République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Yahia Farès de Médéa

Faculté des Sciences
Département des Mathématiques et Informatique

M É M O I R E

Présenté en vue de l'obtention du

Diplôme de Master en Mathématiques

Spécialité : Recherche opérationnelle

Thème

Plan de production optimal en vue de satisfaire les besoins du marché du médicament

---

Par

BENDALI BRAHAM Djamel

&

HAMADI Ali

Devant le jury composé de :

M^{r}	Benkaci A	Maitre assistant	U.D.Y.F-Médéa	Président
M^{r}	Bouchou A	Maitre assistant	U.D.Y.F-Médéa	Examinateur
M^{elle}	Bendali Braham A	Maitre assistant	U.D.Y.F-Médéa	Examinateur
M^{r}	Mohamed Zemir	Maitre assistant	U.D.Y.F-Médéa	Promoteur

Juillet 2019

Remerciements

En guise de reconnaissance, je tiens à témoigner mes sincères remerciements à toutes les personnes qui ont contribués de près ou de loin au bon déroulement de mon stage de fin d'étude et à l'élaboration de ce modeste travail.

Mes sincères gratitudes à Mr Zemir Mohamed pour la qualité de son enseignement, ses conseils et son intérêt incontestable qu'il porte à tous les étudiants.

Je tiens à remercier l'ensemble du personnel de SAIDAL MEDEA pour leur patience, leurs conseils pleins de sens et pour le suivi et l'intérêt qu'ils ont portaient à mes travaux.

Dans l'impossibilité de citer tous les noms, nos sincères remerciements vont à tous ceux et celles, qui de près ou de loin, ont permis par leurs conseils et leurs compétences la réalisation de ce mémoire.

Enfin, je n'oserais oublier de remercier tout le corps professoral de l'université Yahia farés, pour le travail énorme qu'il effectue pour nous créer les conditions les plus favorables pour le déroulement de nos études.

Dédicace

À mes chers parents...

Pour tous leurs sacrifices, leurs amour, leurs tendresse, leurs soutien et leurs prières tout au long de mes études.

À mes chères sœurs...

Pour leurs encouragements permanents, et leurs soutien moral.

À mes chers frères...

Pour leurs appui et leurs encouragement,
A toute ma famille pour leurs soutien tout au long de mon parcours universitaire.

Que ce travail
Soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fuit de votre soutien infaillible.

Merci d'être toujours là pour moi.

Djamel...

Dédicace

À mes chers parents...

Pour tous leurs sacrifices, leurs amour, leurs tendresse, leurs soutien et leurs prières tout au long de mes études.

À mes chères sœurs...

Pour leurs encouragements permanents, et leurs soutien moral.

À mes chers frères...

Pour leurs appui et leurs encouragement,
A toute ma famille pour leurs soutien tout au long de mon parcours universitaire.

Que ce travail
Soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fuit de votre soutien infaillible.

Merci d'être toujours là pour moi.

Ali...

Résumé

Le présent travail contribuera à la mise en œuvre d'un programme de production en tenant compte des moyens disponibles ainsi que la profitabilité de chaque produit fini dont le but est de maximiser le profit.

A cet effet une étude des ventes a été réalisée et utilisée comme étant la borne inferieur de chaque variable de notre modèle mathématique.

Enfin les résultats obtenus issus du problème optimal sont présentés et interprétés en faisant une comparaison avec le programme planifié par la société pour le mois de janvier 2019.

Mot clés : prévision

Abstract

The present work will contribute to the implementation of a production program taking into account the means available as well as the profitability of each finished product whose purpose is to maximize profit.

For this purpose a sales study was carried out used as the lower bound of each variable of our mathematical model.

Finally, the results obtained from optimal problems are presented and interpreted by comparing them with the program planned by the company for January 2019 .

