

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université M'hamed BOUGARA  
Faculté des Sciences



MÉMOIRE

Présenté Pour L'Obtention Du Diplôme De Master

En : Recherche Opérationnelle, Optimisation et Management Stratégique.

Par : SAIB Abdeldjallil

Sujet

Optimisation et planification des recettes de production de  
l'essence sans plomb au sein de SONATRACH

Soutenue le 27/09/2015 devant le jury composé de :

Mme W.Drici	MAA	UMBB	Président
Mme N.Raggas	MCB	UMBB	Encadreur
Mr F.Cheurfa	MCB	UMBB	Examinateur
Mr N.Boumedin	MCB	UMBB	Examinateur

Année universitaire :2021/2022

# Dédicaces

*En tout premier lieu, je remercie le bon Dieu, tout puissant, de m'avoir donné la force pour survivre, ainsi que l'audace pour dépasser toutes les difficultés. permis de mener à bien ce travail. pour avoir bien voulu juger ce travail. Au nom du dieu le clément et le miséricordieux louange à ALLAH le tout puissant.*

*Je souhaite aussi dédier ce travail à mes parents , à tous mes frères et sœurs. Merci de m'avoir encouragé dans les moments difficiles.*

*A mes amis et toutes les personnes chères à mon cœur pour leur amitié indéfectible.*

*Merci du fond du cœur pour votre amour, vos encouragements et votre partage inestimable.*

**SAIB ABDELDJALLIL**

# Table des matières

## 1 Organisme d'accueil

- 1.1 Présentation du groupe SONATRACH . . . . .
- 1.1.1 Historique du groupe SONATRACH . . . . .
- 1.1.2 Métiers et valeurs de la SONATRACH . . . . .
- 1.1.3 Organigramme de la SONATRACH . . . . .
- 1.2 L'Activité Raffinage et Pétrochimie (RPC) . . . . .
- 1.2.1 Présentation de l'Activité Raffinage et Pétrochimie . . . . .
- 1.2.2 Missions de l'activité Raffinage et Pétrochimie . . . . .

## 2 Généralités et définition

- 2.1 Le raffinage . . . . .
- 2.2 Pétrole brut . . . . .
- 2.3 Produits pétroliers . . . . .
- 2.3.1 GPL . . . . .
- 2.3.2 Essence . . . . .
- 2.3.3 Gasoil . . . . .
- 2.3.4 Kérosène . . . . .
- 2.3.5 Naphta . . . . .
- 2.3.6 Fuel-oil . . . . .
- 2.4 Les essences en Algérie . . . . .
- 2.5 L'essence sans plomb . . . . .
- 2.5.1 Caractéristiques principales de l'essence sans plomb . . . . .
- 2.6 Mélange d'essence . . . . .
- 2.6.1 Différents bases de l'essence sans plomb . . . . .
- 2.6.2 Processus de production des essences . . . . .
- 2.6.3 Avantages de l'essence sans plomb . . . . .
- 2.7 Inconvénients du tétra-éthyle de plomb . . . . .

## 3 Programmation linéaire et méthodes de résolution

- 3.1 Terminologie . . . . .
- 3.1.1 Définition de la programmation linéaire . . . . .
- 3.1.2 Formes d'un programme linéaire . . . . .
- 3.2 Méthodes de résolution d'un PL . . . . .
- 3.2.1 Méthode graphique . . . . .
- 3.2.2 Méthode de point intérieur . . . . .

3.2.3	Méthode du simplexe . . . . .	
3.2.4	Méthode des pénalités . . . . .	

#### 4 Problématique et Modélisation

4.1	Position de problème . . . . .	
4.2	Modélisation . . . . .	
4.2.1	Les variables de décision . . . . .	
4.2.2	Notion . . . . .	
4.2.3	Contraintes . . . . .	
4.2.4	La fonction objectif . . . . .	
4.3	Modèle mathématique1 . . . . .	
4.4	Modèle numérique1 . . . . .	
4.5	Modèle Mathématique 2 . . . . .	
4.6	Modèle numérique 2 . . . . .	

#### 5 Résolution et comparaison

5.1	Le Langage Matlab . . . . .	
5.1.1	Définition . . . . .	
5.1.2	Principales fonctionnalités . . . . .	
5.1.3	Les fenêtres principales du MATLAB . . . . .	
5.2	Logiciel Aspen Multi Blend Optimizer(MBO) . . . . .	
5.2.1	Présentation d'Aspen MBO . . . . .	
5.2.2	Fonctionnalité d'Aspen MBO . . . . .	
5.3	Résultat du ASPEN MBO . . . . .	
5.4	Exécution . . . . .	
5.5	Comparaison . . . . .	

# Table des figures

- 1.1 Organigramme de SONATRACH . . . . .
  
- 2.1 Les produits pétroliers . . . . .
- 2.2 Un schéma des opérations de mélange d'essence . . . . .
  
- 5.1 Surface de l'espace de travail MATLAB . . . . .
- 5.2 Surface de l'historique des instructions MATLAB . . . . .
- 5.3 Surface Aspen MBO . . . . .
- 5.4 Surface Aspen MBO qui affiche le résultat de L'optimisation . . . . .
- 5.5 Résultats d'exécution Modèle numérique1 en MATLAB . . . . .
- 5.6 Résultats d'exécution Modèle numérique1 en MATLAB . . . . .
- 5.7 Résultats d'exécution Modèle numérique1 en MATLAB . . . . .
- 5.8 Résultats d'exécution Modèle numérique2 en MATLAB . . . . .
- 5.9 Résultats d'exécution Modèle numérique2 en MATLAB . . . . .
- 5.10 Résultats d'exécution Modèle numérique2 en MATLAB . . . . .
- 5.11 Résultats d'exécution Modèle numérique1 en MATLAB . . . . .
- 5.12 Résultats d'exécution Modèle numérique1 en MATLAB . . . . .
- 5.13 Résultats d'exécution Modèle numérique1 en MATLAB . . . . .
- 5.14 Exécution Modèle numérique2 avec différents indice d'octane de heel . . . . .
- 5.15 Exécution Modèle numérique2 avec différents indice d'octane de heel . . . . .
- 5.16 Exécution Modèle numérique2 avec différents indice d'octane de heel . . . . .

# Liste des tableaux

1.1	les directions de SONATRACH . . . . .
2.1	Spécification des bases RA1G(Raffinerie d'Alger) . . . . .
5.1	Résultat du ASPEN MBO . . . . .
5.2	Résultats d'exécution Modèle numérique1 . . . . .
5.3	Résultats d'exécution Modèle numérique2 . . . . .
5.4	Résultats d'exécution Modèle numérique1 avec différents indice d'octane de heel
5.5	Résultats d'exécution Modèle numérique2 avec différents indice d'octane de heel

# Introduction générale

Le pétrole est un mélange de divers hydrocarbures formés par la décomposition d'animaux morts il y a des millions d'années, et entassés au fond des mers. Il doit subir une série de traitements divers pour être utilisable dans les moteurs à combustion et dans les différentes branches de l'industrie.

Le raffinage du pétrole est une industrie lourde qui transforme le pétrole brut en une gamme de produits énergétiques tels que les carburants et les combustibles et des produits non énergétiques tels que les matières premières pour la pétrochimie, les solvants pour les peintures, les huiles, les graisses, les paraffines, les cires et les bitumes [20].

Le raffinage ne se limite plus aujourd'hui à la séparation des différents hydrocarbures. Des procédés chimiques complexes sont également mis en œuvre afin d'optimiser les produits finaux. Les différentes coupes pétrolières peuvent ainsi subir des transformations, des améliorations et des mélanges pour obtenir des produits commercialisables et répondant aux normes environnementales.

Le produit de raffinage le plus important est l'essence, qui représente un mélange de fractions d'hydrocarbures constituées principalement d'hydrocarbures légers à point d'ébullition relativement bas. Les caractéristiques les plus importantes de l'essence sont : l'indice d'octane, la densité et la tension de vapeur. Pour leur bonne utilisation, il est indispensable qu'elles ne contiennent pas d'hydrocarbures lourds qui sont nocifs pour un bon fonctionnement des moteurs. On utilise des additifs pour améliorer les propriétés de l'essence et protéger le moteur contre l'oxydation et la formation de rouille [19].

En raison des conséquences sur la santé de l'exposition au plomb et de l'utilisation généralisée de convertisseurs catalytiques de nombreux pays ont été contraints de réduire le plomb teneur en essence en vue de l'élimination complète du plomb additifs dans l'essence à moteur. L'essence au plomb est une source majeure d'énergie humaine exposition au plomb. En réduisant la teneur en plomb de l'essence, le plomb en suspension dans l'air les émissions et les niveaux de plomb dans le sang peuvent être réduits. De toute évidence, le plomb est considéré comme un polluant nocif.

Un nombre croissant de pays ont connu une transition réussie vers essence sans plomb. Aux États-Unis, le plomb a été complètement éliminé de toute l'essence à moteur américaine depuis 1990. Presque tous les Pays d'Europe occidentale les pays avaient réduit la teneur en plomb de l'essence à 0,4 g/litre depuis 1986. Une nouvelle réduction à 0,15 g/litre était prévue. Au Japon, à propos de 96% du pool d'essence est déjà sans plomb.

Depuis juillet 2021, le carburant sans plomb est devenue la seule essence disponible sur le marché algérien. Le ministre algérien de l'énergie et des mines, Mohamed Arkab, a annoncé que tous les carburants au plomb ont été supprimés.

l'objectif principale de ce mémoire est de trouver une modélisation optimale de la production de l'essence sans plomb au niveau de la raffinerie d'Alger qui est gérée par SONATRACH et mettre en place une planification de cette dernière. Après avoir obtenu un modèle linéaire, on le résolu avec des méthodes exactes.

Pour mieux développer le sujet proposé par l'entreprise on va élaborer le plan de travail qui s'articule autour des chapitres suivants :

- On a commencé par une introduction générale.
- Le premier chapitre est consacré à une brève présentation de l'entreprise d'accueil SONATRACH.
- Le second chapitre aborde des généralités et des définitions.
- Le troisième chapitre va servir à présenter quelques notions de base d'optimisation linéaire et de quelques méthodes de résolution de cette classe de problèmes.
- Le quatrième chapitre pose la problématique et sa formulation mathématique (modélisation) comportant les variables de décision, les contraintes et la fonction Objectif.
- Le dernier chapitre est réservé à la présentation et l'implémentation de la méthode exacte de résolution adaptée pour notre problème et comparaison des différents résultats de différents cas.
- On termine la mémoire avec une conclusion générale.

# Chapitre 1

## Organisme d'accueil



### Introduction

Le secteur des hydrocarbures est par excellence le pilier de l'économie algérienne, il représente à lui tout seul près de la moitié du PIB, constituant ainsi la principale source de revenu qui irrigue toute l'économie et le corps social de l'Algérie. Conscient des enjeux économiques et sociaux que peut engendrer la privatisation de ce secteur, l'état Algérien garde la main haute sur cette entité qui reste au cœur de la souveraineté nationale et ce à travers la compagnie pétrolière nationale SONATRACH que nous décrivons ci-après.

# 1.1 Présentation du groupe SONATRACH

## 1.1.1 Historique du groupe SONATRACH

SONATRACH « Société Nationale de Transport et de Commercialisation des Hydrocarbures » est une société par actions (SPA) au Capital de 350.000.000.000 DA. Elle est située à Djenane El Malik Hydra – Alger. Elle a été créée le 31 Décembre 1963 par le décret n° 63-491 signé par le Premier Président de la République. C’est une société de grande envergure qui possède 154 filiales au niveau national et international. Depuis sa création elle a connu une évolution comme suit :

- En 1964 SONATRACH se lance dans la construction du premier oléoduc algérien, l’OZ12, d’une longueur de 805 km, reliant Haoud El Hamra à Arzew et mise en service du premier complexe de liquéfaction de gaz naturel, dénommé GL4Z, d’une capacité de traitement de 1,8 milliard de mètres cubes de gaz par an, et qui fut opérationnel en 1966.

- Le 29 juillet 1965 porte la signature d’un accord Algéro-Français et création d’une association coopérative, Ascoop, entre Sopefal, représentant de l’État Français, l’État Algérien représenté par SONATRACH.

- La volonté de diversifier et d’étendre son champ d’activité donne ses fruits par la découverte de pétrole à El Borma (Hassi Messaoud est) et de gaz à Gassi El Adem, au sud-est de Hassi Messaoud en 1967 et 1968 respectivement. Et c’est en 1969 que la SONATRACH lança les premières opérations d’exploitation pétrolière par ses propres moyens sur le champ d’El Borma.

- Avec la nationalisation des hydrocarbures le 24 février 1971, SONATRACH mit en place une politique de planification plus rigoureuse avec, comme objectifs, l’extension de toutes ses activités à l’ensemble des installations gazières et pétrolières et l’atteinte de la maîtrise de toute la chaîne des hydrocarbures. Cette politique est concrétisée par la mise en service de plusieurs complexes et autres unités de transformation, et augmentation des capacités de production du gisement gazier de Hassi R’mel et ce de la période allant de 1972 à 1976.

- Entre 1978 et 1980 SONATRACH mit en service plusieurs modules du gisement gazier de Hassi R’mel et du complexe de liquéfaction (GL1Z) à Arzew, avec le lancement du plan Valorisation des hydrocarbures (Valhyd) en 1977 ayant pour objectif l’accroissement des taux de production de pétrole et de gaz, la récupération des gaz associés au pétrole pour les réinjecter dans le cadre de la récupération secondaire la production maximale de GPL et de condensat, la commercialisation du gaz naturel sous ses formes gazeuse et liquide, la substitution de produits finis au brut à l’exportation et la satisfaction des besoins du marché national en produits raffinés, pétrochimiques, engrais et matières plastiques.

- Le déclenchement d’un nouveau plan quinquennal qui a permis à SONATRACH de se lancer dans un processus de restructuration étendue a abouti à la création de 17 entreprises de la période allant de 1980 à 1985.

- De 1986 à 1990 et grâce à la loi de 86-14 du 19 août 1986 définissant les nouvelles formes juridiques des activités de prospection, d'exploration, de recherche et de transport d'hydrocarbure; SONATRACH a connu une ouverture au partenariat.

- Tenant compte des amendements introduits par la loi 91/01 en décembre 1991, SONATRACH entame en force diverses associations avec des sociétés pétrolières étrangères de 1991 à 1999, notamment par la mise en service en 1996 du gazoduc Maghreb Europe appelé Pedro Duran Farell qui approvisionne l'Espagne et le Portugal via le Maroc.

- Actuellement, après avoir surmonté des épreuves difficiles, le groupe SONATRACH a pu arriver en tête des entreprises implantées sur le continent africain, selon le classement 2014 des «500 meilleures entreprises africaines», réalisant aussi la 12 eme place des compagnies pétrolières les plus performantes dans le monde en 2016, et la signature en 2017 de plusieurs accords de partenariat avec plusieurs compagnies étrangères dont le but est le renforcement de la coopération et la consolidation de sa position et de ses relations.

### **1.1.2 Métiers et valeurs de la SONATRACH**

Le groupe SONATRACH a pour principales métiers et missions ce qui suit :

- La protection, la recherche et l'exploitation d'hydrocarbures ainsi que la maintenance des installations pétrolières.
- Le développement, l'exploitation et la gestion des réseaux de transport, de stockage et de chargement des hydrocarbures.
- La transformation et le raffinage et la commercialisation des hydrocarbures.
- La diversification des marchés à travers des partenariats, et la commercialisation de divers produits.
- Garantir un pilotage stratégique de toutes les filiales du groupe, et assurer l'approvisionnement énergétique à moyen et long terme de l'Algérie.

