



وزارة البحث العلمي والتعليم العالي  
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE  
LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
جامعة عبد الحميد بن باديس مستغانم  
Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem  
كلية العلوم و التكنولوجيا  
Faculté des Sciences et de la Technologie  
DEPARTEMENT DE GENIE DES PROCÉDES



N°d'ordre : M...../GC/2019

**MEMOIRE DE FIN D'ETUDES  
DE MASTER ACADEMIQUE**

**Filière : Génie des procédés**

**Option: Génie Chimique**

**Thème**

**ETUDE DE LA QUALITE DU BITUME ROUTIER 40/50  
ISSU DE LA RAFFINERIE D'ARZEW (RA1Z)**

Présenté par :

1. CHADLI Laid
2. CHOUARFIA Hichem

Soutenu le 20/06/2019 devant le jury composé de :

Président :	Mr BENTOUAMI.A	Professeur	Université de Mostaganem
Examineur :	BENALIOUA.B	Maitre de conférences	Université de Mostaganem
Rapporteur :	Mr AZIZ.A	Professeur	Université de Mostaganem

Année Universitaire 2018/2019

# REMERCIEMENTS

Avant tout nous tenons à remercier « Allah », qui nous a incités à acquérir le savoir et qui nous a aidés à terminer mon travail.

Le travail qui fait l'objet du présent mémoire à été réalisé au niveau de La raffinerie d'ARZEW

Nous tenons dans un premier temps à remercier notre encadreur Mr AZIZ abdallah pour son aide ,ses conseils et ses encouragements et à qui nous souhaitons présenter l'expression de notre profonde gratitude pour nous avoir encadrés et pendant la réalisation de ce mémoire de fin d'étude. Nous ne saurions trouver les mots pour lui exprimer toute nos gratitude.

Nos vifs remerciements aux membres de jury qui nous ont fait l'honneur d'accepter de juger notre travail.

Nos vifs remerciements également aux enseignants du département de génie chimique de la Faculté de chimie de l'Université abdelhamid ibn badis mostaganem

- ❖ Nous adressons également un grand merci à Mr RAFAA ingénieur d'exploitation (unité de fabrication de bitume ), et Mr saddouk chef de service de la zone 10.
- ❖ A l'ensemble du personnel de la zone 10 de production de bitume.
- ❖ Nous remercions évidemment l'ensemble du personnel de la Raffinerie d'Arzew , et Monsieur HAFID ingénieur exploitation de la Zone 5.et Monsieur MUSTAPHA (département technique).

Merci à tous ceux qui ont répondu à nos questions, qui nous ont donné un coup de main.

# Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

*À la mémoire de mon très cher PAPA. Je prie Dieu le  
tout puissant pour que son âme repose en paix.  
Malgré les douleurs et la souffrance nous continuons  
la route de notre vie.*

*Je le dédie aussi à ma chère maman qui m'a transmis  
la vie, l'amour et qui m'a appris la persévérance et la  
patience;*

*À mon très cher frère Reda ;*

*À mes soeurs adorées (Marwa, Kheira) ;*

*À mes grands-parents qui n'ont cessé de prier pour  
moi.*

*À toute la famille ;  
À tous mes amis (es).*

***Laid.***

# Dédicaces

*A mes Chers parents  
Mère Yamina  
Père Abdelkader*

*Pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse,  
leurs présences et leurs prières tout au long de mes  
études universitaires*

*A ma chère sœur Kenza pour son encouragement  
permanent, et son soutien moral  
Et également à mes chers frères Charef, et Mohamed  
el Mehdi.*

*Ainsi qu'à toutes personnes de loin ou de près qui  
m'ont aidée dans l'élaboration de mon projet.*

*À tous mes amis (es).*

***Hichem.***

## LISTE DES TABLEAUX

CHAPITRE I : PRÉSENTATION DE LA RAFFINERIE D'ARZEW.....	3
TABLEAU I-1 : CAPACITÉS ANNUELLES DE PRODUCTION DE DIFFÉRENTES UNITÉS.....	3
TABLEAU I-2: CARACTÉRISTIQUES DU BRI.....	10
TABLEAU I-3:SPÉCIFICATIONS DU BITUME 40/50 .....	11
TABLEAU I-4: SPÉCIFICATIONS DES PRODUITS DE L'UNITÉ 15 .....	16
CHAPITRE III : PROBLÉMATIQUE .....	27
TABLEAU III-1 : SPÉCIFICATIONS DU PRODUIT BITUME 40/50 .....	28
TABLEAU III-2: SPÉCIFICATIONS DE LA PÉNÉTRABILITÉ DES ASPHALTES .....	29
TABLEAU III-3: SPÉCIFICATIONS DE LA QUANTITÉ DES ASPHALTES. ....	30
TABLEAU III-4 : SPÉCIFICATIONS DE LA COLONNE D'OXYDATION (14C2) .....	31

## LISTE DES FIGURES

CHAPITRE I : PRÉSENTATION DE LA RAFFINERIE D'ARZEW .....	3
FIGURE I-1 : SCHÉMA SYNOPTIQUE DES INSTALLATIONS DE LA RAFFINERIE D'ARZEW .....	9
FIGURE I-2 : CIRCUIT DE CHARGE DE L'UNITÉ 14.....	12
FIGURE I-3 : CIRCUIT DE FOND DE LA COLONNE SOUS VIDE.....	13
FIGURE I-4: CIRCUIT DES SOUTIRAGES LATÉRAUX DE LA COLONNE SOUS VIDE 14C1.....	14
FIGURE I-5: CIRCUIT DE L'OXYDATION (UNITÉ 14) .....	15
FIGURE I-6 : SCHÉMA DE FABRICATION DU BITUME OXYDÉ (UNITÉ 15).....	18
CHAPITRE II : GÉNÉRALITÉS SUR LES BITUMES .....	19
FIGURE II -1 : REPRÉSENTATION STRUCTURALE DES QUATRE FRACTIONS DE BITUME .....	25
CHAPITRE IV : COMPAGNE DE SUIVI.....	33
FIGURE IV-1 : POINT DE RAMOLLISSEMENT DURANT LA PÉRIODE DE SUIVI.....	33
FIGURE IV-2 : VARIATION DU POINT DE FLASH DURANT LA PÉRIODE DE SUIVI.....	34
FIGURE IV-3 : VARIATION DE LA PÉNÉTRABILITÉ ET LA DUCTILITÉ AU COUR DU TEMPS.....	35
FIGURE IV-4: VARIATION DE LA PÉNÉTRABILITÉ AU COUR DU TEMPS.....	36
FIGURE IV-5 : VARIATION DE LA PÉNÉTRABILITÉ ET DE LA TEMPÉRATURE DU BAIN AU COUR DU TEMPS .....	37
FIGURE IV-6: PÉNÉTRABILITÉ ET DIFFÉRENCE DE TEMPÉRATURE EN FONCTION DU TEMPS .....	38
FIGURE IV-7: VARIATION DE LA PÉNÉTRABILITÉ ET DU DÉBIT D'AIR EN FONCTION DU TEMPS..	39
FIGURE IV-8: VARIATION DE LA PÉNÉTRABILITÉ ET DU RAPPORT AIR/CHARGE EN FONCTION DU TEMPS .....	41
FIGURE IV-9 : VARIATION DU TEMPS DE SÉJOUR ET DE LA PÉNÉTRABILITÉ EN FONCTION DU TEMPS..	43
FIGURE IV-10: EFFET DE L'ASPHALTE SUR LA PÉNÉTRABILITÉ DU BITUME.....	44
FIGURE IV-11: RELATION ENTRE LA PÉNÉTRABILITÉ D'ASPHALTE ET PÉNÉTRABILITÉ DU BITUME ..	45

## ABREVIATIONS

**BRI** : brut réduit importé.

**LPG** : gaz de pétrole liquéfié.

**LSRN** : naphtha léger.

**HSRN** : naphtha lourd.

**BRA** : résidu atmosphérique.

**RSV** : résidu sous vide.

**MEC** : Méthyle Ethyle Cétone.

**SPO** : SPindle Oil (huile légère).

**MVO** : huile mi-visqueuse.

**VO** : huile visqueuse.

**BS** : Bright Stock.

**DAO** : Des Asphaltting Oil.

**LVGO** : gaz oil léger.

**MVGO** : gaz oil moyen.

**HVGO** : gaz oil lourd.

**ASTM** : American Society for Testing and Material.

**IP** : Indice de Protection.

# SOMMAIRE

INTRODUCTION GÉNÉRAL .....	1
1. PRÉSENTATION DE LA RAFFINERIE D'ARZEW .....	3
I.1. INTRODUCTION .....	3
I.2. CAPACITÉS DE TRAITEMENT .....	3
I.3. PRÉSENTATION DES PRINCIPALES INSTALLATIONS DE RA1Z .....	4
I.3.1. DÉPARTEMENT DE PRODUCTION P1 .....	4
I.3.1.1. ZONE 03 (LES UTILITÉS) .....	4
I.3.1.2. ZONE 04 (LES CARBURANTS) .....	4
I.3.1.3. ZONE 07 (LES LUBRIFIANTS 1) .....	5
I.3.1.4. ZONE 10 (PRODUCTION DE BITUMES) .....	5
I.3.1.5. LES ZONES DE STOCKAGE .....	6
I.3.2. DÉPARTEMENT DE PRODUCTION P2 .....	6
I.3.2.1. ZONE 05 (LES HUILES DE BASE) .....	6
I.3.2.2. ZONE 19 (LES UTILITÉS) .....	6
I.3.3. DÉPARTEMENT DE PRODUCTION P3 .....	7
I.3.3.1. ZONE 06 (PRODUCTION DES HUILES FINIES ET DES GRAISSES) .....	7
I.3.3.2. UNITÉ 3000 (PRODUCTION DES HUILES FINIES ET DES GRAISSES) .....	7
I.3.3.3. UNITÉ 3900 (PRODUCTION DES HUILES FINIES) .....	7
I.3.4. DÉPARTEMENT DE PRODUCTION P4 .....	7
I.3.4.1. ZONE 28 (STOCKAGE ET EXPÉDITION) .....	7
I.3.4.2. ZONE 30 (CHARGEMENTS DE PRODUITS FINIS) .....	7
I.3.4.3. ZONE 27 (STATION DE TRAITEMENT DES EFFLUENTS) .....	7
I.3.5 LABORATOIRE DE CONTRÔLE .....	8
I.3.6 DÉPARTEMENT DE SÉCURITÉ INDUSTRIELLE .....	8
I.3.7 DÉPARTEMENT DE PLANNING ET PROGRAMME .....	8
I.3.7.1 SERVICE I.S.P .....	8
I.3.7.2 SERVICE PLANNING ET PROGRAMME .....	8
I.4 PRÉSENTATION DE LA ZONE 10 .....	10
I.4.1 DESCRIPTION DE L'UNITÉ 14 .....	11
I.4.2 DESCRIPTION DE L'UNITÉ 15 .....	16
I.4.2.1. CRUIT BITUME OXYDÉ 15 .....	17
II. GÉNÉRALITÉS SUR LES BITUMES .....	19

II.1. INTRODUCTION .....	19
II.2. CARACTÉRISTIQUES DES BITUMES .....	19
II.3. TYPE DES BITUMES .....	19
II.4. FABRICATION DES BITUMES .....	21
II.5. APPLICATIONS DES BITUMES .....	22
II.6. PROPRIÉTÉS RECHERCHÉES POUR LES BITUMES .....	22
II.7. LES MÉTHODES DE SÉPARATION DES BITUMES .....	24
II.8. CHIMIE DES BITUMES .....	24
II.8.1. ANALYSE DE LA STRUCTURE DES BITUMES .....	24
II.8.2. CARACTÉRISATION DES FRACTIONS DE BITUME .....	25
II.8.2.1. LES SATURÉS .....	26
II.8.2.2. LES AROMATIQUES .....	26
II.8.2.3. LES RÉSINES .....	26
II.8.2.4. LES ASPHALTÈNES .....	26
III. PROBLÉMATIQUE .....	27
III.1. PRÉSENTATION DU PROBLÈME .....	27
III.2. ANALYSE DU PROBLÈME .....	32
III.2.1. PARAMÈTRES OPÉRATOIRES .....	32
III.2.2. PARAMÈTRES PHYSICO-CHIMIQUES .....	32
III.3. OBJECTIFS DU TRAVAIL .....	32
IV. COMPAGNE DE SUIVI DES PARAMÈTRES PHYSIQUES DU BITUME .....	33
IV.1. INTRODUCTION .....	33
IV.2. POINT DE RAMOLLISSEMENT .....	33
IV.3. POINT DE FLASH .....	34
IV.4. DUCTILITÉ .....	35
IV.5. PÉNÉTRABILITÉ .....	36
IV.6. EFFET DE LA TEMPÉRATURE SUR LA PÉNÉTRABILITÉ .....	37
IV.6.1. TEMPÉRATURE DU BAIN .....	37
IV.6.2. EFFET DU GRADIENT DE TEMPÉRATURE $\Delta T$ .....	38
IV.7. EFFET DES PROPRIÉTÉS DE L' AIR INJECTÉ DANS LA COLONNE 14C2 SUR LA PÉNÉTRABILITÉ .....	39
IV.7.1. DÉBIT D' AIR .....	39
IV.7.2. RAPPORT AIR/CHARGE .....	40
IV.8. EFFET DU TEMPS DE SÉJOUR SUR LA PÉNÉTRABILITÉ .....	41
IV.8.1. CALCUL DU TEMPS DE SÉJOUR .....	41

IV.8.1.1. TEMPS DE SÉJOUR DESIGN.....	42
IV.8.1.2. TEMPS DE SÉJOUR REEL .....	43
IV.9. EFFET DE L' ASPHALTE SUR LA PÉNÉTRABILITÉ .....	44
IV.10. INFLUENCE DE POINT DE PÉNÉTRABILITÉ D' ASPHALTE SUR LA PÉNÉTRABILITÉ.....	45
CONCLUSION .....	46
RECOMMANDATION .....	47

#### BIBLIOGRAPHIE

#### ANNEXES

ANNEXE A: SPÉCIFICATIONS DES BITUMES ROUTIERS(NF T65-0011979).

ANNEXE B: SPÉCIFICATIONS DES BITUMES ROUTIERS(EN 12591 2000).

ANNEXE C: SPÉCIFICATIONS DES BITUMES ROUTIERS (NA 5265 2006).

# INTRODUCTION GENERALE

Le pétrole est un liquide huileux d'origine naturelle, de couleur foncée et d'une odeur âcre. C'est un mélange complexe d'hydrocarbures de différentes familles (paraffiniques, naphthénique et aromatiques) associé à des composés oxygénés, azotés et sulfurés ainsi qu'à des traces particulières (métaux, sels, etc.).

La raffinerie du pétrole est une industrie lourde qui transforme le pétrole brut en une gamme de produits énergétiques tels que les carburants et les combustibles et des produits non énergétiques tels que les matières premières pour la pétrochimie, les solvants pour les peintures, les huiles, les graisses, les paraffines, les cires et les bitumes. La raffinerie est un ensemble d'unités de fabrication. Ces unités utilisent des procédés physiques ou chimiques que l'on peut classer en trois catégories à savoir: la séparation, la conversion et l'épuration. On trouve également dans une raffinerie des unités support telles que les utilités, l'électricité, la vapeur et l'hydrogène.

Le bitume est un matériau présent naturellement dans l'environnement ou pouvant être fabriqué industriellement par distillation directe de certains pétroles bruts. Il est composé d'un mélange d'hydrocarbures, peut se trouver à l'état liquide ou solide et a une couleur brunâtre à noirâtre. Le bitume est liquéfiable à chaud et adhère aux supports sur lesquels on l'applique. Il possède un certain nombre de qualités physico-chimiques dont l'homme a su faire usage depuis la Préhistoire. Dans le langage courant, on le confond souvent avec la poix, le goudron d'origine houillère, ou l'asphalte dont il n'est qu'un composant.

Pour garantir des chaussées durables, on doit avoir un bitume qui soit: pompable et maniable lors de sa mise en œuvre et suffisamment rigide aux températures élevées de service pour maintenir la queuelette granulaire et limiter le fluage des enrobés. Ces caractéristiques vont permettre d'éviter ainsi le phénomène d'orniérage qui se manifeste typiquement autour de 50°C selon le trafic et le climat. Aussi, il doit être suffisamment mou aux basses températures de service pour permettre aux contraintes de se relaxer et résister ainsi à la fissuration par fatigue ou par retrait thermique.

## INTRODUCTION GENERALE

Parmi les produits issus de la raffinerie d'ARZEW (RA1Z), on s'est intéressé dans notre travail au bitume routier (Grade 40/50). Ce thème, qui nous a été proposé par les responsables de l'unité, se présente comme un problème récurrent de qualité qui persiste depuis quelques années déjà.

Ils'agit de la caractéristique pénétrabilité du bitume routier (grade 40/50), dont la spécification est difficile à respecter.

A cet effet, ce travail est devisé en trois chapitres : le premier est consacré à la présentation de la raffinerie d'Arzew et en particulier la zone 10. Dans le second chapitre, nous avons donné une revue bibliographique sur les bitumes et leurs composition. Le troisième chapitre constitue la partit pratique de notre travail qui se résume en une compagne de suivi et analyses physico-chimiques de la charge du Brute Réduit Importé (BRI) et le bitume routier (grade40/50). En fin, notre travail se termine par une conclusion générale et des recommandations.