Key words : Prediction

Table des matières

Introduction générale ……2

CHAPITRE01: PRESENTATION DE L'ENTREPRISE ET COLLECTE DES DONNEES

1.1 Introduction……6

1.2 Domaine d'activité…… 7

1.3 Site de production de Médéa……7

1.4 Collecte des données……9

1.4.1 Direction des finances et comptabilite ……9

1.4.2 Direction approvisionnements et ventes……9

1.4.3 Direction de production……10

1.4.4 Direction ressouces humaines……11

1.5 Conclusion ……11

CHAPITRE 02 : PREVISIONS ET SERIES CHRONOLOGIQUES

2.1 Introduction ……13

2.2 Définition d'une série chronologoque ……13

2.3 But des series chronologique ……13

2.4 Les composantes d'une série chronologique……14

2.4.1 La tendance séculaire ……15

2.4.2 But de l'étude de la tendance séculaire……15

2.4.3Equation de la droite du trend ……15

2.4.4 Estimation des parametre du trend……16

2.4.5 Les varaitions saisonniéres ……17

2.4.6 Les fluctuationcyclique ……19

2.4.7 Les vaiation irrégulières ……20

2.5 Test de validation ……20

2.5.1 Coefficient de détermination multiple(R^2)……20

2.5.2 Test de signifcation des parametres (test de de studient)……20

2.5.3 Test de l'ensemble des parametre du modele (test de ficher)……21

2.5.4 Test de durbin – watson……21

2.6 Application……22

CHAPITRE 03: MODELISATION ET METHODE DE RESOLUTION

3.1 Introduction……24

3.2 Objectif ……27

3.3 Enoncé explicite des contrainte……27

3.3.1 Contrainte de capacite ……28

3.3.2 Contrainte de disponibilite……28

3.3.3 Contrainte de marché……28

3.3.4 Contrainte d'intégriré……29

3.4 Présentation du modèle……29

3.5 Introduction ……31

3.6 Programme linéaire en variables entières ……31

3.6.1. Définition …… ……31

3.6.2 Première méthode ……32

3.6.3.Deuxième méthode ……32

3.7 Méthode de coupe de Gomory pour les PLNE …… 32

3.7.1 Principe de methode de coupes ……32

3.7.2 Première méthode ……32

3.7.3 Deuxième méthode ……33

3.7.4 Théorème de base de l'algorithme de Gomory ……33

3.7.5 Principe de l'algorithme de Gomory……35

3.7.6.Détails opératoires de l'algorithme……37

3.8 Application …… ……38

CHAPITRE04 :APPLICATION ET INTERPRETATIONS DES RESULTATS

4.1. Introduction……37

4.2 Tableau de type A ……37

4.2.1 Interprétation……39

4.2.2 Comparaison optimal-planifie……39

4.2.3 Comparaison prévisions-ventes……39

4.3 Tableaux de type B ……40

4.3.1 Interprétation……41

4.4 Tableaux de type C……42

4.4.1Interprétation…… 43

4.4 Tableaux de type D……44

4.5 Conclusion ……48

Conclusion générale……50

Annexes……52

Bibliographie……54

Introduction générale

Introduction générale

Le site de production de Médéa est spécialisée dans la fabrication des médicaments, intéressé de connaitre le programme de production en se basant sur des prévisions de ventes qui, compte tenu des moyens disponibles, et de la profitabilité de chaque produit, optimise le bénéfice.

Aujourd'hui que le site de production de Médéa issu de la restructuration du groupe industriel SAIDAL, est régie par les règles de la gestion moderne, et qu'il évolue dans un contexte concurrentiel très dure, où les ressources tant physiques, qu'humaines et financières sont limitées, les problèmes de décision relatifs à l'utilisation rationnelle des ressources, la méconnaissance du marché contiennent cependant des contraintes qui font appel à certaines méthodes quantitatives pour les résoudre.

La mise en place de la centralisation du groupe SAIDAL a permis la création de la direction des opérations ayant mis en œuvre une application pour l'élaboration des programmes de production et des approvisionnements tout en couvrant la distribution des produits finis vers les centre de distribution du groupe, cependant certains paramètres utilisés sont figés en se basant sur des prévisions établies sur la base des capacités et sont linéairement réparties, en s'inspirant de la démarche entreprisepar cette direction ainsi que les carences recensées, nous avons eu l'idée d'articuler notre modèle mathématique sur une projection dans le court terme des fluctuations du marché moyennant une certaine probabilité en examinant tous les données pertinents mises à notre disposition.

L'objet de ce travail portera donc sur l'optimisation de la fonction de production de l'unité, en tenant compte des prévisions futures et des commandes recensés ; autrement dit, il s'agit d'établir un programme de production répondant aux besoins du marché qui maximise le profit de l'unité et assure plus au moins un niveau vente appréciable tout en rationnalisant ses ressources.

Pour mener à bien cette étude, une présentation de siteainsi que la collecte des données feront l'objet du premier chapitre, le second chapitre est consacré à l'étude des prévisions,quant au troisième chapitre, il concerne la modélisation et la méthode de résolution, le dernier chapitre est consacré à l'interprétation des résultats.

Historique

La recherche opérationnelle est une science datant au plus de la deuxième guerre mondiale quand est apparue la nécessite d'utilise les techniques mathématique pour résoudre certains problèmes relevant des stratégies militaires. En réalité, elle est bien plus ancienne, car dès le dix-septième siècle PASCAL et FERMAT ont proposé les notions d'espérance mathématique pour résoudre les problèmes de décision dans l'incertain.

Mais ce n'est qu'en ***1938*** que le physicien anglais *BLACKETT* a pu réunir la première équipe de recherche opérationnelle, et a eu le mérite de proposer une solution qui permet de traiter rapidement et avec succès la grande question de l'implantation optimale des radars de surveillance qui allaient jouer un rôle déterminant dans la bataille d'Angleterre, ainsi que l'optimisation des ressources militaires. Beaucoup de scientifique et savants de l'ère contemporain ont contribué énormément au développement de la recherche opérationnelle, comme R.GOMORY, G.B.DANTZIG que l'on considère comme le père de la méthode simplexe.

En 1958 que GOMORY a développé le premier algorithme pour résoudre un programme linéaire en nombres entiers. Deux familles de méthodes sont actuellement connues pour résoudre le programme linéaire en nombres entiers.

La recherche opérationnelle aide à la prise de décision dans le cas des problèmes Complexes tel que ceux posés par la concurrence et l'aléatoire dans toute situation ou une vision exhaustive, et globale parait difficile ou impossible.

Définition

Le scientifique Robert FAURE a donné à la recherche opérationnelle la définition suivant : ''la recherche opérationnelle est l'ensemble des méthodes et technique rationnelles d'analyse et de synthèse des phénomènes d'organisation en vue d'élaborer de meilleures décision''.

