

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Abderrahmane MIRA – Bejaia



Faculté des Sciences Exactes
Département de Chimie

Mémoire de fin de cycle
En vue de l'obtention du diplôme de

Master en Analyse Chimique

Option : Analyse Chimique

Thème :

Caractérisation physico-chimiques des carburants des véhicules cas :
essence super et gazole.

Réalisé par :

M^{elle} LALAOUI Sonia

Devant le jury composé de :

MOUSSACEB Karim	MCA, U.A.M.Bejaia	Président
HENACHE Zahir	MAB, U.A.M.Bejaia	Examineur
BOUKERROUI Abdelhamid	MCA, U.A.M.Bejaia	Promoteur

Année Universitaire : 2014/2015

Résumé :

L'étude dans cette mémoire, est de déterminer les propriétés physico-chimiques des deux carburants et analysés afin de déterminer leurs impacts sur le fonctionnement des deux moteurs à essence et diesel.

Abstract:

The study in this memory, is to determine the physicochemical properties of both fuels and analyzed to determine their impact on the functioning of two gasoline engines and diesel.

Remerciements

Dieu merci pour m'avoir donné la santé, la volonté et le courage sans lesquels ce travail n'aurait pas été réalisé.

Je tiens à remercier mon promoteur M^r **BOUKERROUI Abdelhamid** pour avoir accepté de mon encadrer.

Je tiens également à remercier les membres du jury qui ont pris la peine d'examiner ce travail à savoir M^r **MOUSSACEB Karim** et M^r **HENACHE Zahir**.

Mes remerciements les plus vifs, vont tout particulièrement à mes parents et mon frangin qui ont joué un très grand rôle dans ma vie, ils m'ont donné un environnement idéal durant toute mon enfance et ils m'ont enseigné l'humilité et l'honnêteté avec les quelles j'ai essayé d'aborder mon travail scientifique. Leur soutien moral et matériel m'a été indispensable tout au long de ces années. Ce travail représente le témoignage de toute ma reconnaissance et mon estime à leurs égards.

Je tiens aussi remercier mes amis qui m'ont soutenu et surtout supporté pendant mon travail : **Nassim, Lynda, Nassima, Sofy et Mounir**.

Je ne pourrais pas oublier la personne qui m'a aidée à réaliser le travail de caractérisation au sein de District CBR, NAFTAL de Bejaia je cite : M^{me} **CHEMLAL Karima**.

Je désire également à remercier chef de laboratoire M^{me} **RABOUHI Aida** ainsi qu'à toute l'équipe de laboratoire : M^r **KANDI**, M^{me} **HEMDANI**, M^r **AIT HENIA** et M^r **GUEDJALI** pour leur soutien et sympathie.

Finalement, j'exprime ma profonde reconnaissance envers tous ceux et celles qui m'ont encouragé et soutenu de près ou de loin durant la réalisation de ce travail.

SOMMAIRE

Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction générale.....	1
La partie théorique.....	2
Chapitre I : Généralités sur le pétrole brut	2
I – 1-Définition le pétrole brut	2
I -1-1-Les hydrocarbures	2
I -1-2-Classification et caractéristiques générales des hydrocarbures.....	2
I -1-2-1-Les hydrocarbures saturés	3
I -1-2-2-Les hydrocarbures insaturés	3
I -1-3- Les composés organiques hétéro-atomiques	3
I -1-3-1- Les composés soufrés	3
I -1-3-2- Les composés oxygénés	3
I -1-3-3- Les composés azotés	4
I -1-4-Les composés organométalliques	4
I-2-Le raffinage du pétrole brut	5
I-3-Les différentes opérations de raffinage du pétrole brut	5
I-3-1-Le dessalage du pétrole brut	5
I-3-2- La distillation atmosphérique.....	6
I-3-3- La distillation sous vide	6
I-3-4- Amélioration de la qualité des coupes fabrication des bases	6
I-3-4- 1 - Obtention d'essences à haut indice d'octane	6
I-3-4-2- Conversion des coupes lourdes en coupes plus légères	7
I-3-4-3-Elimination du soufre.....	7

I-3-5- Les produits pétroliers	7
I-3-5- 1- Gaz de pétrole liquéfié (GPL)	7
I-3-5- 2- Essence auto	8
I-3-5- 3- Kérosène	8
I-3-5- 4- Gazole	8
I-3-5-5- fioul domestique	8
I-3-5-6- fioul lourd	9
I-3-5-7- Lubrifiants	9
I-3-5-8- Bitume	9
Chapitre II : Les moteurs thermiques.....	10
II-1-Les moteurs	10
II-2- Les types de moteurs thermiques	10
II-3- Le fonctionnement des deux moteurs	10
II-3-1-Moteur à essence	10
II-3-2-Moteur diesel.....	11
II-4-La combustion	12
Partie expérimentale	13
III- Les analyses utilisées pour caractériser les essences et les gazoles.....	13
III-1- Les caractéristiques physiques	13
III-1-1-La densité à 15 °C	13
III-1-2-La distillation ASTM	14
III-1-3- Pression de vapeur Reid	16
III-1-4-La viscosité cinématique à 20°C	19
III-1-5-Point écoulement	20
III-2-Les caractéristiques chimiques	22

III-2-1-La couleur	22
III-2-2-L'indice de cétane calculé	23
III-2-3- Le point éclair en vase clos	24
III-2-4-La teneur en eau	25
III-2-5- La corrosion à la lame de cuivre.....	25
IV-Les résultats d'analyses des caractéristiques physico-chimiques pour les deux carburants	28
IV-1-Les caractéristiques physiques de l'essence super	28
IV-1-1-La densité à 15°C	28
IV-1-2-La courbe de distillation	29
IV-1-3-La tension de vapeur Reid	35
IV-2-La caractéristique chimique de l'essence super	36
IV-2-1-La corrosion à la lame de cuivre	36
IV-3-Les caractéristiques physiques du gasoil	37
IV-3-1-La densité à 15°C	37
IV-3-2-La viscosité cinématique à 20 °C.....	39
IV-3-3-Point écoulement	41
IV-3-4- La Distillation ASTM D 86	43
IV-4- Les caractéristiques chimiques du gasoil	50
IV-4-1-Indice de cétane	50
IV-4-2-Point éclair	52
IV-4-3-La couleur	54
IV-4-4-La teneur en eau	56
Conclusion générale	58
Références bibliographiques	
Annexe	

Liste des Abréviations

NAFTAL : Entreprise Nationale de commercialisation et de distribution des produits pétroliers.

CBR : Branches Carburants.

ISO : L'organisation internationale de normalisation.

ASTM International: American Society for Testing and Materials International.

NA : Norme Algérienne.

d₄¹⁵ : La densité à 15 °C.

PI : Point Initial.

PF : Point Final.

P : Perte.

R : Résidu.

TVR : La Tension de Vapeur Reid.

Cst : Centistokes.

PEc : Point d'Écoulement.

IC : Indice de Cétane.

PE : Point Eclair.

T_{eb} : Température d'ébullition.

C1 : Composite 1.

C2 : Composite 2.

C3 : Composite 3.

E1 : Essai 1.

E2 : Essai 2.

E3 : Essai 3.

Ni²⁺ : Nickel.

VO⁺ : Vanadium.

TND : Trace Non Dosable.

Liste des figures

Figure I-1 : Classification générale des hydrocarbures.....	2
Figure I- 2 : La structure des porphyrines.....	4
Figure I- 3 : Le processus de différentes étapes de raffinage du pétrole brut.....	5
Figure II-1 : Les quatre temps de fonctionnement du moteur à essence.....	11
Figure II-2 : Les quatre temps d'un moteur à allumage par compression.....	12
Figure III-1 : L'appareillage de la distillation ASTM D 86.....	15
Figure III-2: Le schéma de l'appareil et la courbe de distillation ASTM.....	15
Figure III-3 : L'appareillage de mesure de la pression de vapeur Reid	17
Figure III- 4 : Le schéma de l'appareillage de la TVR.....	18
Figure III-5 : L'appareillage de mesure de la viscosité cinématique.....	19
Figure III- 6 : Le viscosimètre Ubbelohde.....	19
Figure III-7 : Le graphe de l'appareil de point de trouble et d'écoulement ASTM D 97 & ASTM D 2500.....	21
Figure III-8 : L'appareil de mesure du point d'écoulement.....	21
Figure III- 9 : L'appareil de Colorimètre Lovibond	23
Figure III-10 : Echelle de couleur démonstrative.....	23
Figure III-11 : Appareil de PENSKY MARTENS pour la mesure du point éclair.....	24
Figure III-12 : L'appareil de mesure de la corrosion à la lame de cuivre.....	26
Figure III- 13 : Bombe pour la mesure de la corrosion.....	26
Figure III- 14 : La série des lames de référence de la corrosion.....	27

Liste des tableaux

Tableau I- 1 : Les différents composés soufrés et leurs structures.....	3
Tableau I-2 : Les différents composés oxygénés et leurs structures.....	3
Tableau I- 3 : Les différents composés azotés et leurs structures.....	4
Tableau IV-1 : Les d_4^{15} obtenues par les différents essais d'échantillonnages de l'essence super.....	28
Tableau IV- 2 : Les températures d'ébullition du PI et de la fraction distillée à 10 % de différents essais d'échantillonnages de l'essence super.....	29
Tableau IV-3 : Les températures d'ébullition pour les points 50% et 95% de différents essais d'échantillonnages de l'essence super.....	30
Tableau IV-4: Les températures d'ébullition du PF et les volumes de P+R de différents essais d'échantillonnages de l'essence super.....	31
Tableau IV-5: Les TVR obtenues par les différents essais d'échantillonnages de l'essence super.....	35
Tableau IV-6: Les résultats des corrosions à la lame de cuivre obtenues par les différents essais d'échantillonnages de l'essence super.....	36
Tableau IV- 7: Les d_4^{15} obtenues par les différents essais d'échantillonnages du gasoil.....	37
Tableau IV-8 : Les viscosités cinématiques à 20 °C obtenues par les différents essais d'échantillonnages du gasoil.....	39
Tableau IV-9 : Les résultats des points écoulements obtenus par les différents essais d'échantillonnages du gasoil.....	41
Tableau IV- 10 : Les $T_{éb}$ du PI et de la fraction distillée à 65 % de différents essais d'échantillonnages du gasoil.....	43
Tableau IV-11: Les $T_{éb}$ de la fraction distillée à 90 % et du PF de différents essais d'échantillonnages du gasoil.....	44
Tableau IV-12 : Les volumes des R et des P de différents essais d'échantillonnages du gasoil.....	45
Tableau IV-13 : Les IC calculés pour les différents essais d'échantillonnages du gasoil.....	50

Tableau IV-14 : Les points éclair obtenus par les différents essais d'échantillonnages du gasoil.....	52
Tableau IV-15: Les valeurs des couleurs obtenues par les différents essais d'échantillonnages du gasoil.....	54
Tableau IV- 16: Les teneurs en eaux obtenues par les différents essais d'échantillonnages du gasoil.....	56

Introduction générale

L'utilisation de pétrole brut est large et variée. Il est constitué d'hydrocarbures ; toutes fois le pétrole brut ne peut être utilisé directement comme combustible. L'essentiel de ce pétrole est raffiné, transformé en plusieurs coupes pétrolières telles que les gasoils et les coupes naphas d'où dérivent les essences automobiles [1].

Les carburants sont des produits issus du raffinage du pétrole. Ils sont souvent liquides et rarement gazeux dont la combustion en présence d'un comburant tel que l'air, fournit de l'énergie mécanique permettant le fonctionnement des moteurs thermiques, qu'ils soient à piston de type essence ou diesel.

La production des essences et des gazoles, à la fois en quantité suffisante pour satisfaire les besoins du marché, et en qualité conformes aux normes, est depuis longtemps un problème principal auquel l'industrie du raffinage doit faire face. Les soucis de préservation de l'environnement et l'évolution constatée dans la consommation des produits pétroliers qui se sont manifestés ces dernières années par le phénomène de mutation du parc automobile [2].

Les essences et les gazoles commerciaux ont différentes caractéristiques physiques et chimiques qui déterminent leur comportement et leur qualité [3].

L'objectif de ce travail, consiste à réaliser des séries d'analyses sur les essences super et des gazoles pour déterminer leurs caractéristiques comme : la d_4^{15} , la TVR, la corrosion, le point éclair, le point d'écoulement, indice de cétane, la viscosité, la couleur, la teneur en eau et la distillation ASTM qui sont effectuées au sein de laboratoire de district CBR, NAFTAL de Bejaia de façon permanente à contrôler la qualité de ces produits pétroliers dès sa réception pour ensuite procéder à la distribution et la commercialisation de ces derniers.

Le mémoire est structuré en quatre chapitres principaux :

- Le premier chapitre est consacré aux généralités sur le pétrole brut ;
- Le deuxième chapitre porte sur la description du fonctionnement des moteurs thermiques ;
- Le troisième chapitre décrit les différentes méthodes d'analyses utilisées pour les deux carburants ;
- Le quatrième chapitre est le plus important, décrit l'ensemble des résultats et leurs discussions en comparant aux normes les différents paramètres de caractérisation de nos deux carburants.

Chapitre I : Généralités sur le pétrole brut.

I – 1-Définition du pétrole brut :

Le pétrole brut est une huile minérale constituée d'un mélange d'hydrocarbures d'origine naturelle ; issue de l'accumulation et de la transformation de matière organique; de couleur variant du jaune au noir, d'une densité et d'une viscosité variable [4]. Il contient également de nombreuses impuretés, en particulier du soufre, mais aussi des traces de métaux (nickel, vanadium), d'azote et d'oxygène [5].

I -1-1-Les hydrocarbures :

Les hydrocarbures sont composés des molécules constituées d'atomes de carbone (C) et d'hydrogène(H). Leur formule brute est donc de la forme : C_nH_m , où n et m sont deux entiers naturels [6]. Ils présentent une large gamme de volatilité, à pression et température ambiantes, ils se trouvent :

- A l'état Gazeux quand la chaîne carbonée contient 4 atomes au plus (C_1 à C_4) ;
- A l'état Liquide de C_5 à C_{16} ;
- A l'état Solide au-delà C_{16} [4].

I -1-2-Classification et caractéristiques générales des hydrocarbures :

Ils se divisent en plusieurs familles chimiques selon leur structure. Toutes ses structures sont basées sur la tétravalence du carbone [6]. On distingue deux grandes familles présentées dans la **Figure I-1** [7].

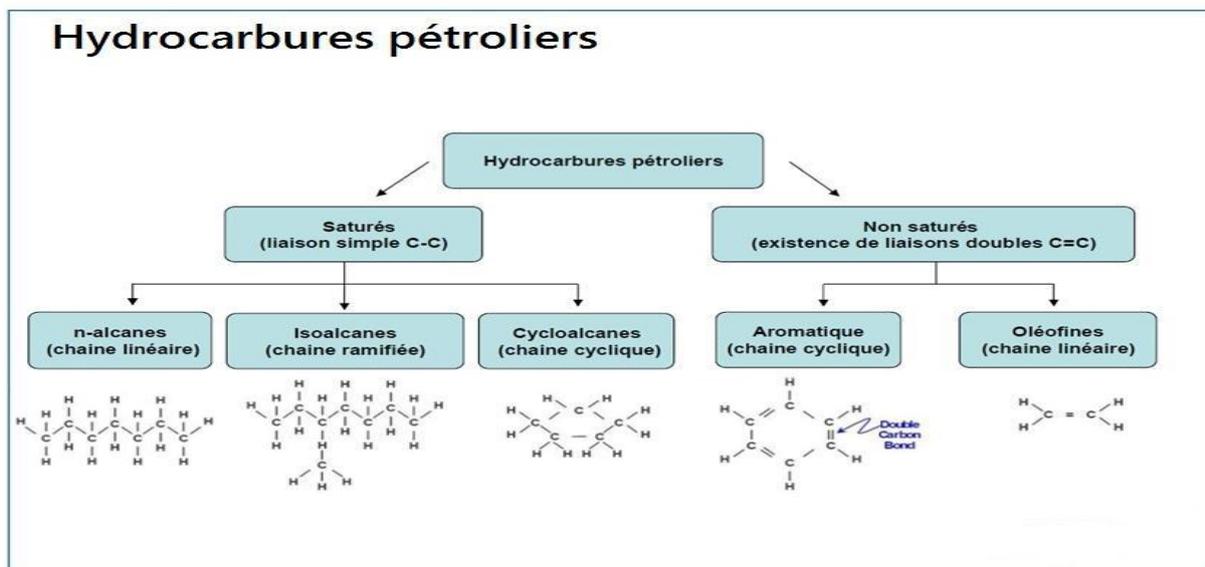


Figure I-1 : Classification générale des hydrocarbures [7].

I -1-2-1-Les hydrocarbures saturés :

- **Les paraffines linéaires** (C_nH_{2n+2}) où les atomes de carbones sont alignés. Elles ont pour principales caractéristiques : un bon indice de cétane, un mauvais indice d'octane, une résistance au froid faible ;
- **Les iso-paraffines ou paraffines branchées** (C_nH_{2n+2}), ont un bon indice d'octane ;
- **Les naphènes** (C_nH_{2n}) où les atomes de carbone forment un cycle [5].