## I. PRÉSENTATION DE LA RAFFINERIE D'ARZEW

### I.1.Introduction

La raffinerie d'Arzew est considérée comme un important complexe industriel, réalisé dans le cadre du premier plan dans les années 70. Elle occupe une superficie de 150 jusqu'à 170 hectares dans la zone industrielle d'Arzew, sur le plateau d'El Mohgoun, à environ 40 kilomètres d'Oran et 5 km de la mer méditerranée. La raffinerie a été construite dans le cadre du premier plan quinquennal 1970-1973 par un groupe japonais (Société Japonaise JAPAN GASOLINE CORPORATION). En 1984, d'autres unités ont été rajoutées.

### I.2.Capacités de traitement

La raffinerie d'Arzew traite en moyenne 3,8 millions de tonnes par an de pétrole brut de Hassi Messaoud avec 190 960 de tonnes de brut réduit importé (BRI) pour la production des bitumes.

**Tableau I-1** : Capacités annuelles de production de différentes unités [1].

Nature du produit	Quantité	Unité
Propane	26 762 T	Zone 4/Unité13
Butane	121 581 T	Zone 4/Unité13
Kérosène	153 569 T	Zone 4/Unité11
Gas-oil	1 422 139 T	Zone 4/Unité11
Fuel	865 099 T	Divers unités
Essence Normale	72 000 T	Zone28
Essence Super	392 184 T	Zone28
Naphta	428 361 T	
Huiles de base	24 630 T	Zone 7/Zone5
Huiles finies	127 100 T	Zone6 et Unité 3000
Graisses	3 600 T	Zone6 et Unité 3000
Bitumes	149 113 T	Zone 10

### I.3. Présentation des principales installations de RA1Z

La raffinerie d'Arzew comprend quatre départements de production le P1, P2, P3 et P4, chaque département est constitué de plusieurs zones ayant des activités spécifiques. Chaque département est composé des différentes unités de production, comme suite :

#### I.3.1. Département de production P1

Ce département concerne la production des carburants, des lubrifiants et les bitumes en traitant le pétrole brut de Hassi-Messaoud comme charge et le brut réduit importé (BRI) pour la production des bitumes. Elle est constituée des zones suivantes :

##### I.3.1.1.Zone 03 (Les utilités)

Cette zone est construite pour l'alimentation des autres zones en : air, vapeur, eau, électricité, et gaz qui sont très importants pour les unités de traitement. Elle se divise en plusieurs unités :

- **Unité 31:** Production de vapeur d'eau à haute pression qui sert au stripage, et comme énergie motrice des turbos générateurs.
- **Unité 32:** Production de l'eau distillée qui est utilisé comme eau d'alimentation pour les chaudière.
- **Unité 33 :**Distributions d'eau de refroidissement, utilisée pour les opérations de refroidissement des produits.
- **Unité 34:** Production d'électricité qui sert à alimenter les unités de traitement.
- **Unité 35:** Gaz de combustion au niveau des chaudières et des fours .
- **Unité 36:** Productions d'air service et d'air instrument.
- **Unité 67:** systèmes du Réseau d'eau anti-incendie.

##### I.3.1.2. Zone 04 (Les carburants)

C'est le point de départ du procédé de raffinage du pétrole brut. Elle comprend 5 unités:

- **Unité 11 :** c'est l'unité de distillation atmosphérique (Topping).Elle a comme rôle la séparation par distillation atmosphérique des différents composants contenus dans le pétrole selon leurs point initial est final, du plus léger au plus lourd. Il s'agit :

- |          |                          |
|----------|--------------------------|
| 1- LPG.  | 4-Kérosène.              |
| 2- LSRN. | 5-Gasoil léger et lourd. |
| 3-HSRN.  | 6-BRA.                   |

- **Unité 12** (Reforming catalytique) : elle traite le naphtha lourd (HSRN2) provenant de la distillation atmosphérique dans le but de produire une base d'essence à indice d'octane élevé (reformat).
- **Unité 13** (traitement du gaz) : elle traite le gaz obtenue de l'unité 11 et 12 en le séparant en deux produits, tel que le propane et le butane ( $C_3H_8$ ,  $C_4H_{10}$ ).
- **Unité 17** (l'isomérisation) : elle traite le naphtha léger (LSRN2) provenant de la distillation atmosphérique, afin d'améliorer leur indice d'octane (isomerat).
- **Unité 18** (l'unité du système de l'huile caloporteur) : le rôle de cette unité est de fournir la chaleur (par l'utilisation d'un fluide caloporteur) pour les unités 11 et 17.

#### I.3.1.3. Zone 07 (Les lubrifiants 1)

Cette zone a pour but la fabrication des huiles de base à partir de brut réduit atmosphérique (BRA) venant du topping (unité 11), sa capacité de production est de 50 000 T/an. Elle comprend les unités suivantes :

- **Unité 20** : stockage des huiles semi fini.
- **Unité 21**: unité de distillation sous vide.
- **Unité 22**: unité de désasphaltage au propane.
- **Unité 23**: unité de l'extraction au furfurool.
- **Unité 24**: unité de déparaffinage des huiles au MEC/toluène.
- **Unité 25**: unité de l'Hydrofinishing .

#### I.3.1.4. Zone 10 (production de bitumes)

Cette zone concerne la production des bitumes routiers et oxydé, elle comprend 2 unités :

- **Unité 14** : c'est l'unité de Flash sous vide. Elle traite un mélange de Brut réduit importé (BRI) l'asphalte qui est récupéré de l'unité 22 et l'unité 200.

Ce mélange est fractionné sous vide en gasoils et en produit visqueux obtenu en fond de colonne, lequel est traité dans la section soufflage à l'air pur pour obtenir des bitumes routiers.

- **Unité 15** : c'est l'unité de Semi Blowing (soufflage). Dans cette unité on procède à l'oxydation de la charge (Bitume routier + Gasoil) afin d'obtenir du bitume oxydé, conditionné dans des sacs de 25 Kg.

### I.3.1.5. Les Zones de stockage

**Zone 08 et 09** : stockage du résidu atmosphérique dans 2 bacs.

**Zone 11, 12 et 13**: stockage du brut de Hassi-Messaoud ; 3 bacs de 60 000T et 2 bacs de 50000 T.

**Zone 31** : Contient une torche P1.

### I.3.2. Département de production P2

La réalisation de ce département fut suite aux demandes importantes en lubrifiants, elle comprend deux principales zones :

#### I.3.2.1. Zone 05 (Les huiles de base)

Cette zone a pour but la fabrication des huiles de base à partir de brut réduit atmosphérique (BRA). Elle comprend les unités suivantes :

- **Unité 100**: unité de distillation sous vide.
- **Unité 200**: unité de désasphaltage au propane.
- **Unité 300**: unité de l'extraction au furfurool.
- **Unité 400**: unité de déparaffinage des huiles au MEC/toluène.
- **Unité 500**: unité de l'Hydrofinishing.
- **Unité 150**: l'huile caloporteur.

#### I.3.2.2. Zone 19 (Les utilités)

Elle assure le bon fonctionnement de la chaîne de production des huiles de base ; elle comprend les unités suivantes :

- **Unité 1100**: production de vapeur.
- **Unité 1200**: production de l'énergie électrique.
- **Unité 1300**: tour de refroidissement des eaux.
- **Unité 1400**: gaz de combustion.
- **Unité 1500**: production d'air comprimé (air instrument et air de service).
- **Unité 1600**: traitement et production d'eau distillé et déminé.
- **Unité 1700**: réseau de torche P2.
- **Unité 280** : production de gaz inerte.

### **I.3.3. Département de production P3**

Une nouvelle réorganisation des départements de production a ajouté un troisième département qui comprend les zones suivantes :

#### **I.3.3.1. Zone 06 (Production des huiles finies et des graisses)**

C'est une unité de mélange et de fabrication et conditionnement des huiles et des graisses, à partir des huiles de base avec l'incorporation des additifs chimiques.

Elle fabrique deux types d'huile :

- les huiles moteurs.
- les huiles industrielles.

#### **I.3.3.2. Unité 3000 (Production des huiles finies et des graisses)**

Elle est destinée à fabriquer des huiles finies à partir des huiles de base fabriquées dans les unités 100 à 500 et des additifs importés. Les grades d'huiles fabriquées sont :

- Huiles pour moteurs (Essence, Diesel, Huiles pour transmission).
- Huiles industrielles [hydraulique, turbines , compresseur , et huiles divers].

#### **I.3.3.3. Unité 3900 (Production des huiles finies)**

Elle est réalisée en 1997, elle assure les mêmes tâches de l'unité U3000

### **I.3.4. Département de production P4**

#### **I.3.4.1. Zone 28 (stockage et expédition)**

C'est une zone de stockage des matières premières, des mélanges, des expéditions et des produits semi-finis et finis, ainsi que le pétrole brut.

#### **I.3.4.2. Zone 30 (chargements de produits finis)**

Cette zone est spécialisée dans le chargement des carburants (essences, gaz oïl ..... ) dans les camions.

#### **I.3.4.3. Zone 27 (Station de traitement des effluents)**

Le rôle de cette zone est récupérer les eaux usées et les traiter. Elle est composée de deux bassins de séparation et de décantation physique.

### **I.3.5 Laboratoire de contrôle**

Durant toutes les étapes de raffinage au niveau des différentes unités, les produits semi-finis et finis sont soumis selon un programme bien défini à un contrôle de qualité rigoureux au niveau du laboratoire.

Avant tout transfert ou expédition de produit fini, un certificat de qualité attestant la conformité de ce produit aux spécifications est établi.

Le laboratoire contrôle aussi la qualité des eaux, les rejets et procède aux analyses des différents échantillons spéciaux.

### **I.3.6 Département de sécurité industrielle**

Etant donné les dangers, et les risques continuels qui peuvent se présenter dans une raffinerie de pétrole tel qu'explosions, incendies, intoxications, et électrocution. Le rôle du département de sécurité dans ce contexte est primordial pour la préservation du patrimoine humain et matériel.

### **I.3.7 Département de planning et programme**

Durant toutes les étapes de raffinage au niveau des différentes unités, les produits semi-finis et finis sont soumis selon un programme. Il comporte 2 services :

#### **I.3.7.1 Service I.S.P**

Réception et expédition des produits pétrolier

#### **I.3.7.2 Service Planning et programme**

La gestion des mouvements des produits est l'activité qui garantit une marche continue des installations de production.

Les objectifs du service planning et programme sont:

- ✓ L'établissement des bilans matière de toutes les unités de productions.
- ✓ L'établissement des prévisions de fonctionnement des installations en vue d'approvisionner le marché en produits finis.
- ✓ Faire les bilans des différentes expéditions et conditionnement dans le but d'éviter toute rupture de stock.

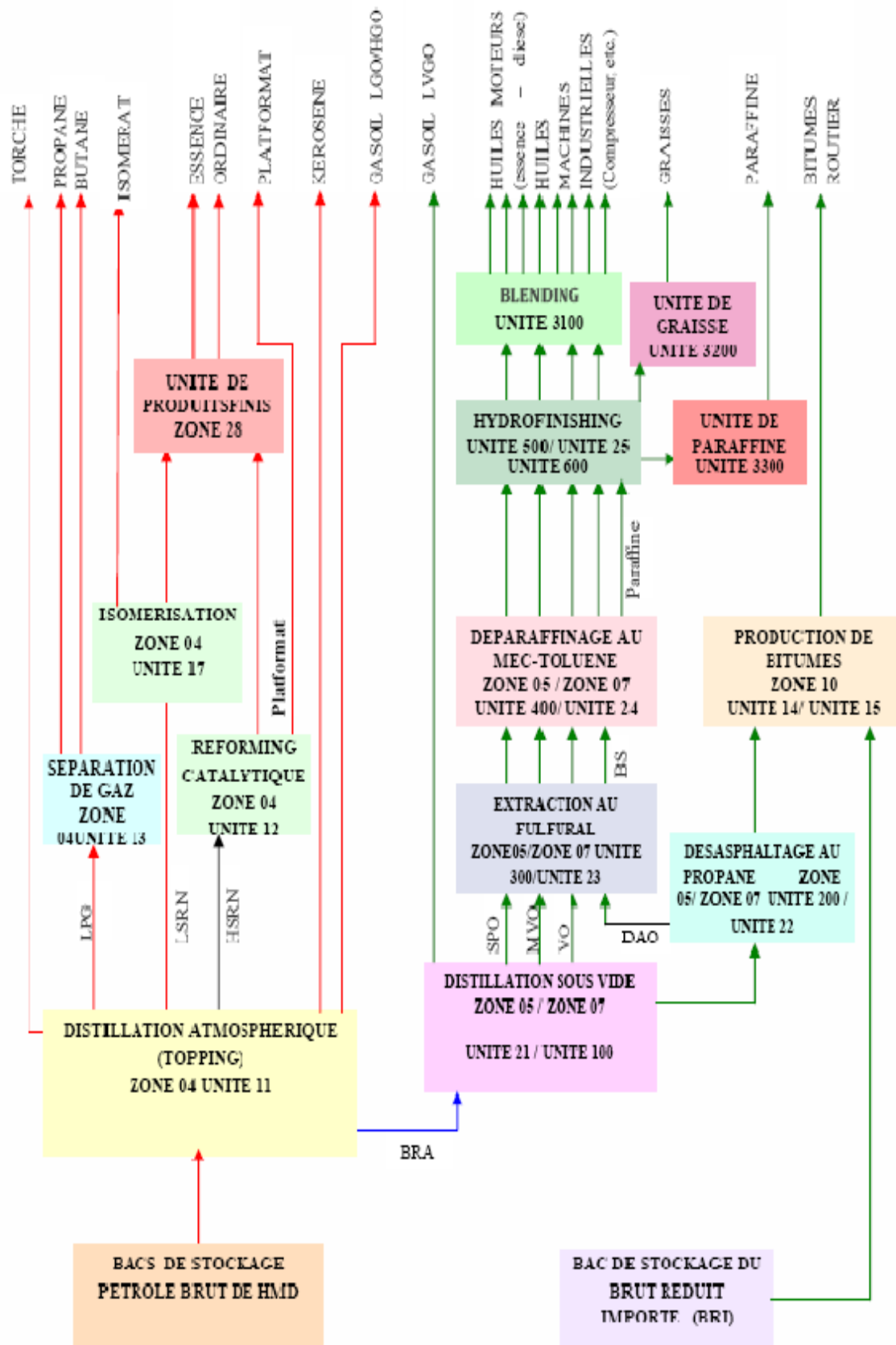


Figure I-1 : Schéma synoptique des installations de la Raffinerie d'Arzew

## I.4 Présentation de la zone 10

La zone 10 est composée de 2 principales unités :

- **Unité 14:** Pour la production du bitume routier.
- **Unité 15:** Pour la production du bitume oxydé.

Unité 45 permet le conditionnement, le stockage et l'expédition des produits.

Vu la faible teneur en asphalte dans le brut algérien, les bitumes sont fabriqués à partir d'un brut réduit importé. C'est à dire un brut qui a déjà subi une distillation atmosphérique, c'est le résidu de cette première opération qui va servir à cette production. Les caractéristiques du brut importé sont représentées dans le **tableau I-2**.

Dans la chaîne du processus de fabrication, les unités de bitume sont indépendantes de toute autre unité de production. Vu sa matière première, il n'a recours qu'à la zone des utilités pour une alimentation en vapeur, eau etc. Nécessaire à la fabrication [2].

**Tableau I-2:** Caractéristiques du BRI

Test	Méthode	Norme
Densité à 15°C	ASTM D4052-96	0,9700(Kg/m <sup>3</sup> ) Min
Viscosité à 50°C	ASTM D445-96	1100 Min – 1600 Max
Point d'écoulement °C	ASTM D97-96	+12°C
BSW (% volumique)	ASTM D95-93 ASTM D473-81	0,05(% volumique) Max
Sulfure % Pds	ASTM D2622-94	4% Pds Max
Asphaltènes % Pds	IP 143-84	8% Pds Min
Distillation 3% vol	ASTM D1160-93	>= 270
Distillation 5% vol	ASTM D1160-93	>= 300
Distillation 45% vol	ASTM D1160-93	>= 465
Point de flash °C	ASTM D93-96	>= 100°C

Les bitumes sont de couleur noire, solides ou semi-solides à la température ambiante, ils sont caractérisés par :

- La pénétration.
- Le point de ramollissement.
- Le point de flash.
- La ductilité.

### I.4.1 Description de l'unité 14

Cette unité d'une capacité de traitement de 278520 T/An est destinée pour produire à partir d'un brut réduit importé les produits suivants :

- LVGO.
- MVGO.
- HVGO.
- BITUME.

Le bitume 40/50 est le produit principal de cette unité, ces spécifications sont représentées dans le **tableau I-3**.

Cette unité comprend deux sections :

- Flashing sousvide.
- SemiBlowing.

#### A- Section flashing sous-vide

Dans cette section le BRI est aspiré des bacs T525/T526 à 70-80°C par la pompe de charge 14G1A/B est refoulé à 18Kg/cm passe à travers la vanne automatique 14FIC-4, le produit est chauffé à 245°C par échange de chaleur par l'intermédiaire d'une batterie d'échangeurs :

- Dans l'échangeur du gaz oil moyen (14E1).
- Dans l'échangeur du gaz oil lourd (14E2).
- Dans l'échangeur fond 14C2 (14E11).
- Dans les échangeurs de fond 14C1 (14E3A/B/C).

