



جامعة الوطنىة المتعددة التخصصات
Ecole Nationale Polytechnique

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE
ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT DE GENIE INDUSTRIEL

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du Diplôme d'Ingénieur d'Etat en

Génie Industriel

المدرسة الوطنية المتعددة التخصصات
BIBLIOTHEQUE المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

Thème

OPTIMISATION DE LA PRODUCTION
D'UNE RAFFINERIE
APPLICATION : SONATRACH,
RAFFINERIE DE SKIKDA

Proposé par:

M.H.LAMA

Réalisé par:

M.A.Z.ADICHE
M^{elle}.M.MOKNINE

Encadré par :

M^{elle}.N.ABOUN
M^{me}.O.BELMOKHTAR

Dédicaces

Je dédie ce travail a :

Celle qui ma donnée tant d'amour,
et de soutien

ma mère

A mon père

A mes frères et sœur

A la petite poupée de la famille, Zizou

A ma grand-mère, Mémé

A mon cousin Yacine qui m'a beaucoup aidé

A toute ma famille

A Richard

A Souhila, Mahindou et tous mes amis

Mériem

A mes parents,

A mes sœurs et mes frères,

A mon neveu Walid et à ma nièce Nadia

Je dédie ce travail

Zoheir

REMERCIEMENTS

Nos remerciements iront tout d'abord à nos promotrices M^{lle} N. Aboune et M^{me} O. Belmokhtar, qui ont accepté d'encadrer ce travail. Leurs conseils et recommandations ont été d'un grand apport.

Nous exprimons également toute notre gratitude, aux enseignants qui ont contribué à notre formation au sein du département Génie Industriel.

Nous sommes de même reconnaissant à M. Khébri et M. Hamidi pour nous avoir facilité la tâche pour mener à bien ce travail.

Nous remercions vivement M. Lama la précieuse aide et les conseils judicieux qu'il nous a fournis au sein de NAFTEC. Ses remarques et suggestions pertinentes nous ont été des plus utiles.

Nous remercions M^{me}. Bensalem documentaliste au sein de la direction SPE (Stratégie, planification, Economie), ainsi que M^{me}. Kendira documentaliste au sein de NAFTEC pour leur aide précieuse.

Nous tenant à remercier M^{lle}. Ouahiba secrétaire de notre département, pour son dévouement et sa disponibilité dans les tâches administratives.

Nous ne remercierons jamais assez nos familles, et en particulier nos parents pour l'aide matérielle et morale qu'ils n'ont jamais cessé de nous fournir.

Résumé

le brut traité, le type d'unités assurant le traitement des charges et les réglages adoptés sur ces unités.

Cette étude a pour objet la modélisation de la raffinerie de Skikda afin de disposer d'un outil d'aide à la décision, qui fournit un plan de production mensuel, tout en maximisant la marge nette sur coûts variables. Vu la nature des opérations de raffinage, il s'est avéré que la programmation linéaire est le meilleur outil.

Après la mise en œuvre du modèle, nous avons obtenu un plan de production mensuel, ainsi que la formulation des trois essences, la formulation du gasoil ainsi que leurs coûts respectifs.

SUMMARY

The refining industry is a complexe industry, because of the relation ship between the output, the crude oil, the nature of the units processing, the different charges and also the adjustment of these production units.

The object of this work is the modeling of Skikda refinery, so that we could dispose of a decision help, which will provide us with a monthly production plan, in order to maximize the margin.

So due to the nature of the refining operation, it is established that the linear programming is an irremplaceable tool.

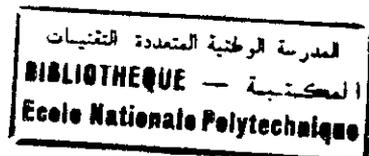
After carrying the model into effect, we have obtained the monthly production plan. We were able to know the composition of the three kinds of gasoline and the composition of the gasoil and their respective costs too.

ARABIC

الصناعة التكرارية هي صناعة معقدة لأنها تربط بين المنتوجات السامة، الخامات المعالج و نوع مردد التي تضمنها معالجة التكاليف والقواعد المتبينة على الواحدات. هذه الدراسة يكون هدفها وضع معمل تكرار سايكدا كنموذج مساعدة على اتخاذ القرار الذي يرفع من إنتاج المنتوج التكراري بوضع الحد الأقصى للماش النهائي على التكلفة المتغيرة. نظراً لطبيعة العمليات المتعلقة بصناعة التكرارية ينتج أن البرمجة الخطية هي أحسن وسيلة لمعالجة هذا النوع من الإشكالية.

MOTS CLES: RAFFINAGE; PETROLE; PRODUITS PETROLIERS; PROCÉDES DE RAFFINAGE; MODELISATION; OPTIMISATION; PLANS DE PRODUCTION; PROGRAMATION LINIAIRE.

Sommaire



Introduction générale et problématique

Chapitre I : Généralités sur le raffinage

I.1 Introduction	3
I.2 Les pétroles buts	3
I.3 Les produits pétroliers	4
I.3.1 Les produits pétroliers énergétiques	5
I.3.2 Les produits pétroliers non énergétiques	8
I.4 Le raffinage	9
I.4.1 Les procédés de raffinage	9
I.4.1.1 Les procédés physiques de séparation	10
I.4.1.2 Les procédés de transformation	11
I.4.1.3 les procédés de finition	12

Chapitre II : La raffinerie de Skikda

II.1 Introduction	13
II.2 Présentation de Naftec	13
II.3 Présentation de la raffinerie de Skikda	15
II.4 Aspect économique	15
II.5 Aspect technique	18
II.5.1 Principales installations	18
II.5.2 Qualité des bases produites	24

Chapitre III : La programmation linéaire dans le raffinage

III.1 Introduction	26
II.2 Evolution des applications de la programmation linéaire	26
II.3 Les étapes de l'élaboration d'un modèle linéaire pour le raffinage	27
III.4 Formulation d'un programme linéaire en raffinage	28
III.5 Elaboration d'un programme mensuel pour la gestion d'une raffinerie	29

Chapitre IV : Construction du modèle

IV.1 Introduction	31
IV.2 Elaboration du modèle	31
1. Définition de la problématique	31
2. La collecte des données	32
3. Ecriture de la matrice	32
IV.2.1 Ecriture du modèle	35
1. Ecriture des variables de décision	35
2. Ecriture des rendements des unités	44
3. Ecriture des contraintes	48
3.1 Contraintes de bilan matière	48
3.2 Contraintes de qualité	57
3.3 Contraintes de capacité et Contraintes de la demande	59
4. Ecriture de la fonction objective	59
IV.3 Structure du modèle	60

Chapitre V : Mise en œuvre du modèle et analyse des résultats

V.1 Introduction	61
V.2 Le modèle testé	61
V.2.1 Outil de résolution	61
V.3 Validation du modèle	62
V.4 Application du modèle à une situation vécue	62
V.5 Analyse du modèle	63
V.5.1 Analyse du chiffre d'affaires	65
V.5.2 Composition des essences	66
V.5.3 Composition du gasoil	69
V.5.4 Comparaison entre la composition des trois essences	70
V.6 Scénario des prix libres	72

Conclusion

Bibliographie

Annexes

Liste des tableaux

I.1	Masse volumique des essences	6
II.1	Rendement de l'unité U 10	19
II.2	Rendement de l'unité U 11	19
II.3	Rendement de l'unité de gas-plant U 30, U 31	20
II.4	Rendement de l'unité de gas-plant U 104	20
II.5	Rendement de l'unité U 100	21
II.6	Rendement de l'unité U 103	21
II.7	Rendement de l'unité d'extraction d'aromatique	22
II.8	Rendement de l'unité de cristallisation	22
II.9	Rendement de l'unité de distillation sous vide	23
II.10	Rendement de l'unité d'extraction des bitumes	23
IV.1	Identification des variables de décision	35
IV.2	Rendement de l'unité U10	45
IV.3	Rendement de l'unité U11	45
IV.4	Rendement de l'unité U30	46
IV.5	Rendement de l'unité U31	46
IV.6	Rendement de l'unité U104	46
IV.7	Rendement de l'unité U100	47
IV.8	Rendement de l'unité U103	47
IV.9	Rendement de l'unité U200	47
IV.10	Rendement de l'unité U400	47
IV.11	Variable de la fonction objectif	59
V.1	Comparaison entre le plan de production 99 et le plan donné par le modèle	62
V.2	Formulation et coût de l'essence normale	66
V.3	Formulation et coût de l'essence super	67
V.4	Formulation et coût de l'essence sans plomb	68
V.5	Formulation du Gas-oil	69
V.6	Contribution de chaque base dans la formulation des essences	70
V.7	Caractéristiques des essences	71
V.8	Comparaison entre les résultats du scénario 1 et le scénario 2	72

Liste des figures

II.1	Part de la raffinerie dans le marché nationale	16
II.2	Part de la raffinerie dans le marché des exportations... ..	16
II.3	Offre nationale des essences... ..	17
II.4	Offre nationale de gasoil... ..	17
II.5	Offre nationale de GPL... ..	18
II.6	Composition du pool essence	24
II.7	Composition du mélange gasoil... ..	25
III.1	Schéma simplifié de la gestion d'une raffinerie	30
IV.1	Présentation de l'unité à modélisée	32
IV.2	Flux de l'unité U10... ..	48
IV.3	Flux de l'unité U11	49
IV.4	Flux de l'unité U103	51
IV.2	Flux de l'unité U100	52
IV.6	Flux de l'unité U200... ..	53
IV.7	Flux de l'unité U 400... ..	53
IV.8	Flux de l'unité U30	54
IV.9	Flux de l'unité U31	55
IV.10	Flux de l'unité U104... ..	56
V.1	Quantités produites par la raffinerie de Skikda	64
V.2	Structure du chiffre d'affaires	65
V.3	Formulation de l'essence normale	66
V.4	Formulation de l'essence super	67
V.5	Formulation de l'essence sans plomb	68
V.6	Formulation du Gas-oil... ..	69
V.7	Comparaison de la formulation de chaque essence	71

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

Introduction

Introduction générale et problématique

L'industrie du raffinage consiste fondamentalement, en la transformation des produits bruts disponibles en produits finis, à partir d'un ensemble de procédés reliés, pour répondre qualitativement et quantitativement à la demande des différents secteurs de consommation.

Le raffinage évolue dans un environnement de prix, de coûts et de marché qui changent très rapidement, il doit donc s'y adapter en permanence, à court terme pour une bonne gestion de l'outil de raffinage en élaborant un plan de production optimal. Ce dernier définit les choix opérationnels et permet d'éclairer le décideur sur : le choix des quantités à produire, choix des réglages des unités...

La planification dans l'industrie du raffinage révèle un aspect combinatoire, du fait que le but est de trouver une combinaison optimale entre les différentes quantités de matières premières à mettre en œuvre, et des quantités à produire tout en Maximisant ou en minimisant une certaine fonction objectif.

Aujourd'hui, les modèles d'optimisation dans le raffinage sont utilisés pour :

- L'évaluation des pétroles bruts ;
- La programmation des approvisionnements ;
- La distribution et la planification des investissements ;
- La planification de la production mensuelle.

Pour cela, la programmation linéaire se présente comme le meilleur outil pour la modélisation, et la planification des opérations de raffinage.

L'industrie nationale de raffinage est surtout depuis la réalisation de la raffinerie de Skikda, orienté vers l'exportation, les aléas de la demande des produits pétroliers amènent le décideur raffineur à évoluer de façon permanente pour faire face aux exigences du marché national et surtout du marché international.

Dans ce contexte, nous proposons dans notre présent travail mené dans le milieu de l'industrie du raffinage, un modèle qui permet d'aider le décideur à identifier les quantités à produire, afin de maximiser la marge de raffinage.

Pour ce faire, nous avons structuré notre travail comme suit :

- **Le premier chapitre**, est consacré à définir les principaux concepts de raffinage nécessaires pour la compréhension de la partie modélisation, on y présentera : le pétrole brut avec ses principales caractéristiques, les principaux procédés de raffinage et les produits issus de cette industrie.
- **Le deuxième chapitre**, consiste en premier lieu, à présenter l'entreprise NAFTEC avec ses principales préoccupations pour satisfaire les besoins du marché national et international, et en deuxième lieu, nous présenterons la raffinerie de Skikda qui fait l'objet de notre modélisation.
- **Le troisième chapitre**, traite de l'évolution des applications de la programmation linéaire dans l'industrie du raffinage, et présente les étapes à suivre pour la modélisation d'une raffinerie en programmation linéaire.
- L'élaboration du modèle de la raffinerie de Skikda d'un plan de production mensuel optimal est développée dans le **chapitre quatre**.
- **Le cinquième chapitre**, rapporte les résultats obtenus après optimisation, ainsi que leur analyse au niveau de la production, du chiffre d'affaire, et de la formulation des essences et du gasoil.

Chapitre I

Généralité sur le raffinage

I.1 Introduction

L'industrie du raffinage a pour objet la transformation du pétrole brut, en produits finis, directement utilisables à des fins énergétiques et non énergétiques.

Le processus d'obtention du produit fini est lié aux caractéristiques de la matière première, aux spécifications des produits pétroliers exigées par le marché et aux capacités de production installées.

Ce chapitre présente les éléments théoriques concernant le pétrole, les produits pétroliers et les unités de productions. Ces concepts sont nécessaires pour aborder la partie modélisation.

I.2 Les pétroles bruts [3], [4], [8], [15], [17]

Le pétrole brut est un liquide noir, quelquefois avec des reflets verdâtres il est généralement plus léger que l'eau. Il est plus ou moins fluide suivant son origine, et possède une odeur caractéristique plus ou moins prononcée.

Il est constitué d'un mélange complexe de très nombreux composés, **hydrocarbures** pour la plupart, et souvent de quelques traces de composés oxygénés et azotés et d'un peu de soufre à l'état de combinaisons organiques.

On rencontre généralement trois (03) classes d'hydrocarbures dans le pétrole brut :

- Les hydrocarbures paraffiniques C_nH_{2n+2} ;
- Les hydrocarbures naphténiques C_nH_{2n} ;
- Les hydrocarbures aromatiques C_nH_{2n-1} ;

I.2.1 Propriétés physico-chimiques des pétroles bruts

La connaissance des caractéristiques physico-chimiques du pétrole brut va permettre au raffineur de prévoir les unités à utiliser pour le traitement de ce brut ainsi que le transport, le stockage et le prix.

Les principales propriétés du pétrole brut sont :

a) Densité des pétroles bruts [6]

La connaissance de la densité est très importante car la cotation du pétrole dépend en partie de cette propriété. La densité est exprimée le plus souvent en degrés °API.

Où :

$$^{\circ}API = \frac{141,5}{\text{Densité à } 15^{\circ}C} - 131,5$$

La détermination de la densité fait l'objet de l'essai normalisé AFNOR : NF T 60-101.

b) Tension de vapeur Reid (TVR) [6]

La connaissance de la tension de vapeur Reid est très importante, car elle indique d'une manière indirecte, la teneur en produits légers qui conditionnent la sécurité au cours du transport, les pertes de stockage et la volatilité des essences. La détermination de la TVR fait l'objet de l'essai AFNOR NF M 07-007.

Le pétrole est caractérisé par d'autres propriétés que nous citerons :

- Point de congélation -Point d'écoulement AFNOR NF T 60-105.
- Viscosité AFNOR NF T 60-100.
- Teneur en soufre AFNOR NF M 07-005.
- Teneur en azote.
- Teneur en eau, sédiments et sels.

I.3 Les produits pétroliers [13], [15], [17]

Les utilisations des produits pétroliers sont extrêmement nombreuses, En effet un moteur à allumage commandé, un moteur diesel ou une turbine requièrent des produits qui, s'ils sont tous issus du pétrole, ont des caractéristiques physico-chimiques différentes.

Le pétrole fournit principalement :

- Des produits utilisés à des fins énergétiques ; carburants et combustibles;
- Des produits utilisés à des fins non énergétiques ; naphta, bitumes et matière première pour la pétrochimie.

I.3.1 Les produits pétroliers énergétiques

Les produits pétroliers utilisés à des fins énergétiques sont :

- Les carburants ;
- Les carburéacteurs ;
- Les gazoles ;
- Les GPL.

I.3.1.1 Les carburants

Les carburants sont des composés chimiques liquides ou gazeux, dont la combustion en présence d'air permet le fonctionnement des moteurs thermiques à essence diesel, réacteurs d'avion...

1) Les essences

Il existe deux types d'essences :

- Essence auto ou essence ordinaire ;
- Super carburant ou essence super, avec ou sans plomb, elles sont différenciées par leur indice d'octane (NO), plus élevé pour le second.

a) Propriétés physiques des essences

La masse volumique et la volatilité, constituent les caractéristiques physiques les plus importantes du carburant pour obtenir un fonctionnement satisfaisant des véhicules en toutes circonstances.

- **Masse volumiques des essences**

Les limites inférieures et supérieures à respecter pour la masse volumique à 15 °C pour : l'essence ordinaire, supercarburant avec ou sans plomb sont résumées dans le tableau (I.1) :

Tableau I.1 : Masse volumique des essences

Type d'essence	Masse volumique à 15°C(Kg/l)	
	Min	Max
Essence ordinaire	0,700	0,750
Supercarburant super plombe	0,750	0,770
Supercarburant sans plomb	0,725	0,780

- **Pression de vapeur des essences (PVR)**

Les pressions de vapeur des essences sont en général compris entre 350 et 1000 mbar, la volatilité du carburant essence doit être suffisante pour assurer par temps froid, le démarrage rapide et la mise en action satisfaisante du véhicule, inversement lors du fonctionnement à chaud, il convient de limiter la volatilité afin d'éviter certains incidents.

b) Propriété chimique des essences

- **Indice d'octane**

Les contraintes les plus importantes pour les essences automobiles, sont les contraintes sur l'indice d'octane.

L'accroissement de l'indice d'octane d'une essence, permet d'augmenter le taux de compression du moteur dans lequel elle est utilisée donc d'accroître le rendement.

La diminution de la consommation qui en résulte est de l'ordre de 1 % par point d'octane, ainsi la consommation de carburant d'un moteur réglé pour un indice d'octane 92 sera, toutes choses égales par ailleurs, supérieure d'environ 3% à la consommation de carburant d'un moteur réglé pour un indice d'octane 95.

2) Les carburéacteurs

Le carburéacteur comme son nom l'indique est le carburant des réacteurs d'avions, on utilise parfois le nom **kérosène** comme synonyme.

Pour que la combustion se déroule de façon suffisante le carburant doit se vaporiser rapidement et se mélanger intimement à l'air.

3) Le gazole

Ce carburant est destiné à l'alimentation des moteurs diesels équipant des voitures particulières et des véhicules utilitaires.

◆ Propriétés chimiques

• Indice de cétane et l'auto-inflammation

Dans un moteur diesel, l'air est très fortement comprimé avant l'injection du gazole. Cette compression provoque une élévation de température, et le gazole s'enflamme spontanément au moment de son injection. Pour assurer un bon fonctionnement du moteur, le carburant doit posséder une forte propension à l'auto-inflammation. Cette caractéristique est mesurée par, l'indice de cétane. Un bon gazole aura donc un indice de cétane élevé.

• Teneur en soufre

L'élimination du soufre des gazoles diminue la corrosion des réservoirs qui le contiennent et supprime les odeurs désagréables qu'il émet

4) Le GPL

Le propane C_3 et le butane C_4 sont appelés gaz de pétrole liquéfiés (GPL), car leurs températures de vaporisation, respectivement $-42^{\circ}C$ et $0^{\circ}C$ à pression normale, permettent de les maintenir liquides à température ordinaire sous une pression modérée de 14 et 5 Kpa respectivement.

Les avantages du GPL concernent essentiellement la protection de l'environnement.

Le GPL est un mélange d'hydrocarbures simples sans impuretés (très faible teneur en soufre), ni additifs nocifs (pas de plomb), et les émissions à l'échappement sont peu toxiques.

I.3.1.2 Les combustibles

1) Le GPL combustible

On utilise le GPL combustible dans le secteur industriel, pour des applications qui nécessitent un combustible propre (verre, céramique). Il se répartit en propane commercial et butane

Commercial, le propane commercial est défini comme un mélange renfermant environ 90% de propane (C₃).

Le butane commercial est essentiellement constitué d'hydrocarbures en butane (C₄), avec au moins de 10% de propane et de propène.