I -1-2-2-Les hydrocarbures insaturés :

- **Les aromatiques** (C_nH_{2n-6}), molécules caractérisées par l'existence d'un cycle de 6 atomes de carbone dont les liaisons présentent un caractère particulier. Les aromatiques se caractérisent par une densité élevée, un excellent indice d'octane mais un très mauvais indice de cétane, une bonne résistance au froid [5].

I -1-3- Les composés organiques hétéro-atomiques :**I -1-3-1- Les composés soufrés :**

Les composés organiques sulfurés que l'on trouve le plus souvent associés aux fractions pétrolières sont représentés dans le **Tableau I-1** [8]. Ils sont très nocifs à divers titres : Odeur désagréable, production de SO_2 par combustion, empoisonnement des catalyseurs. Nombre de procédés de raffinage ont pour but l'élimination des molécules soufrées [6].

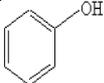
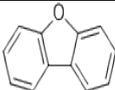
Tableau I-1 : Les différents composés soufrés et leurs structures [8].

Les composés Sulfurés	L'hydrogène sulfuré	Mercaptans	Sulfure	Disulfures	Thiophène
Les structures	H-S-H	$R-S-H$	$H_3C-S-CH_3$	$H_3C-S-S-CH_3$	

I -1-3-2- Les composés oxygénés :

Les pétroles bruts contiennent généralement moins d'oxygène que de soufre. Bien que peu abondant, l'oxygène peut jouer un rôle non négligeable ; en particulier, il est responsable de l'acidité des pétroles et qui engendre des problèmes de corrosion. On trouve donc l'oxygène sous différentes formes qui sont représentées dans le **Tableau I-2** [6].

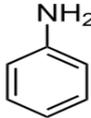
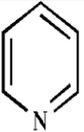
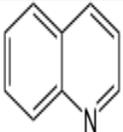
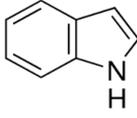
Tableau I-2 : Les différents composés oxygénés et leurs structures [9].

Les composés oxygénés	Phénol	Furane	Dibenzofurane	Acides naphthénique
Les structures				$\begin{array}{c} CH_2-CH_2 \\ \quad \\ CH-(CH_2)_n-COOH \\ \quad \\ CH_2-CH_2 \end{array}$

I -1-3-3- Les composés azotés :

Les composés azotés se trouvent essentiellement dans les fractions lourdes et en particulier sont plus concentrés dans les résines et les asphaltènes. On trouve l'azote sous différentes formes sont représentées dans le **Tableau I-3**. Les produits de cette famille sont ceux qui peuvent donner des caractères neutres ou basiques aux produits pétroliers, mais les composés azotés basiques peuvent être ainsi un poison des catalyseurs acides. À la suite de certains procédés de raffinage (craquage catalytique) une fraction notable de l'azote pourra se retrouver dans les coupes légères et en détériorer la qualité : instabilité au stockage, couleur brune, gomme [6].

Tableau I-3 : Les différents composés azotés et leurs structures [9].

Le caractère	Basique			Neutre	
Les composés azotés	Aniline	Pyridine	Quinoléine	Pyrrole	Indole
Les structures					

I -1-4- Les composés organométalliques :

Dans les fractions les plus lourdes telles que résines et asphaltènes se trouvent des atomes métalliques comme le nickel et le vanadium. Ils appartiennent en partie à des molécules de la famille des porphyrines où le motif de base est constitué par un ensemble de 4 cycles pyrroliques, le métal étant au centre de cet ensemble sous la forme Ni^{2+} ou VO^+ (**Figure I-2**) [6].

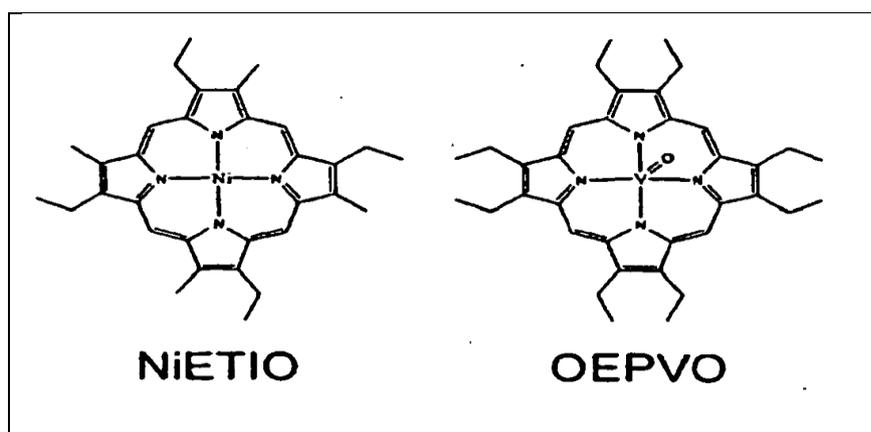


Figure I-2 : La structure des porphyrines [9].

I-2-Le raffinage du pétrole brut :

Le raffinage consiste à transformer le pétrole brut en carburants, combustibles, matières premières pour la pétrochimie, ou encore des produits spécifiques tels que les huiles lubrifiantes et les bitumes. Cette transformation est réalisée dans le strict respect des spécifications propres à chaque produit, qui doivent s'adapter sans cesse à l'évolution des marchés et des normes environnementales [10].

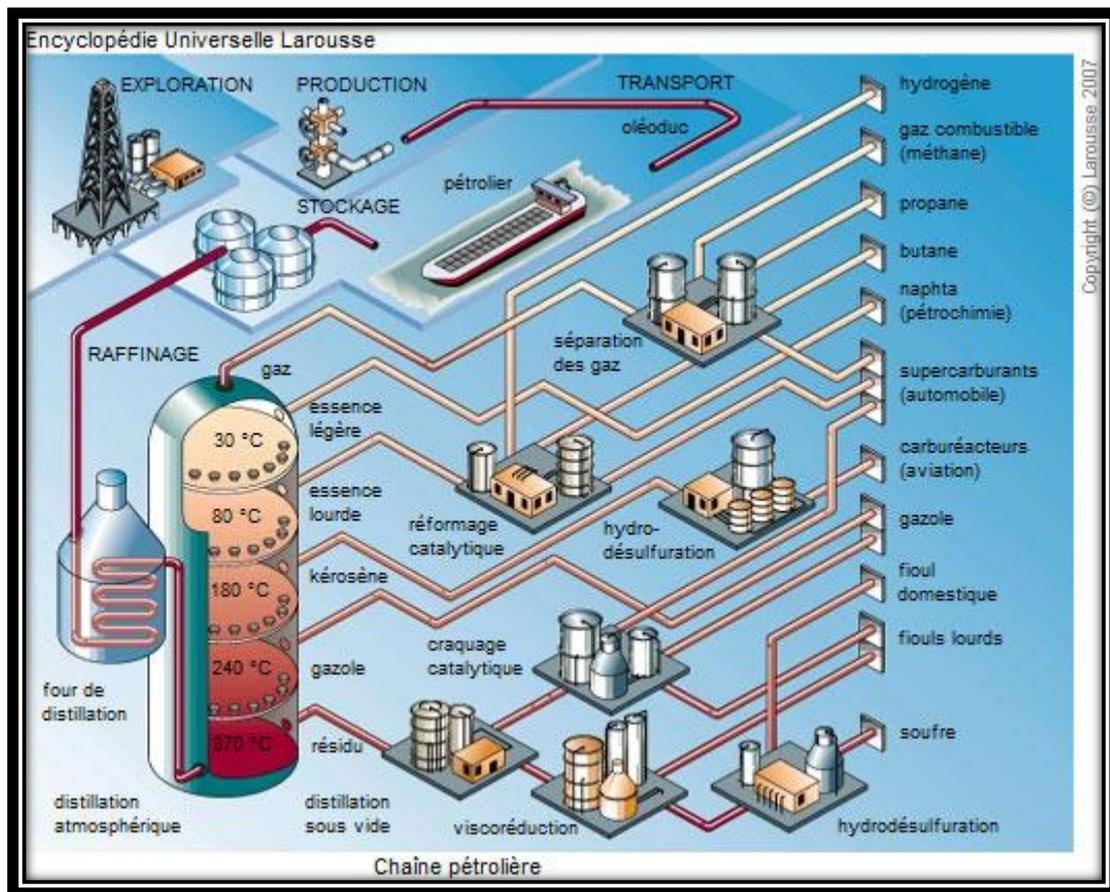


Figure I-3 : Le processus de raffinage du pétrole brut [11].

I-3-Les différentes opérations de raffinage du pétrole brut :

I-3-1-Le dessalage du pétrole brut :

Le premier traitement subi par le pétrole brut à son entrée dans la raffinerie est le dessalage qui consiste à éliminer ces contaminants pour réduire la corrosion, le colmatage et l'encrassement des installations et empêcher l'empoisonnement des catalyseurs dans les unités de production [11]. Cette opération est conduite par ajout d'eau au pétrole brut chauffé à 70-90°C pour dissoudre ou fixer à l'eau les sels et les autres impuretés, et comprend la séparation de l'eau à l'aide d'un décanteur soumis à un champ électrique qui favorise la coalescence des gouttes [12].

I-3-2- La distillation atmosphérique :

Le brut est pompé depuis le bac de stockage, dessalé, réchauffé, d'abord par un système d'échangeurs, puis dans un four. Il pénètre dans la colonne de distillation verticale, à des pressions légèrement supérieures à la pression atmosphérique et à une température de l'ordre de 370°C [11]. Les fractions gazeuses, à cette température, s'élèvent dans la colonne. Un système de refroidissement en tête de colonne va provoquer un échange permanent entre les vapeurs qui montent et les fractions condensées qui descendent. Cet échange permet une bonne séparation des différentes coupes qui sont soutirées de la colonne à différents niveaux en fonction de leurs différentes températures d'ébullition. En tête de colonne sort l'ensemble des gaz et des fractions légères. Une série de petites colonnes assure ensuite la séparation des gaz incondensables (méthane et éthane), du propane, du butane, d'une essence légère utilisable comme naphta pétrochimique ou comme constituant d'essence auto et d'une essence lourde qui, après transformation, sera pour l'essentiel incorporée dans l'essence auto. Sont soutirés directement de la colonne une coupe kérosène et une coupe gasoil [5]. Les fractions les plus lourdes du brut qui ne sont pas vaporisées à l'entrée descendent et restent au fond de la colonne et forment un résidu qu'on ne peut plus distiller, même à des températures très élevées [11].

I-3-3- La distillation sous vide :

Le résidu est envoyé dans une seconde colonne de distillation sous vide afin de poursuivre le fractionnement. Cette colonne fonctionne à pression inférieure à la pression atmosphérique, ce qui permet d'abaisser les températures d'ébullition allant de 70 à 350°C [4]. Comme pour la distillation atmosphérique plusieurs fractions sont recueillies à différents niveaux de la colonne [12]. On récupère en tête de colonne le gazole lourd qui pourra être convertie en produits plus légers et notamment en essence par une opération de craquage catalytique. Le résidu sous vide peut servir de base pour fabrication de fuel lourd ou pour la fabrication des huiles lubrifiantes et des bitumes [5].

I-3-4- Amélioration de la qualité des coupes fabrication des bases :

Le raffinage se déroule en plusieurs étapes unitaires telles que la séparation par distillation en plusieurs coupes, l'amélioration de la qualité de certaines fractions, la transformation des coupes les plus lourdes (conversion par coupure de liaisons C-C) en produits plus légers valorisables et enfin la préparation des produits finaux effectuée par l'optimisation des mélanges [10].

I-3-4- 1 - Obtention d'essences à haut indice d'octane :**➤ Reformage catalytique :**

Il permet de transformer les n-paraffines et les naphènes de l'essence lourde en aromatiques.

➤ Isomérisation des paraffines :

Elle consiste à transformer les n-paraffines de l'essence légère en isoparaffines.

➤ **Alkylation :**

Il s'agit d'une réaction d'une oléfine sur un hydrocarbure paraffinique ou aromatique [4].

I-3-4-2- Conversion des coupes lourdes en coupes plus légères :

➤ **Craquage catalytique :**

Le procédé de craquage catalytique permet de transformer les distillats sous vide (C_{20} - C_{50}) en différentes coupes plus légères comme:

- ✓ Une coupe du gaz (C_3 - C_4) : très riche en oléfines ;
- ✓ Une coupe d'essence : riche en oléfines et en aromatiques ;
- ✓ Une coupe de gasoil : de très mauvaise qualité utilisée généralement comme fluxant des fuels lourds.

La réaction de craquage est favorisée à haute température et basse pression en présence d'un catalyseur acide [4].

➤ **La viscoréduction :**

La viscoréduction est également un procédé de craquage le plus simple puisqu'il fonctionne sans catalyseur [11]. Elle permet en fait de transformer une faible fraction du résidu ; atmosphérique ou sous vide ; en produits type gaz, essence et gazole. Ces produits sont de mauvaise qualité car riche en oléfines donc instables [5].

I-3-4-3-Elimination du soufre :

➤ **Hydrodésulfuration :**

L'élimination du soufre repose sur le traitement catalytique des coupes pétrolières soufrées en présence d' H_2 provenant du reformage catalytique. Le soufre est alors éliminé sous forme d' H_2S gazeux qui est séparé de la coupe pétrolière, met en œuvre un catalyseur métallique constitué de CoMo, NiMo ou NiW déposé sur l'alumine [4].

I-3-5- Les produits pétroliers :

I-3-5- 1- Gaz de pétrole liquéfié (GPL) :

Le GPL figure le propane et le butane ou un mélange de ces deux hydrocarbures, stocké à l'état liquide sous faible pression et utilisé, soit à l'état gazeux, après détente à pression atmosphérique, soit à l'état liquide via un système d'injection adapté. Il provient à la fois d'opérations de purification du gaz naturel effectuées lors de son extraction et de différentes unités de raffinage du pétrole brut. Il est principalement employé comme combustible domestique ou industriel, mais il constitue aussi une classe de carburant intéressant en raison de son caractère peu polluant [3].

I-3-5- 2- Essence auto :

L'essence auto est une huile légère d'hydrocarbure utilisée comme carburant dans les moteurs à allumage commandé. Sa température de distillation se situe entre 35 et 200 °C, cette huile est traitée de manière à atteindre un indice d'octane élevé, généralement entre 80 et 100 IOR. Ce traitement peut s'effectuer par reformage, craquage catalytique et mélange avec une fraction aromatique [13]. Il existe donc trois types d'essences sont :

- **Essence ordinaire** est composée essentiellement d'un mélange d'hydrocarbures de structures variées (paraffiniques, oléfiniques, naphténiques, aromatiques (~ 4 % de benzène)) distillant à moins de 205 °C, auquel est ajouté entre autres un dope antidétonant à base de plomb. L'efficacité de la combustion est caractérisée par l'indice d'octane situé entre 89 et 92 [14].
- Le **super** est de même nature que l'essence ordinaire, mais obtenu par un procédé de raffinage spécial afin d'améliorer l'indice d'octane qui est de 97 à 99. Sa composition diffère de l'essence par : la teneur en benzène plus élevée (4 à 6 %) due à la diminution du taux de plomb ; la teneur en soufre plus élevée (0,5 %) [14].
- Le **super sans plomb** a totalement supplanté le super avec plomb. Les additifs utilisés sont le MTBE (méthyltertiobutyléther), additif le plus employé, et le benzène, ajouté en vue d'améliorer l'indice d'octane [14].

I-3-5- 3- Kérosène :

Le kérosène est essentiellement destiné à l'alimentation des avions à réaction. Il est donc composé d'un mélange d'hydrocarbures distillant entre 140 et 300 °C, dont les principaux constituants sont des hydrocarbures de C₉ à C₁₆ (paraffiniques, iso-paraffiniques, naphténiques et aromatiques) [15].

I-3-5- 4- Gazole :

Le gazole est une huile lourde composée d'un mélange d'hydrocarbures (paraffiniques, naphténiques, aromatiques et oléfiniques). Il est utilisé comme carburant dans les moteurs diesel, dont la température de distillation se situe entre 200 et 380°C, leur point d'éclair est toujours supérieur à 50 et leur densité supérieure à 0,82 [16].

I-3-5-5- fioul domestique :

Le fioul domestique est un combustible généralement utilisé dans les chaudières, il est constitué d'un mélange d'hydrocarbures de C₉ à C₂₀ avec un point d'ébullition compris entre 163 et 357 °C. Le fioul domestique fait partie des fiouls légers et à une composition très proche du gazole [14].

I-3-5-6- fioul lourd :

Le fioul lourd est un produit issu de diverses fractions de raffinerie, en général les plus lourdes. Leur composition est complexe et variée selon la provenance du pétrole brut. Le fioul lourd est constitué de produits d'origine paraffinique, naphthénique et aromatique. Il peut contenir des dérivés de soufre et des acides organiques. Les fiouls lourds sont classés selon leur teneur en soufre [14].

I-3-5-7- Lubrifiants :

Les lubrifiants réduisent les frottements et l'usure des pièces mobiles des moteurs et des machines. Ils sont constitués d'un mélange d'hydrocarbures liquides et visqueux, riches en paraffines, dont les températures de distillation se situent entre 380 et 500 °C et qui sont obtenus par distillation sous vide des résidus de la distillation atmosphérique du pétrole. Ils figurent plusieurs types d'huiles comme les huiles blanches, les huiles isolantes et les graisses lubrifiantes [16].

I-3-5-8- Bitume :

Le bitume est un mélange d'hydrocarbures solide ou visqueux de couleur brune ou noire, obtenu comme résidu de la distillation sous vide des résidus de la distillation atmosphérique du pétrole. Il est utilisé principalement pour la construction des routes [16].

