisation sont très appréciables.

Ce travail a été effectué au niveau du topping de Skikda, plus exactement au sein de l'unité condensat et l'unité de traitement du kérosène. Durant la période de notre stage au RA2k nous avons eu la chance d'approfondir nos connaissances en industrie, et de saisir les différentes théories que nous avons acquises durant notre parcours universitaire sur terrain. Ce stage nous a permis de concrétiser plusieurs notions théoriques sur le condensat, son traitement et son application.

Le condensat est traité au niveau du topping pour l'obtention de plusieurs produits de haute valeur commerciale dont l'application et l'utilisation sont très appréciables. Le poumon de raffinage est le topping où s'effectue le premier fractionnement du condensat dans une colonne à distillation. Les fractions issues de cette colonne sont: le naphta, le butane, le kérosène ; le gasoil (LGO et HGO) et le résidu.

La fraction kérosène récupérée à partir de la distillation atmosphérique est envoyée vers un éventuel traitement avant sa commercialisation.

Dans le laboratoire dont la fonction est de contrôler la qualité des carburants, le kérosène est soumis à plusieurs analyses telles que la densité, point d'éclair, point de congélation distillation, point de fumée...etc, afin de donner leur conformité aux normes nationale et internationale fixées par la législation pour qu'il puisse être utilisé convenablement.

Références bibliographiques

- [1] **Jacques Debyser**. Formation des gisements de pétrole. Etude des phénomènes géologiques. Editions Technip ; Paris (France), 1976.
- [2] **OUSNA, Mohamed, and Mounir SAKMECHE**. Suivi de la qualité de traitement du Kérosène en JET-A1 au niveau de l'unité Topping-Raffinerie d'Adrar. Université Ahmed Draia; ADRAR, 2020.
- [3] Document Topping RA2K de skikda.
- [4] **J. Pierre Wauquier**. 'Le raffinage du pétrole, Produits pétroliers. Schéma de fabrication, Tome1'. Edition : Technip. ISBN: 9782710806684, 1994.
- [5] **Pédro Dico**. 'Le lexique de l'industrie pétrolière'. Union française des industries pétrolières. <http://www.ufip.fr>. (UFIP : Siège social : 4, avenue Hoche ; 75008 Paris), 2007.
- [6] **R.Cedrati**. Essais normalisés. Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme de technicien supérieur spécialisé en chimie analyse. Algérien Petroleum Institute LAP Spa école de ; Skikda, 2009.
- [7] **J.P. Wauquier**. « Procédés de séparation ». Edition technique ; paris,1998.
- [8] **Fischer-Tropsch**. Exploiter les avantages de la technologie à la Wayback Machine (modèle commercial intégré de Sasol) Archivé, 2010-08-16.
- [9] <http://www.ilocis.org/fr/documents/ILO078.htm>.
- [10] **T. Svetlanaet Sanga**. Le pétrole « Guide de l'énergie et du développement à l'intention des journalistes ». Revenue Watch open society Institute, 2005.
- [11] **H.Makti**. Distillateur manuel des produits pétroliers ASTM D 86. Activité aval. Division raffinage ; complexe RA2K, janvier 2012.
- [12] **F.Bouchama**. Densimètre automatique des produits pétroliers liquides ASTM D4052. Activité aval. Division raffinage ; complexe RA2K, janvier 2012.

- [13] **J. Pierre Wauquier.** ‘Le raffinage du pétrole. Procédés de séparation. Tome 2’. Edition : Technip. ISBN13 : 978-2-7108-0729-2, 1998.
- [14] **T.lalaoua.** Détermination du point de congélation. Activité aval. Division raffinage ; complexe RA2K, janvier 2012.
- [15] <https://fr.scribd.com/document/468308337/la-teneur-en-eau>
- [16] Détermination du point d’éclair ASTM D56 service laboratoire. Département technique ; complexe RA2K.
- [17] **M. Bouabdallah.** colorimètre saybolt ASTM D156. Activité aval. Division raffinage ; complexe RA2K, janvier 2012.
- [18] **T. Lalaoua.** Essais de corrosion à la lame de cuivre des produits pétroliers ASTM D130. Activité aval. Division raffinage ; complexe RA2K, janvier 2012.
- [19] **T. Lalaoua.** Détermination point de fumée ASTM D1322. Activité aval. Division raffinage ; complexe RA2K, janvier 2012.
- [20] **H. Makti.** Acidité totale ASTM D3242. Activité aval. Division raffinage ; complexe RA2K, janvier 2012.
- [21] Mémoire descriptif des installations RA2k_Rev2 18-05-2013.
- [22] Algeria condensate projet Skikda engineering procédure document. Process description ; sonatrach. Document NO : scl-100-sp-PR-0001, Rev.3.
- [23] Algeria condensate projet Skikda engineering procédure document. Process manuel d’opération ; sonatrach. Document NO : scl-900-Mu · PR-0003-2, Rev.1.
- [24] **E. Freund.** Le kérosène ; institut français du pétrole, 13 décembre 2005.
- [25] Direction développement ressources humaines et rémunération ; sonatrach, 20 juin 2012.
- [26] **Pétrole Lampant** - Fiche de données de sécurité. La Défense, pétroles lampants .Edition : 1998. Total Raffinage Distribution ; Paris, 1997.
- [27] <https://www.amazon.fr>