**Tableau I-3:**Spécifications du bitume 40/50

Caractéristique	Unité	Méthode d'essai	Norme
Pénétrabilité à 25°C	1/10 mm	NA5192	<b>40-50</b>
Point de ramollissement	°C	NA2617	<b>47-60</b>
Point de flash, min	°C	NA1440	<b>250 Min</b>
Ductilité à 25°C	Cm	NA5236	<b>&gt;= 60</b>
Densité a 25 °C	Kg/ m <sup>3</sup>		<b>1 - 1.10</b>
Perte de chauffage	% Pds		<b>1 Max</b>
Teneur en paraffines	% Pds	NA5225	<b>4,5 Max</b>
Solubilité	% Pds	NA5271	<b>99,5 Min</b>

Ensuite, il passe à travers le four 14F1, le four est composé d'une seule passe. Le BRI pénètre dans le four à une température de 245°C pour être réchauffé à une température variable suivant le brut réduit importé, à la sortie du four le produit subit une injection de vapeur de dilution qui a pour rôle d'activer la vitesse du BRI et sort du four avec une température comprise entre 360-375°C qui est contrôlée par 14TIC-1 (sortie 14F1). Les brûleurs du 14F1 sont de type mixte (fuel gaz, fuel oil et gaz de tête). (Figure I-2).

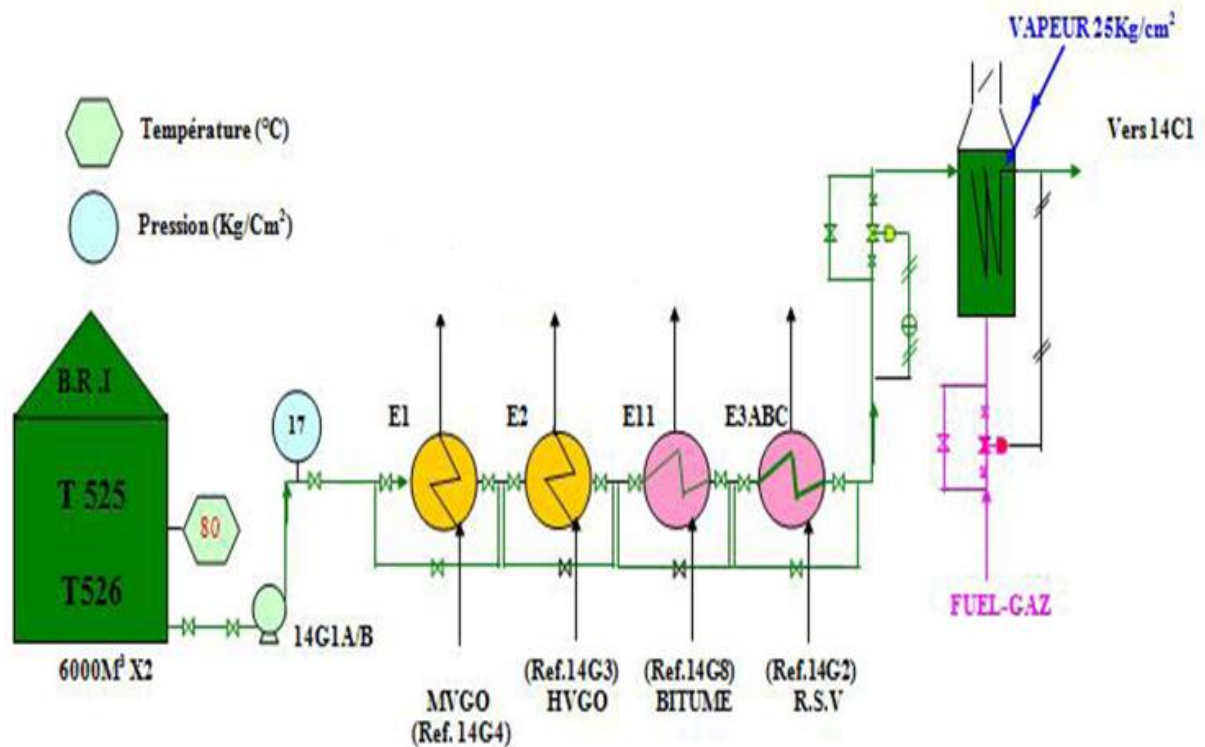


Figure I-2 : Circuit de charge de l'unité 14.

La charge provenant du four pénètre en zone de flash de la colonne sous-vide en deux phases.

les gaz s'acheminent vers le haut et le liquide se dirige vers le fond de la colonne 14C1.

La colonne sous-vide est composée de plateaux et d'une injection de vapeur de stripping (3kg/cm<sup>2</sup>) surchauffée à travers le four à 320°C.

Le fond C1 est un mélange bitume + gaz oil très lourd aspiré par la pompe 14G2A/B traverse les échangeurs 14E3A/B/C côté calandre et passe à travers lavanne de charge 14FIC103A, puis entre dans le ballon 14D1 (amortisseur) et s'écoule dans la colonne d'oxydation 14C2, cette charge provenant du fond de la sous-vide servira pour l'obtention des bitumes routiers. (Fig I-3)

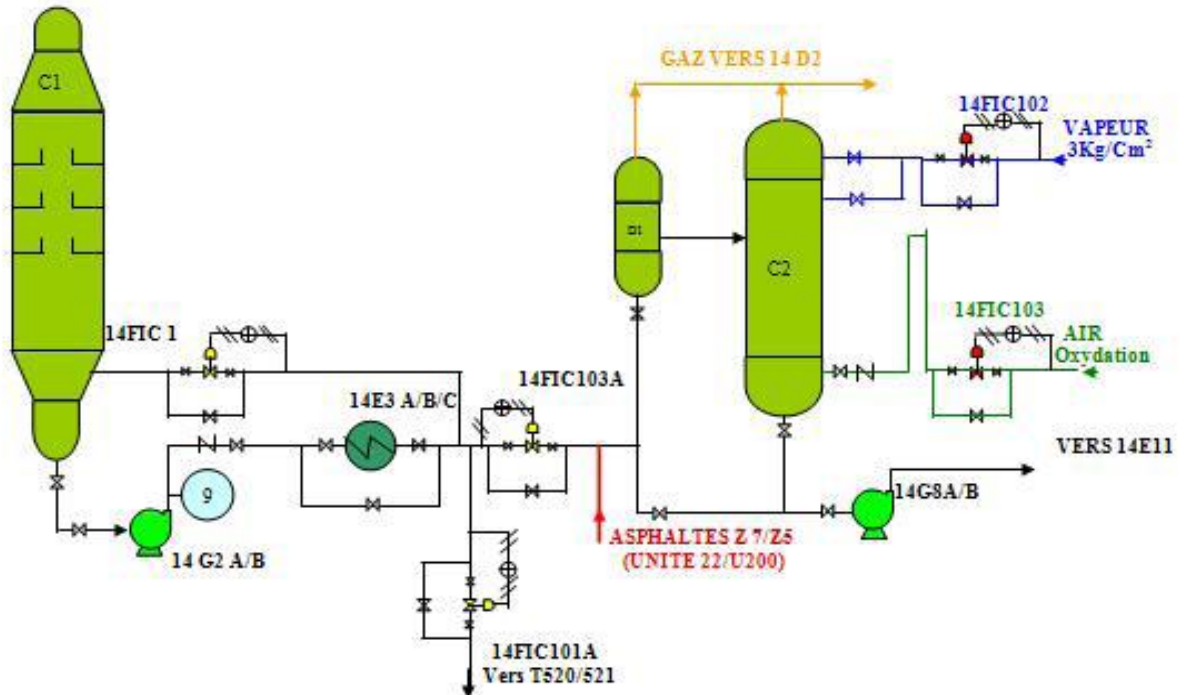
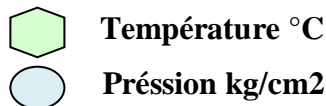


Figure I-3 : Circuit de fond de la colonne sous vide.

Les coupes latérales sont soutirées des plateaux suivants :

- Gaz oil léger plateau N°6.
- Gaz oil moyen plateau N°12.
- Gaz oil lourd plateau N°18.

La coupe du gaz oil léger est reprise par la pompe 14G5, une partie est renvoyée comme reflux de tête 14C1 passe à travers un aéro-réfrigérant 14E6 dont la température est contrôlée par la TIC-4 et le débit par la 14FIC-10, l'excédent du niveau est contrôlé par LIC-1 et se dirige vers le fuel. Une partie du gaz oil léger est stockée manuellement à partir de la FIC-10 (vanne de reflux) vers le bac 49T524, ce bac est prévu lors du rinçage des installations de bitume routier et oxydé.

La coupe du gaz oil moyen est soutirée par les pompes 14G4A/B et traverse l'échangeur 14E1 partie faisceau (BRI côté calandre).



Dont une partie servira de reflux après refroidissement dans l'aéro-réfrigérant 14E7 et dont le débit est contrôlé par la FIC-8 et la température par la TIC-3, l'excédent de la coupe est transféré vers fuel composant par la vanne de niveau 14LIC-2.

La coupe de gaz oil lourd est aspirée par la pompe 14G3A/B et passera par l'échangeur 14E2 côté faisceau (BRI côté calandre) et dont une partie sera prélevée comme reflux après refroidissement dans l'aero-réfrigérant 14E5 dont le débit est contrôlé par la 14FIC-12 et la température TIC-5.

L'excédent de la coupe est envoyé vers fuel par la vanne de niveau ligne 14LIC3, en fonctionnement normal une partie du gazoil sera transférée après refroidissement dans l'échangeur à eau 14E9 vers les bacs T520/T521 pour servir de mélange qui composera la charge (BITUME + HVGO) d'oxydation dont le débit est contrôlé par la FIC-101A, cette même gaz oil est utilisée lors des transferts du gas-oillourd vers le bac 49T522 et qui servira d'appoint pour constituer la charge d'oxydation et cela lors d'un arrêt prolongé du flashing-sousvide.

L'excédent des coupes de gas-oil lourd, moyen et léger formera un seul produit dans l'aero-réfrigérant 14E8 puis envoyé comme composant de fuel H.T.S en raison de sa haute teneur de soufre.

Le vide dans le flashing 14C1 est de 25 mmHg en tête et de 45 mmHg en zone flash. (Fig I-4).

-  Température °C
-  Prèssion kg/cm2

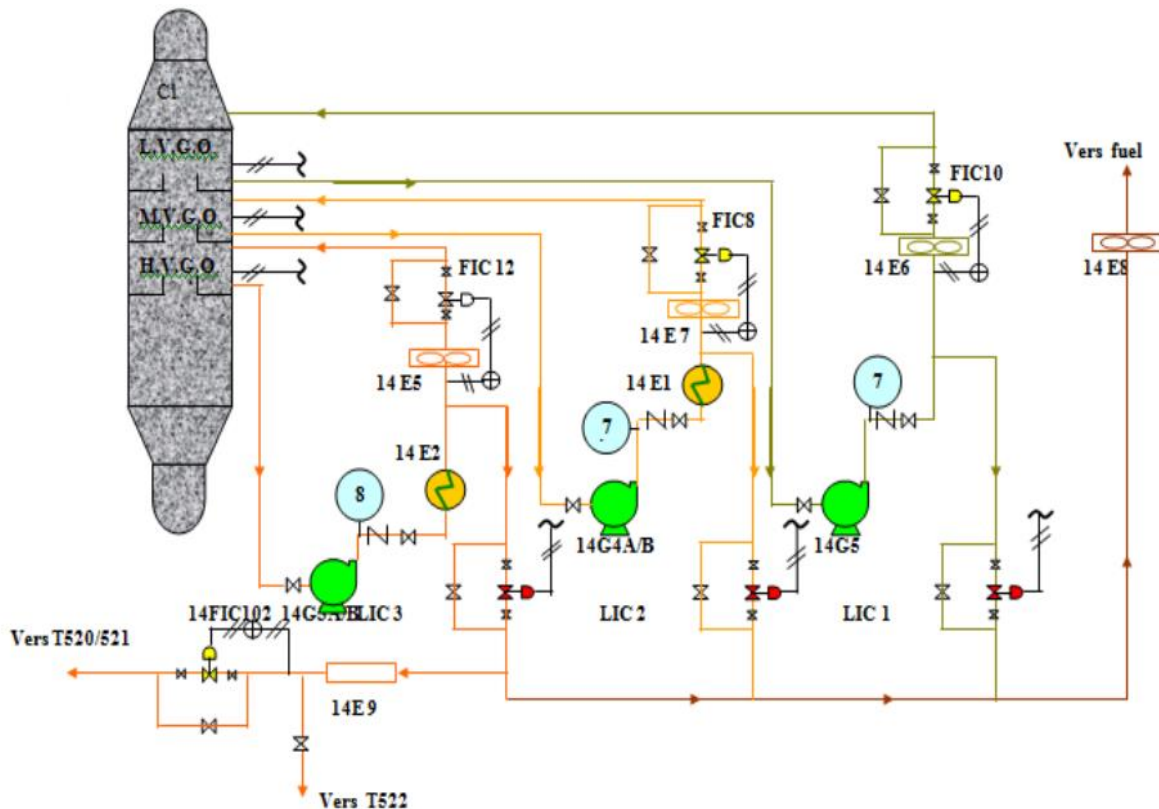


Figure I-4: circuit des soutirages latéraux de la colonne sous vide 14C1.

### B- Section semi- blowing

Cette section est alimentée par le fond 14C1, et après échange de chaleur dans les 14E3A/B/C côté calandre et contrôle de débit par 14FIC-103A (vanne de charge), le produit traverse le ballon amortisseur 14D1 équipé de régulateur de niveau (14LIC-101) de la 14C2 (colonne d'oxydation). Après oxydation à l'air provenant des compresseurs 14G7A/B/C, le produit de fond est aspiré par la pompe 14G8A/B et après passage dans l'échangeur 14E11 côté calandre il est stocké par la vanne de niveau la 14LIC-101 dans les bacs T501/T502/T511/T106/T523 à une température de 160°C.

L'échangeur de chaleur le 14E10 continuellement by passé car on évite de faire passer le bitume dans cet échangeur après sa sortie du 14E11 et ceci pour gagner le maximum de calorie au niveau des bacs de stockages.

La colonne d'oxydation 14C2 munie d'une injection d'air en fond de colonne et dont le débit est contrôlé par la vanne 14FIC-103 suivant l'indication de température du bain du produit représenté par la 14TIC-102.

Il y a également deux injections de vapeur contrôlée par la 14FIC-102, l'une en surface du bain apour rôle l'étouffement du bain et l'autre en tête de colonne a pour but d'éviter les entraînements du produit par la tête de colonne. (Figure I-5).

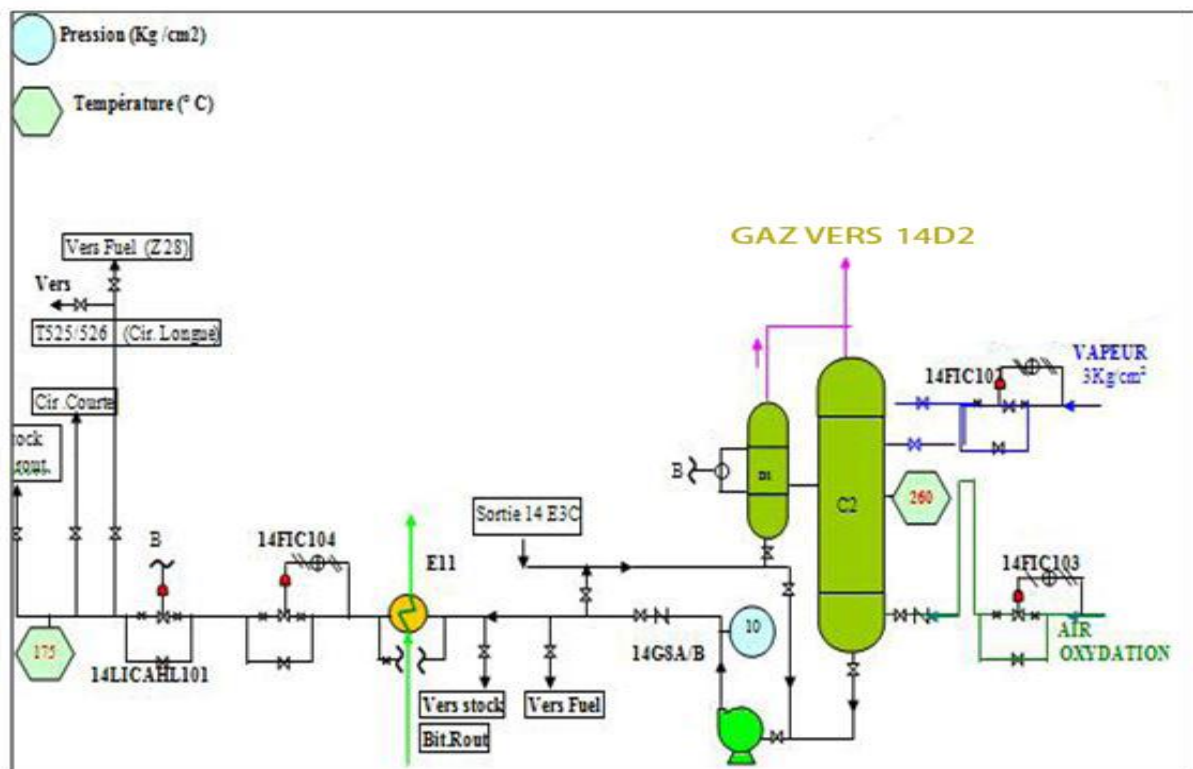


Figure I-5 : Circuit de l'oxydation (unité 14)

### I.4.2 Description de l'unité 15

L'unité est destinée à produire des bitumes à haut point de ramollissement, elle traite une charge appelée BLOWING-STOCK qui est un mélange approprié de bitume (RSV) et de gas-oil lourd provenant de l'unité de flashing sous vide. Le principe de son fonctionnement est de traiter la charge en injectant de l'air (réaction exothermique).