Chapitre II : Les moteurs thermiques.

II-1-Les Moteurs :

Les moteurs font partie des dispositifs usuels utilisant la combustion et permettent la propulsion de divers véhicules (avions, fusées, bateaux, automobiles) grâce à l'énergie thermique libérée par la combustion du carburant et convertie en énergie mécanique [17].

II-2- Les types de moteurs thermiques :

Il existe deux principaux types de moteurs thermiques à combustion interne pour les voitures : le moteur à allumage commandé alimenté par une flamme de pré-mélange d'air et de gaz combustible et le moteur Diesel qui utilise une flamme de diffusion proche de celle de la bougie [17].

II-3- Le fonctionnement des deux moteurs :

II-3-1-Moteur à essence :

Les moteurs de véhicules automobiles légers, utilisant l'essence comme carburant, fonctionnent selon un cycle à 4 temps, il comporte 4 phases et permet d'obtenir un travail mécanique à partir d'une source chaude et une source froide. Les 4 temps sont définis à partir du mouvement du piston dans un cylindre et de la position des soupapes réglant l'admission de l'air et l'essence vaporisée se transforme en un mélange gazeux combustible [18]; ce dernier est alors comprimé, et donc échauffé, il est ensuite enflammé par une étincelle électrique et brûle pendant un certain temps. Puis, le piston redescendant, le mélange est détendu et refroidi et enfin relâché dans la tubulure d'échappement lorsque les soupapes d'échappement s'ouvrent et que le piston remonte comme la **Figure II-1** démontre [17].

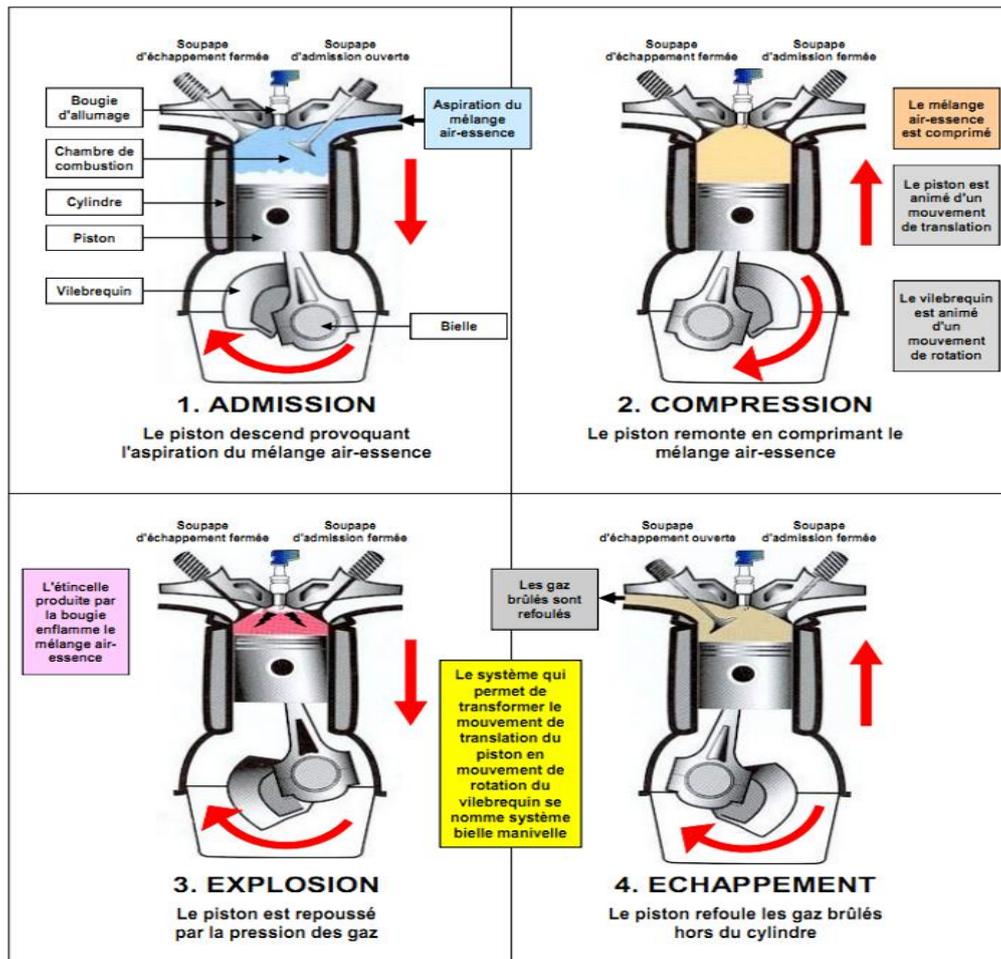


Figure II-1 : Les quatre temps de fonctionnement du moteur à essence [19].

II-3-2-Moteur diesel :

Comme le moteur à essence, le moteur diesel réalise les phases du cycle moteur en quatre courses de piston. Les différences de fonctionnement résident dans le fait que le moteur diesel n'aspire que de l'air en phase d'admission. L'air est comprimé dans le 2^e temps. Le carburant diesel est injecté sous forte pression. Il s'enflamme spontanément au contact de l'air dont la température est supérieure à la température d'auto-inflammation du carburant. Ce dernier brûle au fur et à mesure de son introduction dans le cylindre et de ce fait la combustion dure tant que continue l'injection. Le quatrième temps correspond à l'échappement des gaz brûlés comme la **Figure II-2** démontre [18].

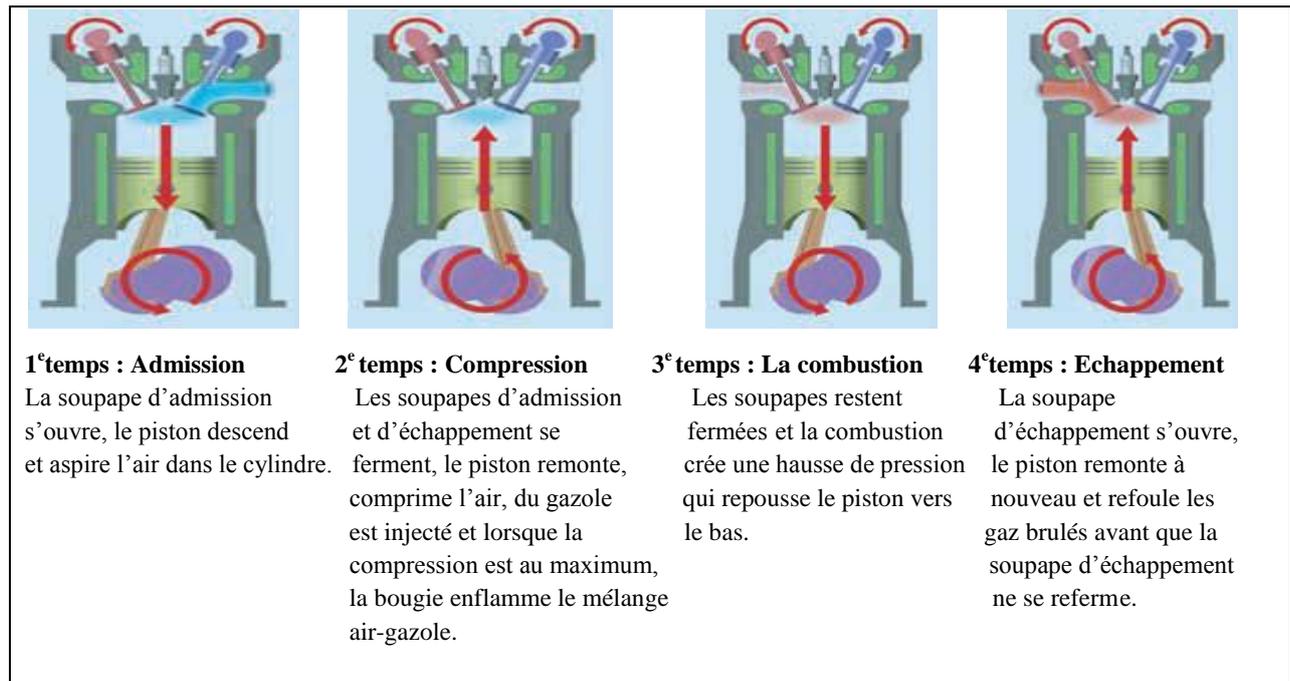


Figure II-2 : Les quatre temps d'un moteur à allumage par compression [20].

II-4-La combustion :

Le fonctionnement des moteurs thermiques repose sur la combustion de carburant. Tous les carburants utilisés sont à base de carbone (C) et d'hydrogène (H). Et la combustion parfaite d'un hydrocarbure est conduite à la présence de suffisamment de dioxygène O_2 , des alcanes et le dioxygène se transforment essentiellement en gaz carbonique CO_2 et en eau H_2O , on obtient donc la réaction suivante [21]:



En effet, la combustion de ces carburants entraîne l'émission de nombreuses substances polluantes :

- Le CO_2 , qui est avec l'eau le principal produit de la combustion complète des carburants. C'est un gaz à effet de serre : son rejet dans l'atmosphère favorise le réchauffement climatique.
- Le monoxyde de carbone CO et les hydrocarbures imbrûlés HC dont le benzène, qui sont émis lorsque la combustion du carburant dans le moteur est incomplète. Ces substances sont dangereuses pour la santé humaine.
- Les oxydes d'azote NO_x qui sont formés par réaction entre le diazote et le dioxygène de l'air dans la chambre de combustion. Ils peuvent générer des pluies acides et participent à la formation de l'ozone atmosphérique qui entraîne des pics de pollution [22].

La partie expérimentale de ce travail a été réalisée en analysant deux fractions d'hydrocarbures : essence super et le gasoil aux plusieurs essais. La procédure adoptée consiste, à analyser les différentes caractéristiques physico-chimiques : la d_4^{15} , la TVR, la corrosion, le point éclair, le point d'écoulement, indice de cétane, la viscosité, la couleur, la teneur en eau et la distillation ASTM effectuées au sein de laboratoire de la direction régionale NAFTAL de Bejaia.

III- Les analyses utilisées pour caractériser les essences et les gazoles sont:

III-1- Les caractéristiques physiques :

III-1-1-La densité à 15 °C :

1-Suivant la norme NA 417 équivalente à ASTM D 1298 :

La présente norme internationale prescrit une méthode pour la détermination de la densité à 15 °C des produits pétroliers liquides à l'aide d'un densimètre en verre [23].

2-Définition :

La densité à 15 °C est considérée comme étant un indicateur important de la qualité pour l'industrie automobile, où il affecte stockage, la manutention et la combustion [23]. Elle est le rapport entre la masse volumique du produit à 15 °C et celle de l'eau à 4 °C, en effet, la masse volumique de l'eau est égal à 1, c'est-à-dire que 1 litre d'eau à cette température pèse 1 Kg [6].

3-Principe :

On détermine la densité de l'essence ou du gasoil à l'aide d'un densimètre à une température donnée, ensuite on convertie cette densité en fonction de sa température à la d_4^{15} en utilisant la table de conversion de la densité à 15 °C [24].

4-Appareillage [24]:

- Eprouvettes de 500 ml ;
- Thermomètre ;
- Un densimètre pour : - Gasoil : 0,8100 - 0,8600 ;
- Essence super : 0,7300 - 0,7700.

5-Mode opératoire :

On verse la prise d'essai du gasoil ou d'essence super dans une éprouvette de 500 ml propre, puis on introduit le densimètre approprié et le thermomètre dans le liquide et on laisse le densimètre remonter lorsqu'il se trouve en position d'équilibre, on lui donne un léger mouvement de rotation lorsqu'on le lâche afin d'éviter qu'il s'approche trop près de la paroi interne de l'éprouvette. On attend pour que le densimètre soit complètement au repos et pour que toutes les bulles d'air arrivent à la surface. Ensuite on note la température et la densité du produit analysé, Puis on convertie ces dernières en d_4^{15} en utilisant la table de conversion de la densité à 15°C [24].

III-1-2-La distillation ASTM :**1-Suivant la norme NA 1445 équivalente à ASTM D 86 :**

La présente norme internationale spécifie une méthode permettant de déterminer les caractéristiques de distillation des essences ou des gazoles [25].

2-La définition :

Cette méthode s'applique qu'aux produits blancs distillés à pression atmosphérique dont les températures d'ébullition s'étendent de 0 à 400 °C, elle caractérise la volatilité du produit. Et à partir des températures obtenues en fonction des volumes recueillis dans un appareillage approprié à la norme ASTM D 86, qu'on peut tracer la courbe de distillation qui représente l'évolution de la fraction distillée. Le plus souvent, on définit sur cette courbe quelques repères : PI, PF et les fractions distillées en pourcentage (volume) à une température donnée [26].

3-Principe :

Une prise d'essai de 100 ml est distillée dans des conditions prescrites appropriées à la nature du produit [24].

4-Description de l'appareillage [24]:

- Ballon à distillation ;
- Condensateur ;
- Enveloppe protectrice ;
- Support du ballon à distillation ;
- Plaque d'amiante ;
- Dispositif de chauffage ;
- Eprouvette graduée de 100 ml ;
- Thermomètre.



Figure III-1 : L'appareillage de la distillation ASTM D 86 [25].

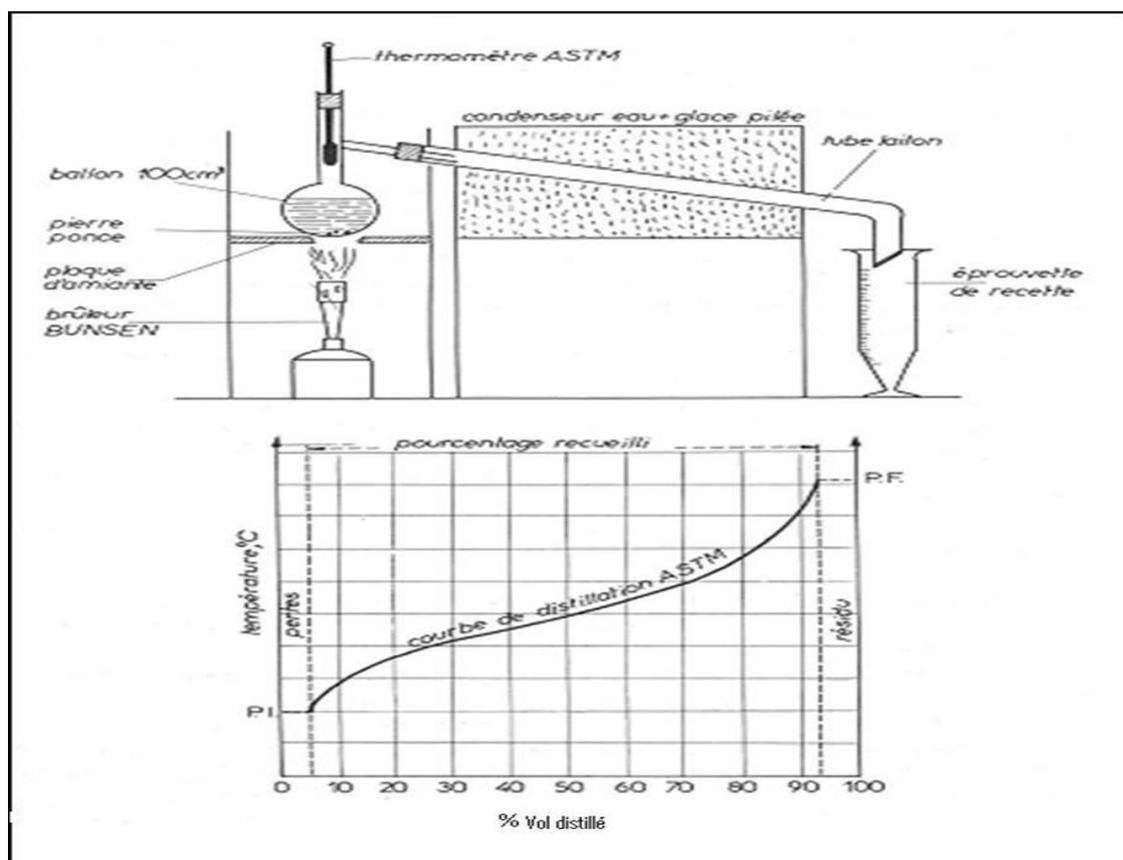


Figure III-2: Le schéma de l'appareil et la courbe de distillation ASTM [27].

5-Mode opératoire :

- On introduit dans un ballon de 100 ml une prise d'essai du gasoil ou d'essence à l'aide d'une éprouvette graduée, puis on chauffe le contenu du ballon de distillation en réglant le chauffage du :

→ 60 à 70°C pour gasoil ;

→ 30 à 60°C pour essence.

- Lors, Le produit commence à bouillir les vapeurs formées montent vers un condensateur baignant dans un mélange d'eau et de glace (pour condenser les fractions légères comme essence) et sans glace (pour les fractions moyennes comme gasoil), on note la température d'apparition de la première goutte de condensat à la sortie du tube, c'est le point initial de la distillation obtenu avec un chauffage de :

→ 15 min au plus pour essence ;

→ 10 min au plus pour gasoil.

- Le chauffage est réglé de façon que les volumes recueillis dans l'éprouvette augmentent uniformément de 5ml/min. Et ces derniers sont en fonction des températures données pour :

-L'essence : ses températures sont relevées régulièrement à 5%, 10%, 20%, 50%, 95% ;

-Et le gazole : ses températures sont relevées régulièrement à 10%, 50%, 65%, 90%.