- [28] Manuel opératoire de l'unité de distillation atmosphérique.
- [29] **Hafida Boudjilouli**. Programme de réhabilitation des raffineries pour la production des carburants propres en ; Algérie, 2008.
- [30] **Fateh bouchema**. Document présentation du complexe topping condensat.
- [31] Projet topping de condensat, sel, process description for oil product storage; transportation engineering. Document NO: SC1-300-SP-PR-0001 Rev.O.
- [32] Projet topping de condensat, SC2, Process description oil product storage ; transportation engineering. Document NO: SC2-600-SP-PR-0001 Rev.O.
- [33] **M. Bouabdallah**. Doctor test ASTM D4952. Activité aval. Division raffinage ; complexe RA2K, janvier 2012.
- [34] **M. Bouabdallah**. Détermination de la viscosité ASTM D445. Activité aval. Division raffinage, janvier 2012.
- [35] Détermination du conductivité électrique ASTM D2624 service laboratoire. Département technique ; complexe RA2K.
- [36] **Yahiatene Djazia, and Mer N.Slimani**. Mise au point et validation d'une méthode de dosage de la méthylprédnisolone par spectrophotométrie uv/visible, Université A. M. OULHADJ ; Bouira, 2016.
- [37] <https://culturesciences.chimie.ens.fr/thematiques/chimieanalytique/spectroscopies/introduction-a-la-spectroscopie-uv-visible>.
- [38] **Guemih Nedjma**. 'Synthèse de l'oxyde de graphène réduit et des composites métalliques de graphène à base de Nickel et Cobalt, Mémoire du Projet de fin d'étude 2ème Année Master Spécialité Génie des procédés des matériaux'. Université 8 Mai 1945 ; Guelma, Octobre 2020.
- [39] **R.M.Silverstein, G.C.Bastler, T.C.Morill**. "Identification Spectrométrique De Composés Organiques".
- [40] **M. Orain, P. Baranger, C. Ledier, J. Apeloig and F. Grisch**. 'Fluorescence spectroscopy of kerosene vapour at high temperatures and pressures: potential for gas turbines

measurements. Publisher: Springer-Verlag Berlin Heidelberg. App. Phys.B. 116:729-745, 2014.

- [41] **Philippe Baranger**. Détection du kérosène par imagerie de fluorescence induite par laser. Pour application sur foyer aéronautique. Université Paris Sud ; Paris XI, 2004.
- [42] **Gueret C, Cathonnet M, Boettner J-C, Gaillard F**. 'Experimental study and modelling of kerosene oxidation in a jet-stirred flow reactor, 23rd Symposium (Int.) on Combustion. The Combustion Institute'. pp. 211-216. Pittsburgh, 1990.
- [43] **El Islam, ROUAIGUIA Mokhtar Fekhr, and B. O. U. H. A. N. K. Ayyoub**. "Suivi de la production et de la qualité ainsi que le traitement du JET A-1 au niveau de RA1K. ; 8 mai 45 ; Guelma, 2021.

Annexe A.

Tableau A.1 : Table de correspondance de la couleur Saybolt à la hauteur du produit et la lentille ST.