Cette unité peut produire trois sortes de bitumes : le bitume oxydé de spécification 85/25, 90/40 et 115/15 avec une production annuelle de 20.000T/AN, **tableau I-4** représente les spécifications des produits de l'unité 15.

**Tableau I-4:** Spécifications des produits de l'unité 15

Classes	Penetration a 25°C (x0.1mm)	Point de ramollissement (°C)	Point de flash (°C)	Ductilité a 25°C (Cm)	Densité
<b>Bitume 85/25</b>	20-30	80-90	>=230	3 mini	1.01
<b>Bitume 90/40</b>	35-45	85-95	>=230	3 mini	1.06
<b>Bitume 115/15</b>	10-20	110-120	>=230	3 mini	1.06

Le produit (BLOWING-STOCK) provenant du T520/T521 à 160°C est aspiré par la pompe 15G1A/B (pompe volumétrique) être foulé vers la ligne de charge. Une partie revient vers le bac de charge pour recyclage contrôlé par HC-2 et une partie contrôlée par FIC-1 se dirige vers le four 15F1 (four en forme de poire) et sort à 225°C et ensuite le produit alimente le four 15F2 et sort à 235°C et s'achemine vers le ballon amortisseur 15D1 puis alimente la colonne d'oxydation a 15C3.

Dans l'appareil de soufflage l'air est introduit par le fond 15C3, il circule à contre courant de la charge ce qui accélère la réaction d'oxydation. Comme ces réactions sont exothermiques on peut régler la température de surface 15C3 en contrôlant la quantité d'air introduite (régulation en cascade 15TIC-3 commande 15FIC-4). De plus, pour maintenir cette température stable et ainsi que pour rendre les réactions homogènes, du bitume est soutiré par une sortie latérale de l'appareil de soufflage, alors que l'oxydation n'est pas complète, pour être introduit en recyclage à l'entrée du four 15F1.

La quantité peut être mesurée à l'aide d'un indicateur de débit 15FI-2A, la raison pour laquelle on recycle ainsi une partie de l'huile par la pompe 15G2A/B est qu'il faut accélérer la vitesse d'écoulement de l'huile de la charge dans le four (vitesse requise 1.2 m/s).

Une vitesse trop lente pouvait entraîner la décomposition de l'huile et formera un dépôt sur les serpentins des fours 15F1/F2. La pression est contrôlée par le PIC-3 et retour à l'aspiration de la pompe.

#### I.4.2.1. Circuit bitume oxydé

Le produit de spécifications voulu sort du fond 15C3 est aspiré par la pompe 15G3A/B et est foulé vers les bacs de stockage T508/T503/T504/T506/T507/T509, après avoir été contrôlé par le niveau du bain 15LIC-1, ce dernier agit sur la 15HIC1-B (vanne de retour de l'aspiration (15G3A/B)).

L'air de soufflage pour l'oxydation provient des compresseurs 14G7A/B/C, le débit est régulé par la 15 FIC-4, le contrôle et la température 15TIC-3.

Au sommet de la colonne, il y a deux injections de vapeur qui introduisent de la vapeur pour éviter la combustion spontanée des huiles de décomposition ou l'explosion des gaz émanant de la charge et mélangée à l'air.

Les deux injections de vapeur sont contrôlées par la 15FIC-3, les orifices des injections à vapeur sont dirigés vers le bas face au bain de la colonne, le débit est indiqué par le FI-2 et une injection en tête, pour éliminer les gouttelettes montantes vers la tête. (**Fig I-6**).

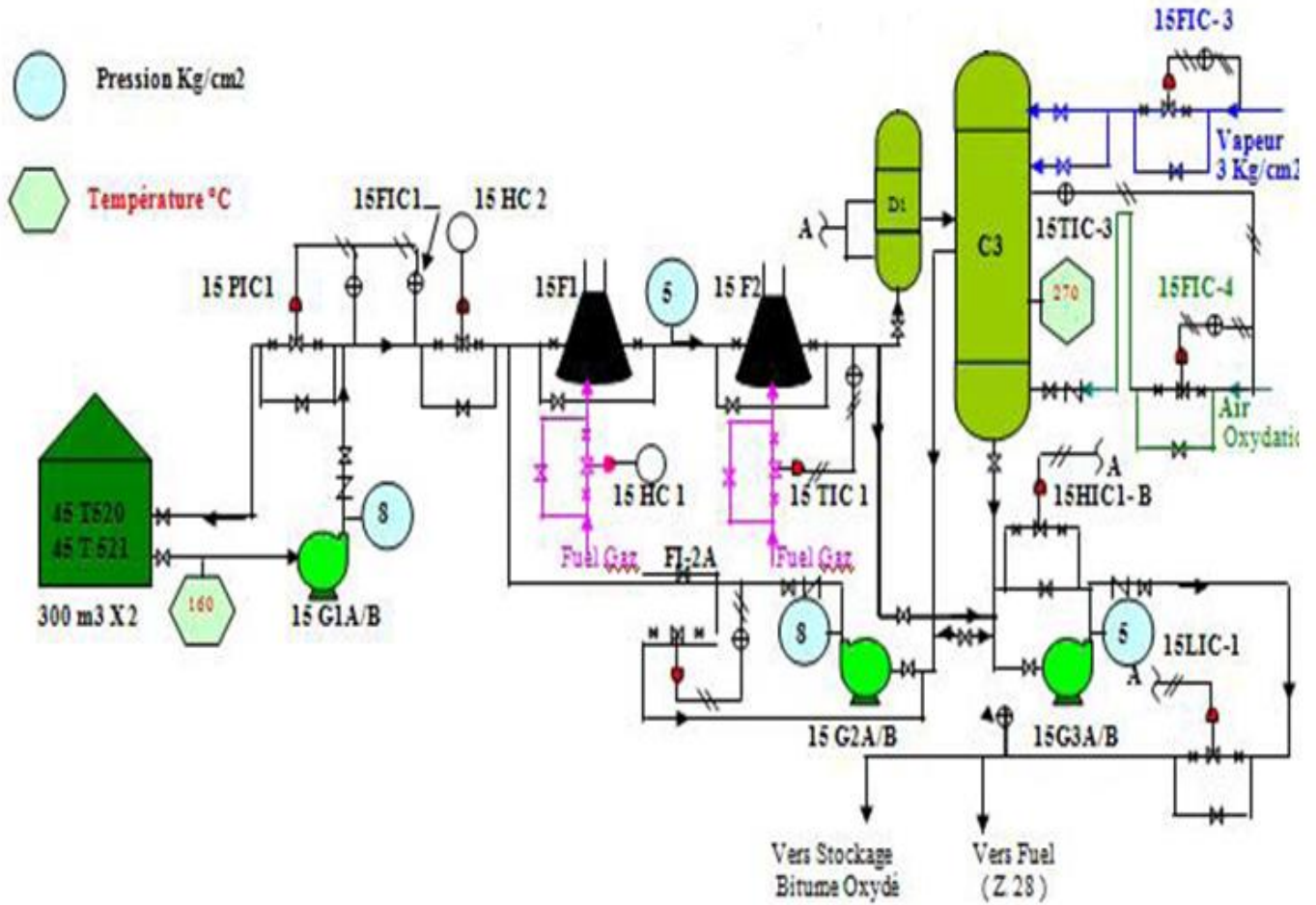


Figure I-6: Schéma de fabrication du bitume oxydé (unité 15).

## II. GÉNÉRALITÉS SUR LES BITUMES

### II.1.Introduction

Le bitume est le liant qui solidarise l'agrégat utilisé pour le revêtement des routes. Il est également utilisé pour le revêtement des toitures et de canalisations. Il sert d'imperméabilisant et peut également résister à la corrosion et au passage du courant électrique. Solide à température ordinaire, le bitume est un produit très lourd issu du résidu sous vide des raffineries. Contrairement à l'image qu'il véhicule, le bitume n'est pas un produit banal. Utilisé dans le secteur du bâtiment et des travaux publics, ses caractéristiques sont diverses car les contraintes auxquelles il doit s'adapter peuvent fortement varier. Il peut être plus ou moins thermoplastique, ductile, durable, adhésif, imperméable, résistant à la corrosion, parfois coloré. Par conséquent, on ne peut parler d'un bitume mais des bitumes. Cela sous-entend un travail de formulation et de maîtrise des techniques de fabrication [3].

### II.2.Caractéristiques des bitumes

La signification du terme bitume n'est pas la même dans tous les pays. Les bitumes appartiennent à une catégorie de produit que l'on appelle «les liants hydrocarbonés ». Ceux-ci sont définis et classés dans la norme française NF T 65-000. Les liants hydrocarbonés comprennent:

- Les bitumes qui sont des produits solides ou semi-solides extraits du pétrole.
- Les émulsions de bitumes, qui résultent de la dispersion d'un bitume dans une phase réceptrice ,en générale aqueuse.
- Les goudrons, qui sont produits par cokéfaction à haute température du charbon [4].

### II.3.type des bitumes

- **Un bitume routier** : est un bitume utilisé pour l'enrobage des granulats destinés à la construction et l'entretien des routes et des structures assimilées.



- **Un bitume fluidifié (cut-backs) :** est un bitume dont la viscosité a été réduite par l'ajout d'un diluant plus ou moins volatil.



- **Un bitume fluxé :** est un bitume dont la viscosité a été réduite par l'ajout d'une huile de fluxage.



- **Les bitumes modifiés:** sont des liants bitumineux dont les propriétés ont été modifiées par l'emploi d'un agent chimique, qui, introduit dans le bitume de base, en modifie la structure chimique et les propriétés physiques et mécaniques. Ils sont utilisés dans le domaine de la route.



- **Les émulsions de bitume :** est un mélange liquide de bitume et d'eau. Ce mélange, chaud ou froid, est vaporisé sur la surface existante de façon à obtenir une fine pellicule. L'émulsion de bitume est utilisée comme liant afin que le revêtement à mettre en place se fixe à la surface existante.



- **Les bitumes oxydés :** ont une sensibilité thermique réduite, ce qui permet de les utiliser non seulement dans le secteur routier mais également dans d'autres secteurs, comme par exemple dans des ouvrages électriques et hydrauliques ; en outre les bitumes oxydés constituent la base à partir de laquelle sont réalisées les peintures bitumineuses.



A l'intérieur de ces catégories, il existe un classement:

➤ La norme NF T 65-001(1979), donne une classification des bitumes purs en fonction de leur dureté. Celle-ci est mesurée à l'aide d'un test appelé «pénétrabilité à l'aiguille», qui consiste à mesurer le niveau d'enfoncement dans le bitume d'une aiguille chargée. Cette norme a de nos jours évolué vers la norme européenne EN 12591(2000) (voir annexes A et B).

➤ La norme algérienne équivalente est la norme NA5265 (Annexe C).

On définit ainsi 5 classes:

➤ La norme NF T 65-002 définit 5 classes de bitumes fluidifiés au moyen de leur pseudo-viscosité.

➤ La norme NF T 65-003 définit de la même manière 3 classes de bitumes fluxés.

➤ La norme NF T 65-004 classe les types de bitumes composés: elle distingue 3 classes de bitumes-goudron par leur pseudo-viscosité .

➤ La norme NF T 65-011 distingue les émulsions de bitumes au moyen de leur nature ionique (anionique ou cationique), de leur stabilité vis-à-vis des granulats et de la teneur en masse de liant de base. Il existe ainsi 20 classes d'émulsions[4].

#### II.4.Fabrication des bitumes

Il existe plusieurs procédés de fabrication des bitumes à partir des pétroles bruts :

- **La distillation** , de bruts choisis pour leurs rendements en coupes lourdes est le moyen le plus utilisé. Les bitumes sont extraits des résidus de la distillation sous pression réduite ,elle-même alimentée par des résidus de distillation atmosphérique, il est maintenant possible d'obtenir toutes les catégories de bitumes par ce procédé.

- **Le désasphaltage au solvant**, il s'agit d'extraire d'un résidu sous vide ou d'un distillat lourd les fractions les plus lourdes, qui serviront à fabriquer les bitumes, la séparation est basée sur la précipitation des asphaltènes et la solubilisation de l'huile dans un solvant du type alcane, les solvants employés sont le butane ou le propane ou un mélange butane-propane, en choisissant la nature du produit de charge et en réglant les paramètres de désasphaltage, notamment la température et la pression, il est possible d'obtenir par ce procédé différents grades de bitumes.

- **Le soufflage**, consiste à faire circuler de l'air à contre courant dans une charge bitumineuse afin de l'oxyder, il résulte de cette opération la formation de molécules à haut poids moléculaire et de structure différente du celle du produit initial [4].

## II.5.Applications des bitumes

Il existe deux grandes catégories d'utilisation des bitumes:

- **Les applications routières:** on emploie à cet usage les bitumes purs, les bitumes fluidifiés et fluxés ainsi que les émulsions, chacun de ces produits faisant l'objet de techniques de mise en œuvre bien spécifiques, il convient d'ajouter à cette liste l'utilisation d'asphalte coulé, bien que ce produit convienne mieux aux petites surfaces: trottoirs, cours, etc...
- **Les applications industrielles:** pour lesquelles les bitumes soufflés sont très utilisés, citons parmi les applications industrielles:
  - Les travaux d'étanchéité, qu'il s'agisse de protéger des ouvrages d'art ou des toitures et terrasses .
  - Les joints pour boucher des fissures, sur les routes en particulier, on utilise pour cela des mélanges de bitumes, d'huiles lourdes et de polymères ou de soufre.
  - L'insonorisation, dans le bâtiment, l'automobile, l'électroménager.
  - L'isolation électrique, avec des bitumes oxydés :câble électriques, piles électriques ,condensateurs.
  - Les peintures et vernis bitumineux, qui sont faits de mélanges d'un bitume dur, généralement oxydé et d'un solvant léger ou non léger[4].

## II.6.Propriétés recherchées pour les bitumes

Les principales caractéristiques des bitumes sont leur point de ramollissement et leur pénétrabilité à l'aiguille. La seconde a été toujours à la base de la classification des bitumes et de la désignation des classes. Pourtant la première est plus représentative de leur capacité à la déformation lorsque la température de service s'élève. Les autres propriétés ont une importance plus ou moins grande selon les utilisations [4-5].

- **Pénétrabilité à l'aiguille:**

La pénétrabilité est la profondeur exprimée en 1/10 de millimètre, à laquelle pénètre dans un échantillon de bitume porté à 25°C une aiguille d'acier normalisée appliquée pendant 5 secondes sous une charge de 100 g. la méthode est définie en Algérie par la norme NA5192, La pénétrabilité est liée à la viscosité.

- **Point de ramollissement :**

Le point de ramollissement est la température à laquelle un produit bitumineux devient mou dans des conditions normalisées. Il est mesuré par la méthode dite "bille et anneau". Une bille d'acier de dimension et poids bien définis est placée sur une pastille de bitume qui est enchâssée dans un anneau de métal lui aussi bien défini. L'ensemble est chauffé progressivement. Lorsque la pastille de bitume est devenue assez molle pour que la bille la traverse et parcoure une hauteur de 2,5 cm, la température correspondante est appelée point de ramollissement, il est défini en Algérie par la norme NA2617. Cette mesure est liée aussi à la viscosité.

- **Masse volumique:**

Cette grandeur est mesurée au moyen de pycnomètre.

- **Point de fragilité Fraass:**

Cet essai sert à caractériser la fragilité du bitume à basse température. Il consiste à mesurer la température à laquelle apparaissent des fissures sur le bitume.

- **Résistance au durcissement (Essai RTFOT):**

Un échantillon de bitume est oxydé à chaud dans des conditions bien définies. Il est défini en Algérie par la norme NA5113.

- **Solubilité :**

Cette mesure permet de définir la teneur en bitume dans un produit bitumineux comme la partie soluble dans le sulfure de carbone. La méthode en Algérie elle est définie par la norme NA5271.

- **Ductilité :**

C'est l'allongement, au moment de la rupture, d'une éprouvette de bitume qui est étirée à une vitesse et une température déterminées.

- **Volatilité :**

Celle-ci peut être caractérisée de différentes manières:

- Point d'éclair (bitumes fluidifiés ou fluxés).
- Perte de masse en chauffage, NF T 66-011 et ASTM D 6. La perte de masse au chauffage peut aussi être mesurée au cours de l'essai RTFOT[4].

## II.7. Les méthodes de séparation de bitumes

En fractions peuvent être classées comme suit :

- Extraction aux solvants.
- Adsorption.
- Chromatographie.

L'extraction aux solvants est une technique relativement rapide, mais la séparation obtenue est généralement plus pauvre que celle de la chromatographie où l'effet du solvant est combiné avec une adsorption sélective. De même les méthodes d'adsorption simples ne sont pas efficaces comme la colonne de chromatographie dans laquelle la solution d'élution est constamment réexposée à l'adsorbant frais et aux différentes conditions d'équilibre au cours de son chemin vers le bas de colonne. (La solution d'élution est celle utilisé pour retirer la substance adsorbée par lavage). La distillation moléculaire est lente et présente des limitations en ce qui concerne la surface dans laquelle la séparation et la distillation des composants bitumineux a haut poids moléculaire peuvent être effectuées.

Les technique chromatographiques sont donc les plus largement utilisées pour définir la constitution du bitume. La base de la méthode est initialement de précipiter les asphaltènes en utilisant le n-heptane suivi par une séparation chromatographique des matières restante.

## II.8. Chimie des bitumes

Les bitumes routiers sont essentiellement obtenus par distillation sous vide du pétrole et sont ainsi des mélanges complexes d'hydrocarbures différents par leur masse, leur degré d'aromaticité et le nombre et la nature de leurs groupements polaires [6].