Le groupe SONATRACH s'est développé sur un socle de valeurs fondatrices de son identité :

- La bonne gouvernance : SONATRACH exerce une bonne gouvernance d'entreprise qui s'inscrit dans le respect des lois et règlements nationaux et internationaux, aussi bien en Algérie que dans les pays où elle exerce ses activités
- L'intégrité : SONATRACH assoit ses relations avec tous ses employés, fournisseurs, clients et partenaires sur des principes d'éthiques étroitement liés à l'honnêteté et l'intégrité.
- L'excellence : SONATRACH renforce le professionnalisme de son personnel et encourage le savoir-faire individuel, l'esprit novateur, la créativité et l'initiative.
- Équité et égalité des chances : SONATRACH assure aux femmes et aux hommes les mêmes possibilités, de développement professionnel et d'accès à compétences égales aux postes de responsabilité, à tous les niveaux; tout en consacrant le principe de non-discrimination de tous ses employés et aux candidats aux emplois.

### 1.1.3 Organigramme de la SONATRACH

La SONATRACH est chapotée par un directeur général épaulé dans sa mission de conception de la stratégie, d'orientation, de coordination, de pilotage et de management par : un comité d'éthique, un comité exécutif, un comité d'examen et d'orientation, le secrétariat général, la direction d'audit et de conformité, des conseillers afin d'assurer la réactivité, la transparence et la fluidité de l'information nécessaire à la conduite et au pilotage des activités dans le but d'assurer l'efficacité globale de l'Entreprise. Notons aussi que le service de la sûreté interne dépend aussi de la direction générale ( figure 1.1).

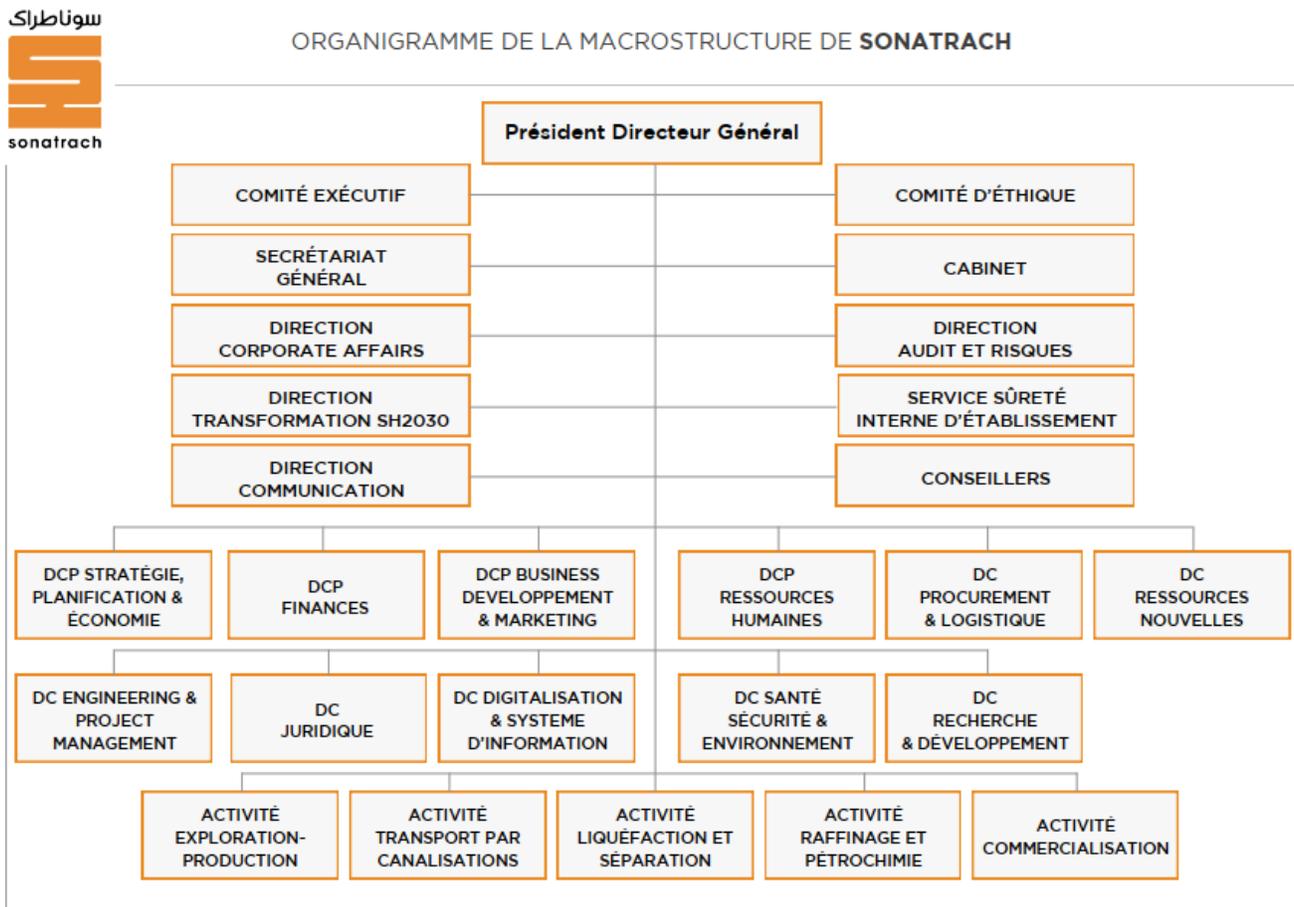


FIGURE 1.1 – Organigramme de SONATRACH

Les Directions élaborent et veillent à l'application des politiques et stratégies du groupe et fournissent l'expertise et l'appui nécessaire aux Activités Opérationnelles du groupe. Elles sont organisées en quatre Directions Corporate (DCP) et six Directions Centrales (tableau 01) :

<b>Directions Corporate (DCP)</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Stratégie, Planification et Économie (SPE)</li> <li>2. Finances (FIN)</li> <li>3. Ressources Humaines (RHU)</li> <li>4. Business Développement Marketing (BDM)</li> </ol>
<b>Directions Centrales</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Activités Centrales (ACT)</li> <li>2. Juridique (JUR)</li> <li>3. Informatique et Système d'Information (ISI)</li> <li>4. Marchés et Logistique (MLG)</li> <li>5. Santé, sécurité et environnement (HSE)</li> <li>6. Recherche et Développement (RDT)</li> </ol>

TABLE 1.1 – les directions de SONATRACH

Les structures opérationnelles sont organisées en quatre activités avec un portefeuille d'affaires en national et en international :

- \* L'Activité Raffinage et Pétrochimie (RPC) : C'est au niveau de cette activité que mon stage s'est déroulé.
- \* L'Activité Exploration et Production : Elle couvre les activités de recherche, d'exploration, de développement et de production des hydrocarbures. C'est au sein de cette activité que s'est déroulé mon stage, plus particulièrement dans le siège RPC, l'une des directions liées à cette activité. Cette activité est décrite ci-dessous.
- \* L'Activité Transport par Canalisations (TRC) : Elle assure l'acheminement des hydrocarbures.
- \* L'Activité Commercialisation (COM) : Elle a pour missions l'élaboration et l'application de la stratégie de SONATRACH en matière de commercialisation des hydrocarbures sur le marché intérieur et à l'international par les opérations de trading.

## 1.2 L'Activité Raffinage et Pétrochimie (RPC)

### 1.2.1 Présentation de l'Activité Raffinage et Pétrochimie

L'Activité Raffinage et Pétrochimie (RPC) est chargée de l'élaboration et de l'application des politiques et stratégies d'exploitation, de gestion et de développement du raffinage et de la pétrochimie, dans le cadre des objectifs stratégiques de la Société.

### 1.2.2 Missions de l'activité Raffinage et Pétrochimie

L'Activité Raffinage et Pétrochimie (RPC) a pour mission essentielle l'exploitation et la gestion de l'outil de production du Raffinage et de la Pétrochimie, pour répondre principalement à la demande du marché national en produits pétroliers.

## **Conclusion**

Afin de bien comprendre où se déroulera notre projet il est nécessaire d'avoir une parfaite connaissance de l'organisation de l'entreprise, d'où cette présentation de la SONATRACH et de l'activité Raffinage et Pétrochimie faite dans ce chapitre.

# Chapitre 2

## Généralités et définition

### Introduction

Le pétrole brut a une grande variété d'utilisations. Il est composé d'hydrocarbures, mais le pétrole brut ne peut pas être utilisé directement comme carburant, l'essentiel de ce pétrole est raffiné.

Le raffinage du pétrole commence par la distillation, ou le fractionnement, pour le séparer en différentes fractions pétrolières. Le produit obtenu dépend directement des propriétés du pétrole brut traité. La plupart de ces produits de distillation sont ensuite transformés en produits plus utiles en modifiant leurs structures physiques et moléculaires par le craquage, le reformage et d'autres processus de conversion. Le produit obtenu est ensuite soumis à divers procédés de traitement et de séparation tels que l'extraction, l'hydrocraquage et la désulfuration pour produire des produits finis.

La fabrication de l'essence s'effectue à partir d'un mélange des constituants de base avec l'ajout de PTE. Si ce dernier est éliminé, il sera difficile d'obtenir une essence sans plomb d'indice d'octane conforme aux normes. La solution envisagée consiste à modifier la qualité des produits de base pour la fabrication d'une essence de qualité. La production d'une essence sans plomb nécessite la modification qualité/quantité des constituants de base. A cet effet un nouveau blender essence a été produit au niveau de la raffinerie d'Alger, c'est l'essence sans plomb à base de MTBE.

L'objectif principal de notre étude est de schématiser le processus de production de l'essence sans plomb (au niveau de la raffinerie d'Alger) pour maximiser la quantité produite de l'essence tout en satisfaisant les exigences du marché en termes de qualité et de quantité.

## 2.1 Le raffinage

Le raffinage a pour objet de séparer et d'améliorer la qualité des produits composant le pétrole de façon à répondre à la demande en différents produits commerciaux. Ces produits peuvent aller des gaz jusqu'aux asphaltes en passant par les cokes.

L'industrie du raffinage est une industrie de transformation dynamique et moderne. Sa structure évolue constamment pour satisfaire la demande quantitative et qualitative d'un marché de l'énergie chaque jour plus exigeant. Dans ces conditions, les temps d'amortissement du matériel doivent être très courts, la recherche de nouveaux procédés et l'amélioration des rendements demeurent un objectif permanent. Plusieurs étapes composent le procédé de raffinage du pétrole brut. Permis lesquels nous pouvons citer la distillation, le reforming, le cracking, l'isomérisation,... dans ce qui suit, nous intéresser aux étapes qui interviennent dans la préparation des essences[1].

## 2.2 Pétrole brut

Le pétrole, vient du mot latin « Petra » pierre et « oléum » huile, soit 'Huile de pierre'. C'est un liquide brun plus ou moins visqueux d'origine naturelle, mélange complexe d'hydrocarbures. Son exploitation est l'un des piliers de l'économie industrielle contemporaine, car il fournit la quasi-totalité des carburants liquides. Le pétrole est aussi souvent appelé « Or noir» en référence à sa couleur et à son coût élevé.

D'après le Micro Robert, le Pétrole est défini comme : une huile minérale naturelle (bitume liquide) accumulée en gisements et utilisée comme une source d'énergie, notamment sous forme d'essence[2].

## 2.3 Produits pétroliers

Les produits pétroliers sont des dérivés utilisables du pétrole brut issus de son raffinage. Contrairement aux composés pétrochimiques, qui sont des composés chimiques de base, les produits pétroliers sont des mélanges complexes. La majorité du pétrole est converti en produits pétroliers dont plusieurs types de carburants.

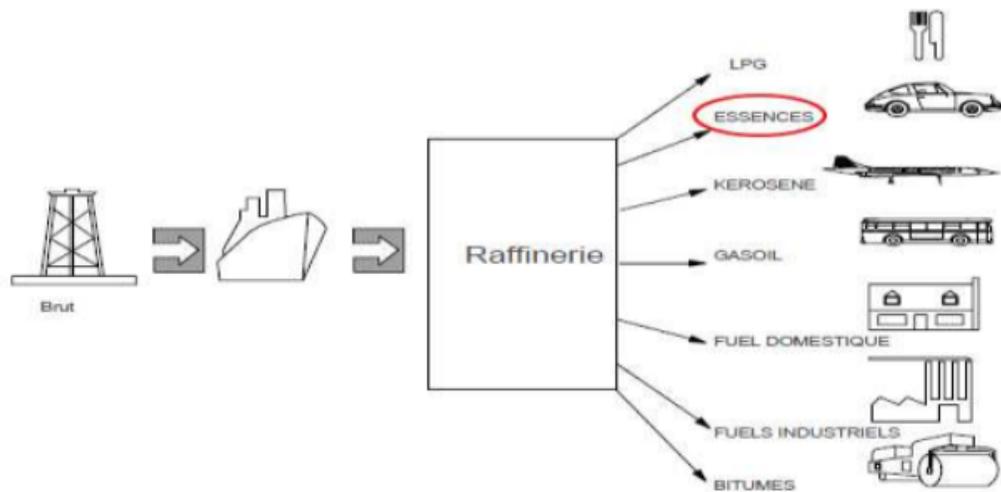


FIGURE 2.1 – Les produits pétroliers

### 2.3.1 GPL

Mélange d'hydrocarbures gazeux composé essentiellement de propane et butane, sans impuretés (très faible teneur en soufre), et sans additifs nocifs (absence de plomb). Les secteurs résidentiel et industriel se partagent l'utilisation de ce produit, le premier pour le chauffage et le second pour des applications nécessitant un combustible propre.

### 2.3.2 Essence

L'essence est un liquide inflammable, issu de la distillation du pétrole, utilisé comme carburant dans les moteurs à combustion interne. C'est un mélange d'hydrocarbures, auxquels peuvent être ajoutés des additifs. On y trouve en moyenne :

- 20% à 30% d'alcane, hydrocarbures saturés.
- 5% de cycloalcanes, hydrocarbures saturés cycliques.
- 30% à 45% d'alcènes, hydrocarbures insaturés.
- 30% à 45% d'hydrocarbures aromatiques, de la famille du benzène.

### 2.3.3 Gasoil

Carburant destiné à l'alimentation des moteurs à allumage par compression des véhicules utilitaires et de certains véhicules particuliers. L'air est très fortement comprimé avant l'injection du gasoil, ce qui provoque une élévation de la température pour que le gasoil s'enflamme spontanément au moment de son injection.

### 2.3.4 Kérosène

Carburant destiné à alimenter les brûleurs du turbo réacteur et propulseurs d'avion. Il porte également le nom de jet ou de carburéacteur. C'est un produit issu directement de la distillation atmosphérique, compris entre la coupe naphta et la coupe gasoil.

### 2.3.5 Naphta

Issu de la distillation atmosphérique, il sert de base de mélange aux carburants automobiles. Il est également privilégié dans l'industrie pétrochimique.

### 2.3.6 Fuel-oil

Egalement appelé « gasoil de chauffage », utilisé pour le chauffage des locaux, il peut être également consommé comme carburant par des engins agricoles ou des moteurs lents de bateaux de taille modeste.

## 2.4 Les essences en Algérie

L'Algérie est classé troisième pays où le prix du carburant est le moins cher au monde, selon une enquête réalisée par une maison de courtage française spécialisée dans la location de voitures.