N° couleur standard	Hauteur produit		Couleur saybolt	N° couleur standard	Hauteur produit in ch	Couleur saybolt
	in	mm				
0,5	20.00	508	+ 30	2	6.00	+ 6
0,5	18.00		+ 29	2	5.75	+ 5
0,5	16.00		+ 28	2	5.50	+ 4
0,5	14.00		+ 27	2	5.25	+ 3
0,5	12.00		+ 26	2	5.00	+ 2
1	20.00		+ 25	2	4.75	+ 1
1	18.00		+ 24	2	4.50	0
1	16.00		+ 23	2	4.25	- 1
1	14.00		+ 22	2	4.00	- 2
1	12.00		+ 21	2	3.75	- 3
1	10.75		+ 20	2	3.625	- 4
1	9.50		+ 19	2	3.50	- 5
1	8.25		+ 18	2	3.375	- 6
1	7.25		+ 17	2	3.25	- 7
1	6.25		+ 16	2	3.125	- 8
2	10.50		+ 15	2	3.00	- 9
2	9.75		+ 14	2	2.875	- 10
2	9.00		+ 13	2	2.75	- 11
2	8.25		+ 12	2	2.625	- 12
2	7.75		+ 11	2	2.50	- 13
2	7.25		+ 10	2	2.375	- 14
2	6.75		+ 9	2	2.25	- 15
2	6.50		+ 8	2	2.125	- 16
2	6.25	158	+ 7			

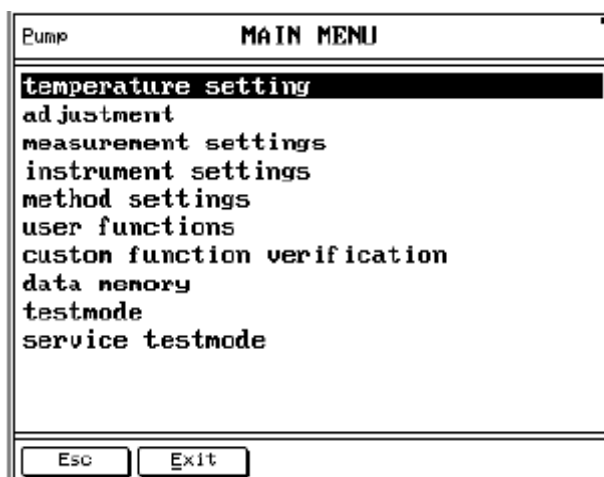
Annexe B.

B.1. Mode opératoire de point d'éclair

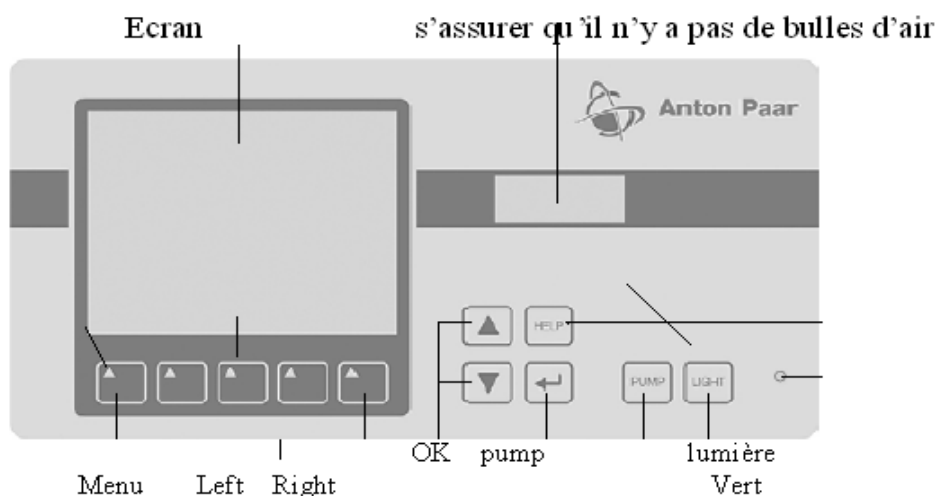
- 1) Mettre l'appareil sous tension.
- 2) Allumer l'appareil en appuyant sur l'interrupteur se trouvant devant de l'équipement.
- 3) Remplir le creuset avec l'échantillon jusqu'à le trait de jauge.
- 4) Placer le creuset dans la jacket.
- 5) Fermer le creuset avec le couvercle.
- 6) Placer le thermomètre
- 7) Démarrer l'agitateur à l'aide du bouton jaune.
- 8) Régler le chauffage selon l'échantillon à tester.
- 9) Laisser l'échantillon chauffé et avant la température atteint la valeur présumée de 10C° , allumer la flamme et commencer de tester chaque 2C° , (exemple : LGO : température présumée : 100C°).
- 10) Si le flash est produit, lire la température sur le thermomètre.
- 11) Pour éteindre l'appareil appuyer sur l'interrupteur se trouvant devant de l'équipement.