### II.8.1. Analyse de la structure des bitumes

L'analyse élémentaire d'un bitume met en évidence des atomes de carbone (80 à 87 %) et d'hydrogène (8-12 %). En outre, des hétéroatomes tels que le soufre (1-9 %), l'azote (0-1,5 %) et l'oxygène (0,5-1,5 %) et des traces de métaux tels que le vanadium ou le nickel sont présentes [7].

La composition élémentaire d'un bitume dépend essentiellement de l'origine de son brut et d'une manière moindre, des techniques de raffinage (soufflage, déasphaltage, ou encore les nouveaux procédés « multigrades » permettant d'obtenir des bitumes dits spéciaux [8]) ainsi que des bitumes (ou asphaltes) naturels, qui correspondent plutôt à des applications spécifiques.

Ces éléments chimiques sont arrangés en molécules complexes différents par leur masse molaire qui varie entre 400 et 4000 g/mol [9]. Généralement, ces molécules sont séparées par leur caractère plutôt aliphatique ou aromatique, et la présence de groupements polaires. Suite à la complexité de sa chimie, il est tout à fait illusoire de donner une formule chimique d'un bitume, même si des structures moléculaires moyennes sont proposées [10].

### II.8.2. Caractérisation des fractions de bitume

Les premiers travaux sur la chimie du bitume sont dus à Boussingault [11], qui a séparé une fraction distillable qu'il a nommée « pétrolènes » (maintenant appelée « maltènes ») et une fraction non-distillable, les asphaltènes.

Bien que la composition exacte de chacune de ces fractions dépend énormément de la nature du brut, il y a un certain nombre de points communs entre les diverses familles génériques issues de bitumes d'origines différentes [6,12]. Le bitume a une chimie complexe, il contient les saturés, les composés aromatiques, les résines et asphaltènes.

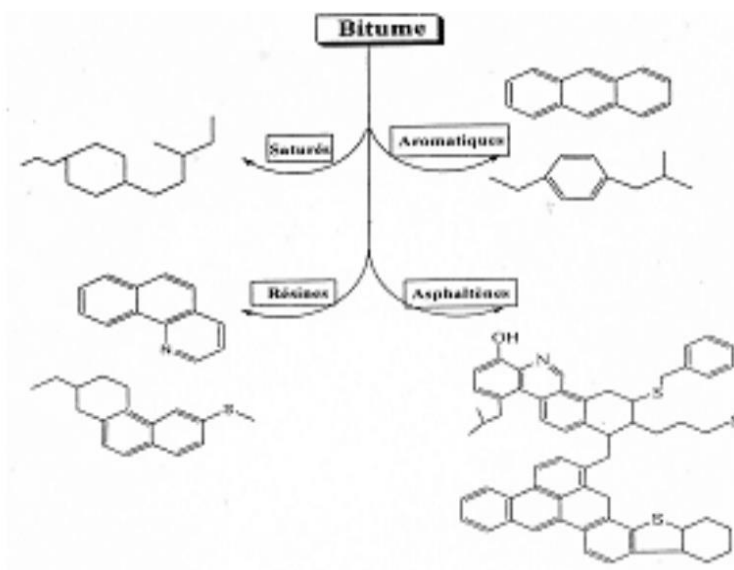


Figure II -1 : Représentation structurale des quatre fractions de bitume [12].

### II.8.2.1. Les saturés

Les saturés sont de faibles masses molaires, autour de 600 g/mol et comportent un faible pourcentage d'alcane linéaires pouvant cristalliser [13,14], qui se rapprochent des cires ou paraffines et généralement appelés « fractions cristallisables ». Ces fractions représentent de 5 à 10 % de bitume suivant la nature de brut [13].

### II.8.2.2. Les aromatiques

Les aromatiques sont les fractions présentes en majorité (environ 60%) et ce sont notamment les espèces impliquées dans la transition vitreuse du bitume, en conjonction avec les saturés non-cristallisés [13].

### II.8.2.3. Les résines

Les résines parfois appelées aromatiques polaires, sont peu nombreuses, mais ont un rôle essentiel vis-à-vis de la stabilité colloïdale du bitume. Ce sont en général des molécules à caractère aromatique très marqué et renfermant des hétéro éléments (N, O, S et parfois Ni et V), leur masse molaire peut varier de 500 à 1000 g/mol [4, 15,16].

### II.8.2.4. Les asphaltènes

Représentent généralement moins de 20% d'un bitume routier, ils sont des solides noirs, brillants, dont la masse molaire peut varier de 800 à 4000 g/mol [17,18]. Leur composition élémentaire est stable d'un bitume à l'autre et ils sont concentrés en hétéroéléments : soufre, azote, nickel, fer et vanadium.

Suite à la présence de groupements polaires, de plages aromatiques et de métaux complexés, ils sont aussi impliqués dans les propriétés adhésives des bitumes [10].

Il faut préciser que les bitumes sont des matériaux évolutifs, notamment suite à un vieillissement chimique, qui correspond à une oxydation, avec ruptures de chaînes et ouvertures de cycles. Le vieillissement génère essentiellement une augmentation de la teneur en asphaltènes, ce qui se traduit par une rigidification du bitume [6].

### III. PROBLÉMATIQUE

#### III.1. Présentation du problème

Après sa sortie du fond de la colonne de distillation sous vide 14C1, le bitume va subir une oxydation au niveau de la colonne 14C2 ou il se passe les réactions de déshydrogénation partielles et polymérisation dont le but est le durcissement du bitume. Après cette opérationnel bitume est envoyé vers le stockage.

Il a été constaté, au niveau de l'unité 14 (zone 10) de la raffinerie d'Arzew que le bitume routier (grade 40/50) sort avec une pénétrabilité hors spécifications, en particulier dans le cas d'absence d'asphaltes fournis par les unités voisines (bitumes naturel issus des unités U22 (Zone 7) /U200 ( Zone 5).

La pénétrabilité est une caractéristique importante pour les bitumes routiers, elle permet aux bitumes des'étirer sans se rompre, elle est mesurée en (1/10mm). Pour les bitumes 40/50 la pénétrabilité doit être entre 40–50 (à 25°C).

Dans le tableau sont présentés les résultats d'analyses effectuées sur le bitume routier pour la période (**janvier 2019**). On peut lire que la ductilité et le point de flash répond en taux spécifications alors que la pénétrabilité et le point de ramollissement sont souvent hors spécifications.

D'après l'historique de l'unité 14, plusieurs tentatives ont été faites pour corriger les en jouant sur les paramètres opératoires de la colonne 14C2 (Le débit d'air injecté, la température, et le temps de séjour) pour mieux contrôler l'oxydation au niveau de cet équipement.

Tableau III-1 : Spécifications du produit bitume 40/50.

DATE SPECIFIC.	14 C2							
	P	R	PF	Du				
1	19	73	288	>150	16	42	61	278 >150
	52	50	286	>150		37	54	284
	53	50	280	>150		43	50	276 >150
2	58	47	266	>150	17	45	50	280 >150
	56	48	268	>150		45	49	280 >150
	57	48	276	>150		42	50	282 >150
3	52	47	286	>150	18	45	50	280 >150
	50	52	286	>150		45	49	280 >150
	50	49	280	>150		42	50	282 >150
4	44	51	306	120	19	39	49	290 >150
	43	52	300	110		41	50	288 >150
	55	49	290	>150		44	49	278 >150
5	50	50	266	>150	20	33	53	284 79
	52	49	268	>150		28	54	282 82
	49	51	280	>150		51	47	288 >150
6	50	51	264	>150	21	64	45	262 >150
	54	49	262	>150		80	42	276 >150
	54	48	282	>150		53	47	270 >170
7	46	52	276	>150	22	34	55	274 >150
	52	50	274	>150		33	55	280 >150
	54	50	276	>150		30	52	278 >150
8	38	55	278	84	23	35	55	270 54
	36	55	276	78		36	54	272 50
	32	57	278	28		42	52	278 92
9	37	53	272	>150	24	40	48	278 >150
	39	52	268	125		58	47	276 >150
	46	51	274	>150		60	45	282 >150
10	40	50	270	>150	25	40	47	266 >150
	48	50	272	>150		42	47	272 >150
	48	46	266	>150		44	48	278 >150
11	45	51	268	>150	26	42	46	270 >150
	64	46	270	>150		42	47	276 >150
	50	51	268	>150		36	52	276 >105
12	45	52	274	>150	27	53	43.0	290 >150
	42	45	276	>150		44	49	284 >150
	41	56	278	>150		48	49	286 >150
13	43	52	274	>150	28	39	50	288
	44	52	282	>150		46	44	288
	46	49	280	>150		43	51	282 >150
14	47	49	278	>150	29	44	47	>150
	50	48	282	>150		50	43	272 >150
	45	49	274					
15	38	52	272	>135				
	48	49	276	>150				

Tableau III-2: Spécifications de la pénétrabilité des asphaltes.

DATE SPECIFIC.	AUTRES				16	Z5	154	Z7	
		P	Z7	P					
1	Z5	177	Z7	315	17	Z5	43	Z7	
	Z5	194	Z7	238		Z5	70	Z7	55
	Z5	268	Z7	265		Z5	71	Z7	24
2	Z5	177	Z7	248	18	Z5	87	Z7	23
	Z5	204	Z7	248		Z5	85	Z7	55
	Z5	79	Z7	186		Z5	71	Z7	24
3	Z5	180	Z7	180	19	Z5	87	Z7	23
	Z5	130	Z7	298		Z5	85	Z7	24
	Z5	139	Z7	113		Z5	63	Z7	25
4	Z5	160	Z7	20	20	Z5	92	Z7	28
	Z5	152	Z7	8		Z5	88	Z7	20
	Z5	138	Z7	6		Z5	73	Z7	35
5	Z5	136	Z7	284	21	Z5	75	Z7	29
	Z5	158	Z7	67		Z5	98	Z7	23
	Z5	156	Z7	18		Z5	84	Z7	46
6	Z5	150	Z7	10	22	Z5		Z7	20
	Z5	145	Z7	22		Z5		Z7	25
	Z5	169	Z7			Z5		Z7	17
7	Z5	138	Z7		23	Z5		Z7	8
	Z5	156	Z7			Z5		Z7	18
	Z5		Z7			Z5		Z7	22
8	Z5		Z7		24	Z5	53	Z7	21
	Z5	166	Z7			Z5	45	Z7	17
	Z5	194	Z7	220		Z5		Z7	30
9	Z5	130	Z7	13	25	Z5	59	Z7	40
	Z5	144	Z7	10		Z5	45	Z7	42
	Z5	146	Z7	15		Z5	50	Z7	21
10	Z5		Z7		26	Z5	56	Z7	16
	Z5	139	Z7	5		Z5		Z7	87
	Z5		Z7			Z5	34	Z7	39
11	Z5	138	Z7	4,5	27	Z5		Z7	
	Z5		Z7			Z5	63	Z7	26
	Z5		Z7			Z5		Z7	23
12	Z5	150	Z7	275	28	Z5		Z7	14
	Z5	200	Z7	300		Z5		Z7	15
	Z5	172	Z7	145		Z5		Z7	14
13	Z5	150	Z7	7	29	Z5		Z7	23
	Z5	174	Z7	10		Z5		Z7	17
	Z5	143	Z7			Z5		Z7	18
14	Z5	172	Z7			Z5		Z7	
	Z5	154	Z7	9		Z5		Z7	
	Z5	170	Z7			Z5		Z7	
15	Z5		Z7			Z5		Z7	
	Z5	57	Z7			Z5		Z7	
	Z5	100	Z7			Z5		Z7	

Tableau III-3: Spécifications de la quantité des asphaltes.

	Zone 7	Zone 5
DATE	F1106	F1107
01/01/19	45	89
02/01/19	42	144
03/01/19	150	150
04/01/19	116	116
05/01/19	171	171
06/01/19	100	100
07/01/19	117	117
08/01/19	160	160
09/01/19	148	149
10/01/19	152	153
11/01/19	150	150
12/01/19	129	129
13/01/19	124	124
14/01/19	144	144
15/01/19	139	139
16/01/19		
17/01/19		
18/01/19	146	146
19/01/19	158	158
20/01/19	310	310
21/01/19	132	115
22/01/19	137	133
23/01/19	136	137
24/01/19	23	136
25/01/19	168	23
26/01/19	162	
27/01/19	168	
28/01/19	164	
29/01/19	110	
30/01/19		
31/01/19		

Tableau III-4 : Spécifications de la colonne d'oxydation (14C2).

	entrée C2	AIR C2	entrée C2	bain C2	# T°
DATE	FIC103A	FIC103	TI101	TIC102	TIC102-TI101
01/01/19	16,87	486	195	212	17
02/01/19	16,87	552	193	207	14
03/01/19	13,6	368	196	212,1	16,1
04/01/19	14,6	408	202	229,5	27,5
05/01/19	16	385	199	226,9	27,9
06/01/19	14,6	359	200	225,4	25,4
07/01/19	15,1	380	202	227,7	25,7
08/01/19	15,4	376	201	228,9	27,9
09/01/19	15	439	201	233,6	32,6
10/01/19	14,8	452	203	236,7	33,7
11/01/19	15,4	444	205	234,1	29,1
12/01/19	15	441	204	235,6	31,6
13/01/19	14,8	323	204	230,2	26,2
14/01/19	14,8	400	203	228,8	25,8
15/01/19	14,7	301	202	227,7	25,7
16/01/19	15,74	339	204	221,6	17,6
17/01/19	15,7	360	205	228,8	23,8
18/01/19	14,9	360	204	234,6	30,6
19/01/19	14,8	380	204	232	28
20/01/19	17,4	406	206	231	25
21/01/19	15,2	341	204	226,7	22,7
22/01/19	14,3	342	197	218,7	21,7
23/01/19	14,5	369	204	228,9	24,9
24/01/19	14,8	395	205	234,9	29,9
25/01/19	14,8	363	205	233,1	28,1
26/01/19	14,8	390	205	234,4	29,4
27/01/19	15	420	202	230,5	28,5
28/01/19	12,18	362	188	206	18
29/01/19	11,88	346	192	209	17
30/01/19					
31/01/19					

## III.2. Analyse du problème

Les paramètres physiques, où chimiques sont à l'origine de la baisse de pénétrabilité du bitume au-dessous de la normale.

### III.2.1. Paramètres opératoires

- La température du bain: C'est la température du bitume dans la colonne 14C2.
- Le temps de séjour dans la colonne d'oxydation 14C2: Un temps de séjour long conduit à une oxydation avancée qui provoque la baisse de la ductilité, un temps de séjour réduit provoque l'augmentation d'un autre paramètre qui est la pénétrabilité qui doit être comprise entre 40 et 50 1/10mm.
- Le degré d'oxydation: un degré d'oxydation élevé implique une oxydation avancée et vice versa. Ce degré est contrôlé par le débit d'air injecté dans la colonne 14C2.

### III.2.2. Paramètres physico-chimiques

La nature de la charge a une influence sur la pénétrabilité, c'est pour ce la que l'analyse physico chimique de la charge est très importante pour identifier les causes probables qui ont menés vers ce problème.

## III.3. Objectifs du travail

Le but de notre travail est de trouver les causes qui ont mené vers cette baisse de pénétrabilité et essayer de trouver des solutions afin de rendre cette spécification conforme aux normes. La remise en conformité de la pénétrabilité ne doit pas être en détriment des autres spécifications telles que la ductilité et le point de ramollissement, et cela quelque soit le type de la charge de BRI. Notre démarche consiste à déterminer les paramètres physico-chimiques permettant d'atteindre la qualité requise.

Ensuite, on propose des recommandations basées sur une étude fiable pour nos clients européens sur la qualité voulue du BRI. Pour cela notre étude comporte:

- **Une campagne de suivi** à travers laquelle on calcule les paramètres opératoires cités au paravant, et on étudie leur influence sur la pénétrabilité.

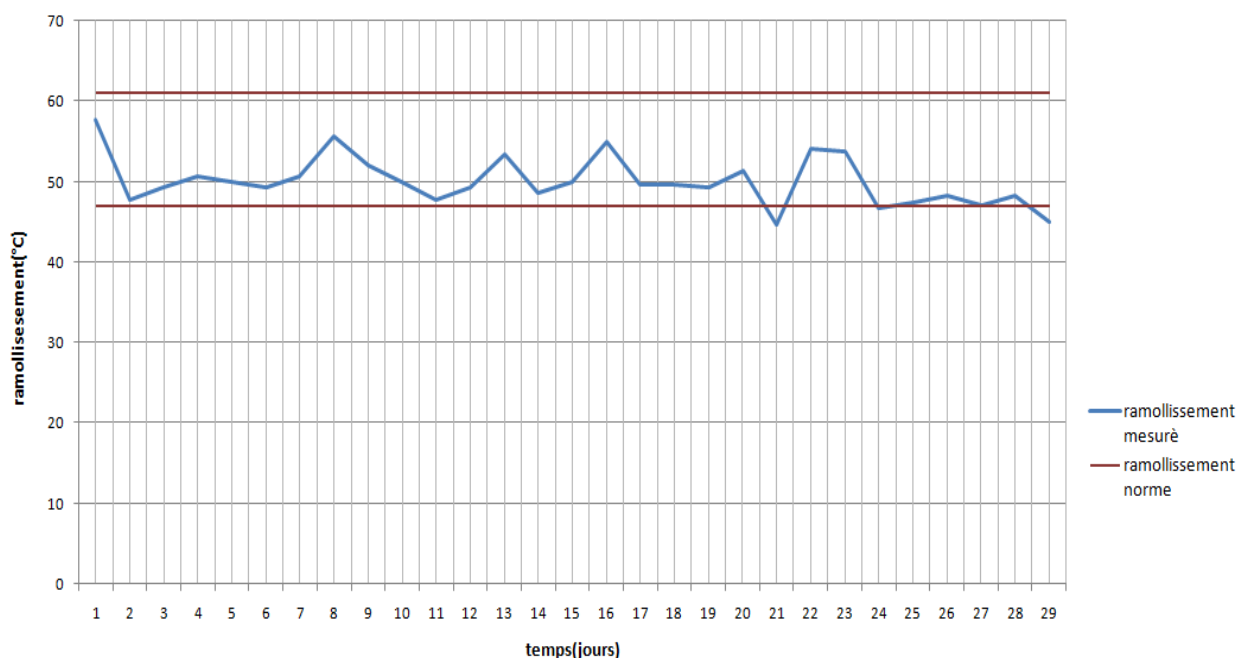
## IV. COMPAGNE DE SUIVI DES PARAMETRES PHYSIQUES DU BITUME

### IV.1. Introduction

Dans cette partie, on va étudier l'influence des paramètres physiques sur la pénétrabilité de bitume en traçant et discutant l'évolution de cette propriété en fonction des paramètres de fonctionnement de l'unité 14. Ensuite on réalise une investigation de l'effet de la nature de la charge RSV et asphalte des zones voisines (Zone 5 et Zone 7) sur la pénétrabilité de bitume routier. Finalement on fait une étude de l'impact de teneur en asphaltes sur la pénétrabilité. L'étude est basée sur des données et des analyses effectuées durant la période (JANVIER 2019).