2) Le fuel domestique (FOD)

Egalement appelé gazole de chauffage, le fuel domestique a des caractéristiques très voisines de celle du gazole moteur. Il est utilisé pour le chauffage des locaux.

3) Le fuel lourd

Le fuel lourd est un combustible industriel utilisé pour la génération électrique, il sert également de carburant pour les moteurs de gros navires (pétroliers).

I.3.2 Les produits pétroliers non énergétiques

Les produits pétroliers non énergétiques sont extrêmement divers nous citerons :

a) Les naphthas

Les naphthas constituent une catégorie particulière de solvants hydrocarbonés. Ce sont des matières premières pour la pétrochimie pour la fabrication des oléfines (éthylène, propylène) et des aromatiques (benzène, toluène, xylène dits BTX).

Les naphthas servent en particulier à alimenter les vapocraqueurs, ils ne font pas l'objet de spécification administrative, mais seulement de spécifications commerciales renégociées par contrat.

b) Les bitumes

Le bitume est un liant qui solidarise l'agrégat utilisé pour le revêtement des routes. Il est également utilisé pour le revêtement des toitures et des canalisations, il sert d'imperméabilisant et peut également résister à la corrosion et au passage du courant électrique. Solide à la température ordinaire, le bitume est un produit très lourd issu du résidu sous vide des raffineries.

Il existe deux types de bitumes :

- Le bitume routier ;
- Le bitume oxyde.

c) Extraits aromatiques

Les extraits aromatiques sont des produits composés essentiellement de poly-aromatiques condensés et d'hétérocycles azotés et /ou soufrés. Ils sont utilisés pour la fabrication des encres d'imprimerie et pour la fabrication de certains plastique comme le PVC.

I.4 Le raffinage [4], [11], [13], [15], [17]

Le raffinage du pétrole a pour but de transformer un mélange complexe et inutilisable en l'état en une gamme variée de produits utiles et utilisables, donc commercialisables.

I.4.1 Les procédés de raffinage

Le raffinage fait appel à une grande variété de procédés. Parmi ceux-ci, on distingue les grandes familles suivantes :

- Les procédés physiques de séparation ;
- Les procédés de transformation.

Dans ce qui va suivre nous allons présenter les procédés existant au sein la raffinerie de Skikda ainsi que les procédés utilisés au long de cette étude, nous citerons :

1. Les procédés de séparation physique :

- Topping ;
- La distillation sous vide ;
- La cristallisation ;
- L'extraction des aromatiques ;

2. Les procédés de transformation :

- Le reformage catalytique ;
- L'isomérisation.

3. Les procédés de finition

- L'hydrodésulfuration.

I.4.1.1 Les procédés physiques de séparation

Les procédés physiques de séparation assurent le fractionnement du pétrole brut en ses divers constituants. Ce fractionnement ne modifie pas la structure moléculaire du pétrole brut ou de ses constituants.

1. La distillation

a) La distillation primaire du pétrole brut (Topping)

La distillation primaire est le premier traitement que subit le pétrole brut après sa production. C'est une opération essentielle car elle permet de séparer le pétrole en ses différentes coupes ou fractions.

La séparation est réalisée dans une haute tour ou colonne fonctionnant sous une pression égale à la pression atmosphérique.

Les principaux produits issus de cette distillation sont :

- Les gaz de raffinerie ;
- Les gaz de pétrole liquéfié (propane/ butane) ;
- Les essences (légères/ lourdes) ;
- Les kérosènes ou, carburéacteurs.
- Les gazoles et fuels domestiques ;
- Les fuels industriels.

b) La distillation secondaire (sous -vide) du pétrole brut

La distillation sous - vide est une opération complémentaire de la distillation primaire, permettant d'extraire du résidu atmosphérique des coupes de distillats lourds, qui subiront des transformations ultérieures. Le résidu sous-vide contient la majeure partie des impuretés (métaux, sels, sédiments, soufre, azote, asphaltes, carbone). Il est utilisé dans la fabrication des bitumes, la production des fuels lourds ou comme charge pour d'autres procédés de transformation.

2. La cristallisation

La cristallisation est utilisée pour la production de paraxylène ; c'est un processus selon lequel on modifie les conditions thermodynamiques d'un système solvant-soluté, de manière à précipiter au moins une partie du soluté sous forme solide.

3. L'extraction d'aromatique

Il existe deux types d'extractions d'aromatiques :

- L'extraction des composés aromatiques des bases huileuses, en vue de la préparation d'huiles lubrifiantes ;
- L'extraction de composés aromatiques à partir des bases plus légères, telle que :

Les essences, les kérosènes, afin de respecter les réglementations actuelles et futures des carburants et combustibles.

Dans la raffinerie de Skikda on rencontre le deuxième type de procédé, c'est à dire l'extraction de composés aromatiques pour la formulation des essences.

I.4.1.2 Les procédés de transformation

Les procédés de transformation permettent de transformer des produits lourds en produits légers.

Ces procédés ont pour objectif d'obtenir une proportion croissante de produits légers et de leurs donner des caractéristiques conformes aux spécifications du marché.

Il existe deux types de procédé de transformation :

1. Les procédés d'amélioration de propriété avec réarrangement moléculaire

1.1 Le réformage catalytique

Le réformage catalytique est un procédé clé dans le schéma de fabrication des essences, il a pour but d'augmenter l'indice d'octane des fractions légères du brut à forte concentration en paraffines et naphènes en les transformant en aromatiques. Le procédé moderne de réformage opère en régénération continue du catalyseur, à basse pression (2 à 5 bars) et haute température (510 à 530°C). En plus du reformât, le reformage catalytique fournit un sous produit important : l'hydrogène et une faible quantité de gaz combustible et de G.P.L.

1.2 L'isomérisation

L'isomérisation est un Procédé complémentaire au réformage, il a pour but de transformer les normales paraffines en iso-paraffines, soit pour préparer des produits nécessaires à d'autres transformations, soit pour augmenter l'indice d'octane moteur (**NOM**) et recherche (**NOR**) des constituants légers du pool essences.

I.4.1.3 les procédés de finition

Les procédés de finition, s'appliquant aux produits finis pour améliorer leurs caractéristiques : teneur en soufre, teneur en aromatique et oléfines...

Parmi ces procédés on retrouve :

- **L'hydrodésulfuration**

Le procédé hydrodésulfuration est utilisé pour la réduction de la teneur en soufre et de la teneur en aromatiques des gasoils, qui visent à augmenter le nombre de cétane.

Les sous produits de ce procédé sont les gaz, H₂S, et le naphta. La consommation d'hydrogène utilisée pour ce procédé est relativement importante.

Chapitre II

La raffinerie de Skikda

II.1 Introduction

Après avoir présenté les concepts techniques indispensables à la compréhension de l'aspect technique du raffinage, concepts qui seront fréquemment utilisés dans la suite de notre étude, nous allons présenter dans ce qui va suivre la société de raffinage du pétrole NAFTEC, également la raffinerie de Skikda qui fait l'objet de notre travail, sous deux aspects :

1. Aspect économique : en présentant la part des ventes de la raffinerie sur le marché national et le marché des exportations.
2. Aspect technique : en présentant la structure de la raffinerie ; les unités de traitement, avec les rendements des produits issus de chaque unité, les installations de mélanges et les installations utilitaires.

II.2 Présentation de Naftec [23]

1. Historique

La restructuration de la SONATRACH en janvier 1982, donna naissance à treize entreprises, parmi lesquelles ; l'entreprise nationale de raffinage et de distribution des produits pétroliers (ERDP). En janvier 1985, cette même entreprise se scinda en deux : l'entreprise nationale de commercialisation du pétrole (NAFTAL) et l'entreprise nationale de raffinage du pétrole (NAFTEC).

Depuis le 18 avril 1998 la société nationale de raffinage de pétrole est érigée en filiale avec un capital social de 12 milliards de dinars. Les actions de la filiale sont détenues en totalité par le Groupe SONATRACH.

2. Les missions

Les missions de l'entreprise Naftec sont :

- Le raffinage des Hydrocarbures et dérivés et toutes les opérations qui lui sont liées ;
- Le développement de toutes formes d'activités conjointes en Algérie et hors Algérie ;
- Le respect des spécifications et de la qualité des produits raffinés.

3. Patrimoine : Le patrimoine de Naftec se compose de quatre 04 raffineries :

- Raffinerie d'Alger (RA1G)
Capacité → **270.000 t /an. de brut Hassi-Messaoud.**
- Raffinerie d'Arzew (RA1Z)
Capacité → 2.500.000 t /an de brut Hassi-Messaoud, 3.200.000 t /an de brut réduit importé.
- Raffinerie de Hassi – Messaoud (RHM 1+2)
Capacité → 1.100.000 t /an de brut Hassi-Messaoud.
- Raffinerie de Skikda (RA1k)
Capacité → 15.000.000 t /an de brut Hassi-Messaoud, 271.000 t /an de brut réduit importé.

4. Chiffre d'affaires : le chiffre d'affaires annuel de Naftec en 1998 était de 67 milliards de dinars.

5. Perspectives de NAFTEC

Vu que la consommation des produits pétroliers a une incidence sur l'environnement, Naftec prévoit un plan d'action afin d'améliorer la qualité de ses produits pour les rendre conforme aux spécifications internationales.

Le plan d'action visant le marché national est explicité dans un programme de suppression du plomb des essences, et l'échéancier fixé est le suivant :

- Réduction à 0.40 g/l à partir du 01/01/1999.
- Réduction à 0.15g/l à partir du 01/01/2002.
- Suppression totale à partir du 01/01/2005.
- Diminution de la teneur en soufre du gasoil.

Sur le plan international l'action de Naftec se concrétise à travers l'intégration à la raffinerie de Skikda les unités suivantes :

- Une unité **d'isomérisation** pour produire, à partir de 2005 de l'essence Eurosuper 95 conforme aux spécifications européennes en vigueur à cette date.
- Une unité **d'hydrodésulfuration** pour produire du gasoil à moins 50 ppm de soufre à partir de 2005.

II.3 Présentation de la raffinerie de Skikda (RA1K) [22], [23]

La raffinerie de Skikda transforme le pétrole brut provenant de Hassi-Messaoud et le brut réduit importé pour satisfaire la demande du marché intérieur et du marché extérieur.

II.3.1 Situation géographique

La raffinerie est implantée dans la zone industrielle à l'Est de la ville de Skikda, elle couvre une superficie de 190 hectares.

II.3.2 Historique

- Démarrage de la construction en 02/01/1976.
- Réception provisoire en septembre 1979.
- Démarrage de la production en mars 1980.

II.3.3 Structure de la raffinerie

La capacité totale de traitement est de 15 277 000 t/an dont 277 000 t/an de brut réduit importé. La capacité de la raffinerie de Skikda représente plus de 70% de la capacité totale de traitement en Algérie.

II.4 Aspect économique [10], [23]

- En analysant le marché national, la raffinerie couvre 39% de la demande globale contre 27% pour la raffinerie d'Arzew, 8% pour la raffinerie de Hassi Messaoud, et 26% pour la raffinerie d'Alger.
- Sur le marché des exportations la raffinerie de Skikda couvre presque la totalité de la demande

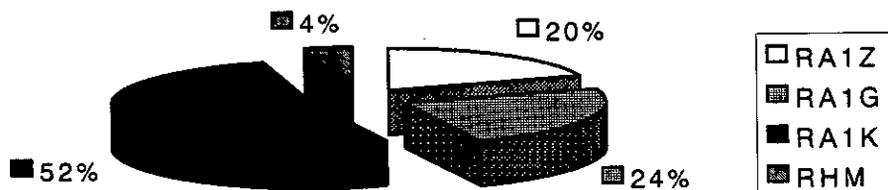


Figure II.1 : part de la raffinerie dans le marché national

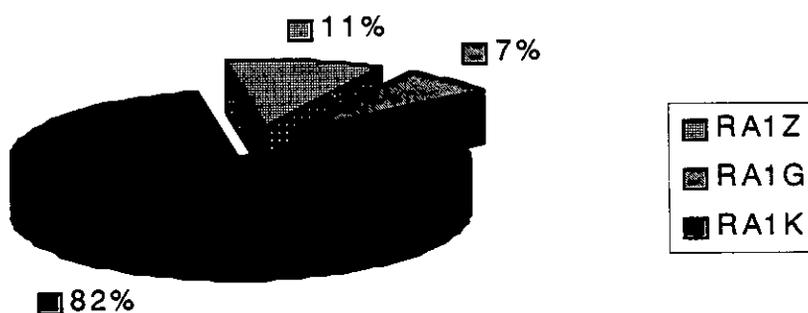


Figure II.2 : Part de la raffinerie dans le marché des exportations

II.4.1 Analyse de l'offre nationale des produits pétroliers

La situation de la raffinerie de Skikda (RA1K) dans le marché des produits pétroliers s'explique par le fait qu'elle détienne la plus grosse part du marché national.

L'offre nationale est enregistrée à 52% pour les essences (normale, super, et sans plomb), 67% pour le gasoil et 61% pour le GPL.

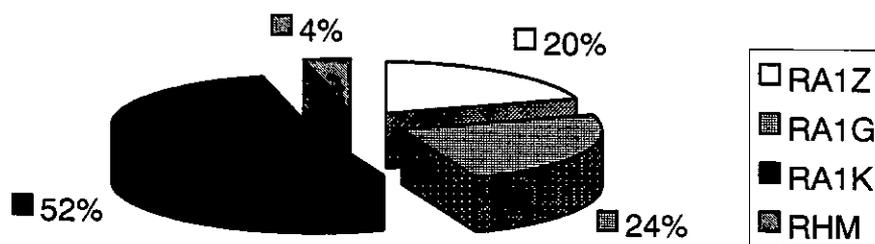


Figure II.3 : Offre nationale des essences

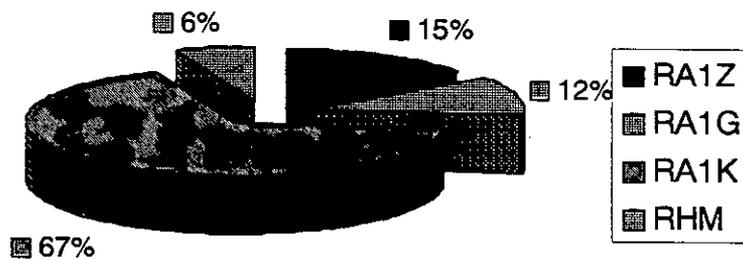


Figure II.4 : Offre nationale de gasoil

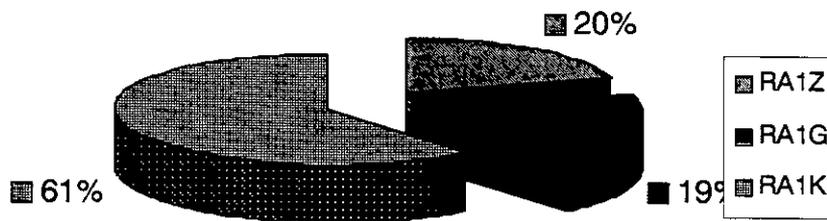


Figure II.5 : Offre nationale de GPL

II.5 Aspect technique [22], [23]

La raffinerie est divisée en différentes zones et comprend (13) treize unités de productions.

II.5.1 Principales installations

Les installations composant la raffinerie sont :

- Deux unités de distillation atmosphérique (topping).
- Trois unités de traitement et séparation des gaz (gas-plant).
- Deux unités de réformage catalytique (magnaforming, platforming).
- Une unité d'extraction d'aromatique.
- Une unité de séparation para-xylène (cristallisation).
- Une unité de distillation sous-vide.
- Une unité de production de bitumes routiers et oxydes.
- Une installation utilitaire pour la production des besoins énergétiques (vapeur, eau, air, électricité ...).
- Une pomperie d'expédition de produits par pipes vers les deux ports de Skikda et vers différents dépôts de distribution.

a) Unités de Topping U 10/ U 11

La distillation atmosphérique est à la base du traitement du pétrole brut, elle permet le fractionnement du brut en groupes ayant des caractéristiques bien définies et homogènes, pouvant être utilisés pour l'obtention de produits finis :

- Le kérosène ;
- L'isopentane ;
- Le gasoil ;
- Le naphta (léger A, moyen B, lourd C) ;
- Les fuels gaz ;
- Les GPL ;
- JetA1.

ou devant alimenter d'autres unités situées en aval (le magnaforming, le platforming et le gas-plants).

La raffinerie de Skikda dispose de deux (02) unités de topping, d'une capacité de 7,5 millions Tonnes / an chacune.

Tableau II.1 : Rendement de l'unité U 10

CHARGE BRUT HASSI ESSAOUD	PRODUCTIVITE 22 522.53 T/J
	Rendement (% poids)
GPL vers U31	0.0377
Isopentane	0.001
NAPHTA A	0.0444
NAPHTA B	0.202
NAPHTA C	0.079
Jet A1	0.135
Gasoil léger	0.1436
Gasoil lourd	0.0747
Residu	0,2821
Pertes	0,0005

Source : NAFTEC

Tableau II.2 : Rendement de l'unité U 11

CHARGE BRUT HASSI MESSAOUD	PRODUCTIVITE 22 522.53 T/J
	Rendement (% poids)
GPL vers U31	0.0377
NAPHTA A	0.0572
NAPHTA B	0.2020
NAPHTA C	0.0788
Kérosène	0.1233
Gasoil léger	0.1436
Gasoil lourd	0.0747
Résidu	0.2821

Source : NAFTEC

b) Unité de gas-plants U 30 /U 31 et U 104

Les unités de gas-plants sont formées essentiellement d'une section de traitement, et d'une section de fractionnement. Ces unités ont pour but de séparer à partir des gaz liquides GPL qui proviennent des unités de topping et de l'unité U 100 de magnaforming le butane et le propane commercial, le reste est utilisé comme fuel gazeux

La raffinerie contient trois (03) unités de gas-plants, d'une capacité totale de 655.000 t/an.

Tableau II.3 : Rendement de l'unité de gas-plant U 30, U 31

U 30		U 31	
CHARGE GPL DES UNITES U10 ET U100	PRODUCTIVITE 1 102.10 T/J	CHARGE GPL DE UNITES U11	PRODUCTIVITE 849.85 T/J
	Rendement (% poids)		Rendement (% poids)
Fuel gaz	0.084	Fuel gaz	0.08
Propane	0.154	Propane	0.14
Butane	0.762	Butane	0.78

Source : NAFTEC

Tableau II.4 : Rendement de l'unité de gas-plant U 104

CHARGE GPL DE UNITES U11	PRODUCTIVITE 849.85 T/J
	Rendement (% poids)
Fuel gaz	0.12
Propane	0.27
Butane	0.61

Source : NAFTEC

c) Unités de réformage catalytique: magnaforming U 100, platforming U 103

Ces unités ont pour but de transformer le naphta moyen et lourd obtenu à partir du topping, en un produit (reformat) utilisé comme charge pour les unités d'extraction d'aromatiques (U 200 / U 400), et pour les mélange essences. Cette transformation à pour but l'augmentation de l'indice d'octane, elle permet aussi d'utiliser le reformat obtenu pour la fabrication des essences.

La capacité de l'unité de réformage catalytique est de 2.418.900 t / an.

Tableau II.5 : Rendement de l'unité U 100

CHARGE NAPHTA (A, B)	PRODUCTIVITE 349.850 T/J
	Rendement (% poids)
Fuel gaz	0.204
GPL	0.032
Pentane	0.068
Reformat léger	0.262
Toluène charge	0.188
Xylène charge	0.246

Source : NAFTEC

Tableau II.6 : Rendement de l'unité U 103

CHARGE NAPHTA (A ,B)	PRODUCTIVITE 349.850 T/J
	Rendement (% poids)
Fuel gaz	0.14
GPL	0.062
Pentane	0.004
Platformat	0.794

Source : NAFTEC

d) Unité d'extraction des aromatiques U 200

L'unité d'extraction des aromatiques a été projetée pour extraire de l'essence reformulée des aromatiques qui seront fractionnées par la suite en benzène et en toluène. La charge est constituée par la coupe de reformat léger provenant du magnaforming.

L'unité d'extraction d'aromatique à une capacité de 240.900 t / an.