B.2. Mode opératoire de densité

- 1) Mettre l'appareil sous tension
- 2) Allumer l'appareil en appuyant sur l'interrupteur se trouvant derrière l'équipement (apparition d'une lumière verte en face).
- 3) Laisser l'appareillage se stabiliser pendant quelques minutes.
- 4) Régler la température a 15c°
- 5) Appuyer sur **MENU** puis sélectionner « température setting »



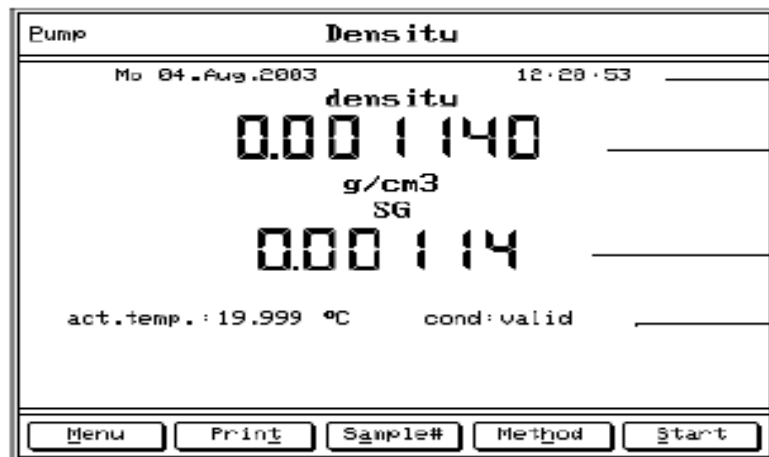
- 6) Appuyer sur **OK** puis sélectionner « **set température °C** » et appuyer sur **OK**
- 7) Appuyer **left** ou **right** pour fixer la température à 15c°, puis appuyer sur **OK**
- 8) Appuyer sur **ESC** puis sur **EXIT**



- 9) Remplir la seringue (**2ml**) avec le solvant liquide n° :1 et l'injecter dans l'appareil
 - a. Répéter l'opération 02 deux à 05 cinq fois dans un but de rincer et de dissoudre les résidus
- 10) Remplir la seringue (**2ml**) avec le solvant liquide n° :2 et l'injecter dans l'appareil
 - a. Répéter l'opération 02 deux à 05 cinq fois dans un but de rincer et de dissoudre le solvant liquide n° :1
 - b. Le solvant liquide n° :2 est très volatil et sa vaporisation est très facile.
 - c. Placer le tuyau d'air sec puis appuyer sur **pump** (10min) pour rinçage et vaporisation du solvant liquide n° :2
- 11) Appuyer sur **pump, puis et** pour arrêter la pompe d'air sec appuyer sur (**Off**) et déconnecter le tuyau d'air sec
- 12) Remplir la seringue (**2ml**) avec l'échantillon et l'injecter dans l'appareil
 - a. Répéter l'opération 02 deux à 05 cinq fois pour s'assurer qu'il n'y est pas de bulles d'air
 - b. Laisser la seringue à sa place.



- 13) Appuyer sur le bouton **START** et laisser jusqu'à ce que le résultat de la densité à 15C° s'affiche **sur l'écran.**



- 14) Placer le tuyau d'air sec puis appuyer sur **PUMP (10min)** et cela pour nettoyer le densimètre, puis appuyer une deuxième fois pour l'arrêter.
- 15) Pour éteindre l'appareil appuyer sur OFF.

B.3. Mode opératoire de point de congélation


- 1) Allumer le PC et l'appareil
- 2) Remplir le tube avec l'échantillon jusqu'au le trait de jauge.
- 3) Insérer le tube dans l'embout d'accrochage
- 4) Introduire le tube dans le jacket.
- 5) Sur l'ordinateur, cliquer sur : Cold properties (double clique) → freezing point (double clique) et attend l'installation de programme → méthode ASTM D2386 → ok.