La consommation des essences en Algérie et Selon les données chiffrées de la Sonatrach, la croissance de la demande nationale en carburants (gasoil et essence) dépasse la moyenne annuelle de 7%. En 2003, le pays consommait 7,5 millions de tonnes de carburant automobile. En 2011, cette quantité est passée à près de 12 millions de tonnes (8,9 millions de tonnes de gasoil et 3 millions de tonnes d'essence). Ce qui représente une forte hausse, dépassant les 70% en neuf ans, ce qui est énorme. En parallèle, les capacités nationales théoriques de raffinage ont stagné autour de 22 millions de tonnes de pétrole brut. La totalité des raffineries en activité dans le pays sont dotées d'une capacité avoisinant les 22 millions de tonnes. Et pour faire face à la forte croissance de la demande la compagnie pétrolière nationale a décidé de lancer un important plan de modernisation des trois grandes raffineries[3].

## 2.5 L'essence sans plomb

L'essence sans plomb est principalement un mélange d'hydrocarbures et de composés oxygénés. Les essences sans plomb sont apparues en Europe et en France à partir de 1988. Le sans plomb a totalement supplanté le super avec plomb. Les additifs utilisés sont le MTBE (methyltertiobutylether), additif le plus employé, et le benzène, ajouté en vue d'améliorer l'indice d'octane. Compte tenu de la forte toxicité de ce dernier, sa teneur est légalement limitée (1% depuis 2000)[4].

### 2.5.1 Caractéristiques principales de l'essence sans plomb

Plusieurs caractéristiques définissent la qualité de l'essence, citant celles les plus dominantes.

#### \* Indice d'octane

L'indice d'octane (NO) d'un carburant caractérise sa résistance à l'auto-inflammation par compression et élévation de température. En effet, le mélange air/essence admis dans la chambre de combustion ne doit pas s'enflammer avant que la bougie ne produit l'étincelle.

Le comportement de l'essence est comparé à celui de deux hydrocarbures purs choisis comme références. Il s'agit respectivement du triméthylpentane (encore appelé iso-octane), très résistant à l'auto-inflammation et auquel on attribue arbitrairement l'indice d'octane 100, et du n-heptane, peu résistant et qui reçoit, de ce fait, l'indice d'octane 0. Un carburant présente un indice d'octane X s'il se comporte, dans des conditions expérimentales déterminées, comme un mélange de X% en volume d'iso-octane et de (100-X)% de n-heptane[6],[5].

#### \* Densité

La densité conditionne la puissance du moteur et la consommation en essence.

- Si la densité est faible : on aura une mauvaise vaporisation et grande consommation.
  - Si la densité est grande : on aura une mauvaise vaporisation et formation des dépôts.
- Donc il faut que la densité soit bien mesurée afin d'avoir une bonne essence sans plomb.

#### \* Tension de vapeur

Dite tension de vapeur Reid ou TVR. Elle caractérise la volatilité de l'essence et par conséquent la teneur en éléments légers.

Ces derniers favorisent le démarrage en hiver mais risquent en été de provoquer la formation de bouchon de vapeur, et donc l'arrêt du moteur.

- TVR = 0.650 kg / cm<sup>2</sup> en été.
- TVR = 0.800 kg / cm<sup>2</sup> en hiver.

## 2.6 Mélange d'essence

Les produits intermédiaires issus des unités de raffinage sont rarement des produits commerciaux (finis), ils ne peuvent être vendus tels quels. Pour être commercialisables, ceux-ci sont mélangés avec des proportions variables selon les spécifications techniques des produits finis. Ces spécifications techniques sont internationales et obéissent à des définitions précises basées sur les normes.

En raffinerie, pour faire des mélanges, on utilise des appareils doseurs avec contrôle automatique. Une fois le mélange est fait, on procède à une analyse au laboratoire afin d'approcher le plus possible des spécifications attendues. Pour des raisons économiques, ces spécifications sont respectées avec des propriétés légèrement inférieures aux normes.

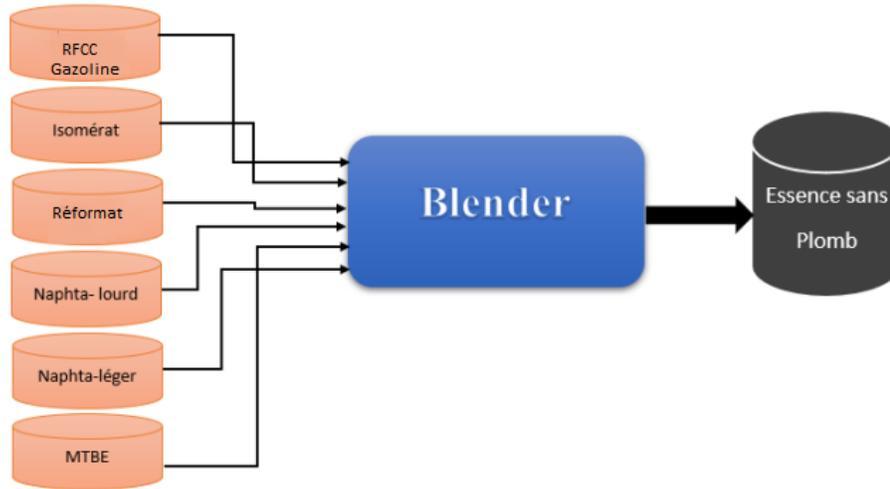


FIGURE 2.2 – Un schéma des opérations de mélange d'essence

L'objectif du mélange d'essence est de trouver la recette de mélange optimale pour obtenir un meilleur profit global tout en satisfaisant aux réglementations environnementales et au marché demande.

### 2.6.1 Différents bases de l'essence sans plomb

Ce sont des produit pétroliers semi finis issues des procédés de raffinage. Ses bases sont mélangées avec des proportions variables pour obtenir un produit fini (essence sans plomb).

Dans cette étude on dispose de six bases (Butane, Isomérat, Réformat,.....ets).

Notons aussi que chaque base possède ces propres caractéristiques (TVR, Indice d'octane et densité), comme il indique le tableau suivant :

Bases	Densité	NO	TVR
<b>RFCC Gazoline</b>	0,731	90	0,56
<b>Réformat</b>	0,832	101	0,215
<b>Isomérat</b>	0,645	88	1,32
<b>Naphta Léger</b>	0,653	66	0,5
<b>Naphta Lourd</b>	0,748	40	0.35
<b>MTBE</b>	0,746	115	0.53

TABLE 2.1 – Spécification des bases RA1G(Raffinerie d’Alger)

## 2.6.2 Processus de production des essences

La formulation d’essences se fait par tâtonnement. Avant qu’il commence l’opération, l’exploitant consulte la situation des bases disponibles pour le pool essence (quantité et qualité) afin de maximiser la production.

Le blending doit d’abord se faire théoriquement, pour cela l’exploitant utilise un fichier Excel dans lequel les équations de NO, Densité et TVR sont programmées dans un tableau du genre suivant[7] :

Bases	Volume m <sup>3</sup>	Densité	NO	TVRb
<b>RFCC Gazoline : B1</b>	$V_{B1}$	$D_{B1}$	$NO_{B1}$	$TVR_{B1}$
<b>Réformat : B2</b>	$V_{B2}$	$D_{B2}$	$NO_{B2}$	$TVR_{B2}$
<b>Isomérat : B3</b>	$V_{B3}$	$D_{B3}$	$NO_{B3}$	$TVR_{B3}$
<b>Naphta Léger : B4</b>	$V_{B4}$	$D_{B4}$	$NO_{B4}$	$TVR_{B4}$
<b>Naphta Lourd : B5</b>	$V_{B5}$	$D_{B5}$	$NO_{B5}$	$TVR_{B5}$
<b>MTBE : B6</b>	$V_{B6}$	$D_{B6}$	$NO_{B6}$	$TVR_{B6}$
<b>Total</b>	$V_{TOT}$	$D_{TOT}$	$NO_{TOT}$	$TVR_{TOT}$

D’où les équations :

$$NO_{TOT} = \sum_{i=1}^6 V_i NO_i$$

$$D_{TOT} = \sum_{i=1}^6 V_i D_i$$

$$TVR_{TOT} = \sum_{i=1}^6 V_i TVR_i$$

L’exploitant commence à injecter des volumes des bases ( $V_{Bi}$ ) inférieures ou égales aux volumes disponibles et analyser les résultats obtenus ( $D_{TOT}$ ), ( $NO_{TOT}$ ) et ( $TVR_{TOT}$ ) dans le but de maximiser la production tout en respectant les normes et la capacité maximale du bac,

et à chaque fois il obtient un résultat il corrige en changeant les volumes injectés afin d'avoir de bons résultats en se basant sur son expérience.

### 2.6.3 Avantages de l'essence sans plomb

L'avantage le plus important associé à l'introduction de l'essence sans plomb réside dans le fait qu'il permet d'introduire des pots d'échappement catalytiques, seul procédé efficace pour réduire la nocivité des gaz d'échappement des véhicules. Cette raison pourrait à elle seule justifier l'introduction de l'essence sans plomb et l'élimination des carburants plombés pour éviter toute erreur d'utilisation.

De plus, la réduction des émissions de composés du plomb dans l'atmosphère et l'infiltration du plomb dans le sol limite la pollution globale par le plomb supportée par les personnes et l'environnement.

Les avantages pour l'automobiliste du passage à l'essence sans plomb sont bien connus et peuvent inclure des coûts moindres en matière d'entretien (intervalles prolongés entre les vidanges d'huile, bougies d'allumage plus propres, capacité à accroître les économies de carburant en réduisant les probabilités de ratés d'allumage). Bien que l'on constate des écarts importants entre les différentes études réalisées, les économies sont tangibles[8].

## 2.7 Inconvénients du tétra-éthyle de plomb

L'essence au plomb est un poison pour les pots catalytiques qui permet de convertir les gaz nocifs (hydrocarbures imbrûlés, monoxyde de carbone et oxydes d'azote) en vapeur d'eau, en dioxyde de carbone et en azote[9].

L'inhalation du plomb peut avoir divers effets toxiques aigus et chroniques. En effet ce métal est un toxique cumulatif[10].

Généralement 10% du plomb des solutions aqueuses sont absorbés par voie intestinale chez l'adulte mais peut être supérieure à 50% chez l'enfant de moins de 5 ans.

Une fois absorbé, 90% du plomb pénétré dans le sang s'accumule dans le tissu osseux où il prend la place du calcium et de la vitamine D[11].

La libération progressive de ce métal dans le corps provoquera des troubles plus au moins graves, les principaux organes touchés sont les systèmes nerveux, sanguin et rénal[11].

Les enfants exposés de manière prolongée à des faibles doses de plomb peuvent développer le saturnisme, Maladie qui se traduit par des troubles cliniques, des anomalies biologiques et des altérations histopathologiques variées. Le plomb perturbe la biosynthèse de l'hémoglobine et

diminue la durée de vie des globules rouges par altération de la membrane. Il provoque des douleurs abdominales, constipations, encéphalopathie avec baisse de performances aux tests psychométrique, déficiences intellectuelles, syndromes d'hyperexcitations, anémie et stagnation de la courbe de croissance[12].

Chez les adultes, des fortes doses de plomb peuvent induire des troubles de reproduction des insuffisances rénales qui se manifeste par des urémie et créatinémie, l'affection du foie, des anorexies, des anémies, des encéphalopathies et des troubles neurologiques, visuels et digestifs (vomissements et crampes abdominales)[13].

Lorsque le plomb bloque les groupes thiols libres des enzymes, il en résulte une maladie du sang qui se manifeste par une fatigue, une perte d'appétit, des coliques douloureuses, une blancheur de la peau, un affaiblissement des muscles, des convulsions, une hypercinésie, des états de psychoses et parfois une lésion plombique c'est-à-dire dépôt de sulfure de plomb au bord des gencives[10].

Le plomb traverse facilement la barrière placentaire et s'accumule dans l'os fœtal, il augmente par conséquent l'incidence des fausses couches et la toxicité fœtale. Une consommation journalière de 1 mg de plomb peut provoquer avec le temps la mort subite de l'homme[12].

Chez les animaux, un taux élevé de plomb provoque une augmentation de l'urée, la créatinine et le glucose dans les urines, une baisse du poids des reins et du poids corporel[14].

La vie aquatique peut être perturbée à partir de 0.1 mg/l de plomb car des effets toxiques peuvent se manifester chez les poissons à partir d'une concentration de 1 mg/l, toutefois l'action toxique est variable selon l'espèce et le degré de minéralisation de l'eau. A fortes doses, ce métal provoque l'asphyxie des poissons, effet qui diminue avec le taux de calcium dans l'eau. L'activité des bactéries aérobies est complètement arrêtée à des doses supérieures à 0.1 mg/l[12].

On conçoit donc l'importance des recherches dont la notre menée dans le sens de la production des essences sans plomb.

## Conclusion

Ce chapitre introduit des concepts généraux sur le pétrole brut, le raffinage et l'essence sans plomb. On a basé sur les inconvénients du plomb pour exposer l'importance de cette thématique.

# Chapitre 3

## Programmation linéaire et méthodes de résolution

### Introduction

La programmation linéaire dans  $\mathbb{R}^n$  traite la résolution des problèmes d'optimisation pour lesquels la fonction objectif, et les contraintes sont linéaires. Les spécialistes du domaine, la considèrent comme étant la technique la plus utilisée dans la recherche opérationnelle.

Bien qu'on puisse modéliser des problèmes d'optimisation et utiliser des logiciels de programmation linéaire sans connaître la théorie qui se cache derrière, des notions sont utiles pour démystifier et mieux comprendre le sujet.

Ce chapitre présente donc des bases de programmation linéaire suffisantes pour mieux cerner le problème étudié, et pour cette classe de problème, plusieurs méthodes de résolution existent.

### 3.1 Terminologie

**Variable de décision :** Le vecteur  $x \in X$  est appelé vecteur de décision. Les éléments formant le vecteur de décision sont appelés variables de décision. Ce sont les variables recherchées dans le problème.

**Dimension de problème :** La dimension du problème est représentée par le nombre entier  $n \in \mathbb{N}$ . Elle représente le nombre de variables de décision. Une solution à un problème de 3 dimensions est un vecteur de 3 éléments.

**Espace de recherche et Solution admissible :** L'ensemble  $X$  de dimension  $n$  contient les valeurs que le vecteur  $x$  peut prendre. Ces dernières sont appelées solutions admissibles ou faisables (ou encore solutions candidates). Une solution admissible est une affectation de toutes les variables de décision, qui répond aux contraintes du problème. L'ensemble  $X$  est connu sous différentes appellations : ensemble admissible, espace de solution, espace de recherche, domaine

de recherche etc.

**Contraintes :** L'espace de recherche  $X$  est limité par quelques règles. Une contrainte est une condition que doivent respecter les vecteurs de décision du problème.

**Solution optimale :** C'est la meilleure solution  $x \in X$  du problème. Elle est appelée solution globale ou optimale.

**Solution réalisable :** Une solution est dite réalisable si elle vérifie l'ensemble des contraintes.

**Fonction objectif :** la fonction  $f$ , à valeur scalaire, sert de critère pour déterminer la meilleure solution du problème. Elle est appelée fonction d'objectif (fonction fitness, critère, etc). Elle attribue à chaque solution  $x \in X$  de l'espace de recherche, un nombre réel indiquant sa valeur.

**Minimisation :** Une minimisation revient à trouver un élément  $x$  de  $X$  tel que :  $\forall x \in X : f(x) \leq f(x)$ . On dit qu'on cherche à minimiser la fonction  $f$  sur l'ensemble  $X$ . Dans ce cas la fonction d'objectif  $f$  est connue comme une fonction de coût. Le vecteur  $x$  est une borne inférieure de l'ensemble  $X$ .

**Maximisation :** Une maximisation revient à trouver un élément  $x$  de  $X$  tel que :  $\forall x \in X : f(x) \geq f(x)$ . On dit qu'on cherche à maximiser la fonction  $f$  sur l'ensemble  $X$ . Dans ce cas la fonction objectif  $f$  est connue comme une fonction d'utilité ou de profit . Le vecteur  $x$  est une borne supérieure de l'ensemble  $X$ .