Les rendements de l'unité d'extraction des aromatiques sont donnés par le tableau II.7

Tableau II.7 : Rendement de l'unité d'extraction d'aromatique

CHARGE ESSENCE REFORMEE U100	PRODUCTIVITE 855.85 T/J
	Rendement (% poids)
Raffinat	0.7600
Benzène	0.1850
Toluène	0.0550

Source : NAFTEC

e) Unité de cristallisation des para-xylène U 400

La colonne de distillation de l'unité U 100 de reforming fournit un produit de fond constitué surtout par les trois xylènes isomères ortho, méta et para. Etant donné qu'ils ont des utilisations différentes, il faut procéder à plusieurs séparations successives pour récupérer le plus possible de para-xylène, produit très recherché sur le marché. L'effet final de cette séparation est donc celui d'obtenir des cristaux de para-xylène pur en équilibre avec une solution de méta-xylène et para-xylène.

L'unité de cristallisation a une capacité de 224400 t / an.

Tableau II.8 : Rendement de l'unité de cristallisation

CHARGE RL DES UNITES U10 ET U100	PRODUCTIVITE 1 102.10 T/J
	rendement (% poids)
Para-Xylène	0.1885
Mélange-Xylène	0.4743
Aromatique	0.3372

Source : NAFTEC

f) Unité de distillation sous-vide U 70

Le fractionnement sous vide se fait à des basses températures et à une pression inférieure à la pression atmosphérique, le but de l'opération est d'obtenir à partir du brut réduit les produits suivants :

- Distillats sous vide : matière première pour les lubrifiants ;
- Fuels : combustibles dans les centrales électriques ;
- Résidu sous vide : matière première pour les bitumes.

Tableau II.9 : Rendement de l'unité de distillation sous vide

CHARGE BRI	RENDEMENT (% POIDS)
Fuel HTS	0.34
Bitume routier	065

Source : NAFTEC

g) Unité de production et conditionnement des bitumes

Cette unité a pour but de produire du bitume oxyde à partir du résidu de bitume routier issu de la distillation sous vide.

Cette installation est constituée de (02) deux sections :

- La section bitume routier : elle produit par distillation sous vide, le bitume routier
- La section bitume oxyde : elle utilise comme charge une partie du bitume routier et permet d'obtenir le bitume oxyde, qui après conditionnement peut être utilisé pour le revêtement d'étanchéité.

Tableau II.10 : Rendement de l'unité d'extraction des bitumes

CHARGE BITUME ROUTIER	RENDEMENT
Bitume oxyde	0.96
Pertes	0.038

Source : NAFTEC

h) Centrale thermoélectrique

La centrale est conçue pour la production, le conditionnement et la distribution au sein de la raffinerie, des utilités suivantes :

- Air comprimé ;
- Vapeur basse, moyenne et haute pression ;
- Eau de refroidissement, eau potable et anti-incendie
- Azote (gaz inerte) ;
- Fuel gaz et gaz naturel ;
- Electricité.

i) Unité de stockage

La raffinerie possède de cuves de stockage avec une capacité de stockage de 2 300 000 cm³.

II.5.2 Qualité des bases produites

La raffinerie de Skikda contient deux (02) installations de mélange :

Une installation pour le **mélange essences** (normale, super et sans plomb), et l'autre pour le **mélange gasoil**.

1. Mélange essence

Les bases qui rentrent dans la composition des essences sont illustrées dans la figure ci-dessous. (Voir caractéristiques des bases en annexe 1).

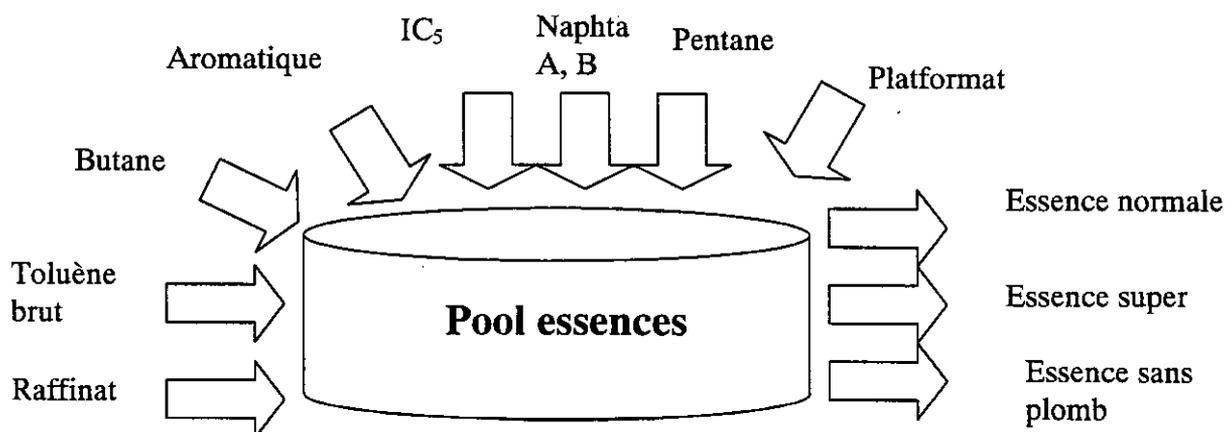


Figure II.6 : Composition du pool essence

2. Mélange gasoil

Les constituants du mélange gasoil sont illustrés dans la figure ci-dessous, les caractéristiques des bases sont données en annexe 1.

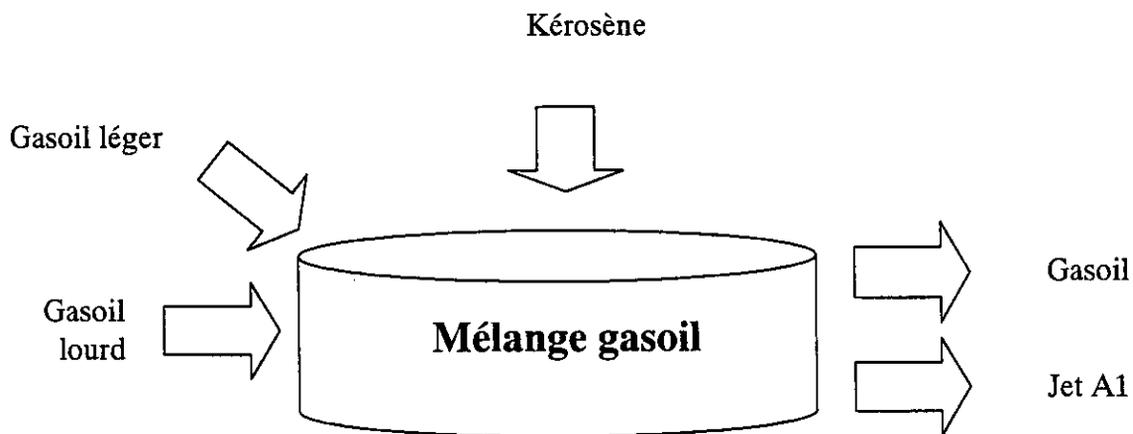


Figure II.7 : Composition du mélange gasoil

L'obtention des essences et du gasoil se fait par un mélange direct (mélange en ligne) des différents courants de produits, provenant des unités de traitement et allant vers le stockage de matière première ou produit finis.

La description de la raffinerie de Skikda sous son aspect technique et économique, est très important pour aborder la phase de modélisation qui fera l'objet du chapitre suivant.

Chapitre III

**La programmation linéaire dans
le raffinage**

III.1 Introduction

Compte tenu de la complexité et de l'importance de l'industrie du raffinage, il est fondamental que cette activité soit rentable. De ce fait avoir un outil d'optimisation est indispensable pour aider à mieux percevoir la réalité, prendre la meilleure décision et mieux atteindre ainsi les objectifs que l'on s'est fixés. Pour cela on fait appel à la programmation linéaire qui constitue un outil de modélisation pour l'industrie du raffinage et qui permet [7] :

- D'établir des programmes de fabrication à moyen terme et à long terme ;
- D'optimiser des mélanges pour la constitution des produits commerciaux ;
- D'optimiser les contrats d'approvisionnement en bruts ;
- De définir des échanges de produits pétroliers et de planifier les arrêts d'unités ;
- De guider la politique d'investissement d'une compagnie (nouvelles unités, impacts des nouvelles contraintes en matière d'environnement).

Avant d'entamer la partie de modélisation, nous allons présenter dans ce chapitre l'utilité de la programmation linéaire dans les activités de raffinage.

III.2 Evolution des applications de la programmation linéaire [18], [19]

Depuis 1969 la programmation linéaire est passée par plusieurs phases dans le domaine de la modélisation du raffinage, ces principales phases sont :

- 1969 : mise au point des premiers modèles statiques 'mono- raffinerie' ;
- 1970 : élaboration des codes GEMME (pour la génération de matrices) et PIERRE (pour la génération des rapports) ;
- 1974 : mise au point des premiers modèles dynamiques d'investissement (modèle multiraffineries et multipériodes) ;
- 1975-1976 : les problèmes d'agréations dans le raffinage : approvisionnement et structure de raffinage ;
- 1976-1977 : élaboration des modèles mutipériodiques «multiénergie »
- 1980-1981 : élaboration du sous modèle raffinage de mini-DMS énergie (équations du type économétrique) ;

- **1980-1982** : modèle multipériodiques : raffinage et optimisation des utilités en raffinerie ;
- **1981-1985** : mise au point d'un modèle dynamique couplant la production du pétrole le raffinage, le gaz et l'électricité au Mexique.

III.3 Les étapes de l'élaboration d'un modèle linéaire pour le raffinage

[5], [9], [10]

Les étapes de la modélisation peuvent être regroupées en cinq phases importantes à savoir :

- 1. Définition de la problématique** : c'est une phase au cours de laquelle le concepteur du modèle doit cerner avec précision :
 - Définition de l'agrégat à modéliser.
 - Définition de l'approche à utilisée : monoraffinage ou multiraffinage, monopériode ou multipériode.
- 2. La collecte des données** : les données concernent la structure de la raffinerie, les approvisionnements et les marchés.
- 3. Ecriture et optimisation de la matrice**
 - **La phase d'écriture** : Elle consiste en la formulation mathématique du modèle elle conduit à définir :
 - Les variables du problème,
 - L'expression de la fonction objectif,
 - L'expression des différentes contraintes techniques (de bilan matière, capacité, de qualité,...)
 - **La phase d'optimisation** : Cette phase est purement technique car elle consiste en l'écriture du modèle par un code de programmation appropriée.
- 4. Génération du rapport** : Cette phase permet de présenter les résultats de l'optimisation sous forme de fichiers de sortie, facilitant au raffineur la lecture et l'interprétation des résultats.

5. Calage et simulation : l'étape du calage permet de simuler les différentes hypothèses liées aux données utilisées. Le calage permet de vérifier la validité des données utilisées, et donc la validité du modèle, et ceci en comparant les résultats donnés par le modèle avec la réalité de la raffinerie.

III.4 Formulation d'un programme linéaire en raffinage [5], [9], [10]

Pour obtenir un programme optimal, la démarche à suivre peut être décrite par deux étapes principales qui sont :

- La formulation mathématique du problème ;
- La résolution du problème par la méthode adéquate (voir annexe).

1. Les variables de décisions : Elles représentent les inconnues du problème, c'est-à-dire les quantités de brut à acheter et les quantités des produits intermédiaires au sein de la raffinerie, ainsi que les quantités de produits finis que la raffinerie va pouvoir produire.

2. Formulation de la fonction objectif : la formulation de la fonction objectif dépend du but de l'optimisation, en d'autres termes pour la même raffinerie on peut formuler la fonction économique de plusieurs manières.

A titre d'exemple si notre but est d'optimiser la production de la raffinerie sous le critère de la **marge brute** alors la fonction objectif sera formulée comme suit :

$$\text{MAX } Z = \sum_i p_i * PF_i - c * BR.$$

Où : p_i représente le prix de vente du produit fini (i) ;

PF_i représente la quantité du produit fini ;

c représente le coût de pétrole brut ;

BR représente la quantité de pétrole brut.

Si le but de l'optimisation est de maximiser le chiffre d'affaire alors la fonction objectif sera formulée comme suit :

$$\text{MAX } Z = \sum_i P_i * PF_i.$$

Où : p_i représente le prix de vente des produits finis (i) ;

PF_i représente la quantité du produit fini (i) à produire.

La fonction objectif peut exprimer aussi la **marge net** sur les coûts variables

C'est-à-dire :

$$\text{MAX } Z = \sum_{ij} C_i X_i - F_j Y_j$$

Où : X_i représente les produits issus de la raffinerie ;

Y_j représente les produits intermédiaires et les produits bruts ;

C_i et F_j représentent leurs coûts respectifs.

3. Expression des contraintes techniques

Les contraintes techniques sont relatives aux :

- Capacités de traitement des unités ;
- Processus de fabrication : c'est-à-dire les bilans matière des différentes unités ;
- Qualités des produits ;
- Demande et offre des produits : bilan de la demande.

III.5 Elaboration d'un programme mensuel pour la gestion d'une raffinerie [8], [9]

Pour la gestion d'une raffinerie il est primordial que le décideur dispose d'un outil de pilotage efficace, qui représente d'une manière fidèle et réactive l'évolution de l'environnement (gestion et optimisation). Un outil de pilotage efficace permet de prendre des décisions en temps réel afin de répondre d'une façon rapide aux perturbations suivantes :

- L'évolution de la demande des canaux structurels de ventes, que la raffinerie doit satisfaire de façon impérative ;
- Les changements sur le marché international pétrolier relatifs aux prix des bruts et des produits finis ;
- Les ajustements occasionnels de prévisions de production liés au problème d'approvisionnement et aux unités de production.

Ainsi l'horizon sur lequel le programme de production est élaboré a une grande influence sur la capacité de réactivité de la raffinerie. En effet plus l'horizon des prévisions est important plus le risque d'erreur est grand d'où l'intérêt de considérer des périodes réduites. Par ailleurs, le marché des produits pétroliers concentre ses expéditions dans quelques jours par mois, ce qui nous a amené à opter pour un programme mensuel.

périodes réduites. Par ailleurs, le marché des produits pétroliers concentre ses expéditions dans quelques jours par mois, ce qui nous a amené à opter pour un programme mensuel.

Un programme de production mensuel permet :

- De tirer des enseignements importants pour la bonne marche et la pérennité de la raffinerie.
- D'estimer les coûts de certains dysfonctionnements (surqualités, arrêts imprévus, logistiques...) par comparaison de plusieurs programmes successifs passés a posteriori ;
- D'évaluer la représentativité de modèle, ce qui permet de porter des améliorations à la modélisation

La préparation d'un programme mensuel de référence se situe en général vers le 25 du mois (M-1) pour couvrir le mois M et ce qui reste du mois (M-1) [référence]

On peut schématiser le modèle de gestion d'une raffinerie par la figure suivant :

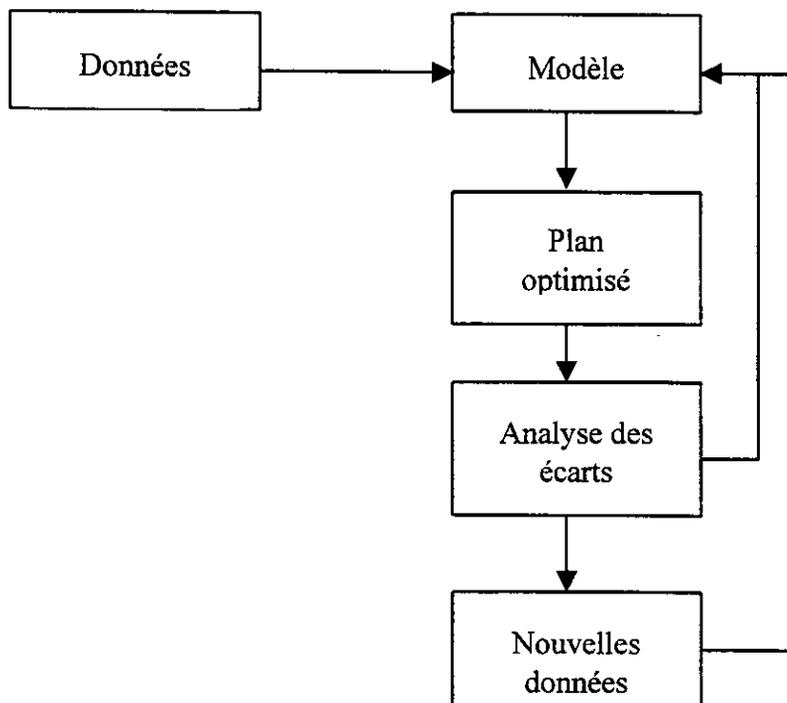


Figure III.1 Schéma simplifié de la gestion d'une raffinerie.

Ce volet qui concerne l'application et l'utilité de la programmation linéaire dans les activités de raffinage nous a été nécessaire pour suivre les différentes étapes nécessaires pour la construction de notre modèle que nous allons présenter dans le chapitre suivant:

Chapitre IV

Construction du modèle

IV.1 Introduction

Modéliser revient à recenser les paramètres susceptibles d'expliquer le phénomène à analyser, et à comprendre leurs interactions. La diversité de ces paramètres pousse l'analyste à l'utilisation d'un modèle pour schématiser une réalité plus complexe : c'est l'aspect simplificateur de la modélisation.

Dans ce chapitre nous allons procéder à la construction du modèle d'optimisation à l'aide des étapes largement développées dans le chapitre précédent.

IV.2 Elaboration du modèle

Pour construire notre modèle nous allons suivre les étapes de l'élaboration d'un modèle linéaire définis dans le chapitre précédent.

1. Définition de la problématique

• Définition de l'agrégat à modéliser

Avant de définir l'agrégat à modéliser, il est important de rappeler le but de notre optimisation.

Dans notre cas, le but qui a été fixé est de trouver un plan de production optimal pour la raffinerie de Skikda afin de satisfaire les besoins qualitatifs et quantitatifs du marché.

Nous avons pris en considération la section de la raffinerie alimentée par le brut Hassi-Messaoud, l'autre section qui est alimentée par le brut réduit est une partie indépendante, elle a pour but la production des bitumes.

La partie de la raffinerie considérée est formée des unités de production suivantes :

- Deux (02) unités de distillation atmosphérique (Topping) ;
- Trois (03) unités de gas-plants ;
- Deux (02) unités de reformage catalytiques (Platforming et Magnaforming) ;
- Une (01) unité de cristallisation ;
- Une (01) unité d'extraction des aromatiques.

- **Définition de l'approche à utiliser**

L'approche adoptée est une approche monopériode, monoraffinage, du fait que le but est d'obtenir un programme mensuel (monopériode) de la raffinerie de Skikda (monoraffinage).

Les différentes unités sont schématisées par une boîte noire, l'unité reçoit un flux à l'entrée représentant soit le pétrole brut soit les produits intermédiaires, de même, le flux de sortie peut être soit un produit fini soit un produit intermédiaire (Voir Figure IV.1).

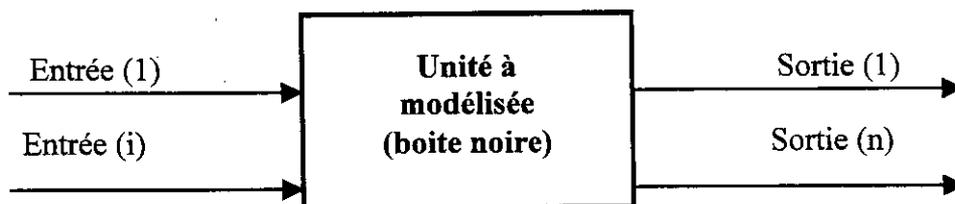


Figure IV.1 : Présentation de l'unité à modéliser

2. La collecte des données

La définition de la problématique permet de déterminer les données nécessaires pour la construction de notre modèle, ces données sont relatives à :

- L'approvisionnement en pétrole brut ;
- La demande du marché en produits pétrolier ;
- Les caractéristiques techniques des unités : rendement, capacités de traitement ; (voir présentation de la raffinerie de Skikda)
- Les caractéristiques des produits pétroliers ;
- Les caractéristiques des constituants qui rentrent dans la formulation des essences ;
- Les prix des produits finis ;
- Les coûts des produits intermédiaires et du pétrole brut.

Ces données nous ont été fournies par NAFTEC.

3. Ecriture de la matrice

3.1 Définition des variables

Les variables à notre modèle représentent les quantités des produits bruts, des produits intermédiaires et des produits finis. La codification des variables, ainsi que les rendements sont donnés dans le tableau IV.1.