L'élément caractéristique de cette définition ou approche réside dans la construction d'un modèle mathématique destiné à donner une image réelle des phénomènes que l'on désire étudier et à obtenir les solutions optimales.

Processus de résolution d'un problème en général

Le processus décisionnel auquel s'appliquent les techniques de la recherche opérationnelle comporte généralement **six étapes**.

Formulation du problème

Cette étape est d'une importance capitale car il est difficile et hasardeux de trouver une solution à un problème mal posé.

ils'agitdonc de :

- Fixer les objectifs.
- Etudier les contraintes.
- Chercher les diverses stratégies possibles.

Construction d'un modèle mathématique

Elle constitue un premier pas vers l'utilisation des techniques mathématique et des ordinateurs pour l'analyse des problèmes. Elle a pour but de rendre la structure du problème plus compréhensive et fait apparaitre d'importances relation de cause à effet.

Elaboration d'une solution

Il s'agit de déterminer dans cette étape, grâce aux méthodes mathématiques existences, une solution optimale pour le problème posé.

Mise à l'épreuve du modèle et sa solution

Elle sert à vérifier si le modèle conçu pour le problème étudie ne comporte pas d'erreur, ni de lacune afin de le reconsidérer si c'est le cas.

Contrôle de la validité de la solution

Cette étape permet d'éviter tous les changements qui invalident le modèle afin que ce dernier puisse représenter vraiment la réalité.

Mise en vigueur

Cette phase est essentielle car c'est ici qu'on tire tous les bénéfices de l'étude.

Chapitre 1

Présentation de l’entreprise et collecte des données

Chapitre 1

Présentation de l'entreprise et collecte des données

1.1 Introduction

Crée en ***1982***, SAIDAL est une Entreprise publique économique EPE, SPA spécialisée dans la fabrication et la commercialisation des médicamentas à usage humain.

En ***1989*** et suite à la mise en œuvre des réformes économique, SAIDAL devint une entreprise publique économique dotes autonomie de gestion et fut choisie parmi les premiers entreprises, pour acquérir le statut de société par action.

En ***1993*** des changements ont été apportés aux statuts de l'entreprise lui permettant de participer à toutes opérations industrielle ou commerciale pouvant se rattacher à l'objet social par voie de création de sociétés nouvelles ou de filiales.

En ***1997***, la société SAIDAL a mis en œuvre un plan de restriction qui s'est traduit par sa transformation en groupe industriel le 02 février ***1998***. A l'issue, trois filiales (Pharmal, Antibiotical et Biotic) lui sont rattaché.

SAIDAL est cotée en bourse depuis ***1999*** Son capital social représentant ***2.500.000.000*** **DA**, dont ***80 %***des actions sont détenues par l'état et les ***20%*** restantes sont détenues par des actionnaires publics et privées.

En ***2013*** SAIDAL a connu une centralisation où le groupe a centralisé les 03 filiales existant auparavant.

En tant que premier producteur de médicaments en Algérie, la mission premier de SAIDAL consiste dans la mise à disposition des patients, une gamme riche et diversifiée de médicaments de qualité et de contribuera l'amélioration de l'accessibilité de ces derniers aux traitements, par l'adoption d'une politique tarifaire favorisant de larges couches de la société, notamment celles défavorisées.

La vision de SAIDAL réside dans sa capacité de se projeter dans le future et confirmera position de laboratoire leader aux niveaux national et régional tout en percent le marché international. La

démarche de SAIDAL est fondée sur des valeurs fondamentales de solidarités citoyennes, d'équité, d'intégrité, de transparence et engagement.

1.2 Domaine d'activité

Les activités du groupe SAIDAL sont déployées pour réaliser six principaux objectifs stratégiques :

- Conforter sa position de leader sur le marché national.
- Améliorer sa rentabilité pour assurer sa pérennité et remplir ses obligations vis-à-vis de ses actionnaires.
- Stabiliser ses compétences et développer ses ressources humaines.
- Développer le partenariat pour acquérir de nouvelles technologies et élargir sa gamme de production vers les médicaments innovants.
- Constituer pour les pouvoirs publics, un instrument privilégié pour asseoir la politique nationale du médicament et contribuer de façon décisive à la réduction de la facture d'importation de médicaments et à la régulation du marché.
- Construire une culture d'entreprise partagée par l'ensemble des travailleurs.

1.3 Site de production de Médéa

Le Groupe SAIDAL se compose des entités centrales de gestion, d'un centre de Recherché et de développent de trois unités commerciales, d'une Direction du Marketing et de l'information médical et de 08 sites de production dont ***45 %*** de la production du groupe est réalisée par le site de production de Médéa.