- En fin de distillation, la température arrive à sa valeur maximale, appelée point final de la distillation, puis décroît. Le recueil du liquide restant dans le ballon refroidi permet la mesure du volume du résidu. La somme du volume total condensé plus le résidu est la récupération totale et la perte qui liée à la volatilité de l'échantillonnage, est déduite de 100 ml la récupération totale [24].

$$\% V (\text{distillat}) + \% V (\text{résidu}) + \% V (\text{pertes}) = 100\%$$

III-1-3- La pression de vapeur Reid :**1-Suivant la norme NA 422 équivalente à ASTM D 5191 :**

La présente norme décrit une méthode de détermination de la pression de vapeur des produits pétroliers volatils non visqueux ayant une pression de vapeur inférieure à 180 kPa comme les essences [28].

2-Définition :

La pression de vapeur Reid (TVR) indique d'une manière indirecte, la teneur en constituants très légers qui conditionnent la sécurité au cours du transport, les pertes au stockage et la volatilité des essences. Elle correspond à la pression relative développée par les vapeurs issues d'un échantillon de carburant disposé dans une bombe normalisée à la température de 37,8°C [27].

3-Principe :

On remplit la chambre à liquide de l'appareillage avec l'essence super préalablement refroidie et reliée à la chambre à air. L'appareil est immergé dans un bain à température constante $37,8 \pm 0,1$ °C et est agité jusqu'à ce que l'équilibre soit atteint. La valeur lue sur l'indicateur de pression est la pression de vapeur REID [24].

4-Appareillage [24]:

- Chambre à carburant ;
- Chambre à air ;
- Trois dispositifs de raccordement des chambres à air et à carburant ;
- Trois manomètres ;
- un bain d'eau thermostatique.



Figure III-3 : L'appareillage de mesure de la pression de vapeur Reid [24].

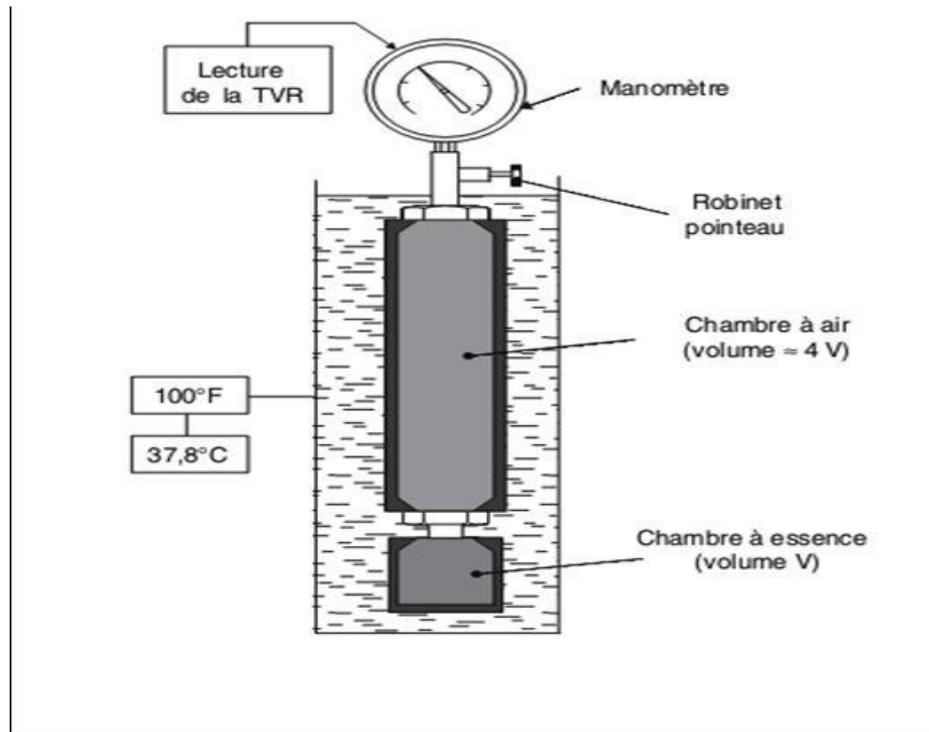


Figure III-4 : Le schéma de l'appareillage de la TVR [27].

5-Mode opératoire :

On place la chambre à liquide ouverte et la prise d'essai de l'essence super dans un réfrigérateur pendant au moins 10 min pour avoir une température comprise entre 0°C et 1°C. Et on immerge pendant au moins 10 min la chambre à air de façon que son sommet se trouve au moins à 25 mm au dessous du niveau de l'eau dans le bain, celui-ci étant maintenu à $37,8^{\circ}\text{C} \pm 0,1^{\circ}\text{C}$ et de ne pas retirer la chambre à air du bain avant que la chambre à carburant n'ait été garnie de la prise d'essai. Puis on remplit la chambre à liquide jusqu'à débordement et on introduit les deux chambres dans le bain jusqu'à la stabilisation de la pression, puis on note la valeur de la TVR [24].

III-1-4-La viscosité cinématique à 20°C :

1-Suivant la norme ASTM D 445 équivalente à NA 1443 :

La présente norme a pour objet de décrire d'une manière précise la méthode de mesure de la viscosité cinématique des produits pétroliers liquides [29].

2-Définition :

La viscosité cinématique caractérise la résistance qu'apportent les molécules à une force tendant à les déplacer les unes par rapport aux autres. Elle est définie comme le rapport de la viscosité absolue à la densité mesurée à la même température. Et son unité est exprimée en centistokes (Cst) [26].

3-Principe :

La viscosité cinématique est déterminée par la mesure du temps d'écoulement mis par un volume déterminé du gazoil dans un tube capillaire calibré dans des conditions normalisées [26].

4-Appareillage [24]:

- Viscosimètre Ubbelohde ;
- Bain thermostat;
- Pompe ;
- Chronomètre.



Figure III-5 : L'appareillage de mesure de la viscosité cinématique [24].



Figure III- 6 : Le viscosimètre Ubbelohde [29].

5-Mode opératoire:

On met le bain thermostat en marche jusqu'à la stabilité ses températures à 20°C et à 10 °C. On remplit le viscosimètre avec le gasoil jusqu'au trait de jauge, ensuite on l'immerge dans le bain et on l'incline à environ 40° sur la verticale. Puis on met un doigt sur la première ouverture et on place une pompe sur la deuxième ouverture, ensuite on aspire le liquide jusqu'à ce qu'il atteigne le centre de la deuxième boule de viscosimètre. On débranche l'aspiration et on retire le doigt sur le tube capillaire au même temps on déclenche le chronomètre pour mesurer le temps d'écoulement du gasoil qui passe du premier trait jusqu'au second trait. Et puis on calcule la Viscosité cinématique par la formule suivante :

$$\text{Viscosité cinématique (cst)} = C \times t$$

C : La constante du viscosimètre qui dépend de la taille du capillaire du viscosimètre Ubbelohde qui est égale à 0,04652.

t : le temps d'écoulement en secondes [24].

III-1-5- Le point d'écoulement :

1-suivant la norme NA 2660 équivalente à ASTM D 97 :

La présente norme décrit une méthode de détermination le point d'écoulement pour les produits pétroliers visqueux comme les gasoils [30].

2-Définition :

Le point d'écoulement est la température la plus basse à laquelle, dans des conditions normalisées, le carburant continue à s'écouler. Il est utilisé comme indicateur pour déterminer s'il est possible de pomper le carburant dans le moteur, même s'il ne peut être utilisé sans le réchauffer ou sans prendre d'autres mesures [5].

3-Principe :

L'échantillon préalablement est refroidi à une vitesse déterminée et ses caractéristiques d'écoulement sont observées à des intervalles de 3°C. La température la plus basse à laquelle il coule encore est notée. Elle correspond au point d'écoulement [24].

4-Appareillage [24] :

- Tube à essai ;
- Thermomètre ;
- Jaquette ;
- Bouchon en liège ;
- Joint annulaire ;
- Bain réfrigérant.

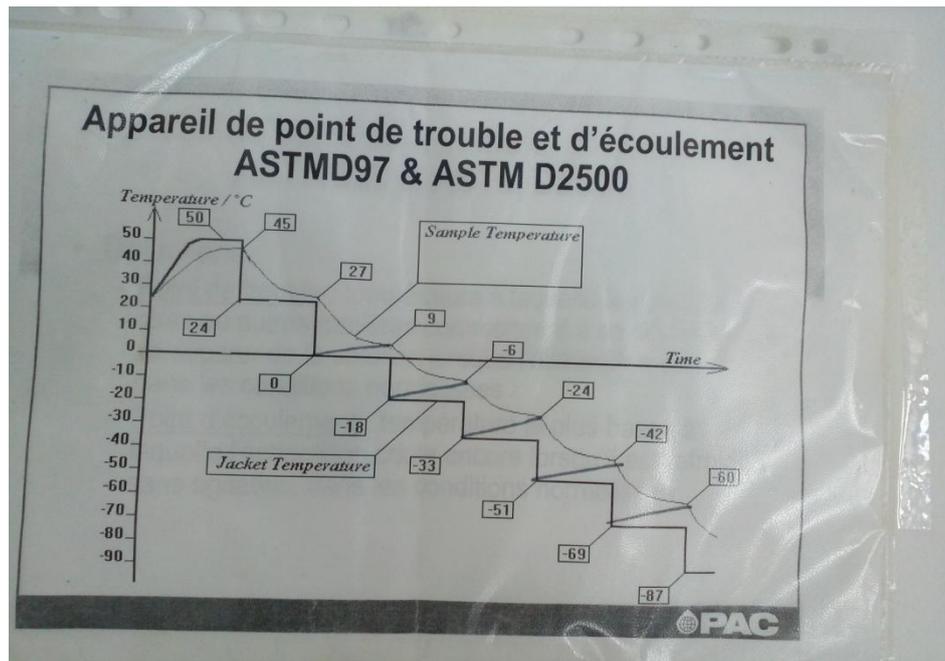


Figure III-7 : Le graphe de l'appareil de point de trouble et d'écoulement ASTM D 97 & ASTM D 2500 [24].



Figure III-8 : L'appareil de mesure du point d'écoulement [24].

5-Mode opératoire:

On met le bain réfrigérant de l'appareil en marche jusqu'à la stabilité ses températures pour les 4 compartiments (0 °C, -18 °C, -33 °C et - 51°C), puis on remplit le tube à essai par le gasoil jusqu'au le trait de jauge, et on le renferme avec le bouchon muni de thermomètre, et ce dernier étant à 3 mm au dessous de la surface de l'échantillon. Puis on l'insère dans la jaquette et on la met dans le bain du premier compartiment à 0 °C, Et à Chaque fois que la température indiquée par le thermomètre est un multiple de 3°C au dessous de la dernière T° observée, on le sort avec précaution et on l'incline juste assez horizontalement pour se rendre compte s'il y a encore un mouvement de l'échantillon dans le tube, Et si l'échantillon n'a pas cessé de couler quand la T° atteint la température du bain. On place le tube dans des bains réfrigérants de plus en plus froids. Mais dès que l'échantillon ne coule plus quand on incline le tube, le maintenir en position horizontale pendant 5 secondes. On note la température de congélation correspondante. Et le point d'écoulement est calculé par l'ajout de 3°C à la température de congélation obtenue [24].

III-2-Les caractéristiques chimiques :**III-2-1-La couleur :****1-Suivant la Norme NA 1145 équivalente à ASTM D 1500 :**

La présente norme a pour objet de décrire une méthode de détermination de la couleur d'une grande variété de produits pétroliers par un procédé visuel [24].

2-Définition :

La couleur est une caractéristique qui s'applique aux produits dits blancs mais, en réalité, plus ou moins colorés depuis le jaune très pâle jusqu'au brun foncé [26].

3-Principe :

On détermine la couleur des gazoles par comparaison avec une échelle de couleur à l'aide d'un colorimètre [31].

4-Appareillage [24] :

- Colorimètre Lovibond ;
- Une source de lumière ;
- Des étalons ;
- 3 éprouvettes d'essais en verre ;
- 2 disques de couleurs étalon couvrant la gamme de 0.5 à 8.

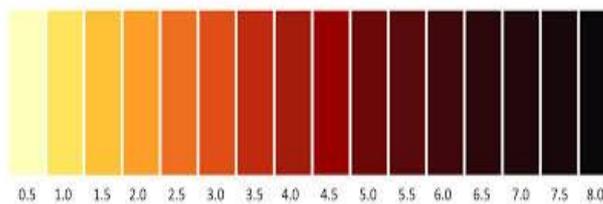


Figure III-9 : L'appareil de Colorimètre Lovibond [31]. **Figure III-10 :** Echelle de couleur démonstrative [31].

5- Mode opératoire:

On remplit à moitié une des éprouvettes du Colorimètre avec le gasoil, puis on la place dans le compartiment central, sous le couvercle à charnière. Ensuite on remplit les deux autres avec de l'eau distillée, et en les plaçant dans les compartiments côté gauche et côté droite. Puis on les couvre pour les mettre à l'abri de toute lumière extérieure. Après on allume la lampe et on compare la couleur de la prise d'essai avec celle des verres étalons de l'échelle qui varie de 0,5 à 8 par pas de 0,5 allant du plus clair au plus foncé comme la **Figure III-10** le montre. Puis on détermine celui dont la couleur s'harmonise le mieux avec la prise d'essai. Et si la couleur de l'échantillon se situe entre celle de deux verres, on note le numéro du verre le plus foncé [24].

III-2-2-L'indice de cétane calculé :

1-Suivant la norme NA 8117 équivalente ASTM D 976 :

La présente norme a pour objet de décrire la formule calculée de l'indice de cétane particulièrement applicable aux combustibles comme le gasoil [32].

2-Définition :

L'indice de cétane mesure l'aptitude des carburants Diesel à s'auto-enflammer dans une chambre de combustion de moteur à allumage par compression, il caractérise le délai d'auto-inflammation du gazole [2].

3-Mode opératoire :

On calcule l'indice de cétane du gasoil à partir d'une formule par le biais de 4 variables :

- La densité à 15°C ;
- Point 50% distillé ASTM ;
- Point 90% distillé ASTM ;
- Point 10% distillé ASTM [24].

III-2-3- Le point éclair en vase clos :

1-Suivant la norme NA 2658 équivalente à ISO 2719 :

La présente norme a pour objet de décrire une méthode de détermination du point éclair en vase clos, des produits pétroliers supérieur à 40°C et inférieur à 360°C à l'aide d'un appareil PENSKY MARTENS [33].

2-Définition :

Le point éclair est la température la plus basse à partir de laquelle un produit pétrolier dégage assez de vapeurs pour former un mélange inflammable dans des conditions normalisées [34].

3-Principe :

La détermination du point éclair est effectuée à l'aide d'un appareil PENSKY MARTENS, qui nous permet de mesurer la température à laquelle les vapeurs du gasoil s'enflamment, à l'approche d'une petite flamme dans des conditions normalisées [24].

3-Appareillage [24] :

- Vas ;
- Couvercle ;
- Thermomètre ;
- dispositif de chauffage ;
- Une plaque supérieure.

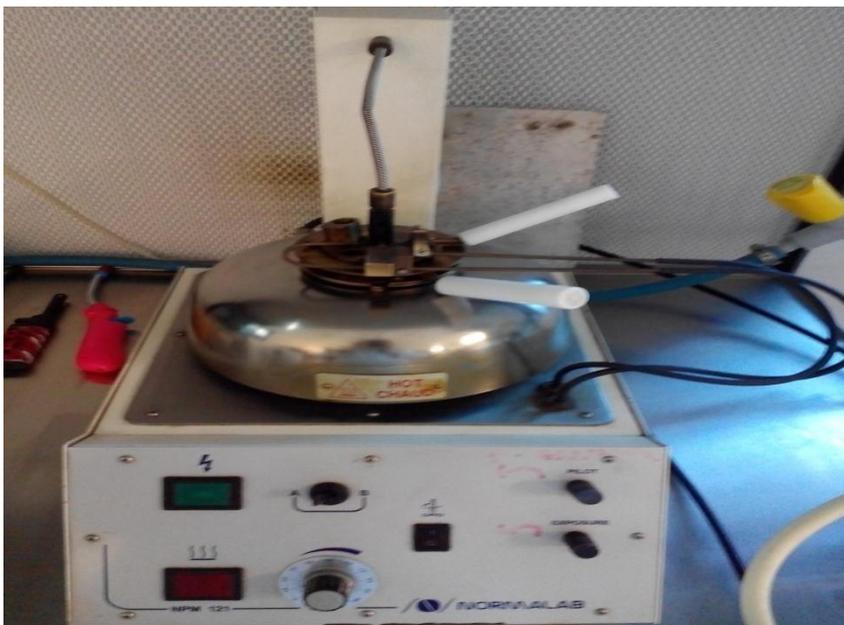


Figure III-11 : Appareil de PENSKY MARTENS pour la mesure du point éclair [24].

5-Mode opératoire :

On remplit le vase avec le gasoil jusqu'au trait de jauge. Et on le place dans le bloc chauffant, puis on pose le couvercle et on le verrouille. Après on place le flexible d'agitation et on insère le thermomètre. On allume la flamme et l'ajuster à 4mm de diamètre et on règle le chauffage à 30 °C. Ensuite on applique la flamme d'essai au-dessus du creuset tous les un degré jusqu'à une légère explosion se produit, on note la température du produit, qui correspond au point éclair [24].