Pour pouvoir décoder les variables sans grande difficulté nous avons opté pour une codification en quatre lettres et parfois en cinq lettres.

3.2 Définition des contraintes

Les contraintes du modèle représentent :

- Les bilans matières ;
- Les contraintes de qualité ;
- Les contraintes de capacité de traitement des unités ;
- Les contraintes concernant la demande du marché ;
- Les contraintes de production d'énergie.

3.2.1 Bilan matière

L'établissement des contraintes du bilan matière consiste à écrire que la somme des flux entrants est égale à la somme des flux sortants.

3.2.2 Contraintes de qualité

Les contraintes de qualité dans notre cas concernent les essences, et le gasoil.

En ce qui concerne les essences, les principales contraintes sont relatives à :

- La densité ;
- Le nombre d'octane ;
- La tension de vapeur Reid (TVR) ;
- La teneur en benzène ;
- La teneur en aromatiques ;
- La teneur en oxygène.

Pour le gasoil les principales contraintes de qualités sont :

- La teneur en soufre ;
- Le point d'inflammabilité ;
- Le point de congélation.

3.2.3 Les contraintes de capacité de traitement des unités

Ces contraintes traduisent le fait que la charge d'une unité est limitée et ne peut dépasser un certain seuil et cela pour des raisons de dimensionnement de l'unité, ce qui limite par conséquent son rendement en un produit donné.

3.2.4 Les contraintes concernant la demande du marché

Ces contraintes vont imposer les quantités des produits finis sont au moins égales aux quantités exigées par le marché.

3.2.5 Les contraintes de production d'énergie

Le fonctionnement des unités de raffinage nécessite un apport en énergie. Aussi, les produits énergétiques fabriqués par la raffinerie, seront totalement ou partiellement utilisés pour satisfaire les besoins énergétiques.

3.3 Définition de la fonction objectif

Dans notre travail la fonction objectif consiste à maximiser la marge de raffinage.

Soit X_i les produits issus de la raffinerie, et Y_j les produits intermédiaires et les produits bruts. Leurs coûts respectifs sont C_i et F_j .

La fonction objectif est donc $\text{Max } (C_i X_i - F_j Y_j)$.

IV.2.1 Ecriture du modèle

1. Ecriture des variables de décision

Tableau IV.1 : Identification des variables de décision.

VARIABLE		PRODUIT	ORIGINE	DESTINATION
1	AHES	Aromatiques lourds	Cristallisation	Mélange essences
2	AHESN	Aromatiques lourds	U400	Mélange essence normale
3	AHESU	Aromatiques lourds	U 400	Mélange essence super
4	AHESP	Aromatiques lourds	U 400	Mélange essence sans plomb
5	BRHM(1)	Brut Hassi-Messaoud	Stock	Topping10
6	BRHM(2)	Brut Hassi-Messaoud	Stock	Topping11
7	BNEX	Benzene	U 200	Vente
8	BU14	Butane	U 104	BUTT

VARIABLE		PRODUIT	ORIGINE	DESTINATION
9	BU30	Butane	U 30	BUTT
10	BU31	Butane	U 31	BUTT
11	BUES	Butane	BUTT	Mélange essences
12	BUEx	Butane	BUTT	Vente
13	BUESN	Butane	Gas-plant	Mélange essence
14	BUESP	Butane	Gas-plant	Mélange essence
15	BUESU	Butane	Gas-plant	Mélange essence
16	BUTT	Butane	U 31, U 30, U 104	Vente et mélange essences
17	CHMF	Charge de l'unité U103	Naphta A et Naphta C	Charge de l'unité U 103
18	CHPF	NBPF+NCPF	Topping (10, 11)	Charge Platforming

VARIABLE		PRODUIT	ORIGINE	DESTINATION
19	CHU30	Charge de l'unité U30	GU30+GM30	Charge du gas-plant U 30
20	ESNR	Essence normale	Mélange essences normales	Vente
21	ESSP	Essence sans plomb	Mélange essences sans plomb	vente
22	ESSU	Essence super	Mélange essences supers	Vente
23	FBS1	Fuel BTS	Topping 10	Vente
24	FBS2	Fuel BTS	Topping 11	Vente
25	FBTS	Fuel BTS	Topping (10, 11)	Vente
26	FG14	Fuel gas	U 104	Combustion
27	FG30	Fuel gas	U 30	Combustion
28	FG31	Fuel gas	U 31	Combustion

VARIABLE		PRODUIT	ORIGINE	DESTINATION
29	FGCM	Fuel gas	U30, U31, U104, U100, U 103	Combustion
30	FGMF	Fuel Gaz	Magnaforming	Combustion
31	FGPF	Fuel Gaz	Platforming	Combustion
32	GM30	GPL	Magnaforming	U 30
33	GOEX	Gas oil	Mélange gas oil	Vente
34	GOIH	Gas oil lourd	GOH1+GOH2	GOH12+GOH2
35	GOH1	Gas oil lourd	Topping 10	Mélange gas oil
36	GOH2	Gas oil lourd	Topping 11	Mélange gas oil
37	GOIL	Gas oil léger	GOL1+GOL2	GOL1+GOL2
38	GOL1	Gas oil léger	Topping 10	Mélange gas oil

VARIABLE		PRODUIT	ORIGINE	DESTINATION
39	GOL2	Gas oil léger	Topping 11	Mélange gas oil
40	GPL1	GPL	Topping 10	Gas plant
41	GPL2	GPL	Topping 11	Gas plant
42	GPLT	GPL1+GPL2	Topping (10, 11)	Gas plant
43	GU13	GPL	PLAFORMING	U104
44	GU30	GPL	GPLT	U30
45	GU31	GPL	GPLT	U31
46	ISES	Isopentane	Topping (10, 11)	Mélange essences
47	ISESN	Isopentane	Topping 10	Mélange essence
48	ISESP	Isopentane	Topping 10	Mélange essence

VARIABLE		PRODUIT	ORIGINE	DESTINATION
49	ISESU	Isopentane	Topping 10	Mélange essence
50	JET1	Jet A1	Topping 10	Vente
51	KEGO	Kérosène	Topping 11	Mélange gas oil
52	MXEX	Mélange xylène	U 400	Vente
53	NA10	Naphta A	Topping 10	Mélange essence, Pétrochimie.
54	NA11	Naphta A	Topping 11	Mélange essence, Pétrochimie.
55	NAES	Naphta A	Topping (10, 11)	Mélange essences
56	NAESN	Naphta A	Topping 10	Mélange essence
57	NAESP	Naphta A	Topping 10	Mélange essence
58	NAESU	Naphta A	Topping 10	Mélange essence

VARIABLE		PRODUIT	ORIGINE	DESTINATION
59	NAPC	Naphta A	Topping (10, 11)	Pétrochimie
60	NAPTA	Naphta A	Topping (10, 11)	NAPC ,NAES
61	NAPT B	Naphta B	Topping (10, 11)	NBPC,NBES,NBMF
62	NAPTC	Naphta C	Topping (10, 11)	NCPC,NCPF
63	NB10	Naphta B	Topping 10	Mélange essence, Pétrochimie, reformage catalytique.
64	NB11	Naphta B	Topping 11	Mélange essence, Pétrochimie, reformage catalytique
65	NBES	Naphta B	Topping (10, 11)	Mélange essences
66	NBESN	Naphta B	Topping 10	Mélange essence
67	NBESP	Naphta B	Topping 10	Mélange essence
68	NBESU	Naphta B	Topping 10	Mélange essence

VARIABLE		PRODUIT	ORIGINE	DESTINATION
69	NBMF	Naphta B	Topping (10, 11)	Magnaforming
70	NBPC	Naphta B	Topping (10, 11)	Pétrochimie
71	NBPF	Naphta B	Topping (10, 11)	Platforming
72	NC10	Naphta C	Topping 10	Pétrochimie, reformage catalytique
73	NC11	Naphta C	Topping11	Pétrochimie, reformage catalytique
74	NCPC	Naphta C	Topping (10, 11)	Pétrochimie
75	NCPF	Naphta C	Topping (10, 11)	Platforming
76	PLESN	Platformat	U 103	Mélange essence
77	PLESP	Platformat	U 103	Mélange essence
78	PLESU	Platformat	U 103	Mélange essence
79	PN13	Pentane	PLATFORMING	Mélange essences
80	PN10	Pentane	MAGNAFORMING	Mélange essences

VARIABLE		PRODUIT	ORIGINE	DESTINATION
81	PNES	Pentane	Magnaforming	Mélange essences
82	PNESN	Pentane	U 100	Mélange essence
83	PNESP	Pentane	U 100	Mélange essence
84	PNESU	Pentane	U 100	Mélange essence
85	PLES	Platformat	Platforming	Mélange essences
86	PR14	Propane	U 104	PREX
87	PR30	Propane	U 30	PREX
89	PR31	Propane	U 31	PREX
90	PREX	Propane	U30, U30, U104	Vente
91	PXEX	Para-xylène	U 400	Vente
92	RFES	Raffinat	U 200	Mélange essences
93	RFESN	Raffinat	U 200	Mélange essence
94	RFESP	Raffinat	U 200	Mélange essence
95	RFESU	Raffinat	U 200	Mélange essence
96	RHCR	Réformat lourd	Magnaforming	U400

VARIABLE		PRODUIT	ORIGINE	DESTINATION
97	RLAR	Réformat léger	Magnaforming	U200
98	TLEX	Toluène	U 200	Vente
99	TBESN	Toluène brut	U 100	Mélange essence
100	TBESP	Toluène brut	U 100	Mélange essence
101	TBESU	Toluène brut	U 100	Mélange essence

2. Ecriture des rendements des unités

2.1 Distillation atmosphérique

a) Rendement du topping10

Le topping 10 fractionne le pétrole brut en 9 coupes, ces coupes sont :

- GPL ;
- Isopentane ;
- Naphta A ;
- Naphta B;
- Naphta C ;
- JET A1 ;
- Gasoil léger ;
- Gasoil lourd ;
- Fuel BTS.

Les rendements du topping 10 en ces différentes coupes sont codés est présentés dans le tableau IV.2

b) Rendement du topping 11

Le topping 11 fractionne le pétrole brut en 8 coupes, ces coupes sont :

- GPL ;
- Naphta A ;
- Naphta B ;
- Naphta C ;
- Kérosène ;
- Gasoil léger.
- Gasoil lourd.
- Fuel BTS.

Les rendements du topping 11 en ces différentes coupes sont codés est présentés dans le tableau IV.3.

Tableau IV.2 : Rendement de l'unité U10

RENDEMENT	DESIGNATION
RGT1	GPL
RISES	Isopentane
RNA1	Naphta A
RNB1	Naphta B
RNC1	Naphta C
RJA1	JET A1
ROL1	Gas oil léger
ROH1	Gas oil lourd
RFB1	Fuel BTS

Tableau IV.3 : Rendement de l'unité U11

RENDEMENT	DESIGNATION
RGT2	GPL
RNA2	Naphta A
RNB2	Naphta B
RNC2	Naphta C
ROL2	Gas oil léger
ROH2	Gas oil lourd
RFB2	Fuel BTS
RKER	Kérosène

2.2 Gas-plant

Les unités U30, U31 et U104 de gas-plants utilisent le GPL issu des unités de topping pour fabriquer les produits suivants :

- Propane ;
- Butane ;
- Fuel gas.

Les rendements sont présentés dans les tableaux suivants :

Tableau IV.4 : Rendement de l'unité U30

RENDEMENT	DESIGNATION
RP30	Propane
RB30	Butane
RF30	Fuel gas

Tableau IV.5 : Rendement de l'unité U31

RENDEMENT	DESIGNATION
RP31	Propane
RB31	Butane
RF31	Fuel gas

Tableau IV.6 : Rendement de l'unité U104

RENDEMENT	DESIGNATION
RP14	Propane
RB14	Butane
RF14	Fuel gas

2.3. Réformage catalytique

Dans la raffinerie de Skikda il y a deux unités de réformage catalytique :

- L'unité de magnaforming (U100) ;
- L'unité de platforming (U103).

Les rendements des unités (U100/U103) sont présentés dans les tableaux IV.7, IV.8 :

Tableau IV.7 : Rendement de l'unité U100

RENDEMENT	DESIGNATION
RTBR	Toluène brut
RPEM	Pentane
RREL	Réformat léger
RREH	Réformat lourd
RFGM	Fuel gas
RGPM	GPL

Tableau IV.8 : Rendement de l'unité U103

RENDEMENT	DESIGNATION
RPLF	Platformat
RGPF	GPL
RFGP	Fuel gas
RPEP	Pentane

2.4 Rendement de l'unité U200

Les produits de l'unité U200 d'extraction des aromatiques sont :

- Le toluène ;
- Le benzène ;
- Le raffinat.

Les rendements de l'unité U 200 sont présentés dans le tableau IV.9 :

2.5 Rendement de l'unité U400

Les produits de l'unité de cristallisation U400 sont :

- Aromatique lourd ;
- Mélange xylène ;
- Para-xylène.

Les rendements de l'unité de cristallisation sont donnés par le tableau IV.10

Tableau IV.9 : Rendement de l'unité U200

RENDEMENT	DESIGNATION
RTOL	Toluène
RBEN	Benzene
RRAF	Raffinat

Tableau IV.10 : Rendement de l'unité U400.

RENDEMENT	DESIGNATION
RARH	Aromatique lourd
RMEX	Mélange xylène
RPXY	Para-xylène

3. Ecriture des contraintes

3.1 Contraintes de bilan matière

L'écriture des contraintes du bilan matière consiste à établir que la somme des flux entrants d'une unité est égale à la somme des flux sortants.

3.1.1 Contraintes bilan matière du topping 10

Le topping 10 est modélisé par une boîte noire, ayant comme intrant le pétrole brut (BRHM) et comme extrants les produits suivants :

- Le GPL (GPL1);
- L'isopentane (ISES);
- La naphta A (NA10);
- La naphta B (NB10);
- La naphta C (NC10);
- Le Jet A1 (JET1) ;
- Le gasoil léger (GOL1);
- Le gasoil lourd (GOH1);
- Fuel BTS (FBS1).

La figure ci- dessous représente les flux du topping U10.

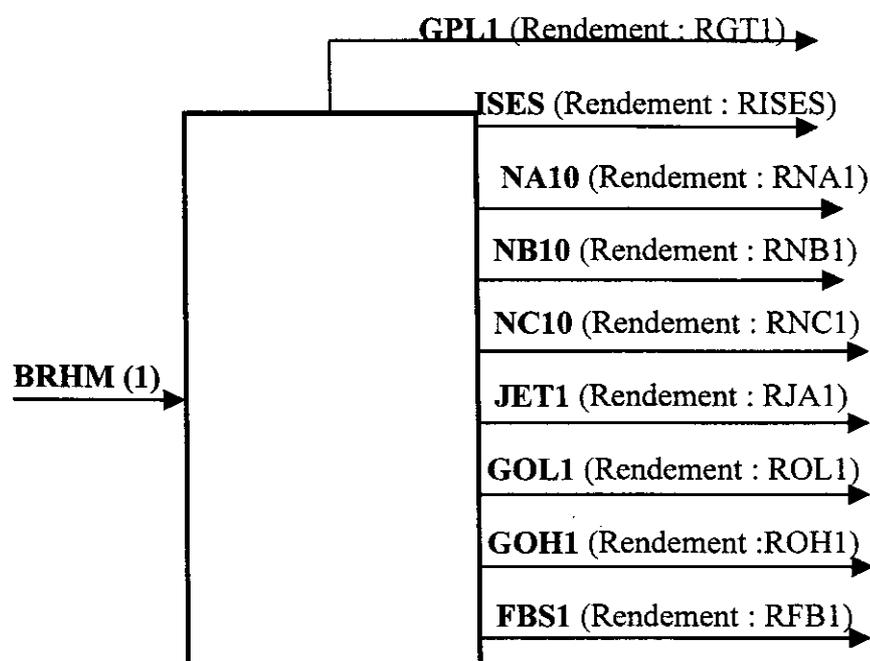


Figure IV.2 : Flux de l'unité U10

Les contraintes sont:

$$\text{GPL1} + \text{ISES} + \text{NA10} + \text{NB10} + \text{NC10} + \text{JET1} + \text{GOL1} + \text{GOH1} + \text{FBS1} = \text{BRHM}(1) \dots \dots (1)$$

$$\text{GPL1} = \text{RGT1} * \text{BRHM}(1) \dots \dots (2)$$

$$\text{ISES} = \text{RISES} * \text{BRHM}(1) \dots \dots (3)$$

$$\text{NA10} = \text{RNA1} * \text{BRHM}(1) \dots \dots (4)$$

$$\text{NB10} = \text{RNB1} * \text{BRHM}(1) \dots \dots (5)$$

$$\text{NC10} = \text{RNC1} * \text{BRHM}(1) \dots \dots (6)$$

$$\text{JET1} = \text{RJA1} * \text{BRHM}(1) \dots \dots (7)$$

$$\text{GOL1} = \text{ROL1} * \text{BRHM}(1) \dots \dots (8)$$

$$\text{GOH1} = \text{ROH1} * \text{BRHM}(1) \dots \dots (9)$$

$$\text{FBS1} = \text{RFB1} * \text{BRHM}(1) \dots \dots (10)$$

3.1.2 Bilan matière du topping11

Le topping 11 reçoit à l'entrée le pétrole brut (BRHM), les produits sont :

- Le GPL (GPL2);
- La naphta A (NA11);
- La naphta B (NB11);
- La naphta C (NC11);
- Le kérosène (KEGO);
- Le gasoil léger (GOL2);
- Le gasoil lourd (GOH2);
- Fuel BTS (BTS2).

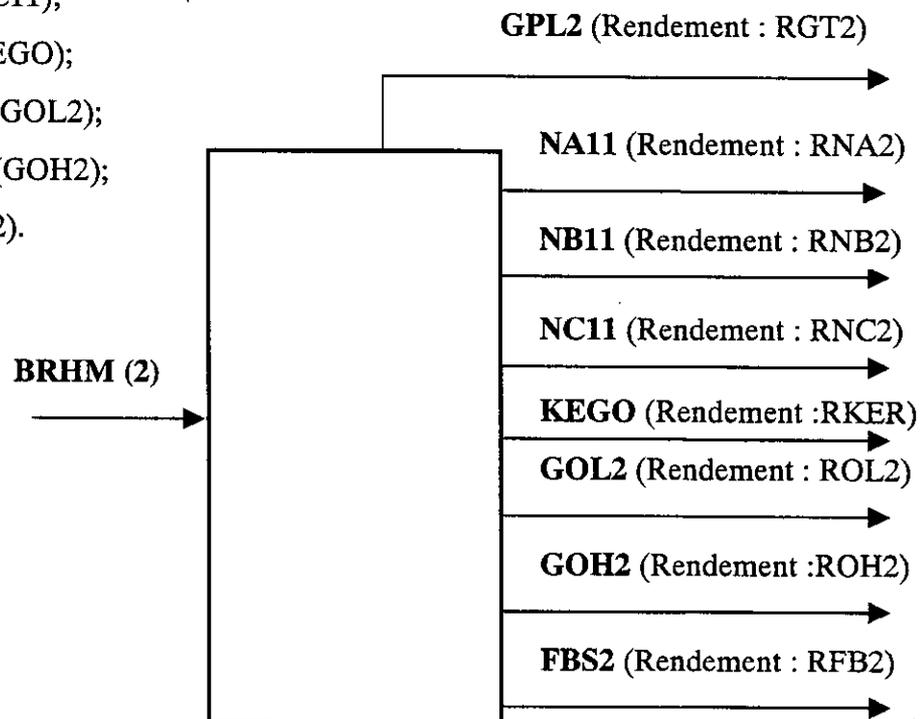


Figure 1V.3 : Flux de l'unité U11

Le schéma 4.2 représente les flux du topping 11.

Les contraintes sont :

$$GPL2 + NA11 + NB11 + NC11 + KEGO + GOL2 + GOH2 + FBS2 = BRHM(2) \dots(11)$$

$$GPL2 = RGT2 * BRHM(2) \dots(12)$$

$$NA11 = RNA2 * BRHM(2) \dots(13)$$

$$NB11 = RNB2 * BRHM(2) \dots(14)$$

$$NC11 = RNC2 * BRHM(2) \dots(15)$$

$$KEGO = RKER * BRHM(2) \dots(16)$$

$$GOL2 = ROL2 * BRHM(2) \dots(17)$$

$$GOH2 = ROH2 * BRHM(2) \dots(18)$$

$$FBS2 = RFB2 * BRHM(2) \dots(19)$$

3.1.3 Bilan des liaisons entre les deux toppings

Les produits similaires issus des deux toppings vont former un seul flux pour alimenter les autres unités.