Le site de production de Médéa (***80 Km***d'Alger) s'étend sur une superficie de ***31ha*** dont plus de ***19ha*** couverts est spécialisée dans la production des antibiotiques pénicilliniques et à la fabrication des médicaments depuis l'obtention du principe actif jusqu'à sa mise en forme galénique. Ce site se compose d'une unité à la pointe de la biotechnologie pour la production des principes actifs pénicilliniques et non pénicillinique par fermentation / semi synthèse

Une unité des spécialités pharmaceutique

Qui comprend deux bâtiments séparés l'un pénicinilliques , l'autre non pénicinilliques pour la fabrication des différentes formes pharmaceutiques d'une capacité de ***60*** million d'unité dont :***40 %*** en injectables, ***30%*** en forme sèches (comprimés , gélules , poudres pour sirop) ***5%*** en solutés buvable (sirop) , ***25%*** en forme pâteuse (crèmes et pommades) ,elle est dotée aussi de quatre (***4***) enceintes stériles Z,A,C (zone à atmosphère contrôlée) de classe ***100*** , cette forme constitue une spécificité d'Antibiotique ,Plus deux grands magasins à air conditionné conçus pour le stockage approprie des matières premières , articles de conditionnement et des produits finis ,

Une imprimerie

Dotée d'une capacité de production de plus de ***40*** million d'étuis et de ***40*** million de notices par an prend en charge les besoins de la filiale en articles de conditionnement et ceux des autres filiales du groupe SAIDAL,

Laboratoires de contrôle de qualité

Chargés de s'assurer de la conformité des matières, des produits semi-ouvert et des produits finis, da la recherche et développement galénique, le contrôle de qualité est partie intégrants des bonnes pratique de fabrication qui constituent le référentiel pharmaceutique réglementaire pour tout établissement assurant la fabrication des médicaments et une animalerie ou sont développés des élevage rationnels de lapins et de souris pour les besoins des expérimentations Pharmacologiques et dont les conditions de stabulations répondants aux exigences spécifiques à cette activité.

Une centrale de la maintenance et une unité des services auxiliaires

Charger de la maintenance des équipements et de l'alimentation de toutes les utilisé nécessaires aux divers besoins d'exploitation de l'usine entre autres l'énergie électrique, air de processus, vapeur, eaux (potable, adoucie déminéralisée et distillée).

Une station de traitement des effluents

Où tous les rejets liquides et solides subissant au préalable de traitement dans le strict respect des normes de la réglementation en vigueur régissant la protection de l'environnement .Les effluents solides (boues, mycéliums, principes actifs) sont incinérés sur place à plus de ***1200°c*** pour être transformés or substances inertes et inactives ne présentant aucun danger ni pour l'homme ni pour la nature .

Ressources Humaines

En matière de ressources humaines et de compétences la société, a un effectif composé de :

- ***23%*** Cadres,
- ***55%***Maitrise
- ***22%***Exécutions

L'effectif féminin représente ***15%*** de l'effectif global. L'encadrement technique est composé de pharmaciens, et d'ingénieurs touchant plusieurs spécialités.

1.4 Collecte des données

L'établissement d'un modèle mathématique adéquat a nécessité en premier lieu une étude préalable de l'existant ainsi que tous les systèmes de gestions, des données et les différents paramètres dont le premier diagnostic nous a conduit à mener une vaste opération de collectes de donnée auprès des différentes directions de la société,

Durant cette phase de travail, nous avons décortiqué en passant au crible toutes les étapes du processus de production ainsi que les interfaces en relation directe avec ce dernier, pour une première ébauche de notre modèle mathématique, nous avons rencontrés beaucoup de problème entre autres la difficulté d'accès aux données détaillées par centre de cout, et ce malgré, l'existence d'un système d'information puissant et rapide ainsi que toutes les applications mises en place (assurant la connexion entre les interfaces).

Nous avons jugé utile à cette étape de faire un passage dans certaines directions de la société pour affiner davantage notre diagnostic préliminaire pour cibler les données utiles et accessibles de part l'aspect confidentiel et niveau stratégique au sein de la société.

1.4.1 Direction des finances et comptabilité

Le passage au sein de cette direction nous a permet de savoir que la contrainte budgétaire n'étant pas d'actualité de part la politique de flexibilité , l'outil production et les moyennes en place , cependant la vraie difficulté rencontrée réside dans l'impossibilité de décortiquer tous les couts ainsi que leur réaffectation par atelier , les frais décortiqués de la factures d'énergie de la direction des utilités qui consomme plus de ***75 %*** pour desservir toute la société, alors qu'en réalité tous les ateliers de production en consomme seulement à hauteur de ***25 %*** pour ne citer que cet exemple.

1.4.2 Direction des Approvisionnements et Ventes

La société étant intéressée de savoir les besoins réels du marché, tout en désirant de connaitre ses facteurs qui ne cessent de fluctuer, et ce en procédant à l'étude prévisionnelle des ventes et le recensement des commandes, nous avons fixé la période d'étude sur les cinq dernières années (60 mois), étant donné que cette période a connu la même conjecture économique (entre autres le soutient de l'état de la production nationale), expliquée par le management de cette direction.

Nous avons accordé une attention particulière pour le traitement des données en utilisant des techniques de traitement de base de données tout en vérifiant et en corroborant les résultats trouvés avec le management. On a eu recours aussi à corriger certaines données brutes pour faciliter les calculs et trouver des résultats satisfaisant applicables par le management pour l'élaboration des différents programmes, production et achats tout en minimisant les stocks (périssables) amont et aval possédés par la société.

Concernant les approvisionnements nous avons remarqué que la mise en place la supply chaine (chaine d'approvisionnement) centrale a permis la levée de certaines contraintes de plusieurs inputs communs (inter-site et /ou dans le même site) utilisés en production, la contrainte unique concerne les inputs dont, la durée d'approvisionnement dépassant ***08*** mois, le volume important ,nous a-t-on expliqué par la difficulté de se dépanner rapidement par des commande d'appoints pour ce derniers d'où le risque de tomber en rupture.