### IV.2. Point de ramollissement

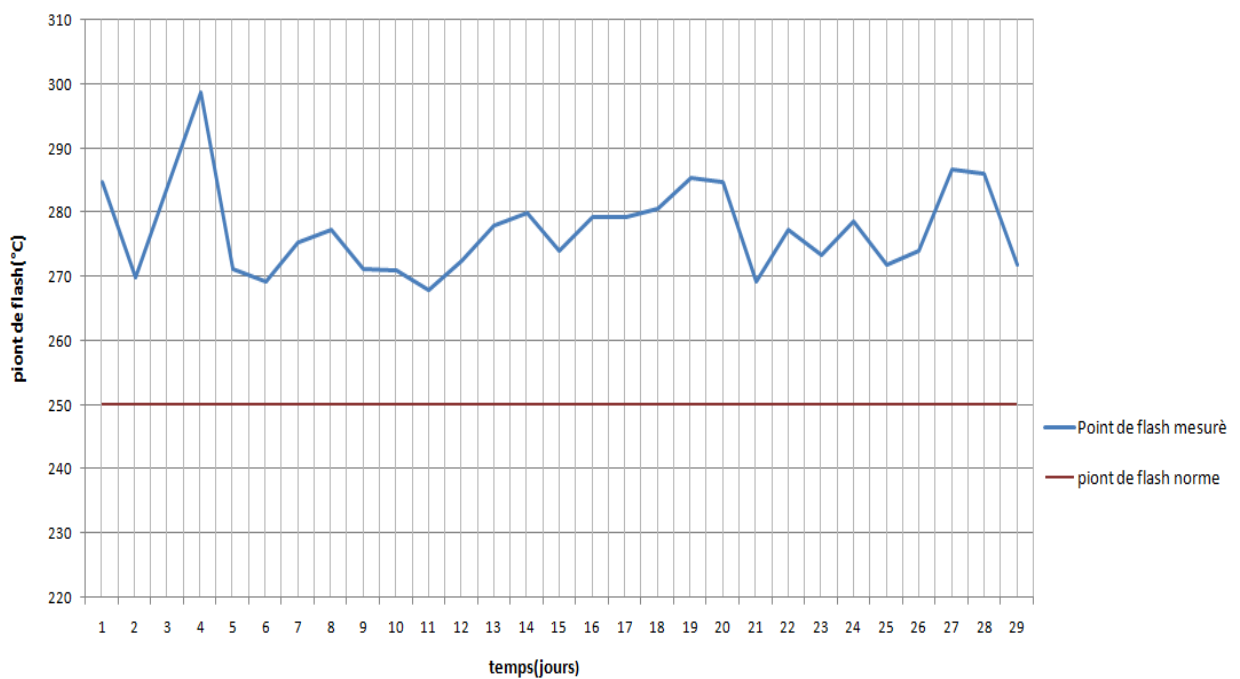
La **figure IV-1** montre les résultats de point de ramollissement du bitume obtenue durant la période de suivi. On remarque, que globalement cette propriété varie entre 47°C et 61°C ce qui est tout à fait dans la norme (NA2617).



**Figure IV-1 : Point de ramollissement durant la période de suivi.**

### IV.3. Point de flash

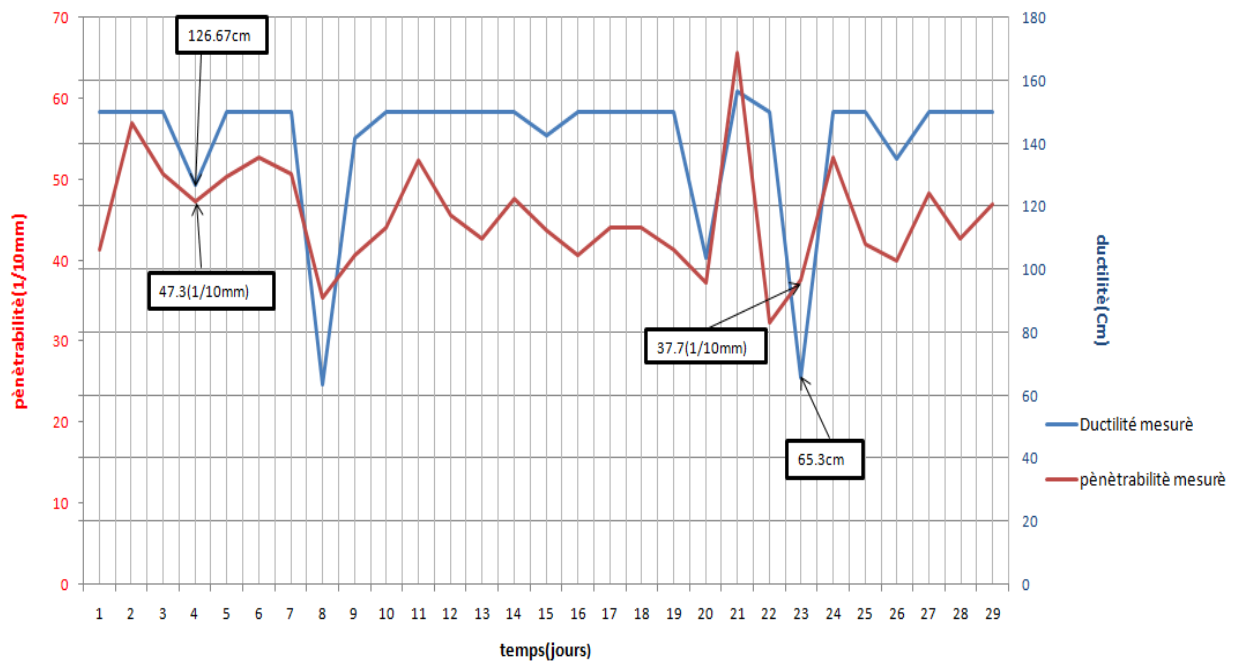
Dans la **figure IV-2** est illustré le graphe qui représente la variation du point de flash du bitume obtenu durant la période de suivi. On remarque, que globalement la spécification de point de flash a été dans la norme (NA1440) (point de flash supérieur 250°C). Le changement de point de flash peut être expliqué par le changement des paramètres opératoires de la colonne de distillation sous vide 14C1 notamment l'augmentation de la température de Heavy vaccumgas oil (HVGO) soutiré, où bien par la nature chimique de la charge.



**Figure IV-2 : Variation du point de flash durant la période de suivi.**

#### IV.4. Ductilité

La ductilité est une caractéristique critique pour les bitumes. Ce paramètre ne peut en aucun cas être négligé. Dans la **figure IV-3** est illustré le graphe qui représente la variation de la ductilité et la pénétrabilité du bitume (40/50) issu de l'unité 14 en fonction du temps.

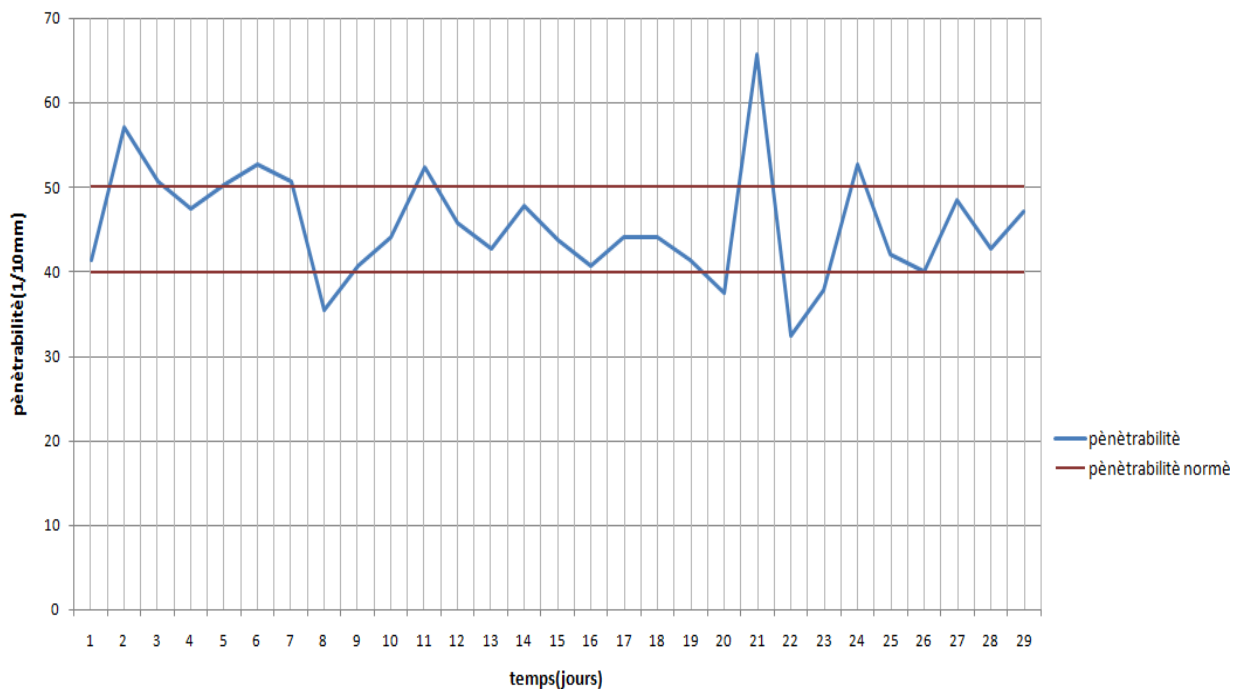


**Figure IV-3 : Variation de la pénétrabilité et la ductilité au cours du temps.**

On remarque sur la **figure IV-3** que la ductilité et la pénétrabilité ont la même tendance. A titre d'exemple, considérons le jour 4 où la ductilité est de 126.67 cm, la pénétrabilité correspondante est de 47.3 (1/10 mm). En revanche, lorsque la ductilité est faible, la pénétrabilité va de soit, comme le montre les analyses du jour 23 où la ductilité est de 65.3 cm, et la pénétrabilité 37.7 (1/10 mm). Ainsi, la ductilité et la pénétrabilité sont deux paramètres étroitement liés l'un à l'autre. Cependant, pour qu'un bitume soit de bonne qualité, les normes exigent une pénétrabilité comprise entre 40 et 50 (1/10 mm) et une ductilité supérieure à 60 cm. Donc, lorsqu'on cherche à augmenter la ductilité, il faut prendre également en considération la pénétrabilité.

### IV.5. Pénétrabilité

La **figure IV- 4** montre la variation de la pénétrabilité du bitume routier de grade 40/50 issu de l'unité 14 durant la période de suivi. On remarque sur cette **figure IV-4** qu'il y a des perturbations au niveau de l'unité 14 concernant une spécification importante des bitumes routiers qui est la pénétrabilité. Le graphe montre qu'il ya des jours où la pénétrabilité est relativement élevée supérieure à 50 (1/10mm) et d'autres jours où elle est inférieure à 40 (1/10mm). Cette diminution se traduit par l'obtention d'un produit (bitume routier) non conforme. Ce changement de la pénétrabilité peut être expliqué par le changement des paramètres opératoires de la colonne d'oxydation 14C2 ; où bien par la nature chimique de la charge BRI. Dans ce qui suit, nous intéressons aux paramètres opératoires et leurs influences sur la pénétrabilité.



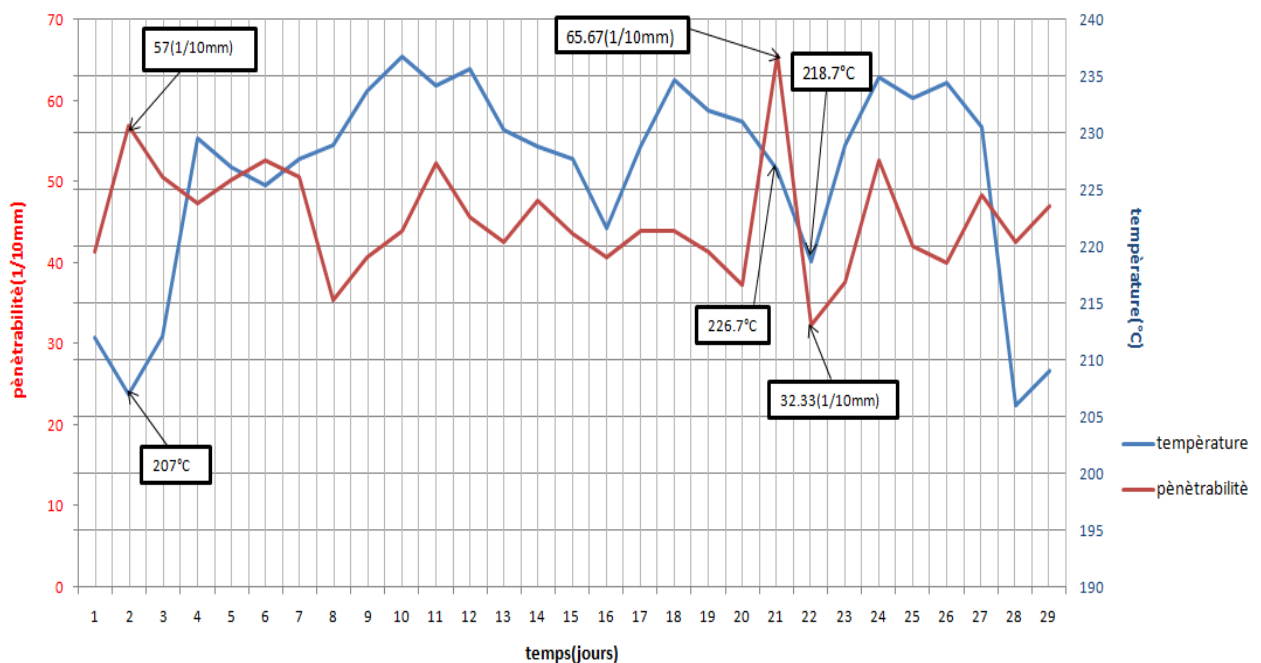
**IV-4: Variation de la pénétrabilité au cour du temps.**

## IV.6. Effet de la température sur la Pénétrabilité

La température du bain de la colonne d'oxydation 14C2 est l'un des paramètres clés pour obtenir un produit avec des propriétés déterminées. L'effet de ce paramètre sur la pénétrabilité sera examiné dans cette section.

### IV.6.1. Température du bain

Pour étudier l'effet de la température du bain du réacteur (la colonne) d'oxydation sur la pénétrabilité, un graphe qui illustre la variation de ce paramètre en fonction du temps a été tracé et représenté par la **figure IV-5**.



**Figure IV-5 :Variation de la Pénétrabilité et de la température du bain au cours du temps.**

On remarque sur cette **Figure IV-5** que la température n'affecte pas sur la pénétrabilité dans la période du 2<sup>ème</sup> jour ou la pénétrabilité augmente jusqu'à 57(1/10mm) et la température diminue jusqu'à 207°C (une variation inversement, cette variation est justifiée par la réaction d'oxydation).

Ainsi, par exemple le jour (21) la pénétrabilité augmente jusqu'à 65.67 (1/10mm) et la température diminue jusqu'à 226.7°C. Sauf la période des jours (21 – 22) Il y a l'effet de la température sur la pénétrabilité ou la pénétrabilité diminue jusqu'à 32.33 (1/10mm) et la température diminue jusqu'à 218.7°C.

Donc il y'a pas d'effet de la température du bain sur la pénétrabilité.