Les équations sont :

$$NAPTA = NA10 + NA11 \dots(20)$$

$$NAPT B = NB10 + NB11 \dots(21)$$

$$NAPTC = NC10 + NC11 \dots(22)$$

$$GPLT = GPL1 + GPL2 \dots(23)$$

$$GOIL = GOL1 + GOL2 \dots(24)$$

$$GOIH = GOH1 + GOH2 \dots(25)$$

$$FBTS = FBS1 + FBS2 \dots(26)$$

3.1.4 Bilan matière de l'unité U103 (platforming)

L'unité de platforming est alimentée par 30% de naphta B (NBPF) et 70% de naphta C (NCPF) issues des deux toppings. Les extrants de cette unité sont :

- Le fuel gaz (FGPF);
- Le pentane (PN13);
- Le platformat (PLES);
- Le GPL (GU13).

La figure ci-dessous représente les flux de l'unité de platforming.

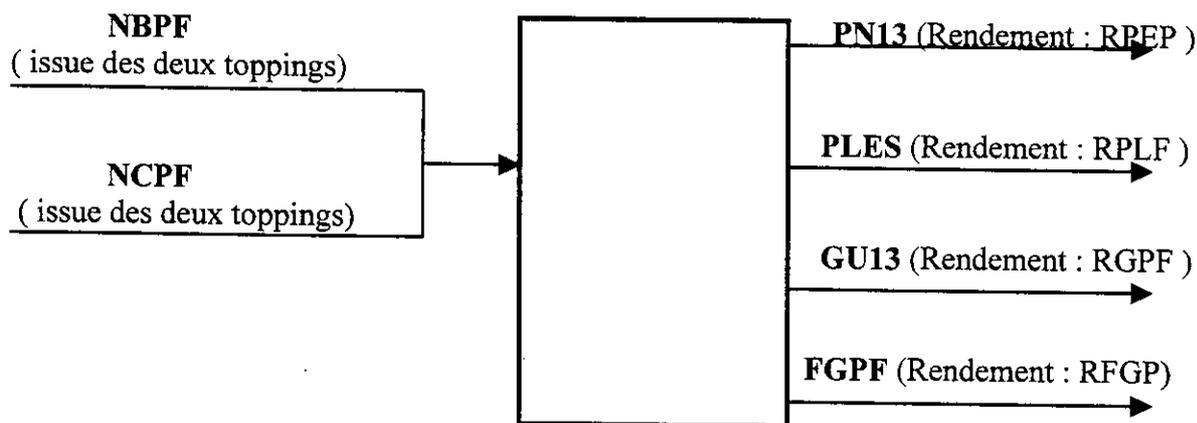


Figure IV.4 : Flux de l'unité U103

Les contraintes sont :

$$\text{CHPF} = 0.3 \text{ NBPF} + 0.7 \text{ NCPF} \dots\dots\dots (27)$$

$$\text{PN13} = \text{RPEP} * \text{CHPF} \dots\dots\dots (28)$$

$$\text{PLES} = \text{RPLF} * \text{CHPF} \dots\dots\dots (29)$$

$$\text{GU13} = \text{RGPF} * \text{CHPF} \dots\dots\dots (30)$$

$$\text{FGPL} = \text{RFGP} * \text{CHPF} \dots\dots\dots (31)$$

$$\text{CHPF} = \text{PN13} + \text{PLES} + \text{GU13} + \text{FGPF} \dots (32)$$

3.1.5 Bilan matière de l'unité U100 (magnaforming)

L'unité de magnaforming est alimentée par le naphtha B issue des toppings U10/ U11. Les extrants de cette unité sont :

- Le fuel gaz (FGMF);
- Le GPL (GM30);
- Le pentane (PN10);
- Le toluène brut (TBES);
- Le réformat léger (RLAR);
- Le réformat lourd (RHCR).

La figure ci-dessous représente les différents flux de l'unité U100.

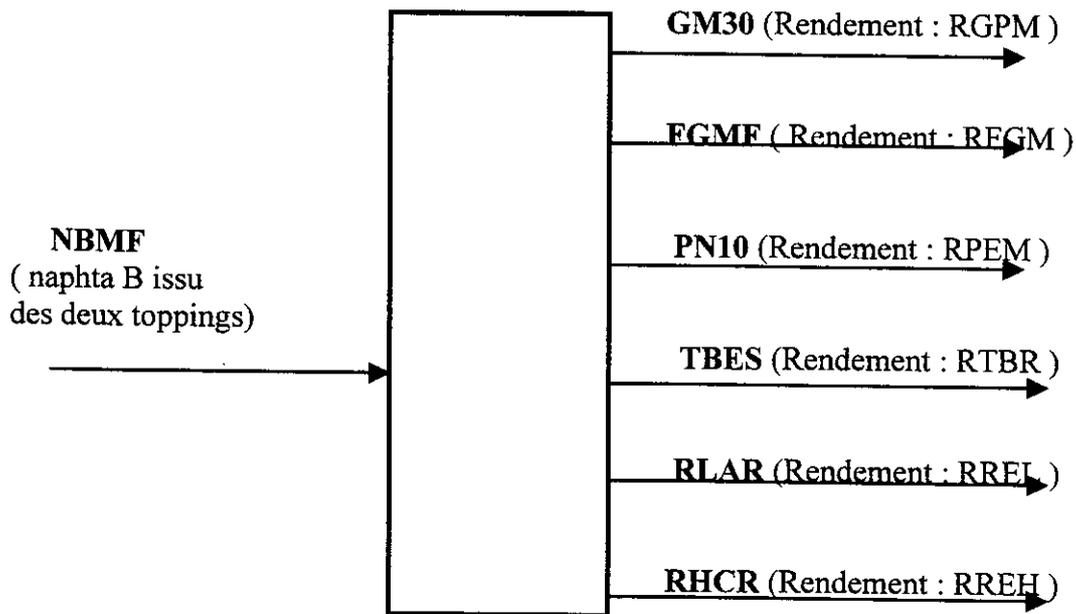


Figure IV.5 : Flux de l'unité U100

Les contraintes sont :

$$FGMF = RFGM * NBMF \dots\dots\dots(33)$$

$$GM30 = RGPM * NBMF \dots\dots\dots(34)$$

$$PN10 = RPEM * NBMF \dots\dots\dots(35)$$

$$TBES = RTBR * NBMF \dots\dots\dots(36)$$

$$RLAR = RREL * NBMF \dots\dots\dots(37)$$

$$RHCR = RREH * NBMF \dots\dots\dots(38)$$

$$NBMF = FGMF + GM30 + PN10 + TBES + RLAR + RHCR \dots\dots\dots(39)$$

3.1.6 Bilan matière de l'unité U200 (Extraction des aromatiques)

L'unité U 200 est alimentée par le réformat léger (RLAR) issu du magnaforming (U100).

Les extraits de cette unité sont :

- Le raffinat (RFES);
- Le benzène (BNEX);
- Le toluène (TLEX).

La figure ci-dessous représente les différents flux de l'unité de l'extraction des aromatiques.

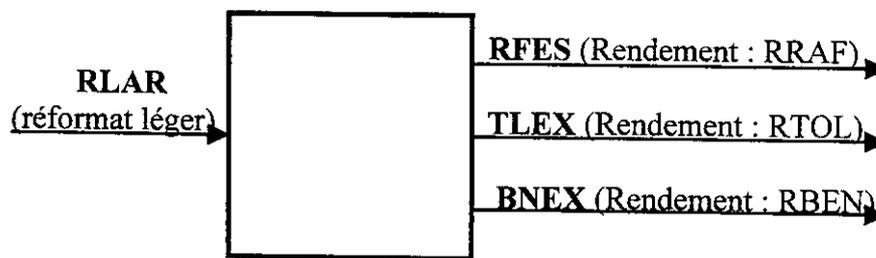


Figure IV.6 : Flux de l'unité U200

Les contraintes sont :

$$RFES + BNEX + TLEX = RLAR \dots\dots(40)$$

$$RFES = RRAF * RLAR \dots\dots\dots(41)$$

$$BNEX = RBEN * RLAR \dots\dots\dots(42)$$

$$TLEX = RTOL * RLAR \dots\dots\dots(43)$$

3.1.7 Bilan matière de l'unité U400 (Cristallisation)

L'unité U400 est alimentée par le réformat lourd issu de l'unité de magnaforming (U100).

Les extraits de cette unité sont :

- Aromatiques lourds (AHES) ;
- Mélange xylène (MXEX) ;
- Para-xylène (PXEX).

La figure ci-dessous représente les différents flux de l'unité U400.

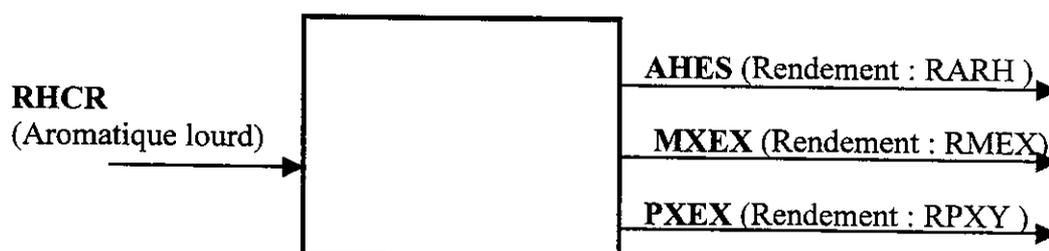


Figure IV.7 : Flux de l'unité U 400

Les contraintes sont :

$$AHES + MXEX + PXEX = RHCR \dots \dots \dots (44)$$

$$AHES = RARH * RHCR \dots \dots \dots (45)$$

$$MXEX = RMEX * RHCR \dots \dots \dots (46)$$

$$PXEX = RPXY * RHCR \dots \dots \dots (47)$$

$$AHES = AHESN + AHESU + AHESP \dots \dots \dots (48)$$

3.1.8 Bilan matière de l'unité U30

L'unité U30 de Gas-plant est alimentée par deux flux :

- Le GPL issu du magnaforming (GM30) ;
- Une partie du GPL issue des deux toppings (GU30).

Les extrants de cette unité sont :

- Fuel gaz (FG30);
- Propane (PR30);
- Butane (BU30).

Les flux de cette unité sont représentés dans la figure suivante :

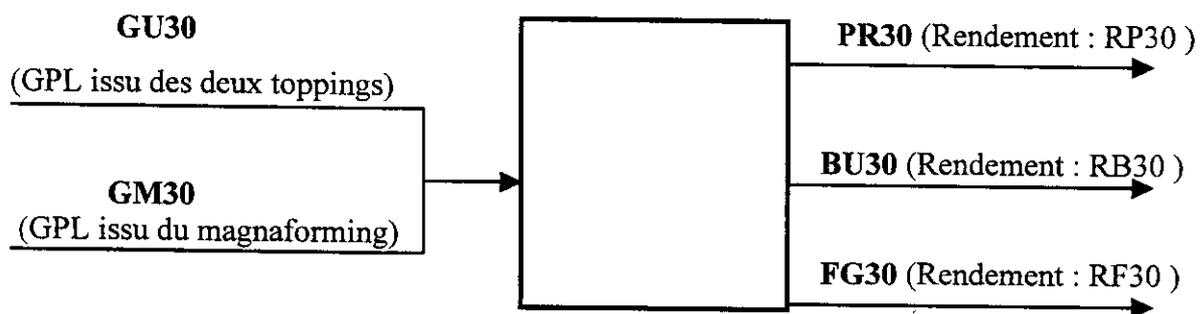


Figure IV.8 : Flux de l'unité U30

Les contraintes sont :

$$CHU30 = GM30 + GU30 \dots \dots \dots (48)$$

$$FG30 = RF30 * CHU30 \dots \dots \dots (49)$$

$$PR30 = RP30 * CHU30 \dots \dots \dots (50)$$

$$BU30 = RB30 * CHU30 \dots \dots \dots (51)$$

$$FG30 + PR30 + BU30 = CHU30 \dots \dots \dots (52)$$

3.1.9 Bilan matière de l'unité U31

L'unité U31 de Gas-plant est alimentée par une partie du GPL issue des deux toppings (GU31).

Les produits issus de cette unité sont les suivants :

- Le fuel gaz (FG31);
- Le propane (PR31);
- Le butane (BU31).

La figure ci-dessous représente les flux de l'unité U31.

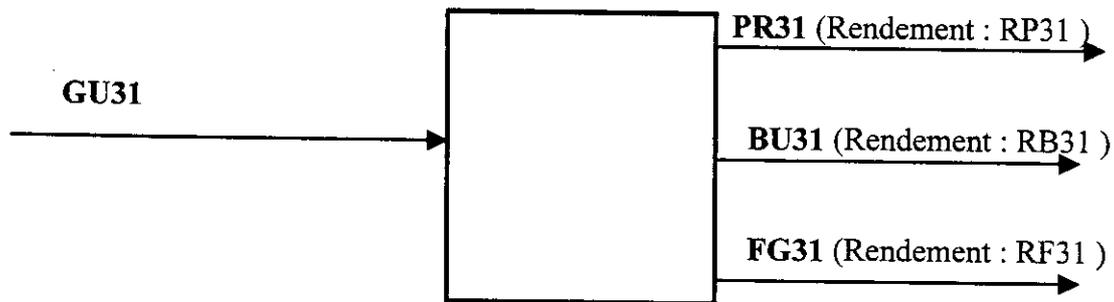


Figure IV.9 : Flux de l'unité U31

Les contraintes sont :

$$FG31 = RF31 * GU31 \dots\dots\dots (53)$$

$$PR31 = RP31 * GU31 \dots\dots\dots (54)$$

$$BU31 = RB31 * GU31 \dots\dots\dots (55)$$

$$FG31 + PR31 + BU31 = GU31 \dots\dots (56)$$

3.1.10 Bilan matière de l'unité U104

L'unité U104 de Gas-plant est alimentée par le GPL issu du platforming (GU13).

Les extraits de cette unité sont :

- Le fuel gaz (FG14) ;
- Le propane (PR14);
- Le butane (BU14).

La figure ci-dessous représente les flux de l'unité U104.

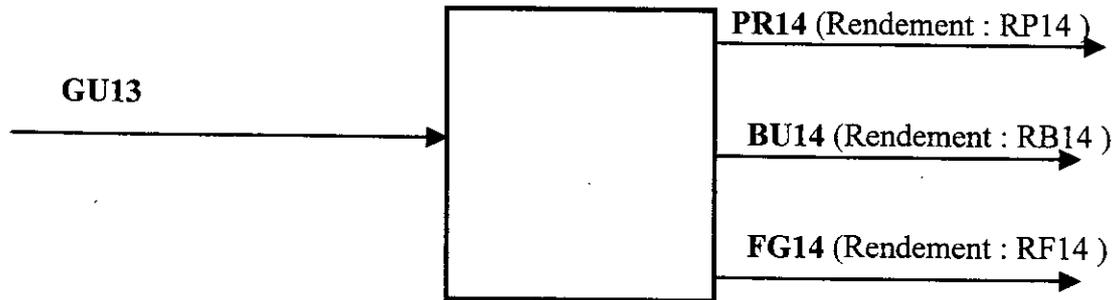


Figure IV.10 : Flux de l'unité U104

Les contraintes sont :

$$FG14 = RF14 * GU13 \dots\dots\dots(57)$$

$$PR14 = RP14 * GU13 \dots\dots\dots(58)$$

$$BU14 = RB14 * GU13 \dots\dots\dots(59)$$

$$FG14 + PR14 + BU14 = GU13 \dots\dots\dots(60)$$

3.1.11 Bilan des liaisons diverses

$$NAPTA=NAES+NAPC\dots\dots\dots(61)$$

$$NAPT B=NBES+NBMF+NBP F+NBPC \dots\dots\dots(62)$$

$$NAPTC=NCPF+NVPC \dots\dots\dots(63)$$

$$PREX=PR30+PR31+PR14 \dots\dots\dots(64)$$

$$BUTT=BU30+BU31+BU14 \dots\dots\dots(65)$$

$$FGCM=FGMF+FGPF+FG30+FG31+FG14 \dots\dots\dots(66)$$

$$BUES=BUESN+BUESU+BUESP \dots\dots\dots(67)$$

$$ISES=ISESN+ISESU+ISESP \dots\dots\dots(68)$$

$$PNES=PNESN+PNESU+PNESP \dots\dots\dots(69)$$

$$PLES=PLESN+PLESU+PLESP \dots\dots\dots(70)$$

$$RFES=RFESN+RFESU+RFESP \dots\dots\dots(71)$$

$$TBES=TBESN+TBESU+TBESP \dots\dots\dots(72)$$

$$NAES=NAESN+NAESU+NAESP \dots\dots\dots(73)$$

$$NBES=NBESN+NBESU+NBESP \dots\dots\dots(74)$$

$$AHES=AHESN+AHESU+AHESP \dots\dots\dots(75)$$

$$GPLT=GU30+GU31 \dots\dots\dots(76)$$

$$CHU30=GU30+GM30 \dots\dots\dots(77)$$

3.2 Contraintes de qualité

Dans notre cas les seules spécifications à respecter concernent les essences (normale, super, sans plomb).

Les contraintes de qualité concernent les essences obéissant à la loi des mélanges en volume.

De manière générale on écrit :

$$\sum_i t_i \frac{X_i}{d_i} \leq T \sum_i \frac{X_i}{d_i} \quad (79)$$

pour respecter la borne supérieure d'une spécification.

$$\sum_i t_i \frac{X_i}{d_i} \geq T \sum_i \frac{X_i}{d_i} \quad (80)$$

pour respecter la borne inférieure d'une spécification.

Où t_i : spécification du constituant i .

T : spécification de l'essence considérée.

X_i : masse du constituant i (variable de décision).

d_i : densité du constituant.

La formule (79) devient :

$$\sum_i (t_i - T) \frac{X_i}{d_i} \leq 0 \quad (81)$$

La formule (80) devient :

$$\sum_i (t_i - T) \frac{X_i}{d_i} \geq 0 \quad (82)$$

3.2.1 Contraintes de densité

Pour les contraintes de densité on écrit que la somme des quotients des quantités de chaque constituant sur la densité doit être comprise entre une borne inférieure et une borne supérieure :

$$\frac{\sum X_i}{D_{\max}} \leq \sum \frac{X_i}{d_i} \leq \frac{\sum X_i}{D_{\min}} \quad (83)$$

avec D_{\min} : densité minimale de l'essence considérée.

D_{\max} : densité maximale de l'essence considérée.

3.2.2 Contrainte de TVR

Les contraintes sur la TVR s'écrivent comme suit :

Le respect de la spécification maximale se traduit par :

$$\sum_i TVR_i \frac{X_i}{d_i} \leq TVR_{\max} \sum_i \frac{X_i}{d_i} \quad (84)$$

Pour le respect de la spécification minimale on a :

$$\sum_i TVR_i \frac{X_i}{d_i} \geq TVR_{\min} \sum_i \frac{X_i}{d_i} \quad (85)$$

les formules (84) et (85) deviennent respectivement :

$$\sum_i (TVR_i - TVR_{\max}) \frac{X_i}{d_i} \leq 0 \quad (86)$$

$$\sum_i (TVR_i - TVR_{\min}) \frac{X_i}{d_i} \geq 0 \quad (87)$$

avec TVR_i : tension de vapeur Reid du constituant considéré.

TVR_{\min} : tension de vapeur Reid minimale pour l'essence considérée

TVR_{\max} : tension de vapeur Reid maximale pour l'essence considérée.

3.2.3 Contraintes du nombre d'octane

Les contraintes s'expriment comme suit :

$$\sum_i NO_i \frac{X_i}{d_i} \geq NO \sum_i \frac{X_i}{d_i} \quad (88)$$

$$\sum_i (NO_i - NO) \frac{X_i}{d_i} \geq 0 \quad (89)$$

Avec NO_i : Indice d'octane du constituant i.

NO : Indice d'octane du mélange.

d_i : Densité du mélange i.

Toutefois ce résultat n'est valable que si tous les constituants ont une teneur identique en plomb tétra-éthyle (P.T.E) ce qui est notre cas car la teneur en P.T.E pour les constituants est de 0.15 g/l.