Pour les ventes l'exploitation des données des 60 mois de ventes (allant de ***2014*** à ***2018***) a permis de déceler des incohérences des données, et sont corrigés conjointement avec les exploitant directes.

Certaine ventes sont biaisées et ce par les remises accordés aux clients notamment durant la fin d'année

1.4.3 Direction de la production

L'étude et l'examen des données de réalisations des produits par atelier nous a révélé les éléments d'information suivants :

- Atelier mono produit où la rupture d'un input commun engendre l'arrêt de production
- Atelier à pluri-produit.
- Atelier à flux tendu.
- Atelier en sur capacité.
- Atelier produisant du semi fini.
- Chaque produit possède une capacité déterminée pour les différents étapes et qui a fait l'objet des plusieurs de calculs déterminant l'étape goulot pour chaque atelier, à noter que la capacité prise en compte lors de l'établissement des programme de production au sein de la société sont celles de l'étape de conditionnement.
- La possibilité de dédoublement de la production en ***02*** ou ***03*** équipes (***2×8- 3×8***) pour certains ateliers.
- Le recours en conditionnement manuel de certain atelier (existence de plusieurs nouveaux formats) dont la capacité est tributaire ou nombre de personne affectés au dit atelier.
- Un arrêt annuel est fixé chaque année durant le mois d'aout, pour maintenance.
- La vétusté des équipements composants les ateliers de production.
- L'existence de partie de production séparée à savoir le bâtiment ***A*** des produits pénicilliniques et le bâtiment ***B*** des produits non pénicilliniques dont les équipements de chacun sont dédiés.

1.4.1 Direction des ressources humaines

Concernant le volet des ressources humaines nous signalons la flexibilité par rapport à l'affectation des personnes entre les ateliers en cas de besoin de personnel selon la procédure en vigueur, cependant le seul point soulevé étant le recours aux supplémentaires jugés important car la vraie étape qui constitue le goulot n'est pas considérée lors de la programmation de la production d'où le dépassement des nombre d'heures programmées durant certains étapes.

La dernière étape étant la formulation de notre modèle où l'exploitation des données et résultats (validés en collaboration avec les exploitants directs) ont permis d'alléger les données à moins de ***40*** variables au lieu de ***65*** ainsi que le nombre de contraintes évitant une redondance des contraintes et à ne considérer que les plus bloquants, on optant en décomposant notre formulation par atelier au lieu de l'approche de la formulation d'un modèle globale en prenant en compte toute la gamme et exploitant les données brutes.

1.5 Conclusion

A la lumière des données recueilles et pour nous permettre la réalisation de l'étude dans les délais fixés, l'étude prévisionnelle des ventes et l'établissement du modèle mathématique , nous avons utilisés des différents bases de données sous Excel (parfois VBA) où plus ***05*** millions de donnée sont été manipulées et dont le temps d'exploitation a dépassé ***03*** mois, cet environnement nous a permis également d'automatiser certaines taches pendant tous les calculs, et vérifications notamment passage d'une étape vers l'autre d'une manière efficace et rapide, sans oublier de noter l'utilisation du Solveur d'Excel qui nous a fournit les solutions optimales de nos programmes linéaires des onze ateliers.

Cette étude nous a permis de mettre en évidence une partie des insuffisances et les problèmes réels de l'unité. On peut donc à partir de là, se fixer les objectifs à atteindre pour y remédier.

Chapitre 2

Prévisions et séries chronologiques

Chapitre 2

Prévisions et séries chronologiques

2.1 Introduction

Le développement et la réussite d'une entreprise sont basés sur une planification efficace, qui doit tenir compte de l'évolution et des changements possibles de l'environnement, et des changements pouvant survenir à court, moyen et long terme.

De la planification découlent des décisions concernant les actions à entreprendre dans l'avenir. Il est donc évident que la planification et la prise des décisions se baseront sur une prévision du cours futur des événements susceptibles d'avoir un impact sur l'entreprise.

Par conséquent, s'appuyant soit sur des méthodes quantitatives complexes ou plus simplement, sur une intuition raffinée, les administrateurs doivent scruter l'horizon et faire des prévisions. Une étude prévisionnelle a été décidée, elle sera très indispensable, pour enrichir, approcher et résoudre le thème proposé par la société.

2.2 Définition d'une série chronologique

Une série chronologique est un ensemble de valeurs numériques prises par une variable particulière en ordre chronologique : cette variable peut être un phénomène social, économique … Dans notre étude la série chronologique correspond à des ventes de produits finis de la société prisent mensuellement.

2.3 But des séries chronologiques

Les séries chronologiques permettent de :

- Etablir les stratégies à court, moyen et long terme.
- Développer les politiques économiques et instaurer des systèmes pour atteindre les objectifs visés.
- Revoir les décisions et repenser la planification à la lumière des changements survenus depuis la prise de décisions et l'élaboration de la planification.

En contrepartie, l'analyse des séries chronologiques ne nous fournit pas les estimations auxquelles nous pourrions, en toute confiance, associer une grande probabilité, et que les modèles les plus fréquemment utilisés dans une telle analyse sont plutôt grossiers et mènent,

au mieux, qu'à des résultats approximatifs. À partir de ces constatations citées ci-dessus, on se pose le plus souvent cette question, Pourquoi étudier les séries chronologiques ?