III-2-4-La teneur en eau :**1-Suivant la norme NA 421 équivalente à ASTM D 95:**

La présente norme internationale prescrit une méthode de détermination de l'eau dans les produits pétroliers dont le point d'ébullition est inférieur à 390 °C. Elle couvre des teneurs allant de 0,003 % à 0,1 % [35].

2-Définition :

L'apparition de l'eau dans les gasoils provient par des phénomènes de condensation lors des différentes phases de stockage en présence d'air et réservoir en métal léger, et ces derniers favorisent la formation d'émulsions dans le carburant. Elle est souvent exprimée en % du volume [36].

3-Principe :

On remplit une éprouvette de 500 ml par le gasoil, ensuite on détermine par l'aspect visuel s'il existe des traces d'eau dans le gasoil [24].

4-Appareillage [24] :

- Epruvette de 500ml.

5-Mode opératoire :

On verse le gasoil dans une éprouvette de 500 ml, ensuite on observe s'il existe des gouttelettes d'eau très fines dispersées dans le gasoil ou non. Si c'est le cas on peut donc éliminer cette dernière par la décantation qui s'effectue au niveau des bacs de stockage [24].

III-2-5- La corrosion à la lame de cuivre :**1-Suivant la norme NA 566 équivalente à ASTM D 130:**

La présente norme a pour objet de décrire un procédé qui permet de déceler la présence de soufre élémentaire et de composés corrosifs dans les essences [37].

2-Définition :

La corrosion à la lame de cuivre est utilisée comme une épreuve pour déterminer l'apparition des composés soufrés en utilisant le cuivre étant particulièrement sensible à la présence de ces composés corrosifs [27].

3-Principe :

Une lame de cuivre polie est immergée dans un échantillon d'essence super que l'on chauffe à une température de 50°C pendant 3 heures. Ensuite on retire la lame de cuivre, rincée et séchée puis comparée avec la série des lames [24].

4-Appareillage [24] :

- Lame de cuivre ;
- Porte-lame ;
- Bombes ;
- Tubes à essai ;
- Bain thermostat d'eau ;
- Thermomètre ;
- Produit de polissage.



Figure III-12 : L'appareil de mesure de la corrosion à la lame de cuivre [24].



Figure III-13 : Bombe pour mesurer la corrosion [37].

5-Mode opératoire:

On introduit dans un tube à essai parfaitement propre et sec une prise d'essai de 40ml de l'essence super complètement claire et débarrassée d'eau en suspension et y faire glisser une lame de cuivre dans la minute qui suit le polissage final en utilisant le papier verre. Puis on place le tube dans la bombe ensuite dans le bain maintenu à une température prescrite à 50°C. Après $3h \pm 5 \text{ mn}$ la lame ensuite retirée, rincée, séchée et comparée avec la série des lames et on note le numéro correspondant à la corrosivité de l'échantillon [24].



Figure III-14 : La série des lames de référence de la corrosion [24]

IV-Les résultats d'analyses des caractéristiques physico-chimiques pour les deux carburants sont:

IV-1-Les caractéristiques physiques de l'essence super :

IV-1-1-La densité à 15°C :

Les d_4^{15} obtenues pour l'essence super sont regroupées dans le tableau IV-1 :

Tableau IV-1 : Les d_4^{15} obtenues par les différents essais d'échantillonnages de l'essence super.

La Caractéristique		La Densité à 15 °C					Unité	
Les navires Les essais		M.T.S	P. M/T 1	P. M/T 2	P. M/T 3	PORTORIA		
A l'intérieur du Navire	C1	0,7411	0,7480	0,7471	0,7402	0,7388	-	
	C2	0,7387	0,7497	0,7443	0,7435	0,7406		
	C3	-	-	-	-	0,7447		
A l'extérieur du Navire	Bac N° TK1	E1	0,7396	0,7480	0,7457	0,7419		0,7489
		E2	-	-	-	0,7412		-
	Bac N° TK4	E1	0,7402	0,7481	0,7466	0,7429		0,7453
		E2	0,7403	-	-	-		-
Limites	Min	0,730						
	Max	0,770						

➤ Discussion :

D'après le tableau IV-1, on remarque que les résultats appartiennent à l'intervalle [0,730 ; 0,770], donc on peut déduire que les essences super sont conformes. Le respect de la norme fixée pour la d_4^{15} dans une même catégorie de carburant est nécessaire pour l'utilisation satisfaisante du véhicule [6]. Mais l'augmentation cette dernière a tendance, sur le carburateur, à appauvrir le mélange carburé se traduit par un manque de puissance ; la tendance inverse s'observe en injection [38]; le flotteur émerge peu ; le niveau d'essence

super au-dessus du gicleur noyé est élevé, ce qui entraîne une augmentation de la consommation et, en outre, une mauvaise vaporisation qui peut diminuer la puissance et encrasser le moteur [27].

IV-1-2-La courbe de distillation :

Les températures d'ébullition obtenues en fonction des volumes de distillats recueillis sont notées dans les tableaux suivants :

Tableau IV-2 : Les températures d'ébullition du PI et de la fraction distillée à 10 % de différents essais d'échantillonnages de l'essence super.

La Caractéristique		Les T _{éb}										Unité	
		PI					10% Vol						
Les navires	Les essais	M.T.S	P. M/T 1	P. M/T 2	P. M/T 3	PORTORIA	M.T.S	P. M/T 1	P. M/T 2	P. M/T 3	PORTORIA	°C	
		A l'intérieur du Navire	C1	37	37	39	35	35	52	53	54		50
C2	35		37	38	38	37	50	53	61	53	53		
C3	-		-	-	-	37	-	-	-	-	53		
A l'extérieur du Navire	Bac N° TK1	E1	37	37	38	38	36	51	53	53	52	51	
		E2	-	-	-	37	-	-	-	-	51	-	
	Bac N° TK4	E1	36	38	39	37	38	52	53	54	51	53	
		E2	37	-	-	-	-	52	-	-	-	-	
Limites	Min	-					-						
	Max	50					70						

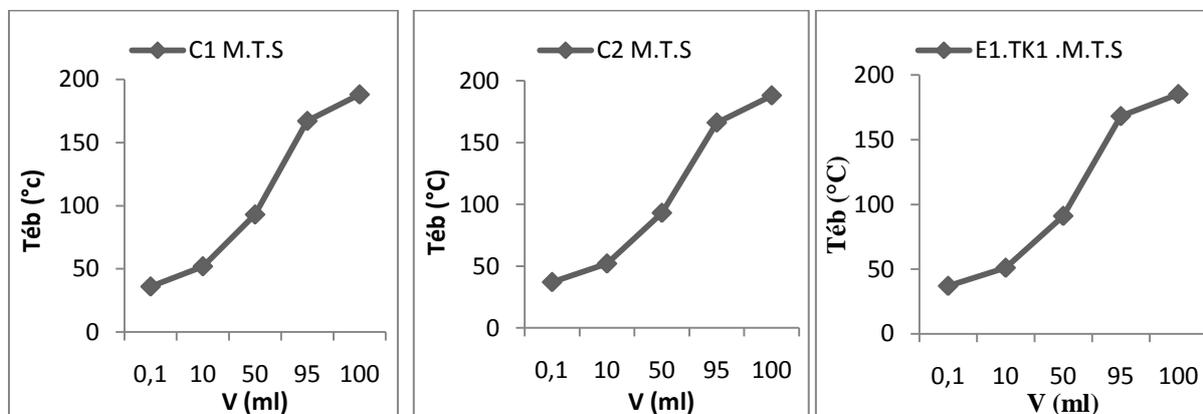
Tableau IV-3 : Les températures d'ébullition pour les points 50% et 95% de différents essais d'échantillonnages de l'essence super.

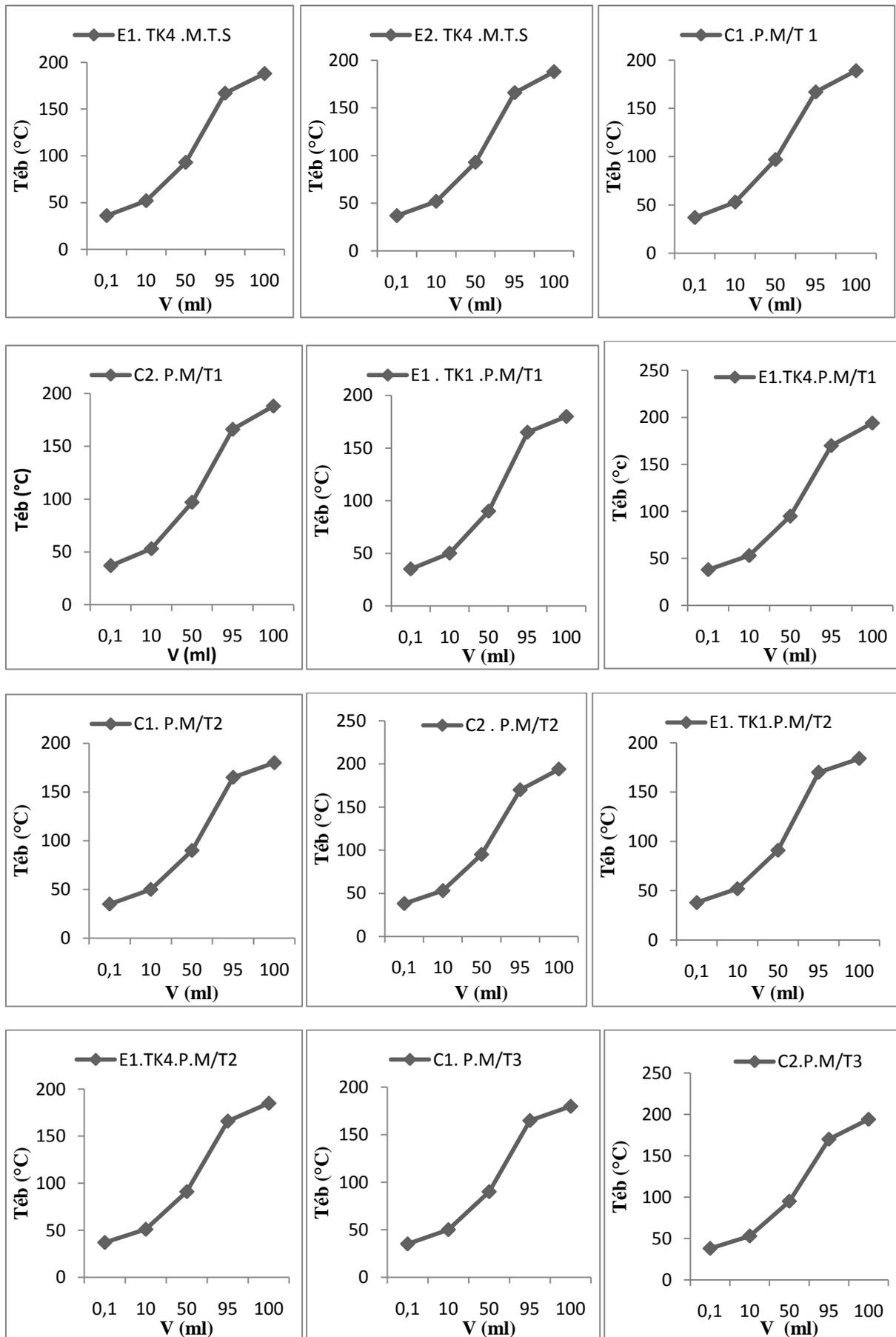
La Caractéristique		Les T _{éb}										Unité
		50% Vol					95% Vol					
Les navires	Les essais	M.T.S	P. M/T 1	P. M/T 2	P. M/T 3	PORTORIA	M.T.S	P. M/T 1	P. M/T 2	P. M/T 3	PORTORIA	
		A l'intérieur du Navire	C1	93	97	95	90	91	167	167	165	165
C2	93		97	95	95	94	167	167	168	170	172	
C3	-		-	-	-	95	-	-	-	-	168	
A l'extérieur du Navire	Bac N° TK1	E1	91	97	98	91	93	168	168	169	170	171
		E2	-	-	-	94	-	-	-	-	174	-
	Bac N° TK4	E1	93	98	96	91	95	167	170	170	166	168
		E2	93	-	-	-	-	166	-	-	-	-
Limites	Min	-					-					
	Max	140					195					

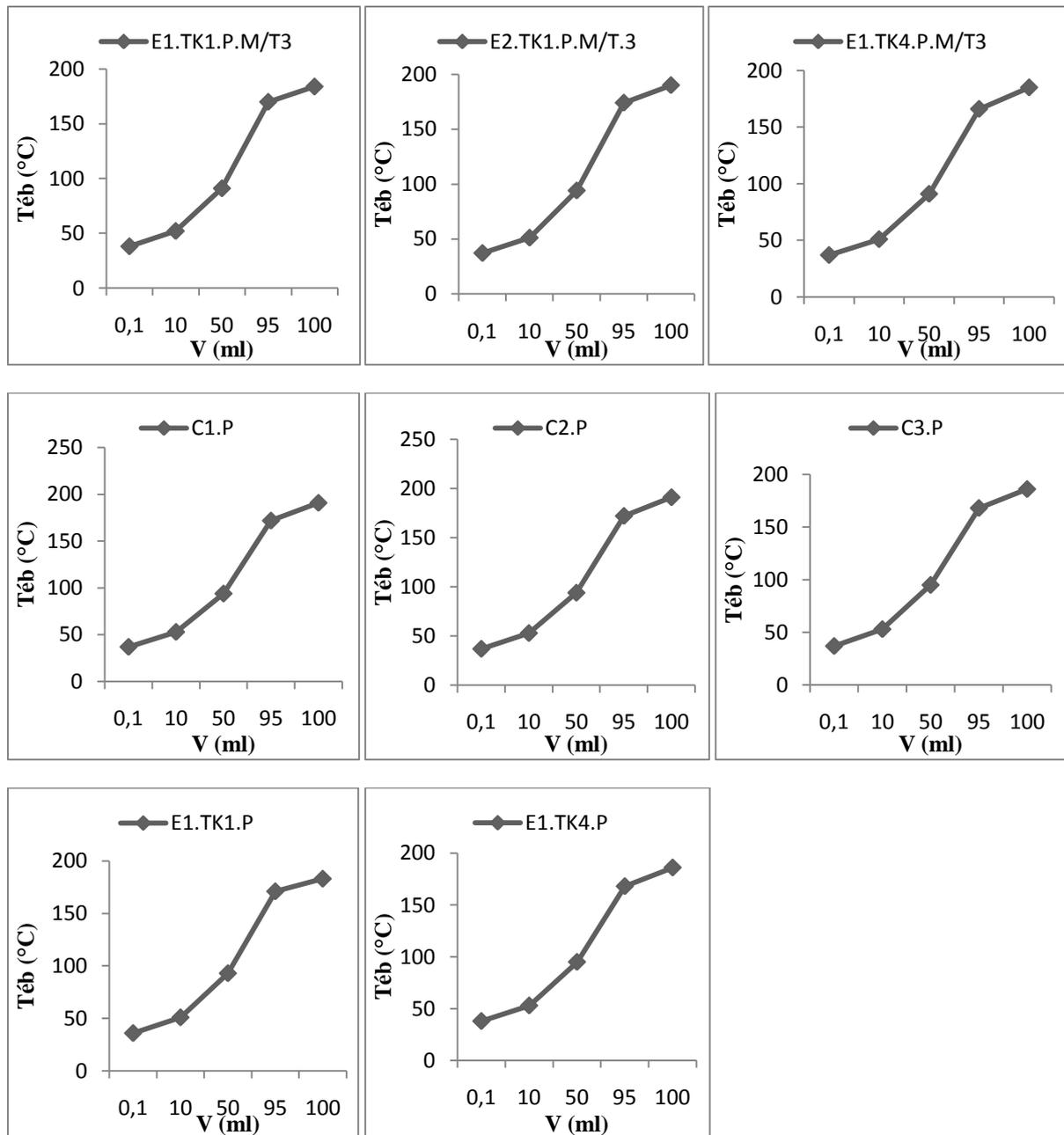
Tableau IV-4: Les températures d'ébullition du PF et les volumes de (P+R) de différents essais d'échantillonnages de l'essence super.

Les Caractéristiques		Les T _{éb} (°C)					Les V (ml)					
		PF					P+R					
Les navires	Les essais	M.T.S	P. M/T 1	P. M/T 2	P. M/T 3	P	M.T.S	P. M/T 1	P. M/T 2	P. M/T 3	P	
		A l'intérieur du Navire	C1	189	189	189	180	188	1,1+0,9	0,5+0,5	1,1+0,9	0,5+0,5
C2	184		188	185	194	191	1+ 1	0,5+0,5	0,5+0,5	0,5+0,5	0,7+0,8	
C3	-		-	-	-	186	-	-	-	-	0,7+0,8	
A l'extérieur du Navire	Bac N° TK1	E1	185	189	191	184	183	1,5+0,5	1+0,5	1+1	1+1	1+1
		E2	-	-	-	190	-	-	-	-	1,7+0,8	-
	Bac N° TK4	E1	188	188	190	185	186	0,5+0,5	1+1	0,5+1	0,5+0,5	0,5+0,5
		E2	188	-	-	-	-	0,5+0,5	-	-	-	-
Limite	Min	-					2					
	Max	205										

A partir des tableaux IV-2, IV-3 et IV-4, on peut donc établir les courbes de distillation ASTM correspondant aux différents essais d'échantillonnages de l'essence super en portant sur les graphiques les températures notées en fonction des volumes distillés $T_{éb} = f(v)$:







➤ Discussion :

La courbe de distillation ASTM est le reflet de la composition de l'essence super, elle fournit des indications sur les facilités de démarrage à froid, les reprises, la dilution de l'huile du carter et l'usure des chemises [27]. Une essence de bonne qualité doit s'évaporer régulièrement sur toute sa courbe d'ébullition, tout en se maintenant à l'intérieur de limites de volatilité pour ne pas perturber le fonctionnement du moteur [22].