3.3 Contraintes de capacité et Contraintes de la demande

- Les contraintes de capacité expriment le fait que les unités de raffinage ne puissent pas traiter une charge qui est au-dessus de leur capacité nominale.

$$\text{Cap}(U_i) \leq L_i \quad (90)$$

Où L_i ($i=1...9$) désigne les limites de traitement des unités de la raffinerie ;

U_i ($i=1 \dots 9$) désigne les unités de traitement ;

Cap désigne la capacité de traitement..

- Les contraintes de la demande des produits raffinés expriment le fait que la production doit être supérieure où égale à la demande du marché.

$$Q(Y_i) \geq D_i \dots \dots \dots (91)$$

Où : $Q(Y_i)$ représente les quantités de produits finis ;

D_i représente la demande des produits finis

4. Ecriture de la fonction objectif

La fonction objectif consiste à :

$$\text{Maximiser } Z = \sum_i C_i X_i - F_j Y_j$$

Le tableau suivant résume les variables considérées dans la fonction objectif.

Comme définis auparavant, les X_i représente les produits intermédiaires et les produits bruts, Y_j représente les produits finis.

Tableau IV.11 : Variables de la fonction objectif

X_i					Y_j	
BRHM(1)	GU13	NAESP	PNESU	PNESP	NAPC	ESSU
BRHM(2)	NAESU	NBESU	PLESN	PLESU	NBPC	ESSP
GU31	NBESN	ISESN	PLESP	RFESN	NCPC	FBTS
NBMF	NBESP	ISESU	RFESU	RFESP	PREX	JET1
CHU30	ISESN	BUESN	AHESN	AHESU	BUEX	BNEX
CHPF	NAESN	ISESP	AHESP	RLAR	ESSN	TLEX
BUESU	BUESP	TBESN	GOIL	GOIH	MXEX	PXEX
TBESU	TBESP	PNESN	RHCA	KEGO	GOEX	-

IV.3 structures du modèle

- **Nature et complexité du modèle**

Le modèle mathématique élaboré est un modèle linéaire, cette linéarité est vérifiée pour toutes les contraintes.

- **Nature des variables**

Le modèle linéaire se formule en variables continues

- **Nombre de variables**

Les variables du modèle représentent les flux des matières premières, les produits intermédiaires, et les produits finis.

Le nombre total de variables est de cent une (101) variables.

- **Nombre de contraintes**

- Les contraintes de bilan matière : 77.
- Les contraintes de spécification de qualité : 21.
- Les contraintes de demande : 16.
- Les contraintes de capacité de production : 4.

Soit un total de cent seize (116) contraintes.

- **Apport du modèle**

Le modèle construit est un modèle statique, il fournit un plan de production mensuel dans lequel on retrouve :

- Les quantités de pétrole brut à transformés ;
- Les quantités de produits intermédiaires ;
- Les quantités de produits finis ;
- Les coûts opératoires.

Chapitre V

**Mise en œuvre du modèle et
analyse des résultats**

V.1 Introduction

La partie modélisation étant achevée, nous nous proposons aussi d'analyser les résultats obtenus par le modèle élaboré.

Ainsi l'analyse porte sur :

- Les quantités de produits finis ;
- La composition du chiffre d'affaires ;
- La formulation des essences normale, super et sans plomb ainsi que leurs coûts de production respectifs ;
- La formulation du gasoil et son coût de production.

V.2 Le modèle testé

V.2.1 Outil de résolution

Pour des raisons de disponibilité, nous avons utilisé le logiciel STORM qui permet la résolution des problèmes relatifs à : l'ordonnancement, problème de transport, contrôle de qualité, statistiques, programmation linéaire ...

Nous allons présenter succinctement les étapes de construction d'un modèle linéaire à l'aide du logiciel STORM.

- **Partie déclaration**

1. Déclaration du nombre de variables et de contraintes ;
2. Déclaration de la fonction à optimiser (minimisation ou maximisation).

- **Ecriture de la matrice**

Pour l'écriture de la matrice, le STORM offre la possibilité de coder les variables et les contraintes, ce qui facilite par conséquent de repérer facilement les éléments de la matrice.

Le codage des variables permet aussi d'obtenir un rapport facile à interpréter.

- **Exécution du modèle**

Le logiciel permet de donner un rapport détaillé des résultats obtenus, ainsi d'établir une analyse de sensibilité et post optimale, du modèle.

V.3 Validation du modèle

Pour s'assurer de la validité de notre modèle, nous avons testé ce dernier avec des valeurs nulles, en donnant à chaque coefficient de variable une valeur égale à zéro, ce qui nous a permis d'obtenir une fonction objectif nulle.

V.4 Application du modèle a une situation vécue

Pour pouvoir comparer les résultats donnés par notre modèle par rapport à une situation vécue, nous avons repris un plan de production déjà réalisé (un mois de l'année 1999).

Le tableau V.1 permet de comparer la production et le chiffre d'affaire de la raffinerie donnés par le plan de production pour un mois de l'année 1999 et ceux fournis par le modèle.

V.4.1 comparaison entre le modèle élaboré et le plan de production 99

Tableau V.1 : Comparaison entre le plan de production 99 et le plan donné par le modèle

PRODUITS	DEMANDE (T/MOIS)	QUANTITES PRODUITES (T/MOIS 99)	QUANTITES PRODUITE DOONES PAR LE MODELE (T/MOIS)	PRIX DE VENTE (DA/TONNE)
propane	3 504,75	3 600	7 284,025	345
Butane	22 655	23 000	22 690,66	345
Essence normale	51 854	53 000	51 854	12 000
Essence super	10 566	10 600	36 072	12 000
Essence sans plomb	30 780	30 780	30 780	12 000
Benzène	1 536	1 540	4 009,151	26 812,5
Toluène	413	445	1 085,35	26 137,5
Para-xylène	0	150	3 920,297	30 000
Mélange xylène	5 888	5 000	9 864,175	25 562,5
Naphta A	80 000	82 300	81 632,26	9 000
Naphta B	43 000	42 400	46 529,47	9 000
Naphta C	25 000	25 000	25 994,23	9 000
Jet A1	69 209	69 209	69 209	345
Gasoil	300 000	310 600	367 048,4	12 000
Fuel BTS	332 465	333 000	332 465	345
Chiffre d'affaire mensuel (DA)		6 551 412 043	7 871 000 817	

La quantité des produits fournie par le modèle satisfait largement la demande, excepté pour les produits suivants : l'essence normale, l'essence sans plomb, le jet A1 et le fuel BTS où la quantité produite est égale à la demande.

Par ailleurs, les quantités produites par le plan de production relatives à un mois de l'année 1999 satisfont la demande, excepté pour les produits : mélange xylène et le naphta B, où la quantité produite est inférieure à la demande.

L'écart enregistré par le modèle concernant les quantités produites, se traduit par une augmentation du chiffre d'affaire de 20%.

V.5 Analyse du modèle

- **La fonction objectif** : Qui représente la marge nette sur coûts variables est négative et ceci est dû au fait que les prix de vente des produits finis sont des prix administrés.

Les prix de ventes des produits finis sont repartis en deux catégories :

1. **Prix administrés** : produits commercialisés par SONATRACH ;
2. **Prix libres** : produits commercialisés par Naftec et dont le prix est fixé par le marché des produits pétroliers.

En effet, NAFTEC vent sa production à NAFTAL avec un prix administré de

- 12 000 DA / tonne pour les essences ;
- 9 000 DA/ tonne pour les naphas A, B et C ;
- 26 812,5 DA / tonne pour le benzène ;
- 26 137,5 DA / tonne pour le mélange xylène ;
- 30 000 DA / tonne pour le para-xylène.

Alors qu'elle prend une marge de **345 DA/ tonne** pour le propane, le butane, le fuel BTS et le jet A1.

Ceci nous a amené à envisager le scénario dans lequel Naftec vent ses produits avec les prix en vigueur sur du marché international.

Dans ce qui va suivre la situation actuelle des prix sera notée : scénario 1 ; et le cas où les prix sont libres sera appelé scénario 2.

- **Les produits finis** : on remarque qu'il y a deux produits qui se distinguent des autres par l'importance de leur production, ces produits sont le fuel BTS et le gasoil. La production du fuel BTS représente 30,66 % (en poids) de la quantité produite, les autres produits représentent ensemble 35,85 % (en poids) de la production.

La production totale de la raffinerie (la somme des quantités de tous les produits) représente 87,23% de la quantité du pétrole brut utilisé comme input, et le reste, soit 12,76% regroupe les pertes et la quantité utilisée pour la combustion.

Le graphique ci-dessous illustre les quantités données par le modèle pour chaque produit.

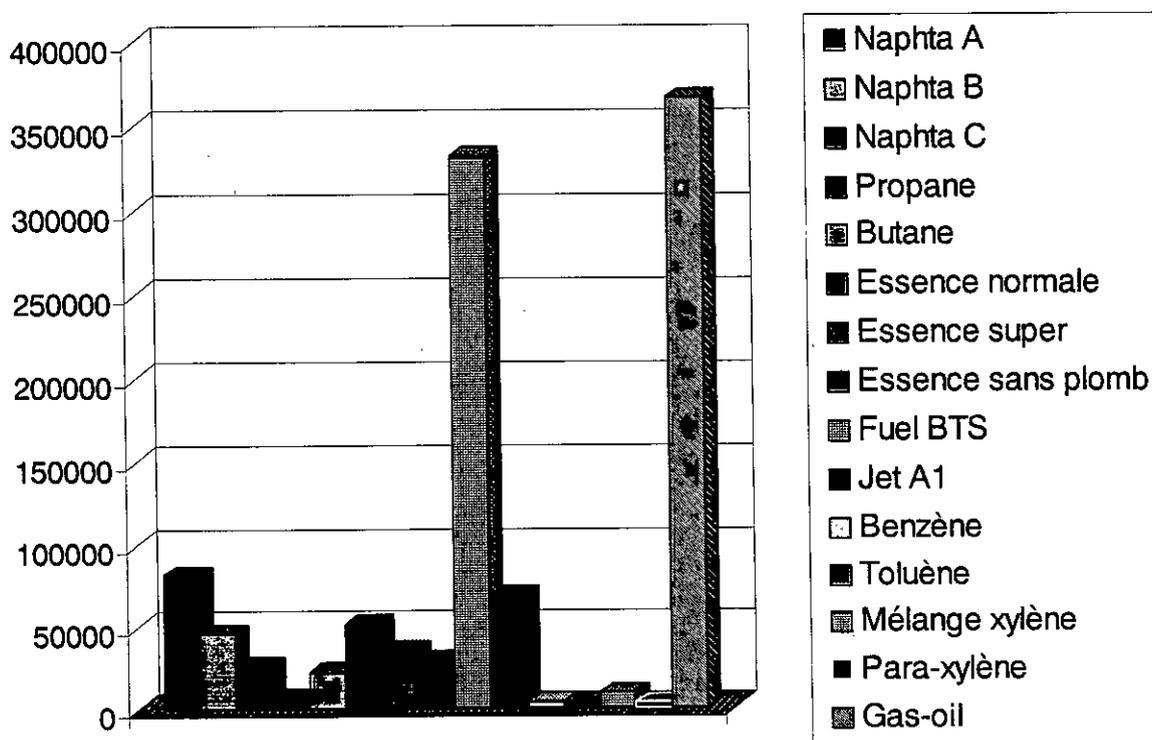


Figure V.1 : Quantités produites par la raffinerie de Skikda

V.5.1 Analyse du chiffre d'affaires

La figure V.1 illustre la contribution de chaque produit dans le chiffre d'affaires mensuel de la raffinerie qui est : **787 416 314 DA/ mois**.

D'après la figure on remarque que la contribution de chaque produit dans le chiffre d'affaire est directement proportionnelle à sa quantité, sauf pour le fuel BTS dont la production représente 30.49 % (en poids) de la production totale, alors que sa contribution dans le chiffre d'affaires est de 1.46 %, ce qui implique que le fuel BTS (qui est un produit direct des toppings) est mal valorisé. De plus la tendance mondiale concernant la consommation du fuel BTS est vers la baisse ; ceci est dû au fait que ce dernier est utilisé pour le chauffage domestique, ce qui n'est plus couramment utilisée actuellement. Il serait donc intéressant de trouver un moyen qui permet de valoriser le fuel BTS. [5]

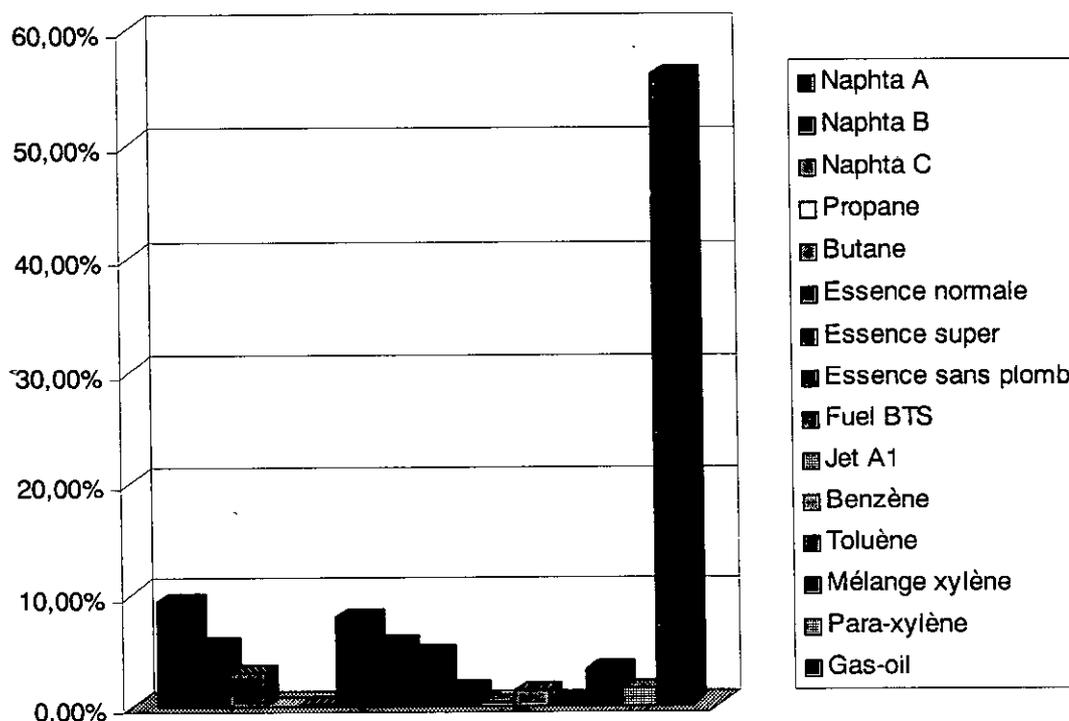


Figure V.2 : Structure du chiffre d'affaires

V.5.2 Composition des essences

1. Essence Normale

L'essence normale est constituée par quatre (04) bases, ces bases sont :

- Butane ;
- Platformat ;
- Raffinat ;
- Aromatiques lourds.

Le coût mensuel de la production de l'essence normale est de **495 464 970 DA**, alors que le coût de la production d'une tonne est de **9 555 DA**.

Le résultat obtenu par le modèle est donné dans le tableau ci-dessous.

Tableau V.2 : Formulation et coût de l'essence normale

BASE ESSENCE	QUANTITE (TONNES)	% (POIDS)	COUTS (DA/T)
Butane	3 986,773	12 %	8 342.5
Platformat	7 763,21	56 %	8 700
Raffinat	15 576	18 %	11 545.7
Aromatiques lourds	7 012.86	14 %	11 545.7
Total	51 854	100%	547 341 442 DA

On constate la principale composante de l'essence normale est le platformat, qui contribue pour 56% (en poids) dans sa formulation.

La figure (V.3) illustre les différentes bases constituant l'essence normale.

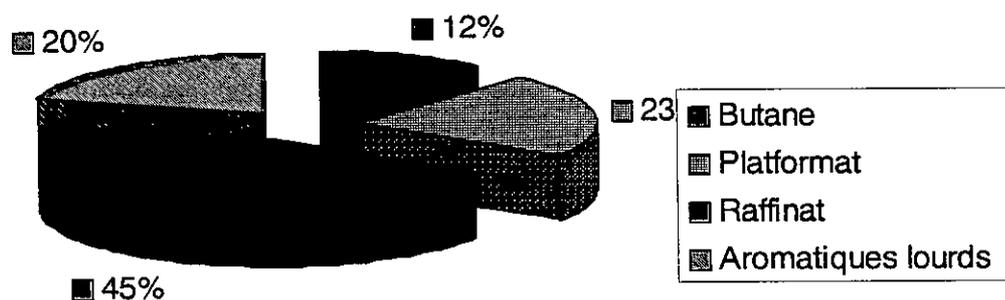


Figure V.3 : Formulation de l'essence normale

2. Essence Super

L'essence super est constituée par trois (03) bases, ces bases sont :

- Butane;
- Pentane;
- Platformat.

Le coût mensuel de la production de l'essence super est de **314 166 628 DA**, le coût de la production d'une tonne est de **8 700.82 DA**.

Le résultat obtenu par le modèle est donné dans le tableau ci-dessous.

Tableau 5.3 : Formulation et coût de l'essence super

BASE ESSENCE	QUANTITE (TONNES)	% (POIDS)	COUT (DA/T)
Butane	341.17	0.94%	8342.5
pentane	6147.39	17.03%	8724.86
Platformat	29 619	82.03%	8700
Total	36107.66	100 %	314 166 628 DA

Le platformat contribue pour 82.03 % (en poids) dans la formulation de l'essence super, alors que le pentane et butane contribuent avec les proportions suivantes : 17.03% et 0.94%.

La figure suivante indique la composition de l'essence super.

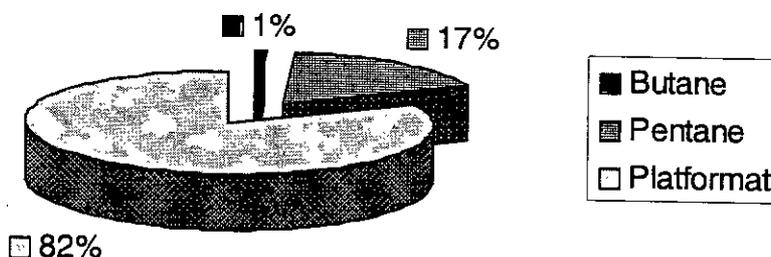


Figure V.4 : Formulation de l'essence super

3. Essence sans plomb

L'essence sans plomb est constituée par quatre (04) bases, qui sont :

- Isopentane ;
- Butane ;
- Toluène brut ;
- Platformat.

Le coût mensuel de la production de l'essence sans plomb est de **331728 708 DA**, le coût de production d'une tonne est de **10 777 DA**.

Le résultat obtenu par le modèle est donné dans le tableau ci-dessous.

Tableau V.4 : Formulation et coût de l'essence sans plomb

BASE ESSENCE	QUANTITE (TONNES)	% (POIDS)	COUT (DA/T)
Isopentane	5126.59	16.66%	8241
Butane	2093.49	6.80%	8342.5
Toluène brut	15 893.9	51.64%	11 545.7
Raffinat	7 666	24.91%	11 545.7
Total	30 780	100 %	331 728 708 DA

Le principal constituant de l'essence sans plomb est le toluène brut dont la contribution dans sa formulation est pour 51.64 % (en poids), alors que les contributions du raffinat, de l'isopentane et du butane sont respectivement : 24.91%, 16.66 % et 6.8%.

Le figure suivant indique la composition de l'essence sans plomb.

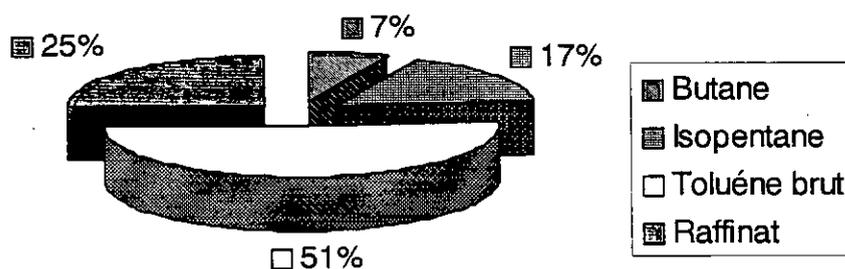


Figure V.5 : Formulation de l'essence sans plomb

V.5.3 Composition du Gas-oil

Le Gas-oil est formulé à partir du Gas-oil léger, du Gas-oil lourd et du kérosène.