Il est intéressant d 'étudier les séries chronologiques pour deux raisons principales :

- Elles nous facilitent la compréhension des modèles de variations passés et présents:
  - Une étude attentive des événements passés peut nous donner un meilleur aperçu des forces qui affectent les structures des variations.
  - Les individus qui ignorent les erreurs du passé sont condamnés toujours à répéter les mêmes erreurs.
  - Le décideur qui comprend pourquoi certaines erreurs produites dans le passé est moins exposé à les refaire.
- Elles peuvent fournir certains indices concernant l'évolution future d'une situation et aider par le fait même à l'élaboration de prévisions, sachant que le passé annonce l'avenir.

Si, après l'étude d'une série chronologique, le décideur a de bonnes raisons de croire qu'un modèle passé persistera dans le futur, il pourra alors faire des prévisions en projetant dans le futur la structure que le passé a révélé. Evidemment, la valeur des estimations repose, en grande partie, sur la capacité de jugement de l'analyste qui les élabore, mais puisque les décideurs sont contraints d'essayer, de prévoir le cours futur des événements, il est sûrement préférable qu'ils se remettent à la projection d'une série chronologique, même si celle -ci s'avère douteuse, plutôt que de se fier uniquement à des pressentiments ou des intuitions.

Pour résumer, il est tout à fait naturel d'accorder à l'étude des séries chronologiques la place qu'elle mérite une bonne compréhension des forces qui façonnent l'économicien sera indéniablement utile et l'analyse de séries chronologiques peut réellement favoriser cette compréhension. De plus on n'a habituellement pas le choix :

- II faut faire des prévisions et des analyses des séries chronologiques pour faire ressortir des structures et aider ainsi à l'élaboration des prévisions, et nous devrons aborder l'étude des séries chronologiques en payant celle-ci dans la cadre qui est le sien; autrement dit, il faudra toujours être conscient des subtilités de cet outil de prévision.

2.4 Les composantes d'une série chronologique

Il est possible d'orienter l'étude d'une série chronologique vers l'examen de l'ensemble des valeurs de la série telles qu'elles se présentent.

Cependant, l'analyste qui prend d'une série chronologique a pour but, dans la plupart des situations, d'isoler une ou plusieurs composantes, agissant déconcerta à représenter les effets sur la série de divers facteurs - par exemple les améliorations technologiques, les changements de la population, la consommation, les conditions atmosphériques, du capital investi, de la productivité de nature économique climatique on culturelle, facteurs qui peuvent

appliquer les variations observées au sein de la série chronologique. Les quatre composantes d'une série chronologique sont :

- La tendance séculaire.
- Les variations saisonnières.
- Les fluctuations cycliques.
- Les variations irrégulières.

2.4.1 La tendance séculaire

Définition

La tendance séculaire (trend) traduit l'allure de l'ensemble du phénomène,elle décrit le mouvement à long terme de la série qui globalement, peut êtrecroissant, décroissant ou stable.

2.4.2 But de l étude de la tendance séculaire

L'étude de la tendance séculaire permet d'atteindre les buts suivants :

- Elaborer des modèles descriptifs d'une situation passée. Une compagnie petit, àl'aide d'une courbe de tendance, comparer l'évolution de ses ventes dans le passéavec celle de ses principaux concurrents.
- Faire face à des projections de structures constantes si un analyste à de bonnes raisons de croire qu'une structure se maintiendra dans l'avenir, une courbe de tendance petit alors servir de point de départ au processus de prévisions.
- Eliminer le trend. Un analyste peut avoir pour premier objectif l'étude des variations cycliques d'une série chronologique. Cependant, pour isoler la composante cyclique, on doit d'abord insérer et retrancher des données originales les effets du trend.

2.4.3 Equation de la droite du trend

Nous emploierons rune technique objective, la méthode des moindres carrés, elle permet en effet, d'identifier mathématiquement la droite qui représente le mieux l'ensemble des données.

La droite de tendance construite à partir de cette méthode, annule la somme des écarts entre Y de notre donnée (réelle) et $\boldsymbol{Y_t}$, de la droite de tendance, En d'autre terries

$$\sum(\boldsymbol{Y_i} - \boldsymbol{Y_t}) = \mathbf{0} \ \ \forall \ \mathbf{i}$$

i : représente la iémeobservation.

De plus la droite minimise la somme des carrés des écarts, ce qui signifie que cette somme obtenue à partir de n'importe qu'elle autre droite que la droite de tendance sera toujours supérieure ou égale (aux meilleurs des cas) a la somme obtenue à partir de la droite de tendance en d'autre mots la deuxième propriété pour expression:

$$\sum(Y_i - Y_t)^2 = min$$

Telles que min et i représentent respectivement, une valeur minimale et la ième observation(donnée).

2.4.4 Estimation des paramètres du trend:

Le trend a pour équation :

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_t \text{où :}$$

Yt : représente la valeur prise par le trend au temps t (la valeur prévisionnelle).

Xt : est me valeur indépendante qu'on codifie (code des périodes).

$\beta_0 et \beta_1$: Paramètres estimés.