D'après les résultats obtenus, on observe des courbes identiques et à partir de ces courbes qu'on peut définir quelques points importants qui sont reliés directement au fonctionnement du moteur qui sont:

- Les $T_{\text{éb}}$ obtenues par le point 10% sont inférieures à la limite fixée 70°C , elles nous révèlent d'avoir une teneur minimale en fraction légères ayant une vaporisation suffisante pour assurer le démarrage à froid du moteur [27]. Et si les $T_{\text{éb}}$ du point 10% sont trop faibles, le moteur aura des difficultés à démarrer et mettra longtemps à chauffer. Par contre si elles sont trop élevées, les essences s'évaporeraient insuffisamment, et le moteur risque de caler ou d'avoir des ratés par temps chauds [22] ;
- Et de même pour les $T_{\text{éb}}$ du point 50% sont également inférieures à 140°C , elles désignent d'avoir assuré une volatilité correcte de l'essence super au moment des reprises du moteur qui permet de tirer le maximum de puissance ;
- Enfin, pour les $T_{\text{éb}}$ des points 95%, PF et R sont inférieurs à la limite fixée (195°C , 205°C et 2% vol), et ces dernières représentent la teneur en hydrocarbures lourds dans la fraction de queue de l'essence super. Mais les $T_{\text{éb}}$ du PF ne doivent pas dépasser la valeur limite fixée [27]. En effet, la présence des hydrocarbures lourds conduirait à une combustion incomplète et à un certain nombre d'inconvénients concomitants comme :
 - ✓ Consommation de carburant plus élevée ;
 - ✓ Encrassement de la chambre de combustion et accroissement de l'exigence en octane ;
 - ✓ Dilution du lubrifiant ;
 - ✓ Usure prématurée du moteur ;
 - ✓ Accroissement des rejets de CO et d'hydrocarbures imbrûlés [3].

IV-1-3-La tension de vapeur Reid :

Les TVR obtenues pour l'essence super de différents essais d'échantillonnages sont regroupées dans le tableau IV-5 :

Tableau IV-5: Les TVR obtenues par les différents essais d'échantillonnages de l'essence super.

La Caractéristique		La TVR					Unité	
Les navires Les essais		M.T.S	P. M/T 1	P. M/T 2	P. M/T 3	PORTORIA		
A l'intérieur du Navire	C1	0,605	0,600	0,585	0,640	0,650	Bar	
	C2	0,650	0,600	0,600	0,600	0,600		
	C3	-	-	-	-	0,620		
A l'extérieur du Navire	Bac N° TK1	E1	0,650	0,600	0,600	0,640		0,640
		E2	-	-	-	0,620		-
	Bac N° TK4	E1	0,620	0,600	0,585	0,625		0,585
		E2	0,620	-	-	-		-
Limites	Min	-						
	Max	0,650						

➤ **Discussion :**

La TVR conditionne directement les pertes au cours du stockage et de la manutention. Et ses spécifications imposent un maximum à ne pas dépasser 0,800 bar en hiver et 0,650 bar en été. On constate que les valeurs de la TVR obtenues sont inférieures ou égale à la limite fixée 0,650 bar, ce qu'elles nous révèlent d'avoir des essences super conformes [27]. Il est exigeant de limiter la volatilité lors du fonctionnement à chaud afin d'éviter certains incidents comme : perte d'agrément de conduite ou calages dus à la formation de tampons de vapeur dans le circuit d'alimentation et la difficulté de démarrage après une période d'arrêt [6]. Inversement, la TVR doit être satisfaisante à pour objectif d'assurer, par temps froid, le démarrage rapide et la mise en action satisfaisante du véhicule [39].

IV-2-La caractéristique chimique de l'essence super :

IV-2-1-La corrosion à la lame de cuivre :

Les résultats de corrosion obtenus pour l'essence super de différents essais d'échantillonnages sont représentés dans le Tableau IV-6 :

Tableau IV-6: Les résultats des corrosions à la lame de cuivre obtenus par les différents essais d'échantillonnages de l'essence super.

La Caractéristique		Corrosion à la lame de cuivre					Unité	
Les navires		M.T.S	P. M/T 1	P. M/T 2	P. M/T 3	PORTORIA		
Les essais								
A l'intérieur du Navire	C1	1a	1a	1a	1a	1a	Cotation	
	C2	1a	1a	1a	1a	1a		
	C3	-	-	-	-	1a		
A l'extérieur du Navire	Bac N° TK1	E1	1a	1a	1a	1a		
		E2	-	-	-	1a		-
	Bac N° TK4	E1	1a	1a	1a	1a		1a
		E2	1a	-	-	-		-
Limites	Min	-						
	Max	1b						

➤ Discussion :

A partir du tableau IV-6, on remarque que les résultats obtenus par l'essai de lame de cuivre sont limités par (< 1b), ils indiquent que la présence des composés sulfurés dans les essences super n'est pas corrosif donc elles sont conformes. Dans le cas inverse la présence de soufre se trouve combiné organiquement se transforme en anhydride sulfureux qui en présence de la vapeur d'eau forment un acide sulfurique dilué particulièrement corrosif. Et quand le moteur tourne, ses fumées nocives polluent l'atmosphère ; à l'arrêt, le moteur se refroidit et, par condensation, les produits de combustion piquent la corrosion directe des réservoirs et des conduites d'aspiration [27].

IV-3-Les caractéristiques physiques du gasoil :**IV-3-1-La densité à 15°C :**

Les d_4^{15} obtenues pour le gasoil sont représentées dans le Tableau IV-7 :

Tableau IV-7: Les d_4^{15} obtenues par les différents essais d'échantillonnages du gasoil.

Caractéristique		La densité à 15°C					Unité	
Les navires		PORTORIA	SARACENA	ORESTINA	PORTORIA	ANGI		
Les essais		M/T 1			M/T 2			
A l'intérieur du Navire	C1	0,8274	0,8288	0,8279	0,8274	0,8259	-	
	C2	0,8277	0,8283	0,8274	0,8269	0,8284		
	C3	-	-	0,8272	-	-		
A l'extérieur du navire	Bac N° 2	E1	0,8279	0,8282	0,8276	-		0,8258
		E2	-	0,8282	-	-		0,8285
		E3	-	0,8286	-	-		0,8283
	Bac N° 4	E1	0,8278	0,8279	-	0,8277		0,8253
		E2	-	0,8290	-	-		0,8270
		E3	-	0,8289	-	-		0,8282
	Bac N° 6	E1	-	0,8290	-	-		0,8261
		E2	-	0,8288	-	-		-
		E3	-	0,8289	-	-		-
	Bac N° 7	E1	-	0,8277	0,8269	0,8275		0,8257
		E2	-	0,8290	-	-		0,8280
		E3	-	0,8288	-	-		-
Limites	Min	0,810						
	Max	0,860						

➤ **Discussion :**

La d_4^{15} du gazole est une propriété importante, puisque les organes d'injection - pompe et injecteurs - sont réglés pour délivrer un volume déterminé de carburant [2].

D'après les résultats du Tableau IV-7, on constate que les d_4^{15} obtenues sont dans la fourchette de l'intervalle [0,810 ; 0,860] donc les gazoles sont conformes. Mais si les d_4^{15} du gasoil s'écartent de l'intervalle fixé, on risquerait un mauvais fonctionnement du moteur, soit par manque de calorie, soit par suite d'une combustion incomplète [8]. C'est pour ça qu'on impose la valeur minimale de d_4^{15} qui se justifie par le souci d'obtenir une puissance maximale suffisante pour le moteur [40]. Par ailleurs, on assigne la limite maximale de d_4^{15} , afin d'éviter la formation de fumées à pleine charge, qui seraient dues à un accroissement de richesse moyenne dans la chambre de combustion [6].

IV-3-2-La viscosité cinématique à 20 °C:

Les viscosités cinématiques à 20 °C obtenues sont représentées dans le Tableau IV-8 :

Tableau IV-8 : Les viscosités cinématiques à 20 °C obtenues par les différents essais d'échantillonnages du gasoil.

Caractéristique		Viscosité à 20 °C					Unité	
Les navires	Les essais	PORTORIA M/T 1	SARACENA	ORESTINA	PORTORIA M/T 2	ANGI		
A l'intérieur du Navire	C1	4,09	4,42	4,14	4,22	4,01	Cst	
	C2	4,12	4,35	4,17	4,22	4,05		
	C3	-	-	4,16	-	-		
A l'extérieur du navire	Bac N° 2	E1	4,12	4,35	4,17	-		4,01
		E2	-	4,35	-	-		4,05
		E3	-	4,42	-	-		4,05
	Bac N° 4	E1	4,12	4,35	-	4,22		4,01
		E2	-	4,42	-	-		4,05
		E3	-	4,42	-	-		4,05
	Bac N° 6	E1	-	4,42	-	-		4,01
		E2	-	4,42	-	-		-
		E3	-	4,42	-	-		-
	Bac N° 7	E1	-	4,35	4,16	4,22		4,01
		E2	-	4,42	-	-		4,05
		E3	-	4,42	-	-		-
Limites	Min	-						
	Max	9						

➤ **Discussion :**

La viscosité du gazole doit être satisfaisante pour le fonctionnement du moteur [2]. On voit bien que les valeurs de viscosité obtenues que ce soit à l'intérieur ou à l'extérieur des navires sont inférieures à la limite fixée 9 Cst, donc on peut conclure que les gazoles sont conformes à la norme puisque la viscosité devra être suffisamment faible pour que la pulvérisation dans le cylindre soit très fine [8]. Mais, d'un autre côté, une viscosité insuffisante pourrait provoquer le grippage de la pompe d'injection [2]. À l'inverse, Un carburant trop visqueux augmenterait les pertes de charge dans la pompe et les injecteurs, ce qui tendrait à réduire la pression d'injection, à détériorer la finesse de pulvérisation et finalement à affecter le processus de combustion [40]. Il y a donc là un juste milieu à observer, mais l'essentiel est tout de même d'avoir un gazole qui se pulvérise bien [8].

IV-3-3-Point écoulement :

Les résultats des points écoulements obtenus sont regroupés dans le tableau IV-9 :

Tableau IV-9 : Les résultats des points écoulements obtenus par les différents essais d'échantillonnages du gasoil.

Caractéristique		Point d'écoulement					Unité	
Les navires	Les essais	PORTORIA M/T 1	SARACENA	ORESTINA	PORTORIA M/T 2	ANGI		
		A l'intérieur du Navire	C1	-14	-12	-14	-12	-14
C2	-14		-12	-15	-13	-13		
C3	-		-	-14	-	-		
A l'extérieur du navire	Bac N° 2	E1	-14	-12	-15	-	-14	
		E2	-	-12	-	-	-13	
		E3	-	-12	-	-	-13	
	Bac N° 4	E1	-14	-12	-	-13	-14	
		E2	-	-12	-	-	-13	
		E3	-	-12	-	-	-13	
	Bac N° 6	E1	-	-12	-	-	-14	
		E2	-	-12	-	-	-	
		E3	-	-12	-	-	-	
	Bac N° 7	E1	-	-12	-14	-13	-14	
		E2	-	-12	-	-	-13	
		E3	-	-12	-	-	-	
Limites	Min	-						
	Max	-12						

➤ **Discussion :**

Le système d'injection d'un moteur ne peut fonctionner que si le gazole est parfaitement fluide [22]. D'après les résultats du tableau IV-9, l'on peut noter que les PE de différents essais d'échantillonnages sont inférieurs ou égales à la limite fixée -12 °C, donc les résultats répondent à la norme ce qui nous permet de déduire qu'aux mêmes températures le gasoil coule encore. Puisque le gazole est un produit sensible au froid donc il peut perdre sa limpidité et sa fluidité à basse température, en raison de la présence de certains hydrocarbures paraffiniques qui peuvent cristalliser partiellement [39]. Et à plus basse température, les cristaux augmentent de taille, s'organisent en réseaux qui emprisonnent le liquide et l'empêchent de s'écouler à travers le filtre disposé sur le circuit d'alimentation [2]. Cet incident, s'il n'est pas évité, risque d'entraîner une immobilisation complète du véhicule [39]. Selon la saison, ces propriétés sont modifiées en raffinerie soit en changeant la composition du carburant soit en incorporant des additifs de façon à maintenir les performances du gazole même à basse température [22].

IV-3-4- La Distillation ASTM D 86 :

Les températures relevées en fonction des volumes de distillats évaporés sont représentées dans les tableaux suivants :

Tableau IV-10 : Les $T_{éb}$ du PI et de la fraction distillée à 65 % de différents essais d'échantillonnages du gasoil.

Caractéristique		$T_{éb}$										Unité	
		PI					65 % Vol						
Les navires	Les essais	P.MT 1	Saracen	Orestina	Portoria	Angi	P.MT 1	Saracen	Orestina	Portoria	Angi	°C	
		A l'intérieur du Navire	C1	184	186	187	187	184	283	288	281		285
C2	182		185	186	188	184	282	287	283	285	283		
C3	-		-	191	-	-	-	-	286	-	-		
A l'extérieur du navire	Bac N° 2	E1	183	186	187	-	183	283	287	285	-	276	
		E2	-	186	-	-	184	-	287	-	-	284	
		E3	-	187	-	-	182	-	287	-	-	282	
	Bac N° 4	E1	183	190	-	186	183	284	285	-	285	278	
		E2	-	187	-	-	180	-	292	-	-	278	
		E3	-	184	-	-	185	-	287	-	-	284	
	Bac N° 6	E1	-	186	-	-	186	-	287	-	-	280	
		E2	-	185	-	-	-	-	291	-	-	-	
		E3	-	185	-	-	-	-	284	-	-	-	
	Bac N° 7	E1	-	187	189	189	185	-	286	282	-	280	
		E2	-	190	-	-	184	-	288	-	-	281	
		E3	-	186	-	-	-	-	288	-	-	-	
Limites	Min	180					250						
	Max	-					-						

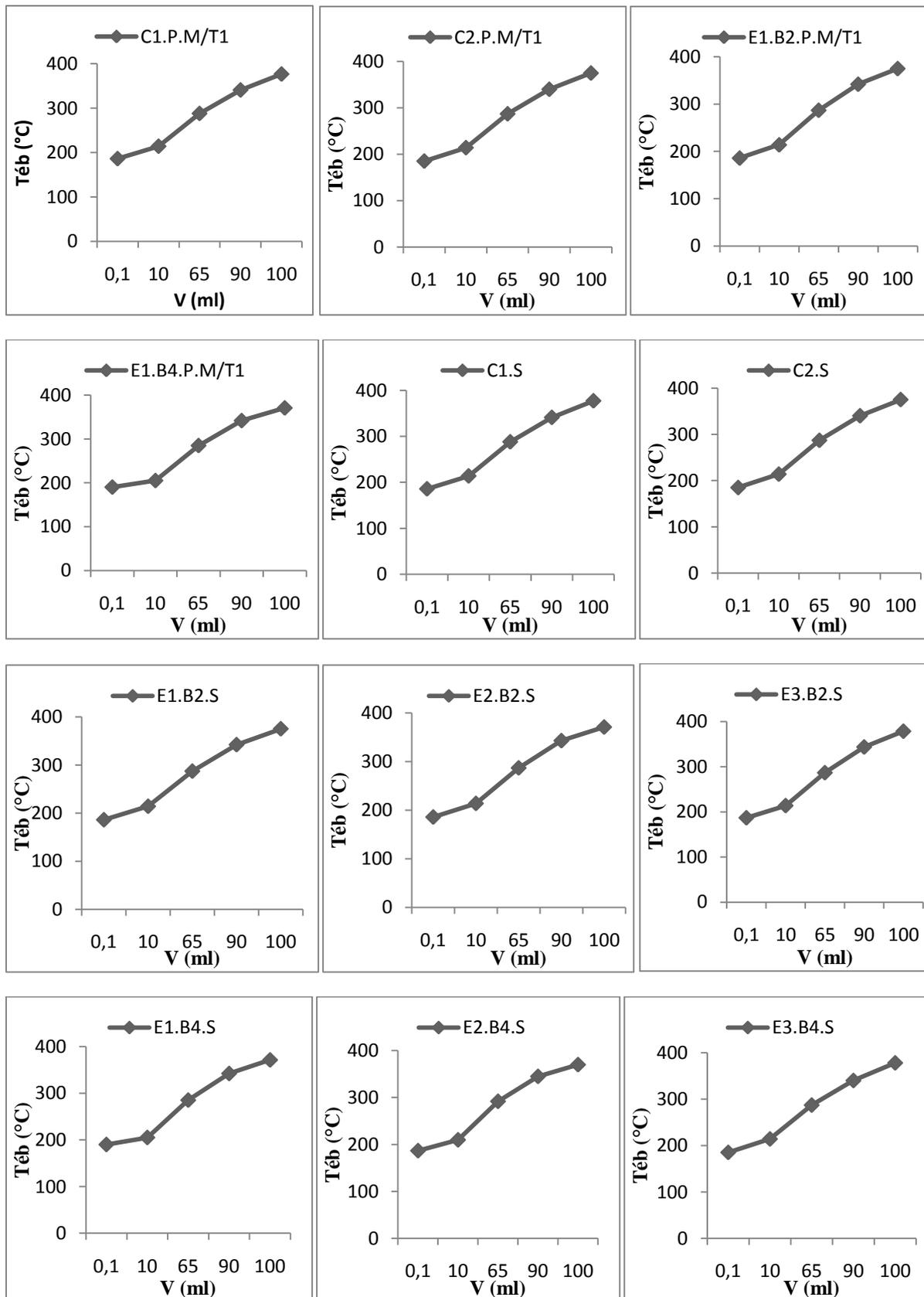
Tableau IV-11: Les $T_{éb}$ de la fraction distillée à 90 % et du PF de différents essais d'échantillonnages du gasoil.