Le coût mensuel de la production du Gas-oil est de **734 096 840 DA**, le coût de la production d'une tonne est de **2000 DA**.

Le résultat fourni par le modèle est donné dans le tableau ci-dessous

Tableau V.5 : Formulation du Gas-oil

BASE GAS-OIL	QUANTITE (TONNES)	% (POIDS)	COÛT (DA/T)
Gas-oil léger	194300.3	52.94%	2000
Gas-oil lourd	91861.32	25.03%	2000
Kérosène	80886.8	22.04%	2000
Total	367048.42	100 %	734 096 840 DA

La figure suivante illustre la composition du Gas-oil.

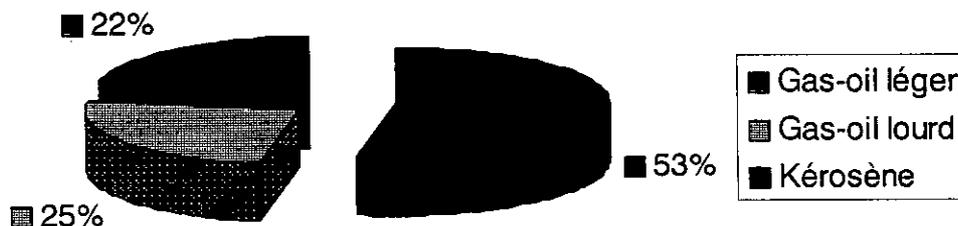


Figure V.6 : Formulation du Gas-oil.

V.5.4 Comparaison entre la composition des trois essences

Le type de bases nécessaires pour la formulation des essences varie d'une essence à une autre. Ainsi pour la formulation nécessite de l'essence normale quatre (04) bases, la formulation de l'essence super trois (03) bases et la formulation de l'essence sans plomb quatre (04) bases. On constate que la contribution du butane dans la formulation des trois essences ne dépasse pas les 13%.

Le raffinat rentre dans la formulation de l'essence normale et sans plomb avec des proportions qui ne dépassent pas les 25 %.

Le platformat contribue dans la formulation de l'essence normale et super avec les proportions suivantes : 82% et 56% respectivement, alors que le toluène brut participe uniquement dans la formulation de l'essence sans plomb. Les aromatiques lourds participent uniquement dans la formulation de l'essence normale. Le pentane intervient dans la formulation de l'essence super.

Le tableau suivant resume l'ensemble des contributions des bases dans la formulation des essences.

Tableau V.6 : Contribution de chaque base dans la formulation des essences

BASES ESSENCE	ESSENCE NORMALE	ESSENCE SUPER	ESSENCE SANS PLOMB
Isopentane			X
Aromatiques lourds	X		
Raffinat	X		X
Pentane		X	
Toluène brut			X
Platformat	X	X	
Butane	X	X	X

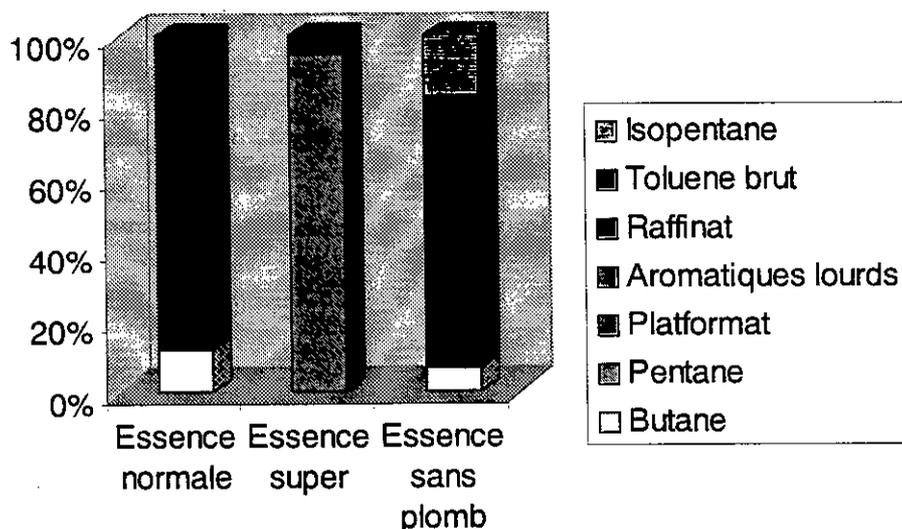


Figure V.7 : Récapitulation de la formulation de chaque essence

Les caractéristiques des essences obtenues par le modèle sont données dans le tableau suivant :

Tableau V.7 : Caractéristiques des essences

TYPE D'ESSENCE	DENSITE		TVR		NOMBRE D'OCTANE
	Min	Max	Min	Max	
Essence normale	0.71	0.765	0.51	0.8	91.7
Essence super	0.73	0.77	0.4	0.8	96
Essence sans plomb	0.735	0.785	0.426	0.84	96.26

• **Remarques :**

- ◆ Les essences produites actuellement dans la raffinerie de Skikda ne satisfont pas les spécifications de qualité en ce qui concerne la teneur en oxygène, en benzène et en aromatiques, ceci a été vérifié par le modèle.

La non-conformité des essences aux spécifications citées ci-dessus s'explique par le fait que les bases essences ont des teneurs importantes en oxygène, benzène et en aromatiques.

Après avoir présenter les résultats donnés par le modèle dans le cas du scénario 1, nous allons présenter dans ce qui va suivre les résultats concernant le scénario 2.

V.6 Scénario (2) des prix libres

Les données pour le scénario 2 sont fournies par le plan de production 99. Dans ces scénarios on considère les prix de ventes des produits comme étant des prix libres, c'est à dire ceux en vigueur sur le marché des exportations. Ces prix nous ont été fournis par Naftec.

On constate que dans ce scénario le chiffre d'affaire est le double de celui obtenue lorsque ce les prix sont administrés.

On constate que dans ce scénario le chiffre d'affaire est le double de celui obtenu lorsque les prix sont administrés.

Le tableau V.9 permet de comparer entre les quantités de produits fournies par le scénario 1, et le scénario 2, ainsi que leurs prix respectifs.

Tableau V.8 : Comparaison entre les résultats du scénario 1 et le scénario 2

PRODUITS	QUANTITE (TONNES)		PRIX DE VENTE (DA/TONNE)		PRIX TOTAL PAR PRODUIT	
	Scénario 1	Scénario 2	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 1	Scenario 2
Naphta A	81 632.26	90 000	9000	9000	734690340	810000000
Naphta B	46 529.47	66 206.41	9000	9000	418765230	595857690
Naphta C	25 994.23	36 746.28	9000	9000	233948070	330716520
Propane	7 284.025	7 823.86	345	8 342.5	2512988.63	65270552.05
Butane	22 655	26 394.14	345	8 342.5	7828277.7	220193113
Essence normale	51 854	51 854	12000	18 000	622248000	622248000
Essence super	36 107.65	30 066.34	12000	18 000	432864000	360796080
Essence sans plomb	30 780	30 780	12000	18 000	369360000	369360000
Fuel BTS	332 465	371 875	345	12 000	114700425	4462500000
Jet A1	69 209	84 375	345	22 000	23877105	1856250000
Benzène	4 009.151	4 009.15	26812.5	26812.5	107495361	107495334.4
Toluène	1 085.35	1 085.35	26137.5	26137.5	28368335.6	28368335.63
Mélange xylène	9 864.175	9 864.175	25562.5	25562.5	252152973	252152973.4
Para-xylène	3 920.297	3 920	30000	30000	117608910	117600000
Gas-oil	367 048.4	400 000	12000	12000	4404580800	4800000000
Chiffre d'affaires mensuel scénario 1			7 871 416 314 DA			
Chiffre d'affaires mensuel scénario 2			14 998 808 598 DA			

• **Interprétation des résultats**

Dans le scénario 2 la fonction objectif est positive elle est égale à **6 350 700 DA** contrairement à celle fournie par le scénario 1 qui est négative. Ceci s'explique par le fait que les prix de vente des produits finis pour le premier scénario sont administrés et ceux pour le deuxième scénario est libres.

D'après les résultats donnés par le tableau ci-dessus, on remarque que les quantités fournies par le modèle dans le scénario 2, sont globalement supérieures à celles fournies par le scénario 1.

Cet écart est dû au fait : que comme réaction à l'augmentation des prix de produits finis, le modèle a augmenté les quantités des produits finis afin de maximiser la marge, ce qui induit une augmentation de la quantité de pétrole brut utilisé au niveau des toppings (U10/U11).

Cette variation va provoquer des augmentations (avec des pourcentages différents) de la plupart des quantités produites.

Cette augmentation est plus importante pour les produits issus directement des deux (02) toppings, on enregistre :

- Pour le naphta B et le naphta C, l'augmentation est de plus de 41% ;
- Pour le jet A1 l'augmentation est de 21,91% ;
- Pour le naphta A l'augmentation est de 11,85%.

Et d'un niveau moindre pour les autres produits :

- Pour le butane l'augmentation est de 15,5% ;
- Pour le gasoil l'augmentation est de 7,41%.

Les produits pour lesquels il n'y a aucune variation sont :

- L'essence normale ;
- L'essence sans plomb.

Ceci s'explique par le fait que les essences sont soumises à des contraintes de spécifications.

- Le benzène ;
- Le toluène ;
- Le mélange xylène.

La non variation des quantités des aromatique s'explique par le fait que les prix ne varient pas.

Cependant une diminution est observée pour l'essence super (-16,73%) et le para-xylène (-0,01%).

Ainsi, les résultats fournis par le modèle que nous avons élaboré nous ont permis d'avoir :

- Les quantités optimales à produire ;
- La composition du chiffre d'affaire de la raffinerie ;
- La composition optimales des essences et du gasoil ainsi que leurs coûts respectifs.

Conclusion

Conclusion

L'ambition de ce travail est d'éclairer le décideur sur les décisions à prendre concernant la gestion de la raffinerie à court terme.

Ces décisions concernent :

- Les quantités optimales de brut à acheter ;
- Les quantités de produits finis et semi-finis qu'il faut produire ;
- La formulation des essences : type et proportion de chaque base ;
- La marge nette qui résultera d'un niveau d'activité donnée.

Pour cela, nous avons été amenés à construire un modèle d'optimisation, faisant appel à la programmation linéaire, dont l'utilisation est justifiée par la nature des opérations du raffinage.

Nous nous sommes intéressées plus particulièrement à la raffinerie de Skikda, et les résultats obtenus à travers le modèle élaboré, permettent :

- D'analyser la production afin de connaître la proportion de chaque produit fini dans la production totale ;
- D'analyser le chiffre d'affaires ainsi que la contribution de chaque produit dans la composition du chiffre d'affaires.
- De connaître la formulation de chaque essence ainsi que leur coût de production ;
- De connaître la formulation du gas-oil.

L'analyse de la production et du chiffre d'affaires nous a indiqué que le fuel BTS est très mal valorisé car il représente plus de 30% de la production totale, alors qu'il contribue à de 1,46% dans le chiffre d'affaires. Une perspective possible, serait d'envisager meilleure valorisation du fuel BTS (basse teneur en soufre) en introduisant de nouvelles unités au sein de la raffinerie.

Le modèle élaboré reflète le fonctionnement de la raffinerie, et permet de répondre aux préoccupations du raffineur.

Il est donc nécessaire d'appliquer un tel modèle pour une meilleure gestion de la raffinerie et une meilleure prise de décision. D'autant plus que le modèle est évolutif, car il admet l'ajout de nouvelles variables et de nouvelles contraintes, ce qu'il lui procure une grande flexibilité à d'éventuels changements technologiques ou stratégiques auxquels est confrontés la raffinerie.

Bibliographie

Bibliographie

[1] H.BAGHLI, M.HAMDI

Les Principaux Procédés Pétrochimiques dans le monde.

Mémoire de Fin d'étude, Département Génie Chimique, Ecole Nationale Polytechnique (ENP), 1995.

[2] C.E.CHITOUR

Raffinage du Pétrole, Tome I, Edition OPU, ALGER, 1983.

[3] CE.CHITOUR

Introduction aux propriétés du pétrole, Séminaire des Cadres NAFTAL, Département Génie chimique, Ecole Nationale Polytechnique (ENP), 1998.

[4] Cours de Programmation Linéaire dispensés par M.LAMRAOUI, Département Génie Industriel, Ecole Nationale Polytechnique (ENP), 1998/1999.

[5] Cours de Génie Chimique dispensés par M.BENYOUSSEF, Département Génie Industriel, Ecole Nationale Polytechnique (ENP), 1998/1999.

[6] R.DELION

Méthode d'essais des produits pétroliers, Edition AFNOR, Paris, 1974.

[7] J.P.FAVENNEC

Exploitation et Gestion de la raffinerie, Edition Technip, Paris, 1994.

[8] E.GONZALES

Gestion de la Production et Programmation Linéaire : Application au Secteur Pétrochimie de l'usine de Lacq, I.F.P, 1969.

[9] S.KHEBRI

« Modélisation et Optimisation des Capacités et des Structures du Raffinage européen aux horizons 1995, 2000, et 2010 », Thèse de Doctorat en Sciences Economiques, Ecole Nationale Supérieure du pétrole et des moteurs, Université de Bourgogne, 1992.

[10] H.LAMA

« Modélisation et Optimisation des Capacités et Structures de Raffinage en Algérie à l'horizon 2020 », Mémoire de Magister, Faculté des Hydrocarbures et de la Chimie, Université de Boumèrdes, , 1999.

[11] P.LEPRINCE

Le raffinage du pétrole, Procédés de Transformation, Edition Technip, Paris, 1994.

[12] S.NAIT KACI & L.OUADAHI

« Modélisation du Process de Production de Composants dérivés du Pétrole, application : Raffinerie d'Alger », Projet de Fin d'études, Département Génie Industriel, Ecole Nationale Polytechnique (ENP), 1995.

[13] X.NORMAND

Leçons Sommaires sur l'industrie du raffinage du pétrole, Edition Technip, Paris, 1985.

[14] J.SORDE

La Programmation Linéaire Appliquée à l'Entreprise, Edition DUNOD, Paris, 1970.

[15] J - P.WAUQUIER

Pétrole Brut – Produits Pétroliers : Schémas de fabrication, Edition : Technip, Paris, 1994.

[16] J- P.WAUQUIER

Le Raffinage du Pétrole, Procédés de Séparation, Edition Technip, Paris, 1994.

[17] P.WUTHIER

Le Pétrole : Raffinage et Génie Chimique, Tome : 1 et 2, Edition : Technip, Paris, 1978.

Reuves

[18] D.BABUSIAUX & D.CHAMPLON

La Modélisation du Secteur de Raffinage dans le Mini-DMS-Energie, Revue de l'Institut Français du Pétrole 1982, vol 37, N°4, pp.443-453.

[19] D.BABUSIAUX, P.OFFANT & M.VALAIS

Modélisation des Secteurs de Production et de Transformation de l'énergie : le cas Français, revue de l'institut Français du pétrole, 1978, Vol 33, N°2, pp.177-190.

Documentation technique

[20] Spécifications auxquelles doivent répondre les produits pétroliers livrées par NAFTEC.

[21] Caractéristiques des produits finis, livrées par NAFTEC.

[22] Documentation sur la raffinerie de Skikda livrées par NAFTEC.

Sites Internet

[23] www.naftec-dz.com.

[24] www.upe.com.

Annexes

Annexe I

PROBLEM DATA IN EQUATION STYLE

Maximize

- 9000 BRHM(1)-9000 BRHM(2)-4000 GU31-4000 CHU30-7834.02 NBMF-
 7815CHPF+9000 NRPC + 9000 NBPC+ 9000 NCPC + 345 PREX + 345 BUEX - 4000
 GU13-7796.7 NAESN-7796.7 NAESU-7796.7 NAESP-7834.02 NBESN-7834.02 NBESU -
 7834.02 NBESP- 8241.8 ISESN - 8241.8 ISESU - 8241.8 ISESP- 8342.5 BUESN - 8342.5
 BUESU - 8342.5 BUESP- 11545.7 TBESN - 11545.7 TBESU - 11545.7 TBESP- 8724.86
 PNESN - 8724.86 PNESU - 8724.86 PNESP- 8700 PLESN - 8700 PLESU - 8700 PLESP
 -11545.7 RFESN - 11545.7 RFESU - 11545.7 RFESP - 11545.7 AHESN - 11545.7 AHESU -
 11545.7 AHESP + 345 ESSN + 345 ESSU + 345 ESSP - 8000 RLAR- 11650 RHCA + 345
 FBTS - 2000 GOIL - 2000 GOIH - 2000 KEGO + 345 JET1 + 26812.5 BNEX + 26137.5
 TLEX + 25562.5 MXEX + 30000 PXEX + 12000 GOEX .

Subject to

$$\begin{aligned} & \text{BIL GPL1} \\ & + 0.03 \text{ BRHM}(1) - 1 \text{ GPL1} = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{BIL ISES} \\ & + 0.01 \text{ BRHM}(1) - 1 \text{ ISES} = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{BIL NA10} \\ & + 0.066 \text{ BRHM}(1) - 1 \text{ NA10} = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{BIL NB10} \\ & + 0.155 \text{ BRHM}(1) - 1 \text{ NB10} = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{BIL NC10} \\ & + 0.072 \text{ BRHM}(1) - 1 \text{ NC10} = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{BIL JET1} \\ & + 0.135 \text{ BRHM}(1) - 1 \text{ JET1} = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{BIL GOL1} \\ & + 0.177 \text{ BRHM}(1) - 1 \text{ GOL1} = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{BIL GOH1} \\ & + 0.074 \text{ BRHM}(1) - 1 \text{ GOH1} = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{BIL FBS1} \\ & + 0.321 \text{ BRHM}(1) - 1 \text{ FBS1} = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{BIL GPL2} \\ & + 0.03 \text{ BRHM}(2) - 1 \text{ GPL2} = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{BIL NA11} \\ & + 0.078 \text{ BRHM}(2) - 1 \text{ NA11} = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{BIL NB11} \\ & + 0.133 \text{ BRHM}(2) - 1 \text{ NB11} = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{BIL NC11} \\ & + 0.096 \text{ BRHM}(2) - 1 \text{ NC11} = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{BIL KEGO} \\ & + 0.132 \text{ BRHM}(2) - 1 \text{ KEGO} = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{BIL GOL2} \\ & + 0.169 \text{ BRHM}(2) - 1 \text{ GOL2} = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{BIL GOH2} \\ & + 0.088 \text{ BRHM}(2) - 1 \text{ GOH2} = 0 \end{aligned}$$