### IV.6.2. Effet du gradient de température $\Delta T$

C'est la différence de la température entre l'entrée et le bain du réacteur 14C2, cette valeur est proportionnelle à la quantité de chaleur dégagée lors de la réaction. Elle est calculée à partir de l'équation suivante :

$$\Delta T = t_b - t_e \quad (\text{VI-1})$$

$T_e$ : Température d'entrée de la colonne 14C2 ( $^{\circ}\text{C}$ )

$T_b$ : Température du bain de la colonne 14C2 ( $^{\circ}\text{C}$ )

On a calculé cette valeur en utilisant les données d'une période de 1 mois, ensuite on a tracé un graphe qui représente la variation de cette valeur et les valeurs de la pénétrabilité en fonction du temps. Les résultats sont illustrés sur la **figure IV-6**. D'après cette figure, le gradient de température ( $\Delta T$ ) varie de 14 à 34 $^{\circ}\text{C}$  au cours du temps. Cette variation est accompagnée d'un changement de la pénétrabilité, comme durant le jour 02 où la pénétrabilité augmente jusqu'à 57 (1/10 mm) et  $\Delta T$  diminue jusqu'à 14 $^{\circ}\text{C}$ , qui est une valeur hors norme. Ainsi, par exemple le jour (21) la pénétrabilité augmente jusqu'à 65.67 (1/10mm) et  $\Delta T$  diminue jusqu'à 23 $^{\circ}\text{C}$ . Ainsi, durant la période du jours ( 21-22 ) il y'a un léger effet, la pénétrabilité qui diminue de 65.67 à 32.33 (1/10mm) pour un gradient de température  $\Delta T$  qui diminue de 23 à 22  $^{\circ}\text{C}$ .

Donc il y'a pas d'effet de la variation de la température  $\Delta T$  sur la pénétrabilité.

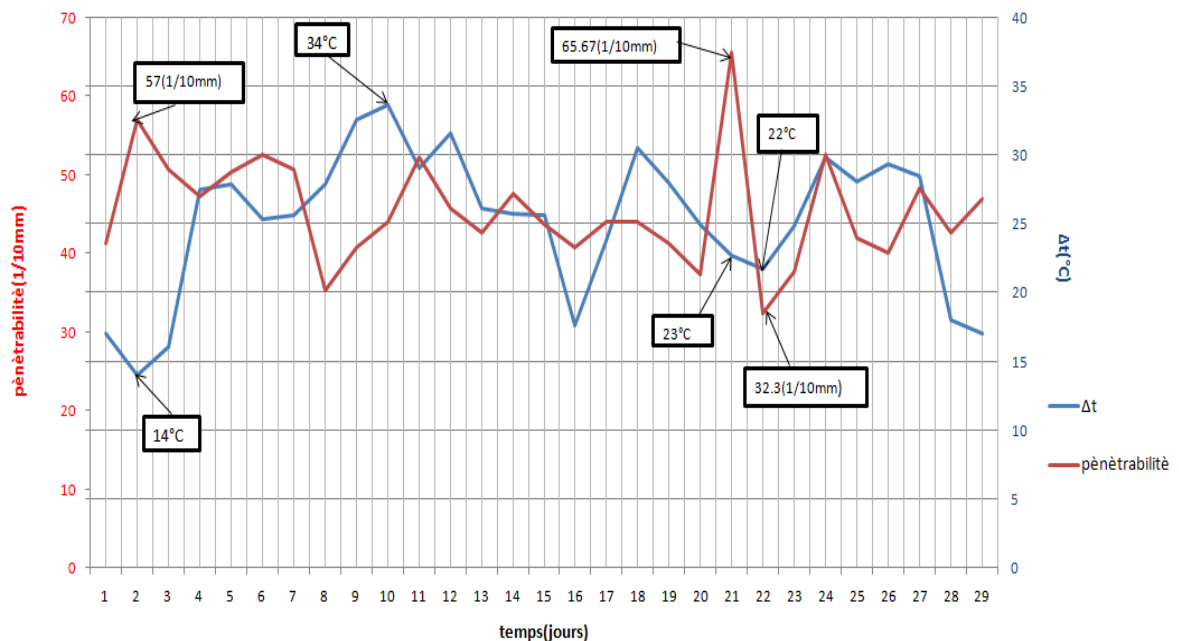
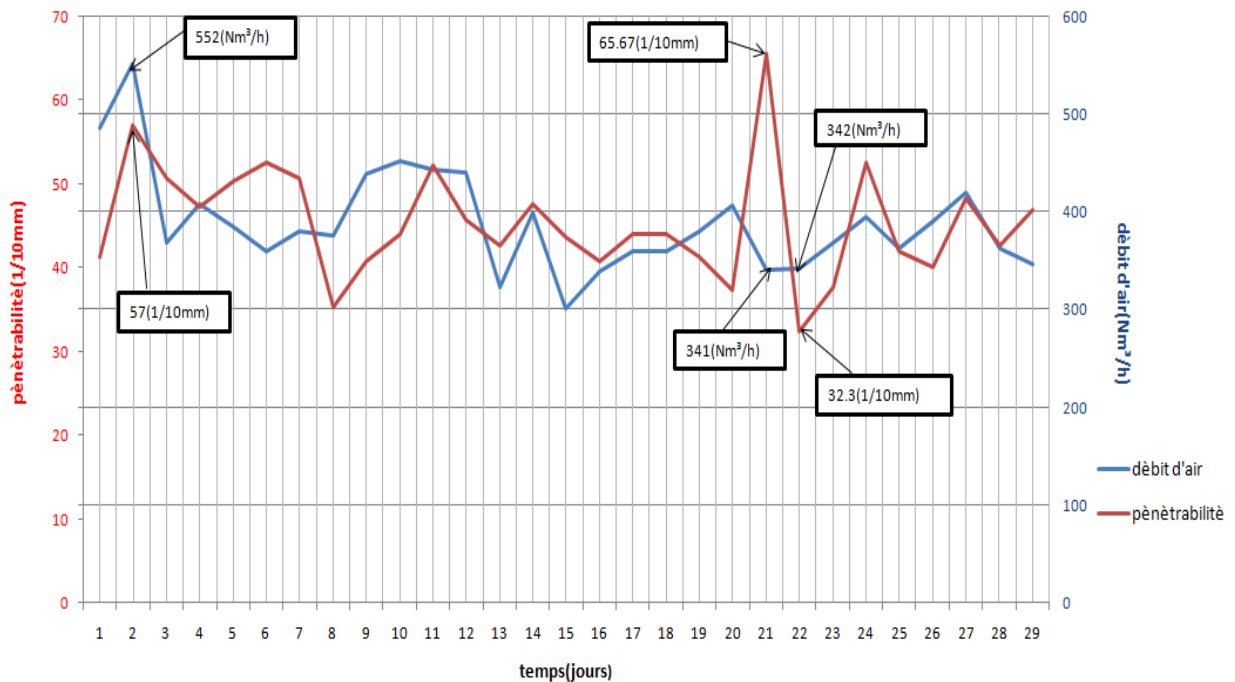


Figure IV-6: Pénétrabilité et différence de température en fonction du temps.

## IV.7. Effet des propriétés de l'air injecté dans la colonne 14C2 sur la pénétrabilité

### IV.7.1. Débit d'air

Le débit d'air injecté dans la colonne de soufflage 14C2 est aussi considéré comme un paramètre clé de l'oxydation, il est proportionnel au degré d'oxydation. En d'autres termes, un débit d'air élevé conduit à une oxydation avancée et vice versa. Ce qui rend indispensable l'étude de la variation de ce paramètre et de la pénétrabilité en fonction du temps. Pour cette raison, on a tracé un graphe qui représente la variation du débit d'air injecté dans la colonne 14C2 et la pénétrabilité en fonction du temps. Ce graphe est représenté dans la **figure IV-7**. D'après le graphe, on remarque qu'il y a une variation de débit d'air injecté dans la colonne 14C2 en fonction du temps.



**Figure IV-7: Variation de la Pénétrabilité et du débit d'air en fonction du temps.**

On remarque également sur la **figure IV-7**. A titre d'exemples, lorsque le débit d'air diminue jusqu'à 341 Nm<sup>3</sup>/h aux 21 jours, la pénétrabilité augmente de 65.67 (1/10mm). En revanche, pour la période des jours (21 -22), le débit est presque stable (341-342 Nm<sup>3</sup>/h) et la pénétrabilité diminue de 65.67 – 32.33 (1/10mm). Bien heureusement, ces deux valeurs de la pénétrabilité sont hors les normes.

Donc il y'a un effet débit d'air sur la pénétrabilité. Mais d'autre jour (02 jour), la pénétrabilité augmente jusqu'à 57 (1/10mm) et débit d'air augmente jusqu'à (552 Nm<sup>3</sup>/h) (donc il y'a pas d'effet).

Donc il y'a d'effet du débit d'air sur la pénétrabilité.

#### IV.7.2. Rapport air/charge

Le rapport air/charge représente la quantité d'air utilisée pour l'oxydation d'une tonne de charge (résidu sous vide). Il est mesuré en Nm<sup>3</sup> d'air/Tonne de charge. Ce rapport est calculé à partir de l'équation (IV-2)

$$R = \frac{Q_a}{Q_c * \rho_c * 10^{-3}} \quad (\text{IV-2})$$

R : Rapport air/charge (Nm<sup>3</sup>/Tonne)

Q<sub>a</sub> : Débit volumique de l'air (Nm<sup>3</sup>/h)

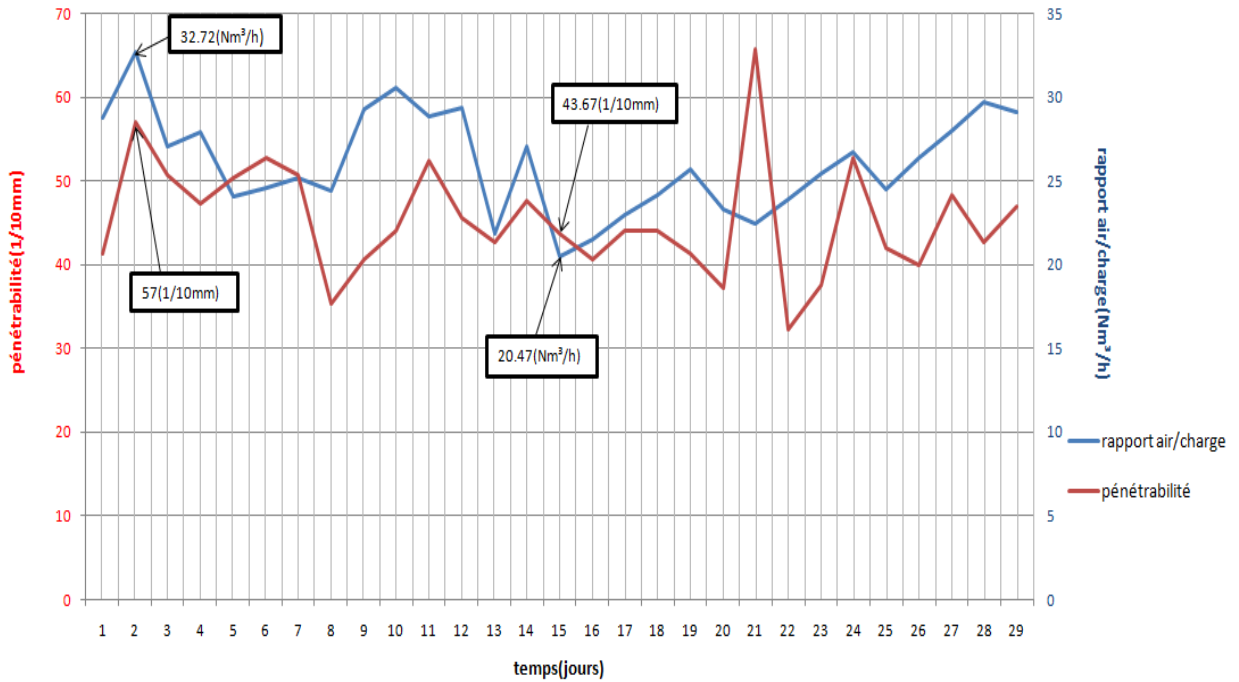
Q<sub>c</sub> : Débit volumique de la charge (m<sup>3</sup>/h)

ρ<sub>c</sub> : Masse volumique de la charge (Kg/m<sup>3</sup>)

D'après cette équation on déduit que le rapport air/charge peut être contrôlé par deux paramètres:

- Le débit de la charge qui alimente la colonne d'oxydation 14C2: ce débit est inversement proportionnel au rapport air/charge.
- Le débit d'air injecté dans la colonne d'oxydation 14C2: il est directement proportionnel au rapport air/charge, Pour mieux étudier l'effet de l'air injecté dans la colonne d'oxydation 14C2 sur la pénétrabilité, on a tracé un graphe qui représente les variations de la pénétrabilité et du rapport air/charge en fonction du temps. Ce graphe est illustré dans la **figure IV-8**.

On remarque sur la **figure IV-8** que le rapport air/charge fluctue de façon importante en fonction du temps. Ainsi, par exemple ce rapport est relativement élevé comme pour le jour 02 où il était à son maximum (32.72 Nm<sup>3</sup>/tonne), alors que la pénétrabilité était de 57 (1/10mm), qui est une valeur non conforme aux normes. Ainsi, par exemple le jour (15) la pénétrabilité était de 43.67 (1/10mm), qui est une valeur conforme aux normes, alors que le rapport était à sa valeur minimal (20.47 Nm<sup>3</sup> /tonne), .En parallèle de cette variation du rapport air/charge, il y a une variation de la pénétrabilité .



**Figure IV-8: Variation de la Pénétrabilité et du rapport air/charge en fonction du temps.**

Ainsi, il semble y avoir un rapport air/charge optimal permettant d’avoir une pénétrabilité conforme aux normes.

Donc il y’a pas d’effet de la Rapport air/charge sur la pénétrabilité.

### IV.8.Effet du temps de séjour sur la Pénétrabilité

Le temps de séjour dans la colonne 14C2 est le temps moyen nécessaire pour traiter un volume équivalent au volume de la colonne. C’est un paramètre important qui contrôle le taux d’oxydation du bitume. Nous avons jugé très utile d’étudier l’influence de ce paramètre sur la pénétrabilité.

#### IV.8.1.Calcul du temps de séjour

Le temps de séjour dans la colonne d’oxydation est calculé à partir de l’équation suivante:

$$t_s = \frac{V_P}{Q_P} \quad (IV-3)$$

$t_s$  : temps de séjour (h)

$V_p$  : Volume du liquide dans la colonne ( $m^3$ )

$Q_p$  : Débit volumique du produit ( $m^3/h$ )

Le volume du liquide dans la colonne est calculé à partir de l'équation suivante :

$$V_p = \pi * R^2 * H_p \quad (IV-4)$$

$R$  : Rayon de la colonne 14C2

$H_p$  : la hauteur du liquide dans la colonne 14C2

#### IV.8.1.1. Temps de séjour design

Tout d'abord on va calculer le temps de séjour selon les paramètres de design:

Données :

- $R = 1,75$  m
- $H_p = 10$  m
- $Q_p = 16.87$   $m^3/h$

Pour le calculer il faut passer par le calcul du volume du liquide dans la colonne:

$$V_p = \pi * 1,75^2 * 10 \Rightarrow V_p = 96m^3$$

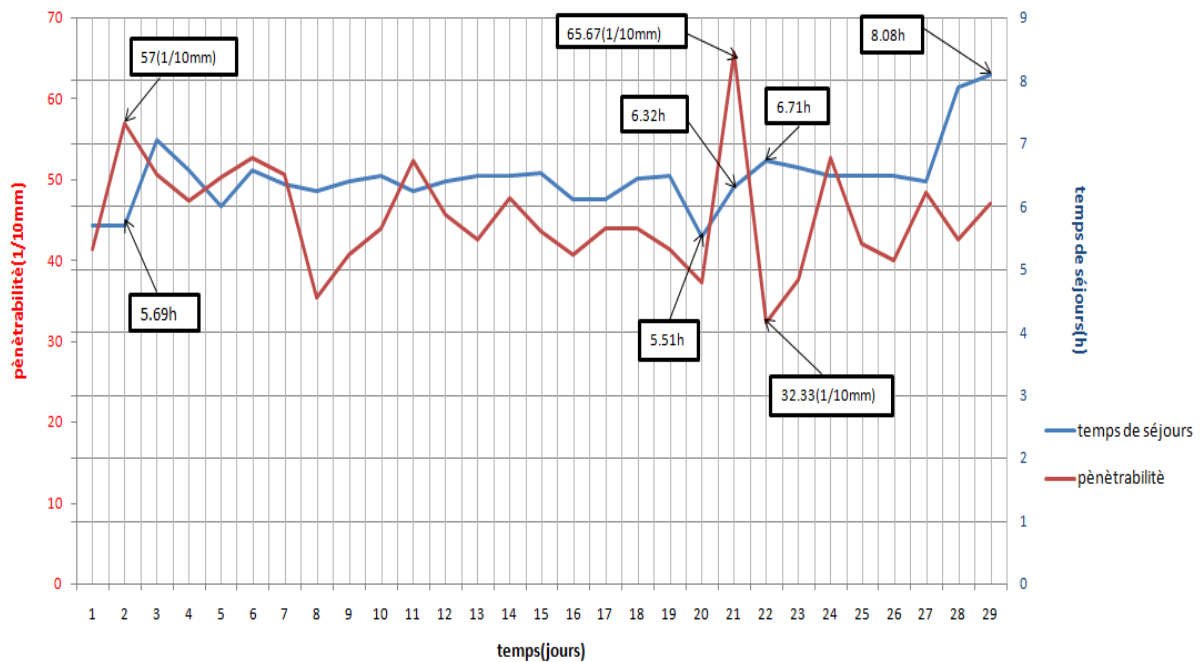
$$t_s = \frac{96}{16.87} \Rightarrow t_s = 5,69 \text{ h}$$

Le temps de séjour dans la colonne d'oxydation 14C2 d'après les paramètres design est de

5,69 h

### IV .8.1.2.Temps de séjour réel

Après avoir calculé le temps de séjour selon les paramètres design, on l'a calculé selon les paramètres réels. Le calcul a été effectué en utilisant les paramètres de fonctionnement durant une période de 1 mois .La **figure IV-9** représente la variation du temps de séjour dans la colonne 14C2, et de la pénétrabilité en fonction du temps.