Appelons **a** et **b** estimateurs respectifs de f3 „ et f3 Alors pour **a** et **b** auront pour expression selon la méthode des moindres carrés:

$$\sum_{i=1}^{n} Y_i = a.n + b\sum_{i=1}^{n} X_i$$

$$\sum_{i=1}^{n} Y_i X_i = a\sum_{i=1}^{n} X_i + b\sum_{i=1}^{n} X_i^2$$

D'ou :

$$b = \frac{(n.\sum_{i=1}^{n} Y_i X_i - \sum_{i=1}^{n} Y_i \sum_{i=1}^{n} X_i)}{\left(n.\sum_{i=1}^{n} X_i^2 - (\sum_{i=1}^{n} X_i)^2\right)}$$

$$a=\bar{Y}-b\bar{X}$$

Telles que Y et X sont les moyennes arithmétiques de X_t et yt :

$$\bar{X}= \sum_{t=1}^{n} X_t$$

et

$$\bar{Y} = \sum_{t=1}^{n} yt$$

La tendance sera alors:

$$\hat{Y} = a + bX_t$$

Pour prévoir l'aide de cette droite, on a qu'à donner le code correspondant à X_t (la période qu'on veut prévoir) on le met dans l'équation précédente, on obtiendra alors la valeur prévisionnelleest appelée projection du trend.

2.4.5 Les variations saisonnières:

Définition

On appelle variation saisonnière les variations qui, dans une série chronologique, sont de nature périodique et réapparaissent régulièrement a chaque année (ou à des intervalles plus court, semestre, trimestre, mensuelle….).

Les conditions climatiques sont classées parmi les facteurs responsables des variations saisonnières, elles représentent d'ailleurs le facteur le plus important.

Le nombre de mises en chantier, la production agricole sont autant des variables influencées par la température. Cependant la température n'est pas le seul responsable des variations saisonnières, Il faut aussi mentionner les coutumes propres à une population ainsi que les fêtes religieuses. Consulter un vendeur de bêtes il vous dira que les ventes des moutons augmente considérablement à l'aide pour ne citer que cet exemple.

But de l'étude des variations saisonnières

Pour trois raisons principales, on étudiera les variations saisonnières :

- Identifier les structures saisonnières .La connaissance des mouvements saisonniers d'une variable peut revêtir une importance capitale pour les directeurs des différentes compagnies.
- Faire des prévisions contrariaient a la tendance séculaire qui permet de faire des prévisions long terme, les mouvements de la composante saisonnière sert laborantin des prévisions ou à la planification et au contrôleuses variable à court terme par exemple, il sera possible, à l'aide de prévisions basses sur des modèles saisonniers constants, de mieux utiliser les ressources personnelles à l'intérieur d'une entreprise ou de maintenir les stocks a un niveau qui répond le mieux à la situation qui s'annonce.

- Eliminer la composante saisonnière .La composante cyclique l'instar des composantes de tendances séculaires et saisonnières aussi un rôle à jouer danse processus de prévision. On a recourt souvent aux mouvements cycliques anticipes dans l'élaboration de prévisions.

Cependant, l'élément cyclique est fréquemment voilé par les variations saisonnières ; c'est pourquoi il faut mesurer et éliminer la composante saisonnière afin de laisser apparaitre les mouvements cycliques.

Calcul de l'indice saisonnier

La méthode la plus usuelle d'établissement d'un indice saisonnier est la méthode des rapports a la moyenne mobile dont on va énumérer les étapes suivre:

- Tracer un tableau de sept colonnes tel que :
- La première colonne contient les années des données
- La deuxième colonne contient les mois de chaque armée
- La troisième colonne contient les observations (données).
- La quatrième colonne contient les sommes mobiles $M_t$pour chaque douze mois.

La somme mobile a pour formule :

$$\boldsymbol{M_t = (\sum_{i=k+1}^{k-1} Y_{t+i} + \frac{1}{2}(Y_{t-k} + Y_{t+k}))/\ P\ , quand\ P\ est\ pair}$$

$$\boldsymbol{M_t = (\sum_{i=-k}^{k+} Y_{t+i})\ /\ \mathrm{p}, \mathrm{quand\ p\ est\ impair}}.$$

Pour calculer la somme mobile suivante on a:

$$\boldsymbol{M_{t+1} = M_t + \frac{Y_{t+1}}{P} - \frac{Y_{t-p+1}}{P}}$$

- La cinquième colonne : on centre la somme mobile de chaque deux période successive:

$$\boldsymbol{\frac{M_t = M_{t-1}}{2}}$$

- La sixième colonne :on calcule la moyenne de la somme mobile obtenue : Les données de la cinquième colonne divisées par P.
- La septième colonne :on calcule le pourcentage moyen : On divise les données de la troisième colonne par les données de la sixième colonne en multipliant le résultat obtenu par cent

Dans une seconde étape on dresse un tableau de treize colonnes comprenant:

- La première pour les années.
- De la deuxième à la treizième on attribut pour chaque année les pourcentages trouvées en colonne sept de la première étape

On calcule pour chaque année la somme des pourcentages pour les mêmes mois. On calcule alors la moyenne des pourcentages sur les douze colonnes, puis on ajuste les pourcentages obtenu en les multipliant par le facteur de correction suivant:

$$\boldsymbol{F_c f(x) = \frac{1200}{S.M.P}} \quad .$$

Telle que :

- S.M.P représente la somme moyenne des pourcentages

On obtient ainsi, les indices saisonniers s'étalent douze mois en pourcentage.