### 3.1.1 Définition de la programmation linéaire

On va citer quelques définitions attribuées par des différents auteurs à la notion de la programmation linéaire.

La définition donnée par Michel NEDZELA à la programmation linéaire est la suivante : « la programmation linéaire s'applique à la répartition des ressources limitées entre des activités en concurrence les unes avec les autres, de façon à atteindre au mieux un certain objectif» . Donc, c'est une méthode de résolution du problème économique, soit dans le cadre d'une économie globale, soit dans celui d'une entreprise particulière ; où l'objectif est de sélectionner parmi différentes actions possibles celle qui atteindra le plus probablement l'objectif visé.

Selon Gérard BAILLARGEON : « la programmation linéaire peut se définir comme un outil mathématique qui permet d'analyser divers types de situations dans les quelles nous retrouvons une fonction linéaire d'un certain nombre de variables, appelée fonction objectif on utilise également dans la littérature les termes fonction économique) que l'on désire optimiser, c'est-à-dire maximiser ou minimiser» . Ces variables appelées variables d'activité, puis après la résolution, on les qualifie de variables de décision dont on veut en déterminer les valeurs optimales) qui sont soumises à des contraintes imposées par des ressources limitées de la situation que l'on

veut analyser ; les restrictions qui sont imposées prennent forme d'équations ou d'inéquations linéaires dans la formulation mathématique d'un modèle de programmation linéaire.

Selon Jean-Philippe JAVET : « la programmation linéaire peut se définir comme une technique mathématique permettant de résoudre des problèmes de gestion et particulièrement ceux où le gestionnaire doit déterminer, face à différentes possibilités, l'utilisation optimale des ressources de l'entreprise pour atteindre un objectif spécifique comme la maximisation des bénéfices ou la minimisation des coûts ». Dans la plupart des cas, les problèmes de l'entreprise pouvant être traités par la programmation linéaire comportent un certain nombre de ressources. On peut mentionner, par exemple, la main-d'oeuvre, les matières premières, les capitaux, etc. Qui sont disponibles en quantités limitées et qu'on veut les affecter d'une façon optimale entre un certain nombre de processus de fabrication.

Enfin, On appelle programme linéaire, le problème mathématique qui a pour objectif d'optimiser (maximiser ou minimiser) une fonction linéaire de (n) variables réelles non négatives qui sont reliées par des (m) relations linéaires appelées contraintes sous d'égalités et il peut s'écrire sous la forme suivante[15] :

$$(PL) \begin{cases} \text{Opt} \sum_{j=1}^n c_j x_j \\ \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j (\leq, =, \geq) b_i \quad ; \quad i = \overline{1, m} \\ x_j \geq 0 \quad ; \quad j = \overline{1, n} \end{cases}$$

Et voici sa forme matricielle :

$$(PL) \begin{cases} \text{Opt} c^t x \\ AX (\leq, =, \geq) b \\ x \geq 0 \end{cases}$$

**Telque**

\* Opt= Max ou bien Min

\*  $c^t x = \sum_{j=1}^n c_j x_j$  est la fonction à optimiser.

\*  $c \in \mathbf{R}^n$  est le vecteur coût.

\*  $b \in \mathbf{R}^n$  est le second membre.

\*  $X \in \mathbf{R}^m$  est le vecteur des variables de décision.

\*  $A \in \mathbf{R}^{m \times n}$  est la matrice des coefficients.

### Example

$$(PL) \begin{cases} \text{Min}(x_1 + 3x_2 - 4x_3) \\ x_1 + x_2 + x_3 \geq 30 \\ x_1 - x_2 + x_3 \leq 10 \\ -x_1 - x_2 + 2x_3 = 7 \end{cases}$$

### 3.1.2 Formes d'un programme linéaire

On trouve souvent deux formes de programme linéaires. La forme canonique et la forme standard. La première représente la forme initiale, elle se caractérise par des contraintes linéaires sous forme des inéquations ( $\leq$ ;  $\geq$ ) ou d'équations ( $=$ ) comportant ( $j$ ) variables et ( $i$ ) contraintes.

#### La forme canonique

Un programme linéaire est dit sous forme canonique si :

1. Les contraintes sont sous forme des inégalités d'infériorités et la fonction objectif est exprimée sous forme de maximisation.
2. Les contraintes sont sous forme des inégalités de supériorité et la fonction objectif est exprimée sous forme de minimisation.
3. Les variables de décision  $x_1; \dots; x_n$  sont supérieur ou égale à zero.

Un programme linéaire sous forme canonique donc peut s'écrire comme suit :

$$(PL_c) \begin{cases} \text{Opt } c^t x \\ AX \text{ (Max } \leq, \text{ Min } \geq) b \\ x \geq 0 \end{cases}$$

## La forme standard

Un programme linéaire est dit sous forme standard quand les inégalités représentant les contraintes sont transformées en égalités. Ceci s'effectue par l'introduction des variables d'écart pour type de contraintes ( $\leq$ ;  $\geq$ ) et variables artificielles pour type de contraintes ( $=$ ). « Un problème est sous la forme standard si seulement si toutes les contraintes sont des égalités » .

Donc un programme linéaire peut s'écrire comme suit :

$$(PL_s) \begin{cases} \text{Opt } c^t x \\ AX=b \\ x \geq 0 \end{cases}$$

### Exemple

$$(PL_s) \begin{cases} \text{Min}(x_1 + 3x_2 - 4x_3) \\ x_1 + x_2 + x_3 - e_1 = 0 \\ x_1 - x_2 + x_3 + e_2 = 10 \\ -x_1 - x_2 + 2x_3 + v_1 = 7 \end{cases}$$

### Telque

\*  $e_1$  et  $e_2$  sont des variables d'écart.

\*  $v_1$  est une variable artificielle.

## 3.2 Méthodes de résolution d'un PL

### 3.2.1 Méthode graphique

La méthode graphique permet la résolution de problèmes linéaires simples de manière intuitive et visuelle. Cette méthode de résolution n'est applicable que dans le cas où il n'y a que deux variables de décision, « appelée aussi résolution géométrique, elle est possible pour un programme linéaire sous forme canonique avec  $n$  égale à deux ou trois variables et impossible s'il y a plus de trois (03) variables de décision. ». Et selon George b. DANTZIG, Mukund n. THAPA : « lorsque des problèmes linéaires ont exactement deux variables soumises à des contraintes d'inégalités, il est possible de les résoudre graphiquement ». Son avantage est de pouvoir comprendre ce que fait la méthode générale du simplexe, sans entrer dans la technique purement mathématique.

Les étapes du processus de la résolution la méthode des graphiques sont les suivantes :

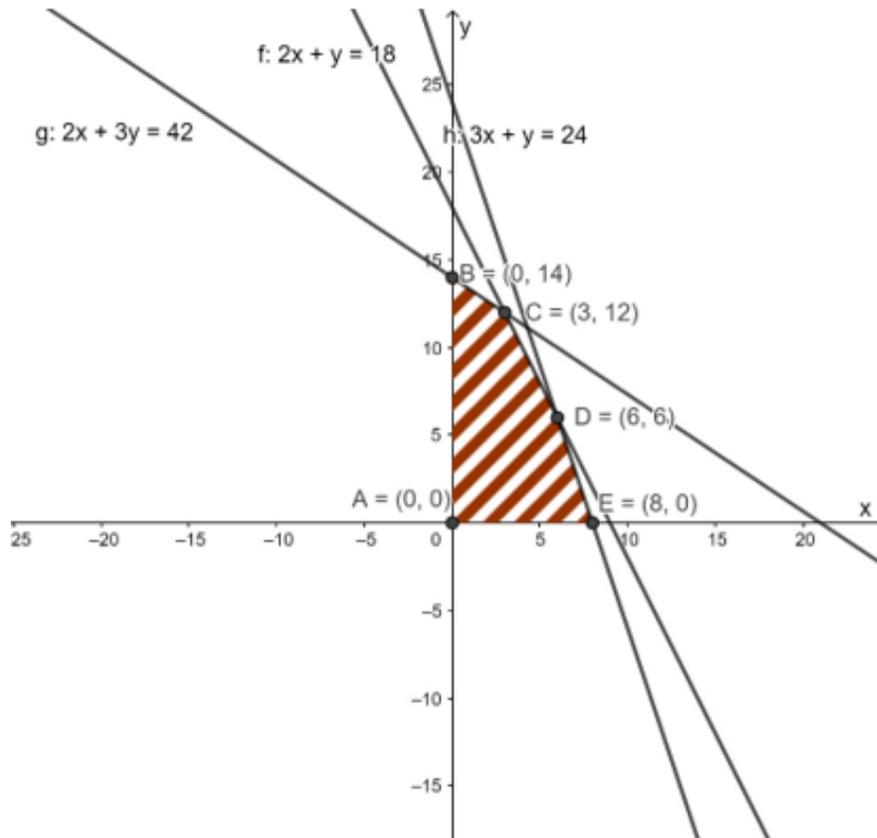
1. Créer un système de coordonnées cartésiennes, dans lequel chaque variable de décision est représentée par un axe.
2. Etablir une échelle de mesure pour chacun des axes appropriés à sa variable associée.
3. Dessiner dans le système de coordonnées les contraintes du problème, y compris celles de non-négativité (qui seront les propres axes). Remarquer qu'une inéquation précise une région qui sera le demi-plan limité par la ligne droite qu'on obtient de considérer la contrainte comme égalité, alors que si une équation détermine une région c'est la ligne droite, elle-même.
4. L'intersection de toutes les régions détermine la région ou l'espace faisable (qui est un ensemble convexe). Si cette région est non vide, passez à l'étape suivante. Sinon, il n'y a pas de point qui satisfait toutes les contraintes simultanément, de sorte que le problème ne sera pas résolu, dit infaisable.
5. Déterminer les points extrêmes ou les sommets du polygone ou polyèdre qui forme la région faisable. Ces points seront les candidats à la solution optimale.
6. Évaluer la fonction objective à chaque sommet et celui (ou ceux) qui maximisent (ou minimisent) la valeur résultante définiront la solution optimale[15].

### Example 1

$$(PL_1) \begin{cases} \text{Max } Z=3x_1 + 2x_2 \\ S.c \\ 2x_1 + x_2 \leq 18 \\ 2x_1 + 3x_2 \leq 42 \\ 3x_1 + x_2 \leq 24 \\ x_1; x_2 \geq 0 \end{cases}$$

### Solution

Sommet	Coordonnées( $X_1; X_2$ )	Valeur( $Z$ )
A	(0; 0)	0
B	(0; 14)	28
C	(3; 12)	33
D	(6; 6)	30
E	(8; 0)	24



### Remarque 1

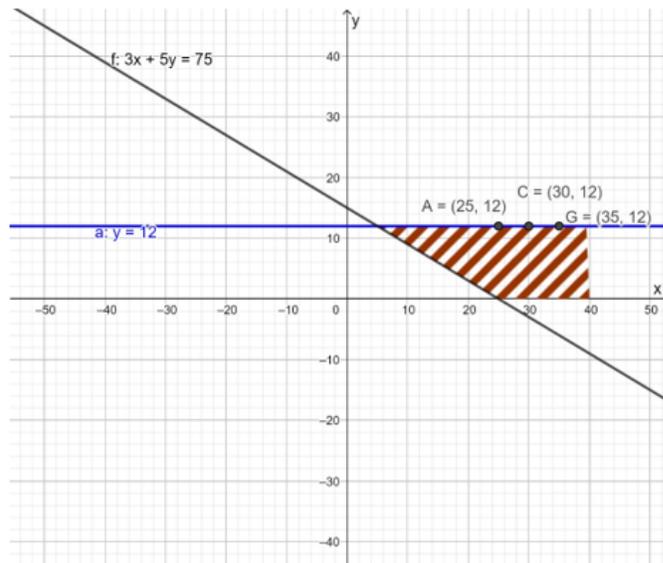
Après l'évaluation de la fonction objectif ( $3X_1 + 2X_2$ ) dans chacun des points( résultat qu'on recueilli dans le tableau suivant). Comme le point G fournit la plus grande valeur à la fonction Z et l'objectif c'est de maximiser, ce point représente la solution optimale :  $Z = 33$  avec  $X_1 = 3$  et  $X_2 = 12$ .

### Example 2

$$(PL_2) \begin{cases} \text{Max } Z = 10x_1 + 20x_2 \\ \text{S.c} \\ 3x_1 + 5x_2 \geq 75 \\ x_1 \leq 12 \\ x_1; x_2 \geq 0 \end{cases}$$

### Solution

Sommet	Coordonnées( $X_1; X_2$ )	Valeur(Z)
A	(25 ; 12)	490
C	(30 ; 12)	540
G	(35 ; 12)	590



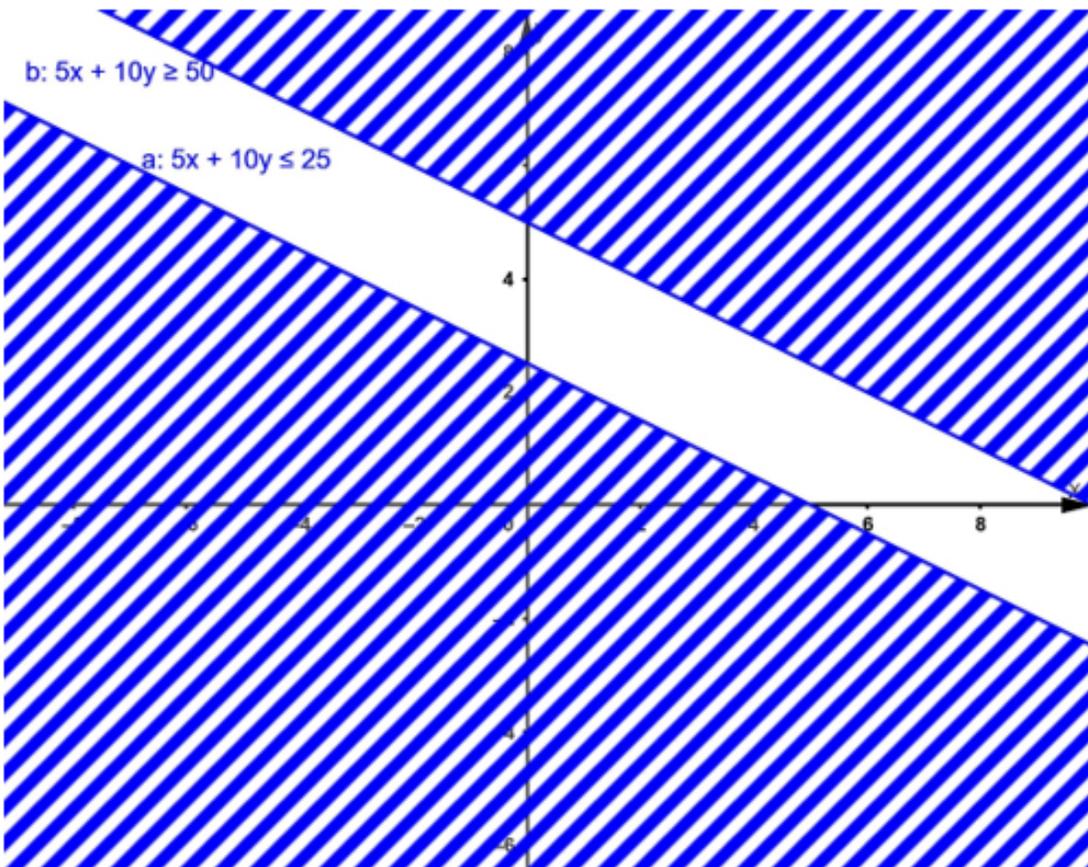
### Remarque 2

En remarque qu'il n'y a pas de solution limité.