**Figure IV-9 : Variation du temps de séjour et de la pénétrabilité en fonction du temps.**

D'après le graphe représenté dans la **figure IV-9**, on remarque que le temps de séjour réel varie entre 8.08 h (jour 29) et 5.51 h (jours 20), durant notre période d'étude, alors que le temps de séjour design est de 5,69 h , lorsque le temps de séjour diminue la pénétrabilité augmente.

On remarque sur cette figure que,le temps de séjour affecte sur la pénétrabilité dans la période du mois comme durant jour (21) la pénétrabilité augmente jusqu'à 65.67 (1/10mm) et le temps de séjour augmente jusqu'à 6.32 h. Ainsi, durant la période du jours (21-22) la pénétrabilité diminue de 65.67 à 32.33 (1/10mm) et temps de séjour augmente de 6.32 h à 6.71 h.

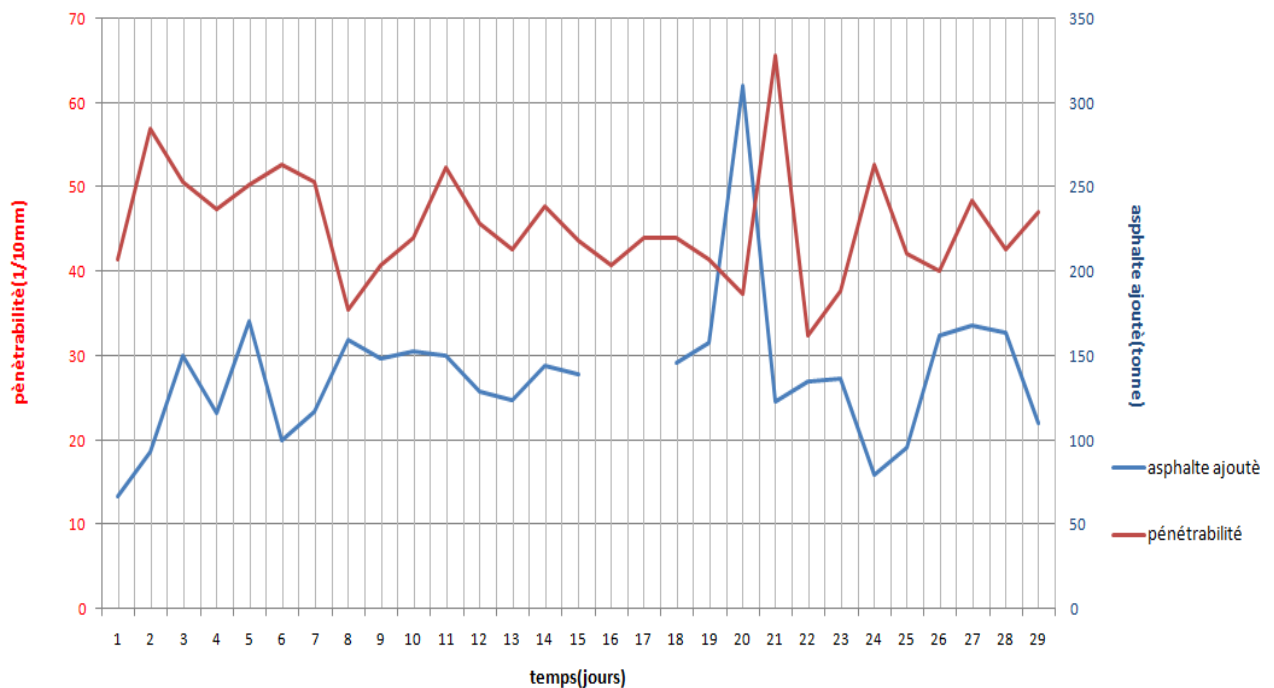
Donc il y'a un effet temps de séjour sur la pénétrabilité.

Sauf le jour 02 où la pénétrabilité augmente jusqu'à 57 (1/10 mm) qui est une valeur hors norme et le temps de séjour constant 5.69h.

L'augmentation de temps de séjour améliore le taux d'oxydation qui facilite la transformation des molécules légers en molécules à poids moléculaires plus grand (les asphaltènes) par une réaction de polymérisation.

#### IV.9.Effet de l'asphalte sur la Pénétrabilité

La quantité de bitume routier produite est de 120000 T/an, et celle de l'asphalte est de 70781 T/an, qui représentent 37% de la production totale (asphalte + RSV). Ce qui nous a conduits à mener une étude sur l'influence de l'asphalte sur la qualité du bitume 40/50.



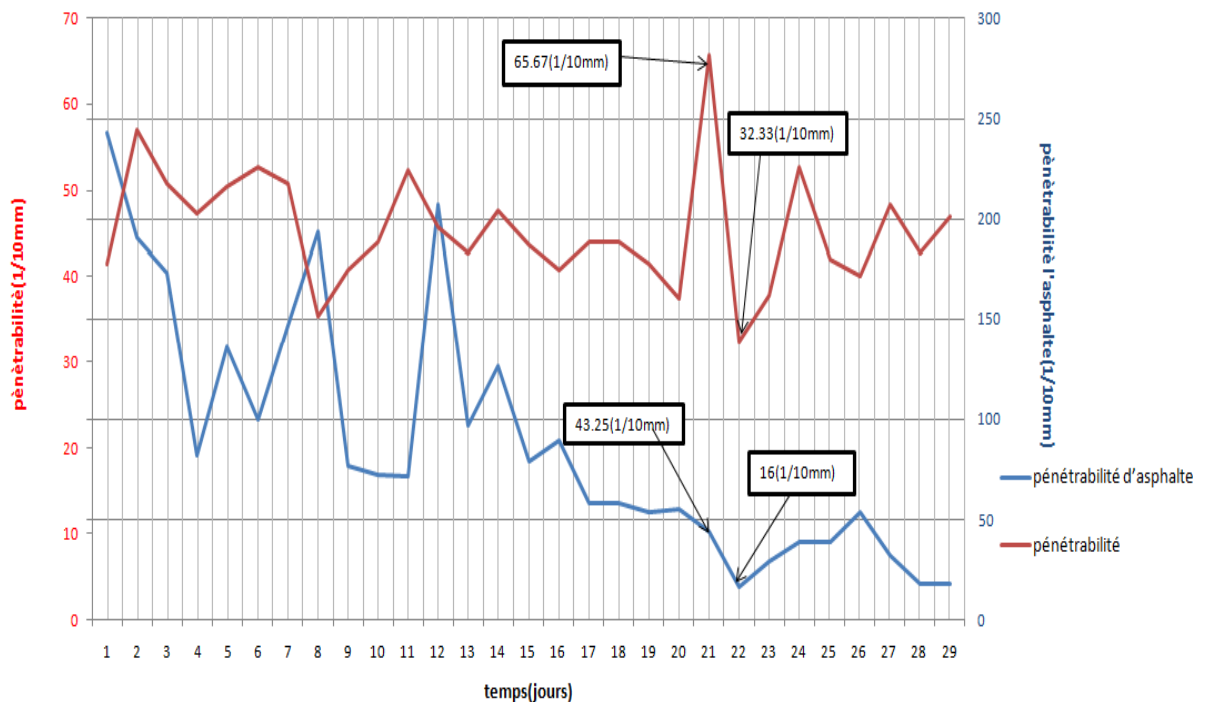
**Figure IV-10: Effet de l'asphalte sur la Pénétrabilité du bitume.**

On remarque sur la **figure IV-10** que durant les jours où la quantité d'asphalte ajoutée est inférieure à 150 Tonne et la pénétrabilité est hors les normes (par exemple du jour 02 et jour 21 et du jour 21 au jour 22). Ainsi, la pénétrabilité est proportionnelle à la quantité d'asphalte dans le bitume. L'ajout des asphaltes de la zone 05/07 permet d'avoir la pénétrabilité entre 40 et 50 (1/10mm).

Il faut noter également que l'asphalte contient une proportion importante de résine qui corrige la pénétrabilité du RSV, et qui se transforme en asphaltènes par polymérisation dans la colonne d'oxydation.

#### IV.10. Influence de point de pénétrabilité d'asphalte sur la pénétrabilité

On constate sur la **figure IV-11** qu'il y a une variation inversement entre le point de pénétrabilité de l'asphalte et la pénétrabilité de bitume 40/50. Il est à noter que la valeur maximale de pénétrabilité de l'asphalte est limitée par le design à 400 (1/10mm).



**FigureIV-11:Relation entre la pénétrabilité d'asphalte et pénétrabilité du bitume.**

On a enregistré durant le jour 21 une valeur maximale de la pénétrabilité de bitume routier de l'ordre de 65.67 (1/10mm) avec une diminution de la pénétrabilité de l'asphalte jusqu'à 43.25 (1/10mm). On observe également (**Fig. IV-11**) que la valeur minimale 32.33 (1/10mm) correspondante à une valeur de pénétrabilité de l'asphalte est égale 16 (1/10mm) est obtenue durant le jour 22. Ainsi, l'augmentation de point de pénétrabilité de l'asphalte permis d'ajuster la proportion des résines dans la charge RSV a fin de corriger sa pénétrabilité.

Donc il y'a d'effet de la quantité et la pénétrabilité de l'asphalte sur la pénétrabilité de bitume routier.

### CONCLUSION

Dans le présent travail nous avons étudié un problème qui se pose au niveau de la zone 10 de la raffinerie d'Arzew, il s'agit d'une caractéristique principale du bitume qui est la pénétrabilité. Pour palier à ce problème, notre travail a commencé par l'analyse des paramètres opératoires qui influent sur la pénétrabilité. D'après notre travail qui est basée sur des données de 01 mois, on a trouvé que ces trois paramètres ont une influence sur la pénétrabilité. Ces trois paramètres sont :

- L'air injecté dans la colonne 14C2
- Le temps de séjour dans la colonne 14C2
- La qualité et la quantité de l'asphalte

Ceci rend nécessaire l'optimisation de ces derniers. Cependant, on doit prendre en considération le changement des autres spécifications du bitume 40/50, telle que la ductilité. Pour permettre un bon fonctionnement des paramètres opératoires, il est impératif de connaître l'effet de la nature de la charge avec l'addition de l'asphalte des unités voisines sur la pénétrabilité de notre produit fini, sachant qu'on a confirmé d'après les expériences au niveau de laboratoire de la raffinerie d'Arzew; une influence très importante de l'asphalte rajoutée de la zone 05 et la zone 07 sur pénétrabilité de bitume routier.

Notre modeste travail n'est en fait qu'une contribution pour résoudre la problématique vécu et ouvre des perspectives vers d'autres voies à explorer.

## CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

### RECOMMANDATIONS

Pour résoudre le problème de pénétrabilité du bitume 40/50 au niveau de la raffinerie d'Arzew, nous recommandons :

- D'importé une charge BRI approprié a notre design industrielle par une investigation sur ces caractéristiques physico-chimiques.
- Valider par des tests RUN les nouveaux paramètres de marche de la colonne d'oxydation 14C2.
- Nous proposons de maximiser le point de pénétrabilité de l'asphalte zone 05/07 (400 max) avec une quantité suffisante de l'asphalte pour corriger la pénétrabilité.
- Nous proposons de réserver une quantité d'asphalte (bac de stockage pour l'asphalte).
- Nous proposons de produire un bitume routier 35/50 qui est un grade mondial afin d'éviter les problèmes liée a la pénétrabilité rencontré dans le grade actuel.

# BIBLIOGRAPHIE

[1] Bilan matiere annee 2018, Departemene Planning et Programmation.

[2] Manuel opératoire de la zone 10 de la raffinerie d'Arzew.

[3] J-P-FAVENNEC, « Le raffinage du pétrole» volume 5 exploitation et gestion de la raffinerie, publications de l'InstitutFrançais du Pétrole EDITION TECHNIP 1998.

[4] J-P-WAUQUIER, « Le raffinage du pétrole» volume 1 produits pétroliers schémas de fabrication,publications de l'InstitutFrançais du Pétrole, EDITION TECHNIP 1994.

[5]- P. Wuithier, Le pétrole, Raffinage et Génie chimique I, Science et Technique du Pétrole, (1972).

[6] D. Lesueur, La Rhéologie des Bitumes: Principes et Modification, Rhéologie, V. 2, 1-30, (2002).

[7] J. F. Branthaver, J.C. Petersen, R.E. Robertson et al, Binder Characterization and Evaluation, Chemical Characterization SHRP Report A-368, National Research Council, Washington DC, V. 2, (1994).

[8] Association Internationale de la Route (AIPCR), Use of Modified Bituminous Binders, Spécial Bitumens and Bitumens with Additives in Road Pavements, LCPC Ed Paris (1999).

[9] B. Brûlé et F. Migliori, Application de la chromatographie sur gel perméable à la caractérisation de bitumes routiers et de leur susceptibilité au vieillissement artificiel Bull. Liaison Lab, Ponts Chaussées, N° 128, 107-120, (1983).

- [10] P.W. Jennings, M.A. Desando, M.F. Raub et al, NMR spectroscopy in the Characterization of weight selected asphalts, Fuel Sci. Techn. Int, V. 10, 887-907, (1992).
- [11] J.B. Boussingault, Mémoire sur la composition des bitumes, Ann. Chim. Phys, V. 64, 141-151, (1837).
- [12] J-F. Masson, L. Pelletier, P. Collins, Rapid FTIR method for quantification of styrene-butadiene type copolymers in bitumen, Journal of Applied Polymer Science, V. 79, 1034-1041 (2001).
- [13] P. Claudy, J.M. Létoffé, G. N. King et al, Characterization of paving asphalts by differential scanning calorimetry, Fuel Sci. Techn. Int, V. 9, ), 71-92 ,(1991).
- [14] J.P. Planche, P. Claudy, J.M. Létoffé, Characterization of asphalts by thermoanalysis, Science and Technology J. Youtcheff Ed. Marcel Dekker, New York, (2002).
- [15] J. M. Swanson, A contribution to the physical chemistry of the asphalts, J. Phys. Chem, V. 46, 141-150, (1942).
- [16] H. Lian, J.R.Lin, T. F. Yen, Peptization studies of asphaltene and solubility parameter spectra, Fuel, V. 73, (1994), 423-428.
- [17] J. G. Speight, The Chemistry and Technology of Petroleum, Marcel Dekker, New York (1991).
- [18] L. Michon, D. Martin, J.P. Planche et al, Estimation of average structural parameters of birumens by <sup>13</sup>C nuclear magnetic resonance spectroscopy, Fuel, V. 76, 9-15, (1997).



## ANNEXE B : Spécifications des bitumes routiers(EN 12591 2000)

CARACTERISTIQUES		REFERENCES NORMATIVES	CLASSES					
			20 / 30	35 / 50	50 / 70	70 / 100	160 / 220	
	x 0,1 mm	NF EN 1426	20 - 30	35 - 50	50 - 70	70 - 100	160 - 220	
	Point de ramollissement bille et anneau (TBA)	NF EN 1427	55 - 63	50 - 58	46 - 54	43 - 51	35 - 43	
	Résistance au durcissement RTFOT à 163 °C	NF EN 12807-1						
	- Variation de masse après RTFOT, maximum + ou -	NF EN 12807-1	0,5	0,5	0,5	0,5	1,0	
	- Pénétrabilité restante après RTFOT, minimum	NF EN 1426	55	53	50	46	37	
	- Augmentation de TBA après RTFOT, maximum	NF EN 1427	8	8	9	9	11	
	- TBA après RTFOT, minimum	NF EN 1427	57	52	48	45	37	
	Point d'éclair, minimum	NF EN 22592	240	240	230	230	220	
	Solubilité, minimum	NF EN 12592	99,0	99,0	99,0	99,0	99,0	
	Teneur en paraffines, maximum	NF EN 12606-2	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	

ANNEXE C : Spécifications des bitumes routiers (NA 5265) version 2006

Caractéristiques	Unité	Méthode d'essai	Classes									
			20-30	35-50	40-50	50-70	60-70	70-100	80-100	100-150		
Pénétrabilité à 25°C	X0,1m m	NA5192	20-30	35-50	40-50	50-70	60-70	70-100	80-100	100-150		
Point de ramollissement	°C	NA2617	55-63	52-60	47-61	46-54	46-56	43-51	41-51	39-47		
Résistance au durcissement à 163°C		NA5113										
Variation de masse, maxi, +-	%		0,5	0,5	0,5	0,5	0,8	0,8	1	1		
Pénétrabilité restante, mini	%	NA5313	55	53	50	50	50	46	46	43		
Point de ramollissement après durcissement, mini	°C	NA2617	57	52	49	48	48	45	45	41		
Augmentation du point de ramollissement, maxi	°C	NA2617	8	8	9	9	9	9	9	10		
Augmentation de l'indice de pénétrabilité mini, maxi	°C	Annexe A de cette norme	-1,5 +0,7	-1,5 +0,7	-1,5 +0,7	-1,5 +0,7	-1,5 +0,7	-1,5 +0,7	-1,5 +0,7	-1,5 +0,7		
Point d'éclair, mini	°C	NA1440	250	240	250	230	230	230	230	230		
Teneur en paraffines, maxi	% (mm)	EN12606-1 NA5225	2,2 4,5	2,2 4,5	2,2 4,5	2,2 4,5	2,2 4,5	2,2 4,5	2,2 4,5	2,2 4,5		
Solubilité, mini	% (m/m)	NA5271	99,0	99,0	99,0	99,0	99,0	99,0	99,0	99,0		
Ductilité à 25°C	Cm	NA5236	>= 25	-	>= 60	-	>= 80	-	>= 100	>= 100		