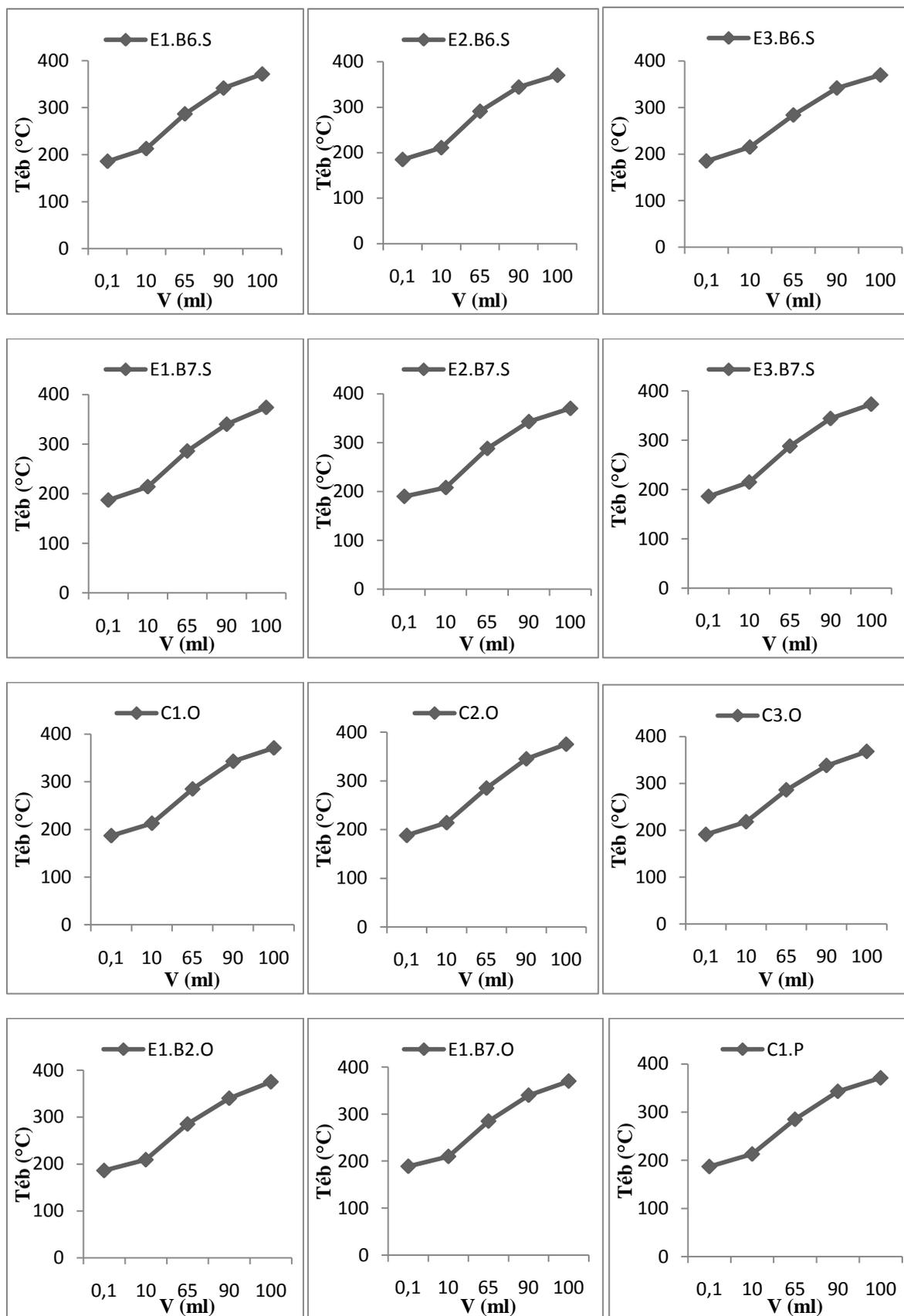
Caractéristique		Les $T_{éb}$										Unité
		90% Vol					PF					
Les navires Les essais		P.MT 1	Saracen	Orestina	Portoria	Angi	P.MT 1	Saracen	Orestina	Portoria	Angi	°C
		A l'intérieur du Navire	C1	339	341	335	343	338	370	377	362	
C2	339		340	336	345	340	365	375	363	375	373	
C3	-		-	338	-	-	-	-	368	-	-	
A l'extérieur du navire	Bac N° 2	E1	383	342	339	-	336	368	375	371	-	368
		E2	-	343	-	-	340	-	371	-	-	369
		E3	-	344	-	-	337	-	379	-	-	371
	Bac N° 4	E1	340	342	-	340	337	369	371	-	375	369
		E2	-	345	-	-	334	-	370	-	-	367
		E3	-	340	-	-	340	-	378	-	-	370
	Bac N° 6	E1	-	342	-	-	338	-	372	-	-	372
		E2	-	344	-	-	-	-	370	-	-	-
		E3	-	342	-	-	-	-	370	-	-	-
	Bac N° 7	E1	-	340	336	340	338	-	374	369	370	370
		E2	-	343	-	-	338	-	370	-	-	365
		E3	-	344	-	-	-	-	373	-	-	-
Limites	Min	-					-					
	Max	350					390					

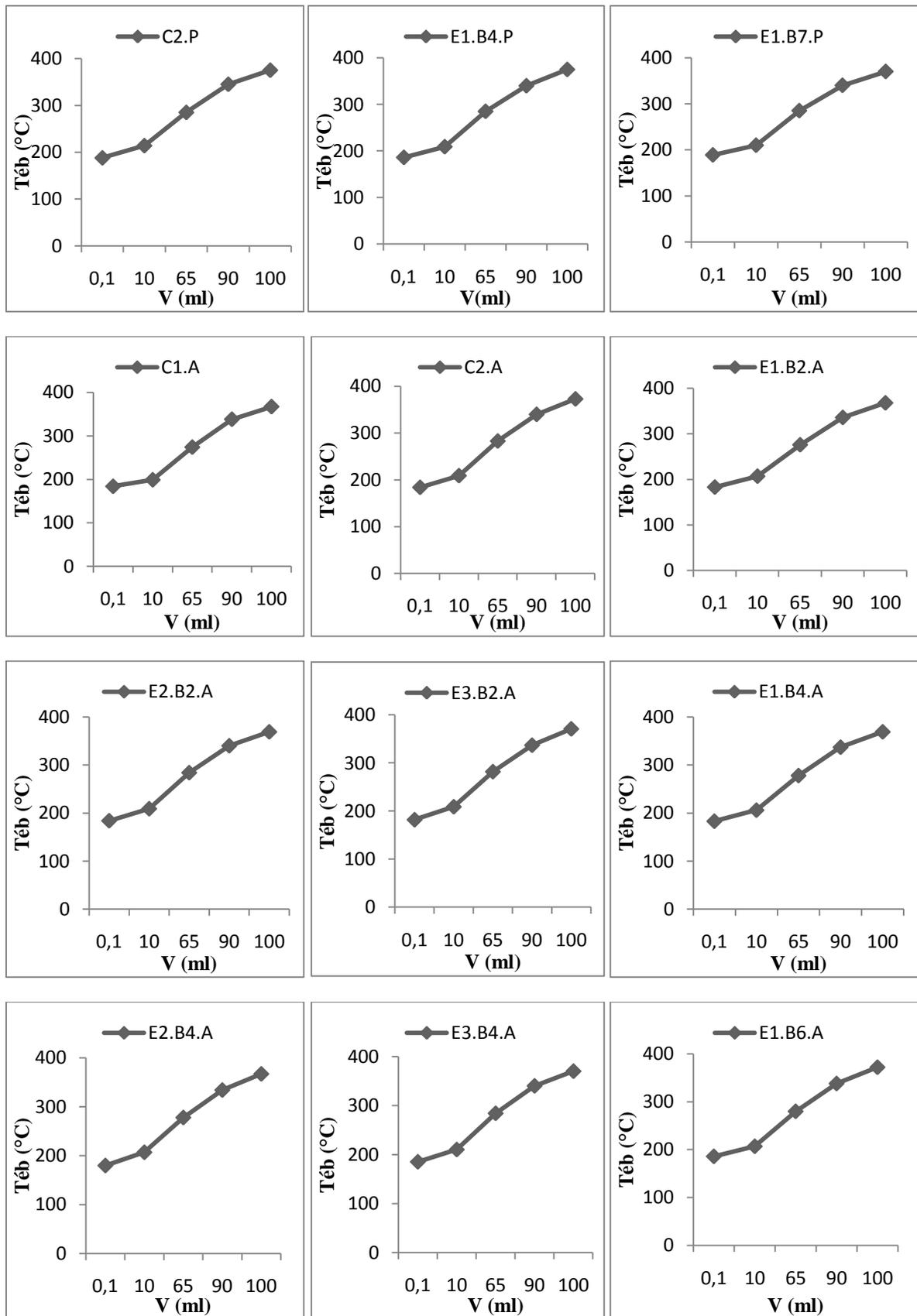
Tableau IV-12 : Les volumes des R et des P de différents essais d'échantillonnages du gasoil.

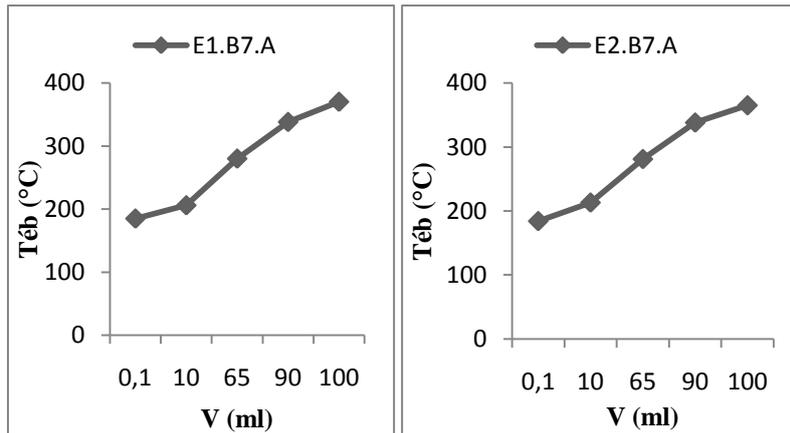
Caractéristique		Les volumes des résidus										Unité	
		R					P						
Les navires	Les essais	P.MT 1	Saracen	Orestina	Portoria	Angi	P.MT 1	Saracen	Orestina	Portoria	Angi	ml	
		A l'intérieur du Navire	C1	0,8	1	1,8	1,2	1	0,2	0,5	0,2		0,8
C2	0,9		0,8	1,8	1,4	1,1	0,1	0,2	0,7	0,6	0,9		
C3	-		-	1,4	-	-	-	-	0,1	-	-		
A l'extérieur du navire	Bac N° 2	E1	1	1,2	1,4	-	1,2	1	0,8	0,5	-	0,3	
		E2	-	1,5	-	-	0,8	-	0,5	-	-	0,2	
		E3	-	1,2	-	-	0,8	-	0,8	-	-	0,2	
	Bac N° 4	E1	1	0,8	-	1	1	1	0,2	-	0,5	1	
		E2	-	0,5	-	-	0,5	-	0,5	-	-	0,5	
		E3	-	1	-	-	1	-	0,5	-	-	0,5	
	Bac N° 6	E1	-	1,2	-	-	0,5	-	0,3	-	-	0,5	
		E2	-	0,8	-	-	-	-	0,2	-	-	-	
		E3	-	0,8	-	-	-	-	1,2	-	-	-	
	Bac N° 7	E1	-	0,5	0,5	1	1	-	0,5	0,5	0,5	1	
		E2	-	0,8	-	-	0,5	-	0,2	-	-	0,5	
		E3	-	1,5	-	-	-	-	0,5	-	-	-	
Limites	Min	-											
	Max	2											

- A partir des résultats des tableaux (IV-10, IV-11 et IV-12), on effectue le tracé des courbes de distillation ASTM ayant comme coordonnées les températures d'ébullition de tous les points obtenus en fonction des volumes distillés $T_{eb} = f(v)$:









➤ **Discussion :**

La courbe de distillation du gasoil influe directement sur le déroulement de la combustion [2]. La nécessité de réaliser une injection sous haute pression et une pulvérisation de fines gouttelettes au moyen d'un injecteur impose, pour le gasole, des caractéristiques de volatilité bien précise [6].

A la lumière de ces résultats, on peut dire que : les différents essais d'échantillons du gasoil que ce soit à l'intérieur où l'extérieur des navires ont des profils semblables [27]. D'après ces courbes de distillation, On peut donc déterminer les caractéristiques bien précises du gasoil par la définition de quelques points importants :

- Le PI distillé à partir 180°C, on voit que ses $T_{éb}$ sont supérieures à la limite fixée donc elles nous révèlent d'avoir assuré le démarrage du moteur à froid ;
- Le point à 65 % distillé à partir 250°C, et de même pour ses $T_{éb}$ sont supérieures à la limite fixée, ce qu'elles nous indiquent d'avoir des reprises du véhicule;
- Le point à 90% distillé avant 350°C, on remarque que ses $T_{éb}$ sont inférieures à la limite fixée, ce qu'elles nous confient d'avoir formation des dépôts [40] ;
- Le PF distillé avant 390°C, on observe que ses $T_{éb}$ sont inférieures à la limite fixée, donc elles nous affirment la combustion des hydrocarbures. Mais Si les $T_{éb}$ du PF sont trop élevées par rapport à la valeur maximale, il peut introduire dans le cylindre des éléments trop lourds pendant la combustion, ceux-ci auraient tendance à craquer avant de s'enflammer, autrement dit la décomposition à l'abri de l'air [8].

IV-4- Les caractéristiques chimiques du gasoil :**IV-4-1-Indice de cétane :**

Les indices de cétane calculés pour les gazoles sont enregistrés dans le tableau IV-13 :

Tableau IV-13 : Les IC calculés pour les différents essais d'échantillonnages du gasoil.

Caractéristique		Indice de cétane					Unité	
Les navires	Les essais	PORTORIA M/T 1	SARACENA	ORESTINA	PORTORIA M/T 2	ANGI		
A l'intérieur du Navire	C1	54,1	54,5	54,1	54,5	52,2	-	
	C2	53,3	54,6	54,1	54,8	53,2		
	C3	-	-	54,4	-	-		
A l'extérieur du navire	Bac N° 2	E1	53,7	54,2	54,2	-		52,7
		E2	-	54,7	-	-		53,4
		E3	-	54,3	-	-		53,3
	Bac N° 4	E1	53,9	53,9	-	54,2		53,2
		E2	-	54,8	-	-		52,6
		E3	-	54,2	-	-		53,5
	Bac N° 6	E1	-	54,2	-	-		53,4
		E2	-	55,1	-	-		-
		E3	-	53,3	-	-		-
	Bac N° 7	E1	-	54,6	54,2	54,5		53,5
		E2	-	54,8	-	-		53,2
		E3	-	54,5	-	-		-
Limites	Min	48						
	Max	-						

➤ **Discussion :**

Dans le moteur diesel, il est nécessaire que le carburant présente une structure favorable à l'auto-inflammation. Cette qualité s'exprime par l'indice de cétane et ce dernier n'exerce pas d'incidence directe sur le rendement du moteur. On remarque que les IC calculés aux différents essais d'échantillonnages du gasoil sont supérieurs à la norme 48, ils nous révèlent d'avoir obtenue une bonne qualité d'aptitude, et qui est directement liée au délai d'inflammation du carburant dans la chambre de combustion après son injection [2]. Il est donc hautement souhaitable de produire des gazoles qui ont des IC très élevés, et ces derniers favorisent un démarrage aisé [41]. Et il est préférable aussi d'être constitué de molécules de types paraffines linéaires et contenir, au contraire, des quantités très limitées d'aromatiques [5]. Par contre, l'accroissement de l'IC au niveau requis entraînerait des détériorations des qualités d'utilisation : démarrage difficile, bruit plus intense en particulier au ralenti à froid, émissions plus élevées de fumées au démarrage [42].

IV-4-2-Point éclair :

Les résultats des points éclair obtenus sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau IV-14 : Les points éclair obtenus par les différents essais d'échantillonnages du gasoil.