### Example 3

$$(PL_3) \begin{cases} \text{Max } Z=20x_1 + 15x_2 \\ S.c \\ 5x_1 + 10x_2 \geq 50 \\ 5x_1 + 10x_2 \leq 25 \\ x_1; x_2 \geq 0 \end{cases}$$

Solution



### Remarque 3

Graphiquement en déduire qu'il n'y a pas de solution.

### 3.2.2 Méthode de point intérieur

La méthode de points intérieurs est l'une des méthodes les plus utilisées et les plus efficaces pour la résolution des problèmes de programmation Semi-Définie, elle est relativement nouvelle et s'apparente à la méthode projective de Karmarkar pour la programmation linéaire

Les méthodes de points intérieurs grandement utilisées de nos jours sont généralement présentées comme suit :

$$\begin{cases} \text{Min } f(x) \\ S.c \\ g(x) \geq 0 \\ h(x) = 0 \end{cases}$$

Où

$f : R_n \rightarrow R$ ,  $g : R_n \rightarrow R_{m_1}$  et  $h : R_n \rightarrow R_{m_E}$  ( $n, m \in \mathbf{N}$ ) sont des fonctions de classe  $C^2$

Les premières idées de ces méthodes ont été proposées par Frisch (1955). La méthode de points intérieurs résout le problème principal par une succession de sous-problèmes dans lesquels des barrières logarithmiques sont utilisées pour traiter la violation des contraintes. Le sous-programme logarithmique est alors formulé par :

$$\begin{cases} \text{Min } f(x) - \rho_k \sum_{i=1}^m \log(s_i) & (1) \\ S.c \\ g(x) - s = 0 \\ h(x) = 0 \end{cases}$$

Où

(s) est le vecteur des variables d'écart et  $\rho_k > 0$  est le paramètre de barrière.

(1) peut être résolue par une approche de région de confiance ou de recherche linéaire.

On propose d'introduire dans un premier temps l'approche par recherche linéaire. la formulation des sous-problèmes par recherche linéaire est issue des conditions d'optimalité de premier ordre. Les conditions de KKT de (1) sont alors de la forme suivante :

$$\begin{aligned} \nabla f(x) - \nabla g(x)^T \lambda - \nabla h(x)^T \mu &= 0 \\ S\lambda &= 0 \end{aligned}$$

$$\begin{cases} g(x)-s=0 \\ h(x) = 0 \\ \lambda \geq 0 \end{cases} \quad (2)$$

Où  $e = [1, \dots, 1]^T$  et  $S = \text{diag}(s_1, \dots, s_{m_j})$  est une matrice diagonale des variables d'écart.

L'approche consiste à résoudre (2) en appliquant la méthode de Newton pour une séquence de  $\rho_k$  convergeant vers zéro. Le système est alors donné par :

$$\begin{bmatrix} \nabla_{xx}L & 0 & \nabla h(x)^T & \nabla g(x)^T \\ 0 & \lambda & 0 & S \\ \nabla h(x) & 0 & 0 & 0 \\ \nabla g(x) & -I & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta_x \\ \Delta_s \\ \Delta_\mu \\ \Delta\lambda \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \nabla f(x) - \nabla g(x)^T \lambda - \nabla h(x)^T \mu \\ S\lambda - \rho e \\ h(x) \\ g(x)-s \end{bmatrix}$$

Ce système est couramment appelé dans la littérature le système primal-dual. La matrice du système est généralement de grande taille et très creuse. De ce fait, l'utilisation de méthodes de factorisation performantes est primordiale pour résoudre efficacement le système afin d'obtenir les directions  $\Delta_x$ ,  $\Delta_s$ ,  $\Delta_\mu$  et  $\Delta\lambda$ .

Ensuite, une recherche linéaire est effectuée pour calculer les longueurs de pas  $\alpha_s, \alpha_\lambda$  et mettre à jour les variables du problème par :

$$\begin{aligned} x_{k+1} &= x_k + \alpha_s \Delta_x & s_{k+1} &= s_k + \alpha_s \Delta_s \\ \mu_{k+1} &= \mu_k + \alpha_\lambda \Delta_\mu & \lambda_{k+1} &= \lambda_k + \alpha_\lambda \Delta_\lambda \end{aligned} \quad (3)$$

Il est possible d'utiliser une approximation  $B_k$  au lieu d'utiliser la matrice hessienne  $\nabla_{xx}L$ .

Donc l'algorithme peut être résumé comme suit[16] :

**Algorithme 1.** Méthode de points intérieurs avec une recherche linéaire

**Début**

**Étape 1. Initialisation**

Choisir un point initial  $(x_0, s_0, \mu_0, \lambda_0)$  et le paramètre pénalité de barrière  $\rho_0$ . Initialiser le compteur d'itération  $k = 0$

**Étape 2. Vérification des conditions d'optimalité**

Si le critère de convergence est satisfait, alors STOP.

**Étape 3. Recherche du nouvel itéré**

Résoudre le problème (1) pour trouver les directions  $\Delta_x, \Delta_s, \Delta_\mu$  et  $\Delta_\lambda$ . Recherche des longueurs de pas  $\alpha_s, \lambda$ .

**Étape 4. Mise à jour des paramètres**

Mettre à jour les  $x_{k+1}, s_{k+1}, \mu_{k+1}, \lambda_{k+1}$  par (3) Si  $\nabla_{xx}L_k$  est approximé :

Mettre à jour l'approximation  $B_k$

Définir le nouveau paramètre de barrière  $\rho_{k+1}$

Incrémenter le compteur  $k \leftarrow k + 1$  et retourner à l'étape 2.

### 3.2.3 Méthode du simplexe

L'algorithme du simplexe est un algorithme de résolution des problèmes d'optimisation linéaire. Il a été introduit par George Dantzig à partir de 1947 (l'algorithme permet de minimiser ou maximiser une fonction objectif, qui est elle aussi linéaire).

#### Notions de base et Solution de base :

Soient

—  $A : (n \times m)$  matrice.

—  $b : m$ -vecteur colonne.

—  $c : n$ -vecteur ligne.

On considère le PL suivant écrit sous forme standard :

$$(Ps) \begin{cases} cx = Z(\text{Max}) \\ Ax = b \\ x \geq 0 \end{cases}$$

#### Définition 1

On appelle base du PL (P) ou du système  $Ax = b$  un ensemble  $J \subset \{1, \dots, n\}$  d'indices de colonnes tel que  $A^J$  soit carrée régulière.

#### Définition 2

Soit  $J$  une base de (P)

- La matrice  $A^J$  est la matrice de base associée à la base  $J$ .
- Les indices  $j$  (resp. les colonnes  $A^j$  ; resp. les variables  $x_j$  ) sont de base si  $j \in J$  et hors base si  $j \notin J$ .

#### Remarque 1

Soit  $J$  une base de (P)

Le système  $Ax = b$  peut s'écrire :

$$Ax = b \iff (A_J, A_{\bar{J}}) \begin{pmatrix} x_J \\ x_{\bar{J}} \end{pmatrix} = b \iff A^J x^J + A^{\bar{J}} x^{\bar{J}} = b$$

### Définition 3

La solution  $\begin{cases} x_{\bar{J}} = 0 \\ x_J = (A^J)^{-1}b \end{cases}$  est appelée solution de base associée à la base.

### Définition 4

La solution  $\begin{cases} x_{\bar{J}} = 0 \\ x_J = (A^J)^{-1}b \end{cases}$  associée à J est dite dégénérée si  $\exists j \in J/x_j = 0$ .

### Algorithme de pivotage

L'algorithme de pivotage est un algorithme qui permet de transformer une matrice A en matrice A de même type (rang) que A.

### Définition 6

Soient A une  $m \times n$  matrice (r,j) tels que  $1 \leq r \leq m$ ,  $1 \leq s \leq n$  et  $A_r^j \neq 0$ .

Où

$$D^r = \left( -\frac{A_1^s}{A_r^s}, -\frac{A_2^s}{A_r^s}, \dots, -\frac{A_{r-1}^s}{A_r^s}, -\frac{1}{A_r^s}, -\frac{A_{r+1}^s}{A_r^s}, \dots, -\frac{A_m^s}{A_r^s} \right)$$

Cette matrice est appelée matrice de pivotage pour l'élément  $A^s$  de A.

**Algorithme 2.** Algorithme de pivotage

**Début** (A :  $m \times n$  matrice;  $1 \leq r \leq m$ ,  $1 \leq s \leq n$  tel que  $A_r^j \neq 0$ )

**Algorithme de pivotage** (Données = m,n,s,A)

**Pour** j=1 à n faire

$$A_r^j = \frac{A_r^j}{A_r^s}$$

**Fin pour**

**Pour** i=1 à m;  $i \neq r$  faire

$$A_i^j = A_i^j - A_j^s A_r^i$$

**Fin pour**

**Fin**

## Notion de base Réalisable et de base Optimale

On considère le PL suivant :

$$(P) \begin{cases} cx = Z(\text{Max}) \\ Ax = b \\ x \geq 0 \end{cases}$$

### Définition 7

- Une base  $J$  de  $(P)$  est dite réalisable si la solution de base associé vérifie  $x_J \geq 0$ .
- Une solution de base associé à une base réalisable est appelée solution de base réalisable.

### Théorème 1

Soit  $J$  une base réalisable de  $(P)$  :

Si le vecteur cout relatif à  $J$  est négatif ou nul ( $C \leq 0$ ) alors la solution de base associé à  $J$  est une solution optimale de  $(P)$ .

### Définition 8

Une base réalisable  $J$  telle que le vecteur coût relatif à  $J$  est négatif ou nul est appelée base optimale.

**Algorithme 3.** Algorithme de simplexe

**Début**

**Etape1 Initialisation**

Soit le programme linéaire (PL) suivant :

$$(P) \begin{cases} \text{Min}(c^t x - \alpha^*) \\ Ax = b \\ x \geq 0 \end{cases} \quad \text{Où } \text{Rang}(A)=m$$

- (PL) écrit sous la forme canonique par rapport à une base réalisable J donnée.
- Col est donnée

Col est une application définie par :  $col : \{1, 2, \dots, m\} \rightarrow J ; i \rightarrow col(i)$ , telle que :  $A^{col(i)} = e_i$

- Solution réalisable de base initial  $\begin{cases} \alpha_{col(i)}^* = b_i, i = \overline{1, m} \\ x_j^* = 0, \forall j \neq J \end{cases}$
- Évaluation initial  $\alpha^* = c^t x^*$
- Matrice M :

$$\begin{pmatrix} A & b \\ c & -\alpha^* \end{pmatrix}$$

**Etape2 choisir  $s \in K$**

$$K = \{k / c^k = \text{Max } c^j, j \in \overline{J}\}$$

**2.a) Si  $c^s \geq 0$  terminer**

- J est une base optimale.
- $x^*$  solution optimale de base associé à J.
- $\text{Min}(c^t x^*) = \alpha^*$ .

**2.b) Si non, aller à l'étape 3.**

**Etape3 Soit  $I = \{i / A_i^s \geq 0\}$**

**3.a) Si  $I \neq \emptyset$  terminer.**

(PL) n'a pas de solution optimale.

**3.b) Si non Aller à l'étape 4**

**Etape4 Soit  $L = l / \frac{b_l}{A_l^s} = \text{Min}_{i \in I} \frac{b_i}{A_i^s}$**

- Choisir  $r \in L$ .
  - Effectuer le pivotage au tour de l'élément A.
  - $M' = \text{pivotage}(m+1, n+1, r, s, M)$ .
  - $J' = \{J \cup \{s\}\} / col(r)$  nouvelle base.
  - $x'_s = \frac{b_r}{A_r^s}$ ;  $x'_{col(i)} = b_i - A_i^s x'_s$ ;  $x'_j = 0, \forall j \in \overline{J \cup \{s\}}$
- est la nouvelle solution de base réalisable.
- $\alpha' = \alpha + c^s \frac{b_r}{A_r^s}$
  - Poser  $J = J'$ ;  $col(r)$ ;  $x^* = x'$ ;  $\alpha^* = \alpha'$ ;  $M = M'$
  - Aller à l'étape 2.

**Fin**

### 3.2.4 Méthode des pénalités

Comme on l'a indiqué dans la partie précédente, l'algorithme du simplexe débute avec une solution de base réalisable. Il a été facile d'obtenir cette solution de base de départ, puisque toutes les contraintes fonctionnelles sont considérées du type ( $\leq$ ). En effet, on obtient facilement une solution de base réalisable de départ à un système d'équations (contraintes fonctionnelles)  $AX = b$  avec  $b \geq 0$  et  $x \geq 0$ , en ajoutant les variables d'écart, ces variables sont prise comme variables de base pour obtenir le premier tableau du simplexe (solution de départ).

D'autre part, nous savons qu'un modèle de programmation linéaire peut comporter également des contraintes du type ( $\geq$ ) ou du type ( $=$ ). Pour déterminer la solution optimale (si elle existe) par l'algorithme du simplexe, nous devons écrire le modèle dans sa forme standard en ajoutant (ajouter ou soustraire selon le cas) les variables d'écart appropriées. La solution de base de départ ne sera pas toutefois obtenue aussi facilement dans le cas d'un système de contraintes mixtes.

Il faudra alors avoir recours à l'ajout d'autres variables appelées variables artificielles pour obtenir une solution de départ (mais artificielle) et appliquer par la suite l'algorithme du simplexe en deux phases appelé Méthode en deux phases ou encore utiliser la méthode des pénalités (Big M)[16].

**Algorithme 4.** Algorithme du Big M

**Début**

**Entrée :** PL avec des contraintes fonctionnelles mixtes.

**Sortie :** Solution optimale du PL (unique, multiple, infinie ou n'existe pas).

Écrire le PL dans sa forme standard.

- Introduire les variables artificielles nécessaires.

- Réécrire la fonction objective en ajoutant, aux termes associés aux variables de décision et d'écart, les variables artificielles en leur affectant une pénalité soit :

$(-M)$ , dans le cas d'une maximisation.

$(+M)$ , dans le cas d'une minimisation. Où :  $M > 0$  et arbitrairement grand.

- Appliquer l'algorithme du simplexe avec le nouveau tableau et nouvelle fonction objectif.

**Si**(le critère d'optimalité est satisfait) et ( $\exists$  des variables artificielles dans la base  $> 0$ ) alors STOP Le programme linéaire n'admet pas de solutions réalisables.

**FSi**

**Si** (le critère d'optimalité est satisfait) et (toutes les variables artificielles sont nulles) Alors Le programme linéaire admet une solution optimale finie (unique ou multiple).

**FSi**

**Si** ( $\exists$  variable entrante) et (  $\nexists$  variable sortante) et (toutes les variables artificielles sont nulles) Alors :  
Le programme linéaire n'admet pas de solution optimale finie.

**FSi**

**Si** ( $\exists$  variable entrante) et ( $\nexists$  variable sortante) et ( $\exists$  variables artificielles dans la base  $> 0$ ) Alors

Le programme linéaire n'admet pas de solutions réalisables.

**FSi**

**Fin**

## Conclusion

Dans ce chapitre on a discuter de la programmation linéaire, certaines notions de base et on a définie le probleme linéaire et quelques méthodes pour sa résolution.

Dans le prochain chapitre on va concentrer sur la problématique et la description du modèle mathématique.

# Chapitre 4

## Problématique et Modélisation

### Introduction

Mon stage pratique s'est déroulé au sein de SONATRACH au de l'activité Raffinage et Pétrochimie (RPC) sur une durée de six (06) mois s'intègre dans le programme global d'activité de SONATRACH et vise à l'issue de ma formation pratique, l'optimisation des quantités d'additifs pour la production de l'essence sans plomb.