B.4. Mode opératoire de conductivité électrique

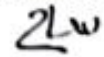
- 1) Attacher la sonde à l'appareil de mesure de conductivité.
- 2) Appuyer sur le bouton **M** avec la sonde attachée à l'appareil pendant 03 secondes la lecture doit être 000 ± 001 si la lecture est hors de cette limite enlever la sonde remettre le zéro puis remettre la sonde.
- 3) Si l'ajustement du zéro est bon sans sonde et pas bon avec la sonde il faut rincer la sonde avec le solvant puis sécher avec l'air sec puis refaire le zéro.
- 4) Appuyer sur le bouton de calibration **C** avec la sonde attaché à l'appareil, après 03 secondes l'affichage doit être 10 fois le numéro de calibration de la sonde ± 005 (exemple : le numéro de calibration de la sonde est 40, l'affichage doit être 400 ± 005).
- 5) Connecter le câble de la mise à la terre de l'appareil au récipient contenant l'échantillon.
- 6) Insérer la sonde dans l'échantillon en émergeant la cellule complètement dans le carburant et appuyer sur **M** pour lire le résultat (seule la lecture après 03 secondes et la lecture valable).
- 7) S'il apparait le numéro **1** sur la gauche de l'afficheur de l'appareil, le niveau de conductivité de l'échantillon est plus haut que seuil de mesure de l'appareil.

Annexe C.

Tableau C.1. Résultats d'analyse de kérosène.

 Refinerie RA2K Dpt Technique Service Laboratoire		RAPPORT D'ESSAI Bac Jet A1			
		Rapport N°: 435 / Jet / 2022			
Reference Stockage		303-TK-02			
Méthode d'échantillonnage		ASTM D4057 & ASTM D4177			
Date de réception de l'échantillon		12/10/2022	Heure	08 H 00	
Date d'analyses		12/10/2022	Date d'émission	12/10/2022	
Spécification		AF QRJOS ISSUE 32 - Check List Jet A1 (Sept 2020)			
Identification du Client		Raffinerie RA1K			
CARACTERISTIQUES	Unités	Méthodes	Résultats	Limites	OBSERVATIONS
ASPECT					
Visuelle		Visuelle	claire et limpide	Clare et limpide	
Couleur Saybolt		ASTM D155	+30	Report	
COMPOSITION					
Acidité totale	mg KOH/g	ASTM D3242	0.010	0.015 Max	
Soufre totale	% mass	ASTM D5453		0.30 Max	
Doctor test		ASTM D4952	Négatif	Négatif	
VOLATILITE					
Distillation					
Pi	°C		164	Report	
10%	°C		175	205.0 Max	
50%	°C	ASTM D80	191	Report	
90%	°C		214	Report	
PF	°C		231	300.0 Max	
Résidu	% vol		0.15	1.5 Max	
Pertes	% vol		0.15	1.5 max	
Point d'éclair	°C	ASTM D50	60	38.0 Min	
Densité à 15°C	g/cm³	ASTM D4052-18	0.7773	0.7750 to 0.8400	± 0.000754
FLUIDITE					
Point de disparition des cristaux	°C	ASTM D2386	-60	-47.0 Max	
Viscosité à -20°C	mm²/s (cSt)	ASTM D445	2,397	8.000 Max	
COMBUSTION					
Point de fumée	mm	ASTM D1322	33,4	25.0 Min	
CORROSION					
Corrosion à la lame de cuivre		ASTM D130		1 Max	
CONTAMINANTS					
Gommes actuelles	mg/100cm³	ASTM D381		7 Max	
Réaction à l'eau (cotation interface)		ASTM 1004	1b		
Réaction à l'eau (cotation séparation)			1		
MS&P carburant non additivé		ASTM D3948		85 Min	
CONDUCTIVITE					
Conductivité électrique	ps/m	ASTM D2624	<100	50 to 600	

Déclaration de conformité aux spécifications (voir M-LAB-1, § 7.6.6) Oui Non

Conditions ambiantes Température (°C) 27,5 RH (%) 34,4 Pression (mbars) 1016,4	Nom et Visa du Responsable Laboratoire H. Mendjemia 
Sonatrach / Adresse BP-C / Direction Exploration Raffinage	Raffinerie RA2K III' No 1 - 56404 Tel : 038 94 82 55 Fax : 038 94 82 50

Le rapport d'essai ne doit pas être reproduit, sans l'autorisation écrite du Laboratoire
Les résultats ne se rapportent qu'aux objets soumis à l'essai