BIL FBS2
+ 0.274 BRHM(2) - 1 FBS2 = 0

BIL GOIL
+ 1 GOL1 + 1 GOL2 - 1 GOIL = 0

BIL NAPTA
+ 1 NA10 + 1 NA11 - 1 NAPTA = 0

BIL NAPTC
+ 1 NC10 + 1 NC11 - 1 NAPTC = 0

BIL2 GPLT
- 1 GPLT + 1 GU30 + 1 GU31 = 0

BIL GU13
+ 0.062 CHPF - 1 GU13 = 0

BIL PLES
+ 0.794 CHPF - 1 PLES = 0

BIL GM30
- 1 GM30 + 0.032 NBMF = 0

BIL RLAR
+ 0.262 NBMF - 1 RLAR = 0

BIL RHCR
+ 0.246 NBMF - 1 RHCA = 0

BIL NAPC
+ 1 NAPTA - 1 NAES - 1 NAPC = 0

BIL NCPC
+ 1 NAPTC - 1 NCPF - 1 NCPC = 0

BIL FG30
+ 0.084 CHU30 - 1 FG30 = 0

BIL BU30
+ 0.762 CHU30 - 1 BU30 = 0

BIL GOIQ
+ 1 GOH1 + 1 GOH2 - 1 GOIH = 0

BIL FBTS
+ 1 FBS1 + 1 FBS2 - 1 FBTS = 0

BIL NAPTB
+ 1 NB10 + 1 NB11 - 1 NAPTB = 0

BIL1 GPLT
+ 1 GPL1 + 1 GPL2 - 1 GPLT = 0

BIL FGPF
- 1 FGPF + 0.14 CHPF = 0

BIL PN1E
+ 0.004 CHPF - 1 PN1? = 0

BIL FGMF
- 1 FGMF + 0.204 NBMF = 0

BIL PN10
+ 0.068 NBMF - 1 PN10 = 0

BIL TBES
+ 0.188 NBMF - 1 TBES = 0

BIL PNES
+ 1 PN1? + 1 PN10 - 1 PNES = 0

BIL NBPC
+ 1 NAPTB - 1 NBES - 1 NBMF - 1
NBPf - 1 NBPC = 0

BIL CHU30
+ 1 GU30 + 1 GM30 - 1 CHU30 = 0

BIL PR30
+ 0.154 CHU30 - 1 PR30 = 0

CONSTR 44
+ 8 GU31 - 100 FG31 = 0

$$\begin{aligned} & \text{BIL PR31} \\ & + 14 \text{ GU31} - 100 \text{ PR31} = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{BIL FG14} \\ & + 0.12 \text{ GU13} - 1 \text{ FG14} = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{BIL BU14} \\ & - 1 \text{ BU14} + 0.61 \text{ GU13} = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{BIL BUTT} \\ & + 1 \text{ BU30} + 1 \text{ BU31} - 1 \text{ BUTT} + 1 \text{ BU14} = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{BIL FGEX} \\ & + 1 \text{ FGMF} + 1 \text{ FGPF} + 1 \text{ FG30} + 1 \text{ FG31} + 1 \\ & \text{FG14} - 1 \text{ FGCM} = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{BIL BNEX} \\ & + 0.181 \text{ RLAR} - 1 \text{ BNEX} = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{BIL AHES} \\ & - 1 \text{ AHES} + 0.3372 \text{ RHCA} = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{BIL PXEX} \\ & + 0.1885 \text{ RHCA} - 1 \text{ PXEX} = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{BILTY NAES} \\ & - 1 \text{ NAES} + 1 \text{ NAESN} + 1 \text{ NAESU} + 1 \\ & \text{NAESP} = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{BILTY BUES} \\ & - 1 \text{ BUES} + 1 \text{ BUESN} + 1 \text{ BUESU} + 1 \\ & \text{BUESP} = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{BILTY TBES} \\ & - 1 \text{ TBES} + 1 \text{ TBESN} + 1 \text{ TBESU} + 1 \\ & \text{TBESP} = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{BILTY RFES} \\ & - 1 \text{ RFES} + 1 \text{ RFESN} + 1 \text{ RFESU} + 1 \\ & \text{RFESP} = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{BIL BU31} \\ & + 78 \text{ GU31} - 100 \text{ BU31} = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{BIL PR14} \\ & - 1 \text{ PR14} + 0.27 \text{ GU13} = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{BIL PREX} \\ & + 1 \text{ PR30} + 1 \text{ PR31} - 1 \text{ PREX} + 1 \text{ PR14} = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{BIL BUEX} \\ & - 1 \text{ BUTT} + 1 \text{ BUES} + 1 \text{ BUEX} = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{BIL RFES} \\ & - 1 \text{ RFES} + 0.77 \text{ RLAR} = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{BIL TLES} \\ & + 0.049 \text{ RLAR} - 1 \text{ TLEX} = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{BIL MXEX} \\ & + 0.4743 \text{ RHCA} - 1 \text{ MXEX} = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{BILTY ISES} \\ & - 1 \text{ ISES} + 1 \text{ ISESN} + 1 \text{ ISESU} + 1 \text{ ISESP} = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{BILTY NBES} \\ & - 1 \text{ NBES} + 1 \text{ NBESN} + 1 \text{ NBESU} + 1 \\ & \text{NBESP} = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{BILTY PNES} \\ & - 1 \text{ PNES} + 1 \text{ PNESN} + 1 \text{ PNESU} + 1 \\ & \text{PNESP} = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{BILTY AHES} \\ & - 1 \text{ AHES} + 1 \text{ AHESN} + 1 \text{ AHESU} + 1 \\ & \text{AHESP} = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{BILTY GOEX} \\ & + 1 \text{ GOIL} + 1 \text{ GOIH} + 1 \text{ KEGO} - 1 \text{ GOEX} \\ & = 0 \end{aligned}$$

DENNR MIN

- 5.35 NAESN + 0.49 NBESN - 8.85
 IESN - 13.05 BUESN + 13.56 TBESN -
 8 PNEsn + 9 PLESN - 2.5 RFESN + 18.98
 AHESN >= 0

DENSR MIN

-7.85 NAESU - 1.51 NBESU - 10.85
 IESU - 15.05 BUESU + 11.56 TBESU -
 10 PNEsu + 7 PLESU - 4.5 RFESU +
 14.98 AHESU >= 0

DENSP MIN

- 8.35 NAESP - 2.01 NBESP - 11.35
 IESP - 15.55 BUESP + 11.06 TBESP -
 10.5 PNEsp + 6.5 PLESP - 5 RFESP +
 14.48 AHESP >= 0

TVRNR MAX

- 680 NAESN - 783.2 NBESN + 1520
 IESN + 5550 BUESN - 861.7 TBESN +
 377.3 PNEsn - 750 PLESN - 846.7
 RFESN - 885 AHESN <= 0

TVRNR MIN

- 45 NAESN - 58 NBESN + 176 IESN +
 582 BUESN - 68.44 TBESN + 61.32
 PNEsn - 56.25 PLESN - 62.77 RFESN
 - 71.47 AHESN >= 0

TVRSP MIN

- 6.3 NAESP - 7.9 NBESP + 15.2 IESP +
 55.6 BUESP - 8.617 TBESP + 3.773
 PNEsp - 7 PLESP - 8.5 RFESP
 - 8.35 AHESP >= 0

NBRE OC NR

- 1935 NAESN - 4644 NBESN - 1072
 IESN + 1588 BUESN
 + 2129 TBESN - 317 PNEsn + 1138
 PLESN - 3460 RFESN
 + 2307 AHESN >= 0

NBRE OC SP

- 4647 NAESP - 6616 NBESP - 1022 IESP - 492 BUESP
 + 1774 TBESP - 2905 PNEsp - 250 PLESP - 2847 RFESP
 + 1080 AHESP >= 0

DENNR MAX

- 11 NAESN - 5 NBESN - 14.3 IESN -
 18.5 BUESN + 8.1 TBESN - 12.9 PNEsn
 + 3.5 PLESN - 8 RFESN + 11.5 AHESN
 <= 0

DENSR MAX

- 115 NAESU - 55 NBESU - 148 IESU -
 190 BUESU + 76 TBESU - 134 PNEsu +
 30 PLESU - 85 RFESU + 110 AHESU <=
 0

DENSP MAX

- 130 NAESP - 70 NBESP - 163 IESP -
 205 BUESP + 61 TBESP - 149 PNEsp +
 15 PLESP - 100 RFESP + 95 AHESP <= 0

TVRSR MIN

- 45 NAESU - 58 NBESU + 176 IESU +
 582 BUESU - 68.44 TBESU + 61.32
 PNEsu - 56.25 PLESU - 62.77 RFESU -
 71.47 AHESU >= 0

TVRSR MAX

- 68 NAESU - 78.32 NBESU + 152 IESU
 + 555 BUESU - 86.17 TBESU + 37.73
 PNEsu - 75 PLESU - 84.67 RFESU
 - 88.5 AHESU <= 0

TVRSP MAX

- 7.633 NAESP - 8.531 NBESP + 14.35
 IESP + 54.65 BUESP - 9.2 TBESP + 3
 PNEsp - 8.125 PLESP - 9.2 RFESP
 - 9.42 AHESP <= 0

NBRE OC SR

- 3170 NAESU - 5483 NBESU + 113
 IESU + 552 BUESU
 + 1419 TBESU - 1825 PNEsu + 387
 PLESU - 4336 RFESU
 + 1625 AHESU >= 0

DEM PREX
+ 1 PREX \geq 3504.75

DEM ESS4
+ 1 ESSU \geq 10566

DEM ESSP
+ 1 ESSP \geq 30780

DEM GOEX
+ 1 GOEX \geq 300000

DEM BNEX
+ 1 BNEX \geq 1536

DEM MXEX
+ 1 MXEX \geq 5888

BILTY CHPF
+ 1 NBPF + 1 NCPF - 1 CHPF = 0

CONSTR 107
- 1 NCPF + 0.7 CHPF = 0

MASS ESSN
+ 1 NAESN + 1 NBESN + 1 ISESN + 1
BUESN + 1 TBESN + 1 PNESN
+ 1 PLESN + 1 RFESN + 1 AHESN - 1
ESSN = 0

MASS ESSP
+ 1 NAESP + 1 NBESP + 1 ISESP + 1
BUESP + 1 TBESP + 1 PNESP
+ 1 PLESP + 1 RFESP + 1 AHESP - 1
ESSP = 0

BIL TOTAL
0 \leq BRHM(1) \leq 625000
0 \leq GPL1
0 \leq GPLT
0 \leq GU31
0 \leq CHU30
0 \leq FGPF
0 \leq NB10
0 \leq NA11
0 \leq NB11
0 \leq NC11
0 \leq NAES
0 \leq NBMF \leq 84542

DEM BUEX
+ 1 BUEX \geq 22655

DEM ESSN
+ 1 ESSN = 51854

DEM JET1
+ 1 JET1 \geq 69209

DEM FBTS
+ 1 FBTS \geq 332465

DEM TLEX
+ 1 TLEX \geq 413

DEM PXEX
+ 1 PXEX \geq 0

CONSTR 9M
- 1 NBPF + 0.3 CHPF = 0

MASS ESSV
+ 1 NAESU + 1 NBESU + 1 ISESU + 1
BUESU + 1 TBESU + 1 PNESU + 1
PLESU + 1 RFESU + 1 AHESU - 1 ESSU
= 0

- 1 BRHM(1) - 1 BRHM(2) + 1 NAPC + 1
NBPC + 1 NCPC + 1 PREX + 1 BUEX + 1
ESSN + 1 ESSU + 1 ESSP + 1 FBTS + 1
JET1 + 1 BNEX + 1 TLEX + 1 MXEX + 1
PXEX + 1 GOEX + 1 FGCM = 0

0 \leq BRHM(2) \leq 625000
0 \leq GPL2
0 \leq GU30
0 \leq GM30
0 \leq FGMF
0 \leq NA10
0 \leq NC10
0 \leq NAPTA
0 \leq NAPTB
0 \leq NAPTC
0 \leq NBES
0 \leq NBPF

0 <= NCPF
 0 <= ISES
 0 <= NBPC
 0 <= PR30
 0 <= BU30

0 <= CHPF <= 108000
 0 <= NAPC
 0 <= NCPC
 0 <= PR31
 0 <= BU31

OPTIMAL SOLUTION - SUMMARY
 REPORT (NONZERO VARIABLES)

Variable	Value	Cost
1 BRHM(1)	512659.2000	-9000.0000
2 BRHM(2)	612778.8000	-9000.0000
3 GPL1	15379.7800	0.0000
4 GPL2	18383.3600	0.0000
5 GPLT	33763.1400	0.0000
6 GU30	33763.1400	0.0000
8 GM30	2705.3440	0.0000
9 CHU30	36468.4800	-4000.0000
10 FGMF	17246.5700	0.0000
11 FGPF	13948.8000	0.0000
12 NA10	33835.5100	0.0000
13 NB10	79462.1800	0.0000
14 NC10	36911.4600	0.0000
15 NA11	47796.7500	0.0000
16 NAPTA	81632.2600	0.0000
17 NB11	81499.5800	0.0000
18 NAPTB	160961.8000	0.0000
19 NC11	58826.7600	0.0000
20 NAPTC	95738.2300	0.0000
23 NBMF	84542.0000	-7834.0200
24 NBPF	29890.2900	0.0000
25 NCPF	69744.0000	0.0000
26 CHPF	99634.2900	-7815.0000
27 ISES	5126.5920	0.0000
28 NAPC	81632.2600	9000.0000
29 NBPC	46529.4700	9000.0000
30 NCPC	25994.2300	9000.0000
31 PR30	5616.1470	0.0000
33 BU30	27788.9900	0.0000
35 PREX	7284.0250	345.0000
36 BUTT	31557.1500	0.0000
37 PR14	1667.8780	0.0000
38 BU14	3768.1690	0.0000
39 BUES	8902.1550	0.0000
40 BUEX	22655.0000	345.0000
41 GU13	6177.3260	-4000.0000
42 PN14	398.5372	0.0000
43 PN10	5748.8560	0.0000
44 TBES	15893.9000	0.0000
45 RFES	17055.5000	0.0000
46 PNES	6147.3930	0.0000
47 PLES	79109.6300	0.0000
48 AHES	7012.8600	0.0000
57 ISESP	5126.5920	-8241.8000
58 BUESN	6467.4920	-8342.5000
59 BUESU	341.1686	-8342.5000
60 BUESP	2093.4940	-8342.5000
63 TBESP	15893.9000	-11545.7000
65 PNESU	6147.3930	-8724.8600
67 PLESN	28984.1600	-8700.0000
68 PLESU	29619.0900	-8700.0000
70 VAR 101	20506.3700	0.0000
71 RFESN	9389.4840	-11545.7000
73 RFESP	7666.0180	-11545.700
74 AHESN	7012.8600	-11545.7000
77 ESSN	51854.0000	12000.0000
78 ESSU	36107.6500	12000.000
79 ESSP	30780.0000	12000.0000
80 RLAR	22150.0000	-8000.0000
81 RHCR	20797.3300	-11650.0000
82 FBS1	164563.6000	0.0000
83 FBS2	167901.4000	0.0000
84 FBTS	332465.0000	345.0000
85 GOL1	90740.6900	0.0000
86 GOL2	103559.6000	0.0000
87 GOH1	37936.7800	0.0000
88 GOH2	53924.5300	0.0000
89 GOIL	194300.3000	-2000.0000
90 GOIH	91861.3200	-2000.0000
91 KEGO	80886.8000	-2000.0000
92 JET1	69209.0000	345.0000
93 BNEX	4009.1510	26812.5000
94 TLEX	1085.3500	26137.5000
95 MXEX	9864.1750	25562.5000
96 PSEX	3920.2970	30000.0000
97 GOEX	367048.4000	12000.0000
98 FG30	3063.3530	0.0000
100 FG14	741.2791	0.0000
101 FGCM	35000.0000	0.0000

Objective Function Value = -6164035000
Press any key when ready

Annexe II

Caractéristiques des bases essences de la RA1K

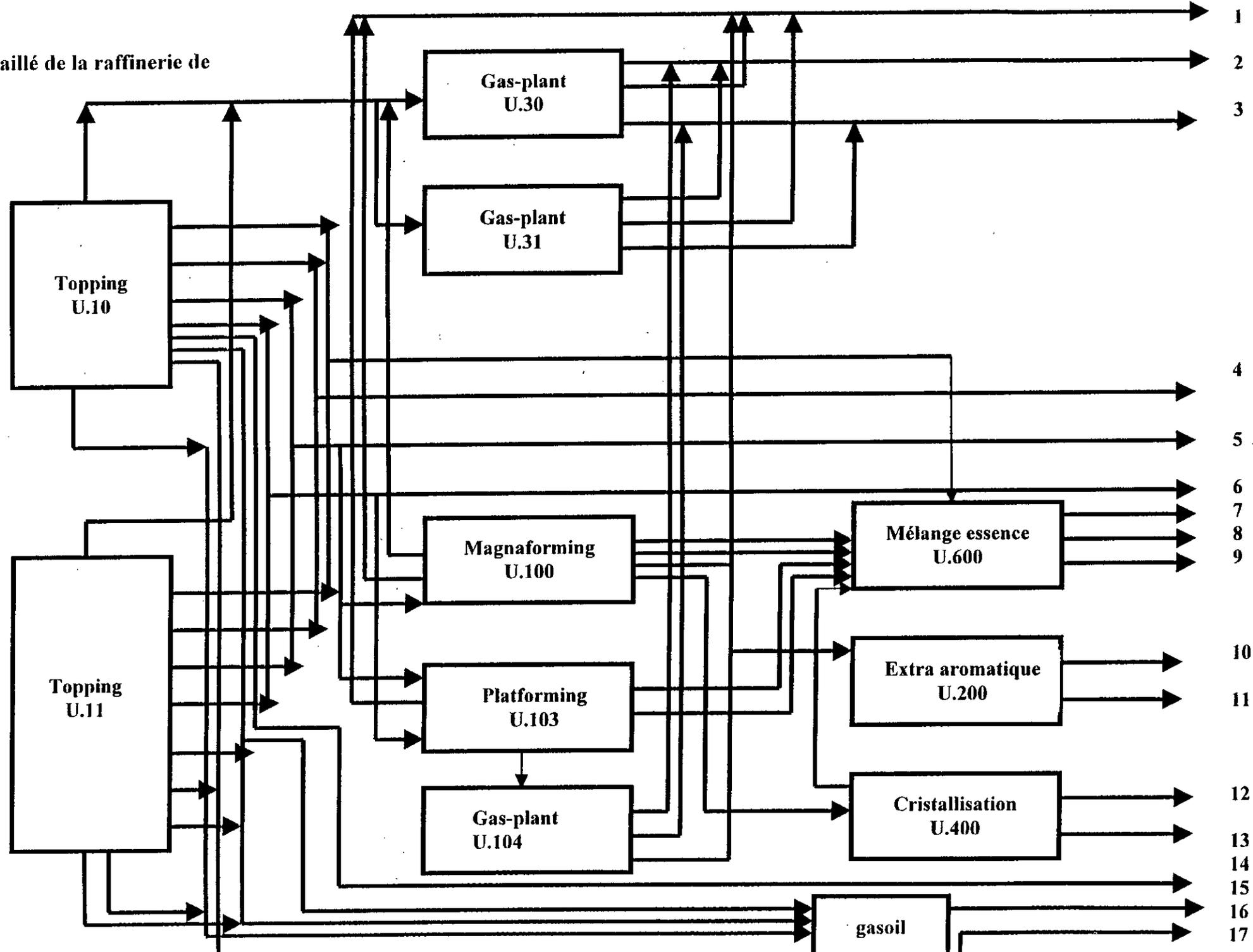
	Densité	TVR (Kgf/cm ²)	RON clair	RON à 0,15g/l	RON à 0,4 g/l	MON clair	(R+M)/2	Benzène (%v)	Aromatiques (%v)	Oxygène (%v)	Disponibilité 10 ³ / an
Butane	0,58	4,02	94,3	99,2	99,7	90	92,15	0	0	0	168
Isopentane	0,622	1,743	92	96,7	101,8	85,3	88,65	0	0	0	74
Pentane	0,636	1,04	77,4	84,5	92	76	76,7	0	0	0	70
Naphta A U 11	0,651	0,052	70,8	78,5	86,1	70,8	65,7	0,7	0,8	0	520
Naphta A U 10	0,66	0,641	64,5	72,2	80,6	63	63,75	0,7	0,8	0	513
Raffinat	0,685	0,22	58	66,3	75,5	57	57,5	0,8	1,69	0	181
Naphta B U 10	0,715	0,24	48	56,8	66,3	47,8	47,9	1,5	6,5	0	380
Naphta B U 11	0,846	0,24	48	56,8	66,3	47	47,5	1,5	6,5	0	380
Toluène Brut	0,88	0,071	106,2	108	109,5	108	110	0,05	100	0	137
Aromatique Lourd	0,8687	0,021	109,1	110,3	111,1	100	104,5	0	100	0	137
Mélange xylene	0,8080	0,05	114	115,4	116,7	104	109	0,05	100	0	167
Reformat 1	0,8060	0,2	98	99,1	100,4	88	93	3,03	76,7	0	440
Reformat 2	0,8060	0,2	98	99,1	100,4	88	93	3,03	76,7	0	440

Caractéristique du gasoil

GASOIL	Poids spécifique (gr/cm²)	Teneur en soufre (100% poids)
Kérosène	0.78	0.10
GO1	0.83	0.05
GO2	0.86	2.00

Annexe III

Schéma détaillé de la raffinerie de Skikda



Identification des produits finis du schéma de la raffinerie de Skikda

1. Fuel-gas ;
2. Propane ;
3. Butane ;
4. Naphta A ;
5. Naphta B ;
6. Naphta C ;
7. Essence normale ;
8. Essence super ;
9. Essence sans plomb ;
10. Benzène ;
11. Toluène ;
12. Mélange xylene ;
13. Para-xylene ;
14. JetA1 ;
15. Gasoil ;
16. Fuel BTS ;