Mon stage a été en alternance entre 3 activité avec la direction SONATRACH, activité Raffinage et Pétrochimie (RPC), Université de Boumerdes et la raffinerie d'Alger , et ont obéis à la méthodologie brièvement décrite comme suit :

- L'exploration et la récolte des données correspondent à la raffinerie d'Alger au niveau de l'activité Raffinage et Pétrochimie (RPC).
- Les sorties sur le terrain, au niveau de la raffinerie d'Alger.
- Enfin l'exploitation et l'analyse des informations recueillies pour la conception d'un modèle mathématique.

### 4.1 Position de problème

On cherche la formulation des recettes de mélange optimale pour la fabrication du carburant sans plomb d'indice d'octane 91 à partir des différentes bases du processus de la raffinerie d'Alger (RA1G) sur une période du temps (un calendrier précis) afin d'utiliser la quantité maximale des bases.

Le produit final doit vérifier les spécifications suivantes :

1. L'indice d'octane.

2. La tension de vapeur Reid.
3. La densité.

La recette optimale doit respectez aussi les quantités disponibles pendant le processus de la production.

## 4.2 Modélisation

Face à un problème réel dont on pense qu'il s'agit d'un problème d'optimisation, la première étape consiste à reformuler le problème sous la forme mathématique d'un problème d'optimisation. Cette modélisation est cruciale, car quantifier la qualité d'une solution n'est pas toujours simple, et la formulation mathématique d'un problème influe sur le choix de la technique de résolution à mettre en œuvre.

Le résultat de cette étape est un modèle mathématique, généralement défini par :

### 4.2.1 Les variables de décision

Le problème consiste à déterminer les quantités des bases optimales pour fabriquer l'essence sans plomb qui répond aux critères. D'où nos variables sont ces quantités à déterminer.

On peut distinguer les différentes bases en leur donnant différentes signes (lettre, abréviation, ...Ets).

Nos variables sont codifiées comme suit :

$x_i(t_n)$  : La quantité de la base  $i$  requise pour faire le  $n - ième$  mélange au moment  $t_n$ .  
Avec  $i=1,2,3,4,5,6$

La base	indice $i$ associé
RFCC Gazoline	1
Réformat	2
Isomérat	3
Naphta léger	4
Naphta lourd	5
MTBE	6

De plus, soit les variables binaires suivantes :

$$y_j(t_n) = \begin{cases} 1 & \text{si Le bac } j \text{ est désigné pour contenir le melange au moment } t_n. \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

$$z_j(t_n) = \begin{cases} 1 & \text{si Le bac } j \text{ n'est pas désigné pour contenir le melange au moment } t_n. \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

## 4.2.2 Notion

On a plusieurs notation qui aide à formuler la problématique et elle sont codés comme suit :

$\lambda_i$  : Débit de production de la base i en m<sup>3</sup>/h. Avec i={1,2,3,4,5}.

$\alpha$  : Débit de mélangeur en m<sup>3</sup>/h.

$\beta$  : Débit d'extraction du produit finie en m<sup>3</sup>/h.

n : Compteur de nombre de mélange pendant le calendrier, avec  $n \in \mathbb{N}$  .

$t_0$  : Début du calendrier

T : Fin du calendrier.

t : Variable de temps son unité est l'heure.  $t \in [t_0, T]$ .

$t_n$  : Moment du début du n-ième mélange. Avec  $t_n \in t$  et  $n \in \mathbb{N}$ .

$T_n$  : Temps en heure nécessaire pour mélanger  $Vm_j(t_n)$ . Avec  $n \in \mathbb{N}$

$\mu_j$  : Constante (pourcentage). Avec j={1,2,3,4,5,6,7,8,9}.

$b_i(t_n)$  : Niveau du bac du stockage de la base i au moment  $t_n$  en m<sup>3</sup>. Avec i={1,2,3,4,5} et  $n \in \mathbb{N}$ .

$$b_i t_n = b_i t_{n-1} + \lambda_i T_{n-1} - x_i(t_{n-1}).$$

$b_i(t_0)$  est donnée par l'entreprise.

$bm_i$  : Capacité maximale du bac de stockage de la base i en m<sup>3</sup>. Avec i={1,2,3,4,5}.

$bp_j(t_n)$  : Niveau du bac j qui contient le produit fini au moment  $t_n$  en m<sup>3</sup>. Avec j={1,2,3,4,5,6,7,8,9} et  $n \in \mathbb{N}$ .

$$bp_j(t_n) = y_j(t_n)[bp_j(t_{n-1}) + Vm_j(t_n)] + z_j(t_n)[bp_j(t_{n-1}) - \mu_j \beta T_n];$$

$$\forall j = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9\}.$$

$bp_j(t_0)$  est donnée par l'entreprise.

Avec

$$\sum_{i=1}^9 \mu_j = 1$$

$bpm_j$  : Capacité maximale du bac j qui contient le produit fini en  $m^3$ . Avec  $j=\{1,2,3,4,5,6,7,8,9\}$ .

$Vo_j(t_n)$  : Le volume opérationnelle est la différence entre la capacité maximale du bac j et son niveau au moment  $t_n$  en  $m^3$ .

$$Vo_j(t_n) = bpm_j - bp_j(t_n).$$

$Vm_j(t_n)$  : Le volume à mélanger au moment  $t_n$  au bac j en  $m^3$ . Avec  $n \in \mathbb{N}$ .

$hl_j$  : Le heel c'est le niveau minimale du produit fini du mélange précédent au bac j.

$SB_i(t_n)$  : Le seuil le niveau minimale du bac i au moment  $t_n$

$$SB_i(t_n) = Vm_j(t_n) * P_i, P_i \text{ est un pourcentage.}$$

TE : Le temps d'évacuation du bac.

### 4.2.3 Contraintes

On va formuler mathématiquement les différentes contraintes auxquelles est soumise la production de l'essence sans plomb produit par la raffinerie d'Alger.

#### Contraintes de disponibilité des ressources

L'essence sans plomb produite par la raffinerie d'Alger est un mélange de différentes bases auxquelles la disponibilité est limitée.

$$\text{soit } \begin{cases} A : \text{La matrice identité d'ordre } 5. \\ b_i(t_n) : \text{La disponibilité de la base } i \text{ au moment } t_n. \end{cases}$$

D'où la contrainte de disponibilité suivante :

$$Ax_i(t_n) = bi(t_n)$$

La MTBE est une base noble, c'est à dire elle est la meilleure parmi les autres composés oxygénés, en plus elle est importée de l'étranger donc elle est coûteuse. Pour cela sa quantité utilisée est limitée. Ce qui est traduit dans la contrainte suivante :

$$\frac{x_6(t_n)}{\sum_{i=1}^6 x_i(t_n)} \leq 0.04$$

Cette inégalité est équivalente à :

$$x_6(t_n) \leq 0.04 * Vm_j(t_n)$$

### La contrainte du seuil

Le niveau des bacs des bases ne doit ni être au dessous le seuil ni dépasser sa capacité maximale d'où l'expression suivante :

$$SB_i(t_n) \leq b_i(t_n) \leq bm_i$$

### Contraintes de quantité à mélanger

Le mélange à produire va être stocker dans un bac à un volume précis. D'où la contrainte suivante :

$$\sum_{i=1}^6 x_i(t_n) = Vm_j(t_n)$$

### Contraintes de qualité

\*L'indice d'octane du mélange est soumis à la contrainte suivante :

$$\sum_{i=1}^6 NO_i \frac{x_i(t_n)}{\sum_{i=1}^6 x_i(t_n)} = NO$$

Celle-ci est équivalente à :

$$\sum_{i=1}^6 NO_i x_i(t_n) = NO * Vm_j(t_n)$$

Comme on va produire l'essence sans plomb d'indice d'octane 91, évidemment NO=91.

\*La tension de vapeur (Reid) du mélange est exprimé comme suit :

$$TVR_{TOT} = \sum_{i=1}^6 TVR_i \frac{x_i(t_n)}{\sum_{i=1}^6 x_i(t_n)}$$

Elle doit être comprise entre  $TVR_{min}$  et  $TVR_{max}$  qui sont fournis par la société. D'où la contrainte suivante :

$$TVR_{min} \leq TVR_{TOT} = \sum_{i=1}^6 TVR_i \frac{x_i(t_n)}{\sum_{i=1}^6 x_i(t_n)} \leq TVR_{max}$$

Celle-ci est équivalente à :

$$TVR_{min} * Vm_j(t_n) \leq \sum_{i=1}^6 TVR_i x_i(t_n) \leq TVR_{max} * Vm_j(t_n)$$

\*La densité du mélange est traduite mathématiquement comme suit :

$$D_{TOT} = \sum_{i=1}^6 D_i \frac{x_i(t_n)}{\sum_{i=1}^6 x_i(t_n)}$$

Elle doit être comprise entre  $D_{min}$  et  $D_{max}$  qui sont fournis par la société. D'où la contrainte suivante :

$$D_{min} * Vm_j(t_n) \leq \sum_{i=1}^6 D_i x_i(t_n) \leq D_{max} * Vm_j(t_n)$$

#### 4.2.4 La fonction objectif

L'objectif est la satisfaction de la demande que le marché algérien du sans plomb impose, évidemment on cherche la maximisation de sa production, d'où la fonction objectif suivante :

$$Max f(x_i(t_n)) = \sum_{i=1}^6 x_i(t_n)$$

### 4.3 Modèle mathématique1

$$\left\{ \begin{array}{l}
 \text{Max } f(x_i(t_n)) = \sum_{i=1}^6 x_i(t_n) \\
 Ax(t_n) \leq b(t_n); \quad \text{Avec } i = \overline{1,5} \\
 x_6(t_n) \leq 0.04 * Vm_j(t_n) \\
 \sum_{i=1}^6 x_i(t_n) = Vm_j(t_n) \\
 \sum_{i=1}^6 NO_i x_i(t_n) = NO * Vm_j(t_n) \\
 TVR_{min} * Vm_j(t_n) \leq \sum_{i=1}^6 TVR_i x_i(t_n) \leq TVR_{max} * Vm_j(t_n) \\
 D_{min} * Vm_j(t_n) \leq \sum_{i=1}^6 D_i x_i(t_n) \leq D_{max} * Vm_j(t_n) \\
 SB_i(t_n) \leq b_i(t_n) \leq bm_i \\
 t_n \in [t_0, T] \\
 n \in \mathbb{N} \\
 x_i(t_n) \geq 0 \quad \forall i = \overline{1,6}
 \end{array} \right.$$

## 4.4 Modèle numérique1

$$\left\{ \begin{array}{l}
 \text{Max } f(x_i(t_n)) = \sum_{i=1}^6 x_i(t_n) \\
 x_1(t_n) \leq b_1(t_n) \\
 x_2(t_n) \leq b_2(t_n) \\
 x_3(t_n) \leq b_3(t_n) \\
 x_4(t_n) \leq b_4(t_n) \\
 x_5(t_n) \leq b_5(t_n) \\
 x_6(t_n) \leq 0.04 * Vm_j(t_n) \\
 x_1(t_n) + x_2(t_n) + x_3(t_n) + x_4(t_n) + x_5(t_n) + x_6(t_n) = Vm_j(t_n) \\
 90x_1(t_n) + 101x_2(t_n) + 88x_3(t_n) + 66x_4(t_n) + 40x_5(t_n) + 115x_6(t_n) = NO * Vm_j(t_n) \\
 0,56x_1(t_n) + 0.212x_2(t_n) + 1.32x_3(t_n) + 0.5x_4(t_n) + 0.32x_5(t_n) + 0.53x_6(t_n) \leq 0.65 * Vm_j(t_n) \\
 0,56x_1(t_n) + 0.212x_2(t_n) + 1.32x_3(t_n) + 0.5x_4(t_n) + 0.35x_5(t_n) + 0.53x_6(t_n) \geq 0.1 * Vm_j(t_n) \\
 0.731x_1(t_n) + 0.832x_2(t_n) + 0.6452x_3(t_n) + 0.653x_4(t_n) + 0.748x_5(t_n) + 0.746x_6(t_n) \leq 0.775 * Vm_j(t_n) \\
 0.731x_1(t_n) + 0.832x_2(t_n) + 0.6452x_3(t_n) + 0.653x_4(t_n) + 0.748x_5(t_n) + 0.746x_6(t_n) \geq 0.72 * Vm_j(t_n) \\
 SB_i(tn) \leq b_i(t_n) \leq bm_i \\
 t_n \in [t_0, T] \\
 n \in \mathbb{N} \\
 x_i(t_n) \geq 0 \quad \forall i = \overline{1, 6}
 \end{array} \right.$$

## 4.5 Modèle Mathématique 2

Pour ce deuxième modèle on va éliminer carrément la variable  $x_6$  qui correspond à la base MTBE par conséquence L'élimination de sa contrainte.

En plus on va attribuer des contraintes sur les valeurs  $x_i$  comme suit :

$$\left\{ \begin{array}{l} SBMin_i(t_n) \leq x_i(t_n) \leq SBMax_i(t_n) \\ \text{Avec} \\ SBMin_i(t_n) = Vm_j(t_n) * P1_i \\ SBMax_i(t_n) = Vm_j(t_n) * P2_i \\ P1_i \text{ et } P2_i \text{ sont des pourcentages.} \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Max } f(x_i(t_n)) = \sum_{i=1}^5 x_i(t_n) \\ Ax(t_n) \leq SBMax_i(t_n); \quad \text{Avec } i = \overline{1,5} \\ \sum_{i=1}^5 x_i(t_n) = Vm_j(t_n) \\ \sum_{i=1}^5 NO_i x_i(t_n) = NO * Vm_j(t_n) \\ TVR_{min} * Vm_j(t_n) \leq \sum_{i=1}^5 TVR_i x_i(t_n) \leq TVR_{max} * Vm_j(t_n) \\ D_{min} * Vm_j(t_n) \leq \sum_{i=1}^5 D_i x_i(t_n) \leq D_{max} * Vm_j(t_n) \\ SBMax_i(t_n) \leq b_i(t_n) \leq bm_i \\ t_n \in [t_0, T] \\ n \in \mathbb{N} \\ SBMin_i(t_n) \leq x_i(t_n) \leq SBMax_i(t_n) \quad \forall i = \overline{1,5} \end{array} \right.$$

## 4.6 Modèle numérique 2

$$\left\{ \begin{array}{l}
 \text{Maxf}(x_i(t_n)) = \sum_{i=1}^5 x_i(t_n) \\
 0.2Vm_i(t_n) \leq x_1(t_n) \leq 0.42Vm_i(t_n) \\
 0.1Vm_i(t_n) \leq x_2(t_n) \leq 0.38Vm_i(t_n) \\
 0.1Vm_i(t_n) \leq x_3(t_n) \leq 0.26Vm_i(t_n) \\
 0.01Vm_i(t_n) \leq x_4(t_n) \leq 0.04Vm_i(t_n) \\
 0.01Vm_i(t_n) \leq x_5(t_n) \leq 0.04Vm_i(t_n) \\
 x_1(t_n) + x_2(t_n) + x_3(t_n) + x_4(t_n) + x_5(t_n) = Vm_j(t_n) \\
 90x_1(t_n) + 101x_2(t_n) + 88x_3(t_n) + 66x_4(t_n) + 40x_5(t_n) = NO * Vm_j(t_n) \\
 0,56x_1(t_n) + 0.212x_2(t_n) + 1.32x_3(t_n) + 0.5x_4(t_n) + 0.32x_5(t_n) \leq 0.65 * Vm_j(t_n) \\
 0,56x_1(t_n) + 0.212x_2(t_n) + 1.32x_3(t_n) + 0.5x_4(t_n) + 0.35x_5(t_n) \geq 0.1 * Vm_j(t_n) \\
 0.731x_1(t_n) + 0.832x_2(t_n) + 0.6452x_3(t_n) + 0.653x_4(t_n) + 0.748x_5(t_n) \leq 0.775 * Vm_j(t_n) \\
 0.731x_1(t_n) + 0.832x_2(t_n) + 0.6452x_3(t_n) + 0.653x_4(t_n) + 0.748x_5(t_n) \geq 0.72 * Vm_j(t_n) \\
 t_n \in [t_0, T] \\
 n \in \mathbb{N}
 \end{array} \right.$$

## Conclusion

Le modèle mathématique obtenu est un problème linéaire donc on va le résoudre par l'une des méthodes répondues pour résoudre ce type du problème.