Caractéristique		Point éclair					Unité	
Les navires Les essais		PORTORIA M/T 1	SARACENA	ORESTINA	PORTORIA M/T 2	ANGI		
A l'intérieur du Navire	C1	72	73	72	72	68	°C	
	C2	70	74	74	73	66		
	C3	-	-	76	-	-		
A l'extérieur du navire	Bac N° 2	E1	71	70	73	-		67
		E2	-	68	-	-		69
		E3	-	70	-	-		69
	Bac N° 4	E1	72	68	-	75		70
		E2	-	69	-	-		74
		E3	-	71	-	-		70
	Bac N° 6	E1	-	70	-	-		70
		E2	-	69	-	-		-
		E3	-	71	-	-		-
	Bac N° 7	E1	-	72	72	70		70
		E2	-	71	-	-		71
		E3	-	69	-	-		-
Limites	Min	55						
	Max	-						

➤ **Discussion :**

Cette propriété n'exerce pas d'influence directe sur le comportement du moteur, mais elle est essentielle en regard de la réglementation relative à la manutention des composés inflammables [39]. On voit bien que les résultats du PE réalisés par les différents essais d'échantillonnages du gasoil sont supérieurs à 55 °C, ils nous indiquent d'avoir des gazoles convenables à la norme. Et bien puisque le gasoil est un produit combustible, lorsqu'il est chauffé à température supérieure à celle de son PE, il peut dégager des vapeurs susceptibles qui forment avec l'air des mélanges inflammables. C'est pour ça qu'il est préférable que la température ne doit toutefois pas être confondue avec la température d'auto-inflammabilité du produit [11], en raison, de réduire les risques d'inflammation dans les atmosphères, et de même pour la sécurité des opérations de transport, de transfert et de stockage [2].

IV-4-3-La couleur :

Les valeurs de couleur obtenues sont encadrées dans le tableau suivant :

Tableau IV-15: Les résultats de couleur obtenus par les différents essais d'échantillonnages du gasoil.

Caractéristique		Couleur					Unité	
Les navires	Les essais	PORTORIA M/T 1	SARACENA	ORESTINA	PORTORIA M/T 2	ANGI		
A l'intérieur du Navire	C1	< 1	<1,5	<1,5	<1,5	<0,5	-	
	C2	< 1	<1,5	<1,5	<1,5	<0,5		
	C3	-	-	<1,5	-	-		
A l'extérieur du navire	Bac N° 2	E1	< 1	<1,5	<1,5	-		<0,5
		E2	-	<1,5	-	-		<0,5
		E3	-	<1,5	-	-		<0,5
	Bac N° 4	E1	< 1,5	<1,5	-	<1,5		<0,5
		E2	-	<1,5	-	-		<0,5
		E3	-	<1,5	-	-		<0,5
	Bac N° 6	E1	-	<1,5	-	-		<0,5
		E2	-	<1,5	-	-		-
		E3	-	<1,5	-	-		-
	Bac N° 7	E1	-	<1,5	<1,5	<1,5		<0,5
		E2	-	<1,5	-	-		<0,5
		E3	-	<1,5	-	-		-
Limites	Min	-						
	Max	2,5						

➤ **Discussion :**

On distingue que les résultats de couleur obtenus par les différents essais d'échantillonnages sont inférieurs à la limite fixée 2,5 donc on peut déduire que les gazoles sont satisfaisants à la norme. Bien que la couleur soit sans incidence directe sur les qualités d'utilisation des gazoles. Mais l'évolution de cette dernière lors de stockage prolongé et le transport. Et de même à l'intérieur du véhicule le gazole est soumis à la chaleur (circuit de retour des injecteurs, stationnement au soleil), au contact de l'oxygène et l'humidité de l'air (respiration des réservoirs). Ces situations peuvent conduire à une dégradation du carburant, et cette détérioration s'accompagne souvent par la formation de sédiments et de gommes [2]. Et ces derniers pouvant endommager le système d'injection ou laisser des dépôts dans le moteur. Le gasoil doit donc avoir une composition stable de sa fabrication à son utilisation comme carburant, C'est pourquoi qu'il est préférable d'utiliser des additifs qui permettent d'améliorer la stabilité de la couleur du produit [22].

IV-4-4-La teneur en eau :

Les résultats de la teneur en eau obtenus sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau IV-16: Les résultats de la teneur en eau obtenus par les différents essais d'échantillonnages du gasoil.

Caractéristique		Teneur en eau					Unité	
Les navires	Les essais	PORTORIA M/T 1	SARACENA	ORESTINA	PORTORIA M/T 2	ANGI		
A l'intérieur du Navire	C1	TND	TND	TND	TND	TND	% Vol	
	C2	TND	TND	TND	TND	TND		
	C3	-	-	TND	-	-		
A l'extérieur du navire	Bac N° 2	E1	TND	TND	TND	-		TND
		E2	-	TND	-	-		TND
		E3	-	TND	-	-		TND
	Bac N° 4	E1	TND	TND	-	TND		TND
		E2	-	TND	-	-		TND
		E3	-	TND	-	-		TND
	Bac N° 6	E1	-	TND	-	-		TND
		E2	-	TND	-	-		-
		E3	-	TND	-	-		-
	Bac N° 7	E1	-	TND	TND	TND		TND
		E2	-	TND	-	-		TND
		E3	-	TND	-	-		-
Limites	Min	TND						
	Max							

➤ **Discussion :**

On voit que les teneurs en eau de différents essais d'échantillonnages du gasoil sont identiques à la limite fixée TND donc les gazoles sont conformes. En dessus de cette norme, le carburant ne répond plus aux exigences. Et la présence d'eau peut être :

- Une source de développement de micro-organismes qui créeront des boues et obstrueront les filtres ;
- Une évaluation de la contamination totale présente dans le gazole permettra d'en valider ou non son emploi.

Par ailleurs, des phénomènes de corrosion peuvent apparaître prématurément endommageant le système d'injection et les cuves de stockage [36].

C'est pour ces raisons, que la teneur en eau dans le gazole est fixée très strictement par la norme. Une teneur faible garantie une meilleure qualité produit (moins de risque de corrosion et de contamination bactérienne), et de plus les cuves de distribution ont un piquage situé au dessus du niveau bas et tous les véhicules sont équipés d'un filtre à gazole faisant office de piège à eau [43].

Conclusion générale

En conclusion, L'objectif principal de cette étude était de déterminer l'impact des caractéristiques physico-chimiques des carburants sur le fonctionnement des moteurs.

Des ensembles d'analyses présentés ont été réalisés dans laboratoire NAFTAL pour les deux carburants commerciaux, automobiles de type essence super et de gazole suivant les normes qui définissent les différentes techniques d'analyses des propriétés physico-chimiques.

Les résultats obtenus pour les gazoles révèlent que :

- Les d_4^{15} obtenues sont conformes. Donc elles exercent des bonnes influences complexes sur l'injection et la préparation du mélange auto-inflammable ;
- Les courbes de distillation et les PE sont convenables aux normes, ils nous indiquent d'avoir une bonne volatilité des gazoles au cours de leurs utilisations. Pour le PE a un critère de sécurité lors des opérations de stockage et de distribution. Par contre la courbe de distillation du gazole influence directement sur le déroulement de la combustion ;
- Et de même pour les viscosités et les P_{Ec} sont conformes, ils illustrent une influence directe sur les caractéristiques d'injection, et en particulier sur la taille des gouttelettes du jet du gazole ;
- Enfin, les IC obtenus sont bons donc on peut déduire qu'ils ont des meilleurs pouvoirs pour caractériser la contribution des gazoles à s'auto-enflammer.

Les résultats obtenus aussi pour les essences super démontrent que :

- Les d_4^{15} obtenues sont satisfaisantes pour l'utilisation du véhicule ;
- Les TVR et les courbes de distillation des essences super obtenues sont conformes, elles détectent d'avoir une bonne volatilité du carburant durant son utilisation. Les courbes de distillation représentent l'évolution de la volatilité dans un moteur à essence et pour Les TVR procurent l'effet de l'explosion dans le moteur ;
- Les corrosions obtenues sont conformes, elles démontrent que la présence de certains composés soufrés n'est pas agressive.

Donc on peut conclure que les propriétés physico-chimiques des deux carburants sont différentes complètement, et elles nous donnent des renseignements sur le comportement des carburants lors de leurs utilisations. Et d'ailleurs leurs résultats peuvent être considérés admissibles sur les moteurs des véhicules et ne présentent aucun danger pour la consommation.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] : J.-C. GUIBET. " Carburants liquides, caractéristiques et principes généraux". BE 8543 Techniques de l'ingénieur, pp.1-2. 2011.
- [2]: J-C. GUIBET. " Carburants et moteurs : Technologies, énergie, environnement". Tomes 1 et 2, pp. 339-375. Éditions Technip, 1997.
- [3]: X. MONTAGNE, J.-C.GUIBET. "Carburants liquides : Essences et carburants pour moteurs à allumage commandé". BE 8 544 Techniques de l'ingénieur, pp. 12-13. 2011.
- [4]: É. TECQUÉ, C. TRAVERS. "pétrole". BE 8520 Techniques de l'ingénieur, pp.1- 16. 2010.
- [5] : J.-P. FAVENNEC (1998). " Le Raffinage du pétrole : Exploitation et gestion de la raffinerie". Tome 5, pp. 55-126. Éditions OPHRYS, 1998.
- [6]: J.-P .WAUQUIER . "Le raffinage du pétrole: pétrole brut, produits pétroliers et schémas de fabrication". Tome 1, pp. 188-216 . Éditions OPHRYS, 1994.
- [7] : J.-C. GUIBET. "Les carburants et la combustion- Composition et caractéristiques des carburants ". BM 2520 Techniques de l'ingénieur, pp. 3-4. 2000.
- [8]: A. TREIL, X. NORMAND. "L'industrie du raffinage du pétrole: leçons sommaires ". Tome1, pp.59-68. Éditions Technip, 1985.
- [9]: J. LAXALDE. "Analyse des produits lourds du pétrole par spectroscopie infrarouge". Thèse Doctorat. Université de Lille 1- Sciences et Technologies, pp. 24-26. 2012.
- [10]: D. UZIO." catalyse a raffinage ". Division catalyse - Société Chimique de France , pp.1-2. 2011.
- [11] : J.-M. STELLMAN. "Encyclopédie de sécurité et de santé au travail". Vol 3, pp. 78.9-78.12. International Labour Organisation, 2002.
- [12]: R. PERRIN, J.-P. SCHARFF. "Chimie industrielle: cours 2e et 3e cycle école d'ingénieurs", pp. 63-66. Éditions Dunod, 2002.
- [13] : Conférence européenne des ministres des Transports. "Glossaire des statistiques de transport ", pp.72-73. 3éme Éditions Nations Unies, 2006.
- [14]: C. PILORGET, B. DANANCHE, D. LUCE, J. FEVOTTE. (2007). "Éléments techniques sur l'exposition professionnelle aux carburants et solvants pétroliers". Institut de veille sanitaire, pp. 6-8. 2007.

[15]: X. MONTAGNE. "Carburants liquides: gazoles, jets fuels et autres distillats moyens". BE 8 545 v2 Techniques de l'ingénieur, pp. 3-4. 2011.

[16]: Publications Un. "2000 Annuaire des statistiques de l'énergie ", pp. 114-117. Nations Unies, 2002.

[17]: R. BORGHI, M. DESTRIAU." La combustion et les flammes", pp.7-9. Éditions Technip, 1995.

[18]: E.-D. PASQUIER. " Investigation des incendies de véhicules automobiles", pp. 30-32. Presses polytechniques et universitaires romandes, 2003.

[19]: J.TRAPY. " Moteur à allumage commandé". BM 2 540 Techniques de l'ingénieur, pp. 8-9. 2000.

[20]: M. Martens. " Les émissions de polluants par le trafic automobile". Fédération Belge de l'industrie de l'automobile et du cycle, pp.5-6. 2008.

[21]: P. PIRSON, A. BRIBOSIA, C. Martin, A. TADINO, R. - V. ELSUWE
" Chimie 5e/6e – Manuel: Sciences de base", pp. 43-44. Éditions De Boeck, 2004.

[22]: J.-P. SAWERYSYN. "Carburants d'aujourd'hui, carburants de demain: Impacts sur la pollution atmosphérique", pp. 5-6. 1999.

[23]: ASTM D 1298-99. " Méthode d'essai standard pour la densité, la densité relative (gravité spécifique), ou API Gravité de pétrole brut et de produits pétroliers liquides par Hydromètre Méthode." ASTM International, 2005.

[24]: Manuel d'entreprise NAFTAL."Recueil De Normes Algériennes -Produits Carburants ", pp. 1-19.

[25]: ASTM D86. "Méthode d'essai standard pour la distillation des produits pétroliers à la pression atmosphérique". ASTM International, 2012.

[26]: J.-C. GUIBET. "Caractéristiques des produits pétroliers". K325 Techniques de l'ingénieur, pp. 2-7. 1997.

[27]: P. WUITHIER. "Le pétrole raffinage et génie chimique ". Tome 1, pp. 5-30. Éditions Technip, 1972.

[28]: ISO 3007. " Produits pétroliers et pétrole brut — Détermination de la pression de vapeur — Méthode Reid". Institut Charles Sadron, 1999.

[29] : ASTM D446. " Caractéristiques standard et Instructions pour capillaire en verre Viscosimètres cinématiques". ASTM International, 2012.

[30] : ASTM D 97. " Méthode d'essai standard pour point d'écoulement de produits pétroliers". ASTM International, 2012.

[31] : ISO 2049. "Produits pétroliers -- Détermination de la couleur (échelle ASTM D 1500)". Institut Charles Sadron, 1996.

[32] : ASTM D976. " Méthode d'essai standard pour indice calculé l'indice de cétane des distillats". ASTM International, 2011.

[33] : ISO 2719. "Détermination du point d'éclair — Méthode Pensky-Martens en vase clos". Institut Charles Sadron, 2002.

[34] : J-M. PETIT, J-L. POYARD. "Les mélanges explosifs : Gaz et vapeurs". ED 911 Institut National de Recherche et de Sécurité, pp. 8-9. 2004.

[35] : ASTM D95. " Méthode d'essai standard pour l'eau dans les produits pétroliers et les matériaux bitumineux par distillation". ASTM International, 2013.

[36] : T. GAYET. "Présence d'eau dans les gazoles". MécaTech produits de maintenance haute performances: lubrifiants spéciaux, pp. 5- 6. 2005.

[37] : ASTM D130. " Méthode d'essai standard pour corrosive sur le cuivre à partir de produits pétroliers par Test Cuivre bande". ASTM International, 2012.

[38] : P. DEGOBERT. "Automobile et pollution", pp. 338-382. Éditions Technip, 1992.

[39]: J.-C. GUIBET. "Carburants et combustible liquides". A 1 730 Techniques de l'ingénieur, pp. 16- 17. 1988.

[40]: X. MONTAGNE. "Carburants liquides: gazoles, jets fuels et autres distillats moyens". BE 8 545 v2 Techniques de l'ingénieur, pp. 3-4. 2011.

[41]: J. BLIN, S. MOURAS, S.-D.-S. SIDIBE, Ph. GIRARD, G. VAITILINGOM, B.PECHINE. " Guide technique pour l'utilisation d'huile végétale carburant dans des moteurs diesel stationnaires". Institut international d'ingénierie de l'eau et de l'environnement, pp. 12-13. 2014

[42]: A. GERINI, X. MONTAGNE. "Analyse de la sensibilité aux paramètres gazoles d'un moteur diesel d'automobile à injection directe " Institut français du pétrole, pp. 13-15. 1997.

[43] : S. BARBUSSE, G. PLASSAT." Les particules de combustion automobile et leurs dispositifs d'élimination". Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie, PP. 30-31. 2005.

Annexe

Tableau 1 : Les normes d'analyses pour essence Super.

Caractéristiques	Unités	Méthodes d'essai	Normes Algériennes	Limites	
				Min	Max
La Densité à 15°C	-	ASTM D2298	NA 417	0,730	0,770
Aspect	-	ASTM D4176-04	ASP Visuelle	Clair et limpide	
Distillation 10 % Vol	°C	ASTM D 86	NA 1445	-	70
50 % Vol				-	140
95 % Vol				-	195
PF				-	205
Résidus	% Vol			-	2
Tension vapeur reid TVR 01/11 au 31/03 Hiver	Kpa	ASTM D 5191	NA 422	-	0,800
01/04 au 31/10 été				-	0,650
Corrosion lame de cuivre	cotation	ASTM D 130	NA 566	-	1b

Tableau 2 : Les normes d'analyses pour Gasoil.

Caractéristiques	Unités	Méthodes	Normes Algériennes	Limites	
				Min	Max
Densité à 15°C	-	ASTM D 1298	NA 417	0,810	0,860
Aspect	-	ASTM D 4176-04	ASP Visuelle	Limpide	
Couleur	-	-	NA 1145	-	2,5
Point Eclair Pensky Martin	°C	ISO 2719	NA 2658	55	-
Point d'écoulement Hiver du 01/11 au 30/03	°C	ASTM D 97	NA 2660	-	-12
Eté du 01/04 au 30/10				-	-7
Distillation 65% Vol	°C	ASTM D 86	NA 1445	250	-
90% Vol				-	350
PF				-	390
Résidus				% Vol	-
Teneur en Eau	% Vol	ASTM D 95	NA 421	TND	
Viscosité à +20°C	Cst	ASTM D 445	NA 1443	-	9,0
Indice de cétane	-	ASTM D 976	NA 8117	48	-