Le modèle contient des contraintes d'égalités et d'inégalités d'où la décision d'utilisé la méthode du Big M qu'on va programmer et appliquer sur les deux modèles numériques dans le chapitre suivant.

# Chapitre 5

## Résolution et comparaison

### introduction

Dans ce chapitre on va faire la résolution des deux modèles de plus on va traité des cas où l'indice d'octane du heel ne répond pas au critère.

Enfin on va comparer les résultats entre eux et avec le résultat de logiciel Aspen MBO.

### 5.1 Le Langage Matlab

#### 5.1.1 Définition

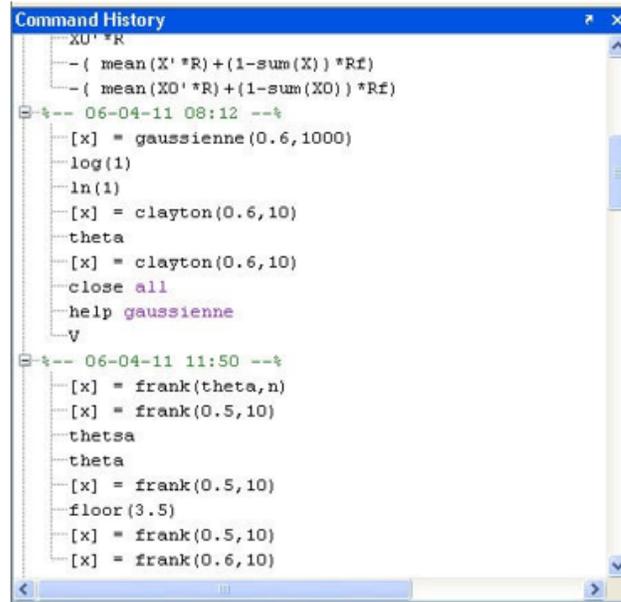
MATLAB est un logiciel de calcul numérique matriciel à syntaxe simple. C'est devenu un logiciel de programmation largement utilisé en finance et en ingénierie financière. Avec ses nombreuses fonctions spécialisées pré-codées et ses différentes « tool box » disponibles, MATLAB permet une prise en main rapide et efficace, moyennant une certaine rigueur[18].

#### 5.1.2 Principales fonctionnalités

1. Langage de haut niveau pour le calcul scientifique et technique.
2. Environnement bureau pensé pour l'exploration itérative, la conception et la résolution de problèmes.
3. Graphiques destinés à la visualisation de données et outils conçus pour créer des tracés personnalisés.
4. Applications dédiées à l'ajustement de courbes, la classification de données, l'analyse de signaux et bien d'autres tâches spécialisées.
5. Boîtes à outils additionnelles conçues pour répondre à de nombreux besoins spécifiques aux ingénieurs et aux scientifiques.
6. Outils permettant la création d'applications avec interface utilisateur personnalisée.
7. Interfaces vers C/C++, Java, .NET, Python, SQL, Hadoop et Microsoft Excel.



**L'historique des instructions :** Cette fenêtre affiche les dernières commandes tapées par l'utilisateur dans la « command window »[18].



```
Command History
XU'*R
-( mean(X'*R)+(1-sum(X))*Rf)
-( mean(XD'*R)+(1-sum(XD))*Rf)
06-04-11 08:12
[x] = gaussienne(0.6,1000)
log(1)
ln(1)
[x] = clayton(0.6,10)
theta
[x] = clayton(0.6,10)
close all
help gaussienne
v
06-04-11 11:50
[x] = frank(theta,n)
[x] = frank(0.5,10)
thetsa
theta
[x] = frank(0.5,10)
floor(3.5)
[x] = frank(0.5,10)
[x] = frank(0.6,10)
```

FIGURE 5.2 – Surface de l'historique des instructions MATLAB

## 5.2 Logiciel Aspen Multi Blend Optimizer(MBO)

### 5.2.1 Présentation d'Aspen MBO



Le logiciel Aspen Multi Blend Optimizer(MBO) est outil efficace pour faciliter la gestion d'une raffinerie en particulier la palinification et l'optimisation de la production de plusieurs produit(Essence 91,Essence 95...).

## 5.2.2 Fonctionnalité d'Aspen MBO

\* MBO prend des données d'entrée de nombreuse sources comme Petroleum Scheduler,saisie manuelle des données, systèmes extremes (IP21,LIMS,Advisor,EIU...).

\* Il prend des données sur des stocks des bacs.

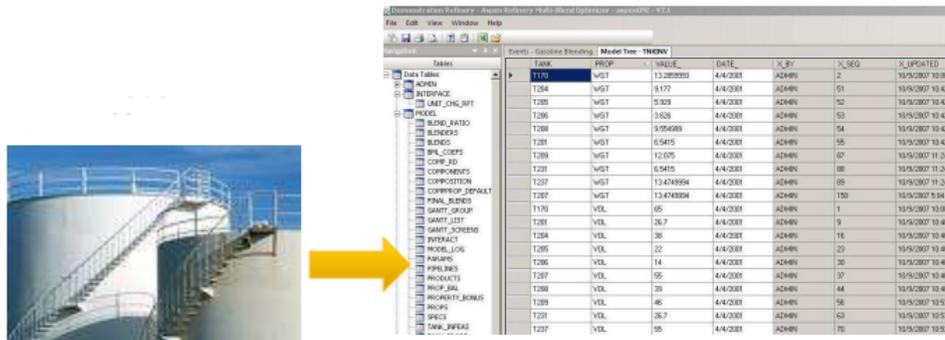


FIGURE 5.3 – Surface Aspen MBO

- \* Il prend des données sur les contraintes des composants.
- \* Il prend des données sur les spécifications des produits.
- \* Il prend des données sur le volume et qualités du talon de bac.
- \* Il prend des données sur volume ,heure de début, heure de fin et équipement utilisé pour le mélange.
- \* Il prend des données sur le résultat du mélange en détaille.
- \* Il optiise les recettes de mélange en plus il planifier des calendrier.

Enfin, le logiciel ASPEN MBO a presque tous fonctionnalité possible relié au raffinage et production.

### 5.3 Résultat du ASPEN MBO

Bases	Blend1	Blend2	Blend3	Blend4	Blend5	Blend6
RFCC Gazoline	3947,15	5211,37	2831,45	2065,14	3168,77	2004,37
Réformat	3028,53	3804,24	2018,76	1441,97	2198,72	1441,97
Isomérat	3234,22	3352,06	1783,45	1222,63	1857,5	1230,64
Naphta Léger	285,18	301,34	187,3	142,37	204	143,09
Naphta Lourd	162,92	331	179,04	127,89	195	179,92
MTBE	0	0	0	0	0	0
Bases%						
RFCC Gazoline	37,03%	40,09%	40,45%	41,30%	41,56%	40,09%
Réformat	28,42%	29,26%	28,84%	28,84%	28,84%	28,84%
Isomérat	30,35%	25,79%	25,48%	24,45%	24,36%	24,61%
Naphta Léger	2,68%	2,32%	2,68%	2,85%	2,68%	2,86%
Naphta Lourd	1,53%	2,55%	2,56%	2,56%	2,56%	3,60%
MTBE	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Début Blend/Date	18/06/2023	21/06/2023	23/06/2023	25/06/2023	27/06/2023	28/06/2023
Début Blend/Heure	18 :15	06 :37	21 :08	14 :14	06 :37	14 :22
Fin Blend/Date	19/06/2023	22/06/2023	24/06/2023	26/06/2023	28/06/2023	29/06/2023
Fin Blend/Heure	19 :23	09 :45	23 :16	12 :22	01 :45	08 :30

TABLE 5.1 – Résultat du ASPEN MBO

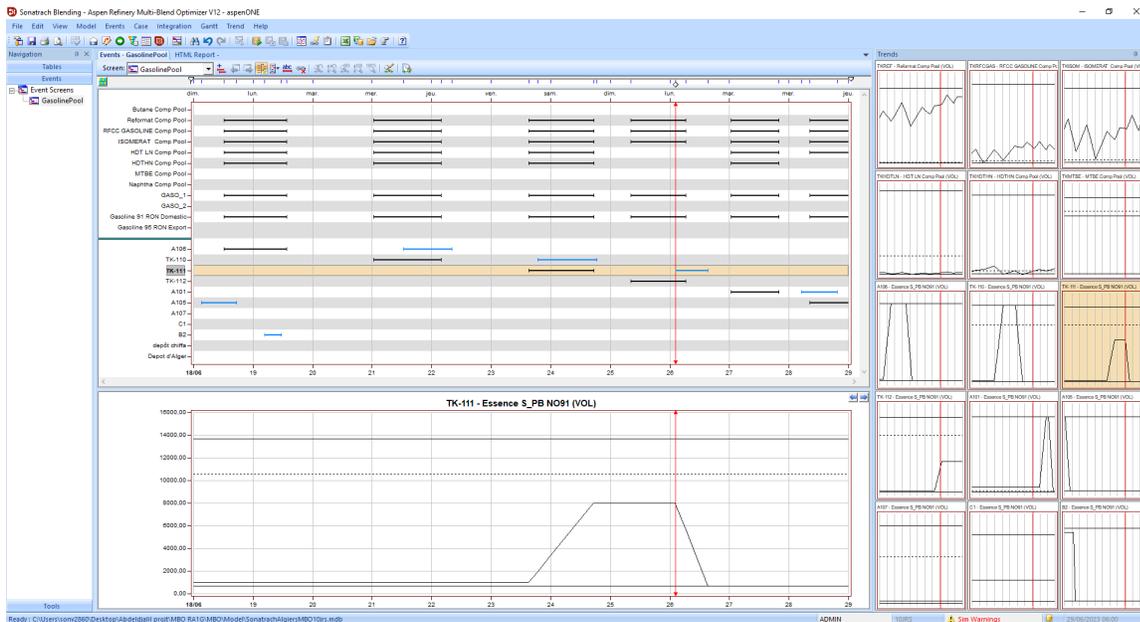


FIGURE 5.4 – Surface Aspen MBO qui affiche le résultat de L'optimisation

## 5.4 Exécution

Dans l'exécution suivante on va assumer que l'indice d'octane du heel est égal à 91, et on va mélanger une essence de (NO=91.1).

Modèle numérique1

```

Veillez donnez Le NO du heel Noh = 91
bm = 15017      8818      4248      2000      2000      1654.9
k = 1          1          1          1          1          1
Vm = 10354    10354    10354    10354    10354    10354
x = 4348.7    2774.5    2222    180.52    414.16    2981.6
      1902.3    1523.4    123.77    283.96    283.96
Percent = 42  26.797  21.46  1.7435  4  4
D = 0          0          0          0          0          0
F = 17.257    17.257    17.257    17.257    17.257    17.257
Tad = 0          0          0          0          0          0
In = 17.257   17.257   17.257   17.257   17.257   17.257
TE = 0          0          0          0          0          0

Veillez donnez Le NO du heel Noh = 91
bm = 12049      7165.2    2837.1    1888.5    1654.9
k = 2          2          2          2          2
Vm = 7099     7099     7099     7099     7099
x = 2981.6    1902.3    1523.4    123.77    283.96
      283.96
Percent = 42  26.797  21.46  1.7435  4  4
D = 0          0          0          0          0
F = 17.257    17.257    17.257    17.257    17.257
Tad = 0          0          0          0          0
In = 11.832   11.832   11.832   11.832   11.832
TE = 0.71527  0.71527  0.71527  0.71527  0.71527

```

FIGURE 5.5 – Résultats d'exécution Modèle numérique1 en MATLAB

```

Veuillez donner Le NO du heel Noh = 91
bm = 2981.6 8454.5 3621.4 1961.1 1567.3
k = 3
Vm = 7099
x = 2981.6 1902.3 1523.4 123.77 283.96 283.96
Percent = 42 26.797 21.46 1.7435 4 4
D = 66.358
F = 78.19
Tad = 37.27
In = 11.832
TE = 0.52294

Veuillez donner Le NO du heel Noh = 91
bm = 4266.7 2697.6 4248 2050.7 1496.7
k = 4
Vm = 7099
x = 2981.6 1902.3 1523.4 123.77 283.96 283.96
Percent = 42 26.797 21.46 1.7435 4 4
D = 119.69
F = 131.52
Tad = 41.502
In = 11.832
TE = 0.23433

```

FIGURE 5.6 – Résultats d'exécution Modèle numérique1 en MATLAB

```

Veuillez donner le NO du heel Noh = 91
bm = 4739.1 3601.7 1473.2 2099.6 1385.4
k =
Vm = 5666
x = 2379.7 1518.3 1215.9 98.786 226.64 226.64
Percent = 42 26.797 21.46 1.7435 4 4
D = 162.87
F = 172.31
Tad = 31.344
In = 9.4433
TE = 0.14562

Veuillez donner le NO du heel Noh = 91
bm = 7639.7 6373.6 3359.4 226.24 1422.8
k =
Vm = 5656
x = 2375.5 1515.6 1213.8 98.612 226.24 226.24
Percent = 42 26.797 21.46 1.7435 4 4
D = 228.87
F = 238.3
Tad = 56.56
In = 9.4267
TE = 0.088162

```

FIGURE 5.7 – Résultats d'exécution Modèle numérique1 en MATLAB

Bases	Blend1	Blend2	Blend3	Blend4	Blend5	Blend6
RFCC Gazoline	4348.7	2981.6	2981.6	2981.6	2379.7	2379.7
Réformat	2774.5	1902.3	1902.3	1902.3	1518.3	1518.3
Isomérat	2222	1523.4	1523.4	1523.4	1215.9	1215.9
Naphta Léger	180.52	123.77	123.77	123.77	98.786	98.786
Naphta Lourd	414.16	283.96	283.96	283.96	226.64	226.64
MTBE	414.16	283.96	283.96	283.96	226.64	226.64
Début Blend/Date	18/06/2023	19/06/2023	21/06/2023	23/06/2023	25/06/2023	28/06/2023
Début Blend/Heure	18 :15	11 :31	06 :37	17 :57	13 :08	07 :08
Fin Blend/Date	19/06/2023	19/06/2023	22/06/2023	24/06/2023	25/06/2023	28/06/2023
Fin Blend/Heure	11 :31	23 :21	00 :27	05 :47	22 :34	16 :33

TABLE 5.2 – Résultats d'exécution Modèle numérique1

### Modèle numérique2

Bases	Blend1	Blend2	Blend3	Blend4	Blend5	Blend6
RFCC Gazoline	4348.7	2981.6	2981.6	2981.6	2379.7	2379.7
Réformat	3114.8	2135.6	2135.6	2135.6	1704.5	1704.5
Isomérat	2310	1583.8	1583.8	1583.8	1264.1	1264.1
Naphta Léger	414.16	283.96	283.96	283.96	226.64	226.64
Naphta Lourd	166.28	114.01	114.01	114.01	90.993	90.993
MTBE	0	0	0	0	0	0
Début Blend/Date	18/06/2023	19/06/2023	21/06/2023	23/06/2023	25/06/2023	27/06/2023
Début Blend/Heure	18 :15	08 :04	06 :48	09 :46	02 :35	18 :41
Fin Blend/Date	19/06/2023	19/06/2023	21/06/2023	24/06/2023	25/06/2023	28/06/2023
Fin Blend/Heure	08 :04	17 :32	16 :16	19 :14	10 :08	02 :14

TABLE 5.3 – Résultats d'exécution Modèle numérique2

```

Veuillez donner Le NO du heel Noh = 91
bm = 15017      8818      4248      2000      2000
k = 1
Vm = 10354
x = 4348.7
    3114.8
    2310
    414.16
    166.28
Percent = 42
        30.083
        22.311
        4
        1.6059
D = 0
F = 13.805
Tad = 0
In = 13.805
TE = 0

Veuillez donner Le NO du heel Noh = 91
bm = 11773      6600.5      2586.8      1641.1      1888.9
k = 2
Vm = 7099
x = 2981.6
    2135.6
    1583.8
    283.96
    114.01
Percent = 42
        30.083
        22.311
        4
        1.6059
D = 13.805
F = 23.271
Tad = 0
In = 9.4653
TE = 0.68203

```

FIGURE 5.8 – Résultats d'exécution Modèle numérique2 en MATLAB

```

Veuillez donner Le NO du heel Noh = 91
bm = 2981.6 7502.7 3199.5 1544 1961.9 4077.4 2697.6 4011.2 2051.7
k = 3 4
Vm = 7099
x = 2981.6 2981.6
2135.6 2135.6
1583.8 1583.8
283.96 283.96
114.01 114.01
Percent = 42
30.083
22.311
1.6059
D = 60.54
F = 70.006
Tad = 37.27
In = 9.4653
TE = 0.42731

Veuillez donner Le NO du heel Noh = 91
bm = 4077.4 2697.6 4011.2 1464
k = 4
Vm = 7099
x = 2981.6
2135.6
1583.8
283.96
114.01
Percent = 42
30.083
22.311
1.6059
D = 111.51
F = 120.97
Tad = 41.502
In = 9.4653
TE = 0.20516

```

FIGURE 5.9 – Résultats d'exécution Modèle numérique2 en MATLAB

```

Veuillez donner Le NO du heel Noh = 91
bm = 4360.5 3214.6 1473.2 1343.2 2101
k = 5
Vm = 5666
x = 2379.7 1704.5 1264.1 226.64 90.993
Percent = 42 30.083 22.311 4 1.6059
D = 152.32
F = 159.87
Tad = 31.344
In = 7.5547
TE = 0.081915

Veuillez donner Le NO du heel Noh = 91
bm = 7110 5677.5 3222.4 226.24 2266.4
k = 6
Vm = 5656
x = 2375.5 1701.5 1261.9 226.24 90.832
Percent = 42 30.083 22.311 4 1.6059
D = 216.43
F = 223.97
Tad = 56.56
In = 7.5413
TE = 0.15756

```

FIGURE 5.10 – Résultats d'exécution Modèle numérique2 en MATLAB

Dans l'exécution suivante on va assumer que l'indice d'octane du heel est différent à 91, et on va mélanger une essence de (NO=91.1).

Les NO des heel vont être dans comme suit :89, 93 – 87 – 91 – 90 – 91

**Modèle numérique1**

```

Veillez donnez le NO du heel Noh = 89
bm = 15017      8818      4248      2000      2000      1654.9
k = 1
Vm = 10354
x = 4348.7      2774.5      2222      180.52      414.16      414.16
Percent = 42      26.797      21.46      1.7435
D = 0
F = 17.257
Tad = 0
Tn = 17.257
TE = 0

Veillez donnez le NO du heel Noh = 93
bm = 12049      7165.2      2837.1      1888.5      1654.9
k = 2
Vm = 7099
x = 2981.6      1902.3      1523.4      123.77      283.96      283.96
Percent = 42      26.797      21.46      1.7435
D = 17.257
F = 29.088
Tad = 0
Tn = 11.832
TE = 0.71527

```

FIGURE 5.11 – Résultats d'exécution Modèle numérique1 en MATLAB

```

Veuillez donner le NO du heel Noh = 87
bm = 2981.6 8454.5 3621.4 1961.1 1567.3
k =
Vm = 7099
x = 2981.6 1902.3 1523.4 123.77 283.96 283.96
Percent = 42 26.797 21.46 1.7435 4 4
D = 66.358
F = 78.19
Tad = 37.27
Tn = 11.832
TE = 0.52294

Veuillez donner le NO du heel Noh = 91
bm = 4266.7 2697.6 4248 2050.7 1496.7
k =
Vm = 7099
x = 2981.6 1902.3 1523.4 123.77 283.96 283.96
Percent = 42 26.797 21.46 1.7435 4 4
D = 119.69
F = 131.52
Tad = 41.502
Tn = 11.832
TE = 0.23433

```

FIGURE 5.12 – Résultats d'exécution Modèle numérique1 en MATLAB

```

Veuillez donner Le NO du heel Noh = 90
bm = 4739.1 3601.7 1473.2 2099.6 1385.4
k =
Vm = 5666
x = 2379.7 1518.3 1215.9 98.786 226.64 226.64
Percent = 42 26.797 21.46 1.7435 4 4
D = 162.87
F = 172.31
Tad = 31.344
In = 9.4433
TE = 0.14562

Veuillez donner Le NO du heel Noh = 91
bm = 7639.7 6373.6 3359.4 226.24 1422.8
k =
Vm = 5656
x = 2375.5 1515.6 1213.8 98.612 226.24 226.24
Percent = 42 26.797 21.46 1.7435 4 4
D = 228.87
F = 238.3
Tad = 56.56
In = 9.4267
TE = 0.088162

```

FIGURE 5.13 – Résultats d'exécution Modèle numérique1 en MATLAB

Bases	Blend1	Blend2	Blend3	Blend4	Blend5	Blend6
RFCC Gazoline	4348.7	2981.6	2981.6	2981.6	2379.7	2375.5
Réformat	2774.5	1902.3	1902.3	1902.3	1518.3	1515.6
Isomérat	2222	1523.4	1523.4	1523.4	1215.9	1213.8
Naphta Léger	180.52	123.77	123.77	123.77	98.786	98.612
Naphta Lourd	414.16	283.96	283.96	283.96	226.64	226.24
MTBE	414.16	283.96	283.96	283.96	226.64	226.24
Début Blend/Date	18/06/2023	19/06/2023	21/06/2023	23/06/2023	25/06/2023	28/06/2023
Début Blend/Heure	18 :15	11 :31	12 :37	17 :57	13 :08	07 :08
Fin Blend/Date	19/06/2023	19/06/2023	22/06/2023	24/06/2023	25/06/2023	28/06/2023
Fin Blend/Heure	11 :31	23 :21	00 :27	05 :47	22 :34	16 :33

TABLE 5.4 – Résultats d'exécution Modèle numérique1 avec différents indice d'octane de heel

### Modèle numérique2

Bases	Blend1	Blend2	Blend3	Blend4	Blend5	Blend6
RFCC Gazoline	4348.7	2981.6	2981.6	2981.6	2379.7	2375.5
Réformat	3114.8	2135.6	2135.6	2135.6	1704.5	1701.5
Isomérat	2310	1583.8	1583.8	1583.8	1264.1	1261.9
Naphta Léger	414.16	283.96	283.96	283.96	226.64	226.24
Naphta Lourd	166.28	114.01	114.01	114.01	90.993	90.832
MTBE	0	0	0	0	0	0
Début Blend/Date	18/06/2023	19/06/2023	21/06/2023	23/06/2023	25/06/2023	27/06/2023
Début Blend/Heure	18 :15	08 :04	06 :48	09 :46	02 :35	18 :41
Fin Blend/Date	19/06/2023	19/06/2023	21/06/2023	23/06/2023	25/06/2023	28/06/2023
Fin Blend/Heure	08 :04	17 :32	16 :16	19 :14	10 :08	02 :14

TABLE 5.5 – Résultats d'exécution Modèle numérique2 avec différents indice d'octane de heel

Veillez donnez Le NO du heel Noh = 89		Veillez donnez Le NO du heel Noh = 93	
bm =	15017	8818	4248
k =	1	2000	2000
Vm =	10354	7099	11773
x =	4348.7	2981.6	2586.8
	3114.8	2135.6	1641.1
	2310	1583.8	1888.9
	414.16	283.96	
	166.28	114.01	
Percent =	42	Percent =	42
	30.083		30.083
	22.311		22.311
	4		4
	1.6059		1.6059
D =	0	D =	13.805
F =	13.805	F =	23.271
Iad =	0	Iad =	0
In =	13.805	In =	9.4653
TE =	0	TE =	0.68203

FIGURE 5.14 – Exécution Modèle numérique2 avec différents indice d'octane de heel

```

Veuillez donner le NO du heel Noh = 87
bm = 2981.6 7502.7 3199.5 1544 1961.9
k = 3
Vm = 7099
x = 2981.6 2981.6
2135.6 2135.6
1583.8 1583.8
283.96 283.96
114.01 114.01
Percent = 42
30.083
22.311
4
1.6059
D = 60.54
F = 70.006
Tad = 37.27
Tn = 9.4653
TE = 0.42731

Veuillez donner le NO du heel Noh = 91
bm = 4077.4 2697.6 4011.2 1464 2051.7
k = 4
Vm = 7099
x = 2981.6 2981.6
2135.6 2135.6
1583.8 1583.8
283.96 283.96
114.01 114.01
Percent = 42
30.083
22.311
4
1.6059
D = 111.51
F = 120.97
Tad = 41.502
Tn = 9.4653
TE = 0.20516

```

FIGURE 5.15 – Exécution Modèle numérique2 avec différents indice d'octane de heel



## 5.5 Comparaison

Le Aspen MBO a mélangé un volume totale de  $46498.54m^3$  en 254,25 heure.

La résolution du modèle numérique1 a généré  $42973m^3$  en 238.87 heure pour les deux cas où le heel répondait au critère d'indice d'octane où pas.

La résolution du modèle numérique2 a généré  $42973m^3$  en 223.97 heure pour les deux cas où le heel répondait au critère d'indice d'octane où pas.

La différence de volume produit d'essence N91 entre le logiciel Aspen MBO et nos modèles n'est pas parce que nos modèles ne génèrent pas une solution optimale mais parce que les volumes des bacs de produit fini considéré dans le logiciel sont différents par rapport les données qui étaient fournies par la société. Notre solution donc reste optimal.

On remarque aussi qu'il y a une différence entre les durées totale de la planification entre le modèle numérique1 et le deuxième parce que qu'on élimine la MTBE les quantités consommées à chaque mélange vont changer dans le nouveau modèle (Modèle numérique2) du coût la durée totale de calendrier change.

## Conclusion

Dans ce dernier chapitre on a exécuté nos programmes sur MATLAB pour chercher une solution. D'après les résultats obtenus on peut affirmer qu'on peut trouver une solution optimale pour la planification de la production de l'essence N91.

Il est évident que l'implémentation de la méthode proposée sous MATLAB, elle détermine une planification et des recettes optimales qui répondent aux critères soit qualité ou bien quantité.

# Conclusion générale

L'essence sans plomb est un mélange de plusieurs produits pétroliers qui alimente les moteurs à combustion. Le sans plomb est la seule essence sur le marché national et disponible au niveau de tous les stations.

le but fixé par l'entreprise est d'élaborer un outil de décision permettant à l'entreprise d'optimiser la production de l'essence sans plomb.

Deux modèles basés sur la programmation linéaire sont présents et programmés sur le MATLAB afin de faire des simulations selon le besoin pour déterminer le meilleur calendrier et le meilleur mélange de bases en peu de temps et avec souplesse.

Le MTBE est le meilleur type d'additif qui remplace le plomb dans l'essence des voitures car il contient l'élément oxygéné qui aide à compléter la combustion. Parmi les caractéristiques de ce matériau est d'augmenter l'indice d'octane, réduire les polluants de l'atmosphérique et améliorer ses performances et sa qualité.

Aujourd'hui cet additif est totalement importer de l'étranger bien qu'il soit cher, la société Sonatrach lance le projet de la réalisation de l'unité de production de MTBE. ce projet a des dimensions économiques importantes, car il permettra à l'Algérie de se passer de l'importation de cette substance, d'atteindre l'autosuffisance et de s'orienter vers l'exportation, à partir de 2025.

La solution obtenue est une solution parfaite pour la production de l'essence sans plomb en Algérie car on a réussi à produire un calendrier sans l'utilisation de MTBE .

Partant de ce fait, ce modèle pourra servir comme modèle de base pour leurs permettre de déterminer une planification optimal pour la production d'essences qui peuvent être produites par les raffineries et établir des simulations selon les besoins.

## Bibliographie

- [1] Raoufou Badarou,C : raffinage du pétrole et spécificités techniques de l'essence, évolution des consommations actuelles d'essence, passage à l'essence sans plomb et répercussion pour les raffineries, 'Ministère des Mines, de l'énergie et de l'hydraulique du Bénin.
- [2] Benkezim, R. Adjir, M., et Zaidi, L. : Raffinage du pétrole et caractérisation d'un sous- produit" huile moteur commerciale pour véhicules lourds de type diesel" (Doctoral dissertation, Université Abderrahmane Mira).
- [3] <http://www.algeria-watch.org/fr/article/>, el watan 16/08/2011-02 :35
- [4] Piloret,C. Dananche,B. Luce,D.Fevotte, J : Eléments techniques sur l'exposition professionnelle aux carburants et solvants pétroliers, Institut de veille sanitaire – Saint-Maurice (Fra), Umrestte – Lyon, 2007.
- [5] Guibet , JC : Carburants et moteurs ; technologies, énergie et environnement, Volume 1.
- [6] Guibet, JC : Carburants liquides ; Techniques de l'Ingénieur, traité Génie énergétique.
- [7] Données de la Raffinerie RA1G.
- [8] Groupe de travail de l'IPIECA : Elimination du plomb , stratégies et ressources aval en matière d'élimination .
- [9] <http://www..com/science/environnement/pourquoi/05/essence-sans-plomb/essence-sans-plomb.shtml>.
- [10] Perraud, B : Chimie de l'environnement (2001) 477 p.
- [11] Benedetto, M : Les métaux lourds (1997) 49 p.
- [12] Rodier, J : L'analyse de l'eau (1984) 1353 p.
- [13] Ajay Kumar, M and Mishra,G K : Removal of heavy metal ions from aqueous solutions using carbon aerogel as an adsorbent. Journal of Hazardous Materials B122 (2005) 161-170.
- [14] MOUSTAID, K : Évaluation comparée de la toxicité des moules de deux sites du littoral atlantique marocain sur les souris.
- [15] Gharbi, K : Programmation linéaire et application. Memoire fin d'étude Master, Université MOHAMED BOUDIAFDE M'SILA.2018/2019
- [16] Dougha, H et Bendjedia, A : Optimisation des schémas de production de l'essence sans plomb au sein de SONATRACH. Memoire fin d'étude Master, Université M'hamed Bougara de BOUMERDES.2022/2023.
- [17] <https://matlabpourtous.com/presentation-de-matlab/>.
- [18] [https://www.hec.ca/cams/ateliers/Intro\\_Matlab.pdf](https://www.hec.ca/cams/ateliers/Intro_Matlab.pdf).
- [19][https://www.niversalis.fr/auteurs/daniel – ballarini/](https://www.niversalis.fr/auteurs/daniel-ballarini/).
- [20] *Travers, C.Tocqué, E.Raffinage : Pétrole*, 2016.