Utilisation de l'indice saisonnier:

Supposons qu'une projection du trend nous donnera les valeurs $\boldsymbol{(Y_t)}$pour un certain mois a, une certaine année $\boldsymbol{j}$ alors on devra corriger la valeur prévue du trend de ce mois en la multipliant par l'indice saisonnier de ce mois :

$$\boldsymbol{Y_{aj} = Y_t * IS}$$

Tell que

- IS représente l'indice saisonnier

Dessaisonalisation:

Pour dessaisonaliser une série chronologique afin d'isoler et d'analyser les variations cycliques, on divise les observations par l'indice approprie

$$\boldsymbol{Y_d = Y/IS}$$

2.4.6 Les fluctuation cycliques:

Définition

A l'instar des variations saisonnières, les fluctuations cycliques sont périodiques et caractérisent généralement un mouvement oscillatoire.

Contrairement aux variations saisonnières, les cycles d'affaires s'étendent habituellement sur une période de plusieurs années et peuvent ne pas suivre exactement des modèles identiques après des intervalles égaux.

Chaque nouveau cycle est influence par des facteurs différents .De grands efforts ont été faits pour analyser les périodes de prospérité, déshabilité de récession et de dispersion afin d'arriver a tin modèle qui décrit d'une façon satisfaisante le cycle complet.

Malheureusement, il y a probablement, à ce jour, autant de théories explicatives qu'il y a eu de cycles et aucun modèle mis au point pour expliquer et prévoir les fluctuations cycliques ne s'est avère jusqu'à maintenant satisfaisant.

La composante cyclique est nécessaire pour les provisions à moyen terme.

Calcul de la composante cyclique :

Apres avoir dessaisonalisé les observations, on va éliminer le trend et cela afin d'isoler la composante cyclique et irrégulière:

$$(Tr,Cy,Irr)/Tr=(Cy_t,\ Irr_t)$$

Pour calculer la composante cyclique, on procède de la même manière que pour les calculs des indices saisonniers et cela sur **(Cy_t,Irr_t).**

2.4.7 Les variations irrégulières:

Définition

On trouve souvent dans les séries chronologiques des mouvements qui apparaissent irrégulièrement et généralement durant de courtes périodes. Ces mouvements ne suivent pas de modèle particulier et sont imprévisibles. Les variations irrégulières sont souvent attribuables à des facteurs aléatoires ou à des événements particuliers tels que les grèves, les guerres les élections, pour n'en nommer quelques-uns. En pratique, toutes les variations d'une série chronologique qui ne peuvent être réattribuées à l'influence cyclique, saisonnière ou à celle du trend sont classées dans les variations irrégulières.

Calcul de la composante irrégulière:

Pour avoir la composante irrégulière, il suffit de diviser la composante**(Cy_t,Irr_t)** par la composante cyclique ***CYP***.

$$(Cy_t,Irr_t\ )/\ Cy_t\ =Irr_t\ \ .$$

2.5 Les Tests de validation

2.5.1 Coefficient de détermination multiple (R^2).

Le coefficient de détermination multiple désigne la proportion de la variabilité totale de Y expliquée par la régression. R^2est donne par la relation suivante:

$$R^2 = \left(1 - \frac{\sum_{t=2}^{n}(\hat{Y}_t - \bar{Y})^2}{\sum_{t=1}^{n}(Y_t - \bar{Y})^2}\right).$$

Ou

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{t=1}^{n}(Y_t - \hat{Y}_t)^2}{\sum_{t=1}^{n}(Y_t - \bar{Y})^2}$$

Si R^2 tend vers zéro, l'équation de la régression estimée $(\hat{Y}_t = a + bX_t)$n'explique en rien la variable de Y.

2.5.2 Test de signification des paramètres (test de STUDENT)

Les paramètres a et b peuvent être significatif ou non, l'hypothèse qui souvent testée est celle de la présence d'une relation entre $\hat{Y}_t$ et X_tc'est-à-dire : $B_1 \neq 0$.

Hypothèses à tester :

$$H_0 : B_1 = 0 .$$

$$H_1 : B_1 \neq 0.$$

Critère :

$$T_{cal} = \frac{(b - B_1)}{S_b} \longrightarrow T_{n-2.\alpha}$$

Telle que$T_{n-2.\alpha}$ loi de STUDENT avec n-2 degré de liberté et d'un seuil α

Avec :

$$S_b^2 = \frac{\sum_{t=1}^{n}(Y_t - \hat{Y}_t)^2}{(n-2)\sum_{t=1}^{n}(X_t - X_t)^2}.$$

Et la probabilité P telle que P

$$P\,(|\,T_{cal}\,| <= T_{n-2.\alpha}) = 1-\alpha$$

On fait de même pour $\boldsymbol{B_0}$:

$$S_a^2 = \frac{\sum_{t=1}^{n}\left(Y_t - \hat{Y}_t\right)^2}{(n-2)} * \frac{\sum_{t=1}^{n}(X_t)^2}{n\sum_{t=1}^{n}(X_t - X_t)^2}.$$

$$S_a^2 = S_b^2 * \frac{\sum_{t=1}^{n}(X_t)^2}{n}.$$

Règle de décision :

$$\begin{cases} |T_{cal}| <= T_{n-2,\alpha} \rightarrow H_0 \text{ est acceptable.} \\ |T_{cal}| > T_{n-2,\alpha} \rightarrow H_0 \text{ est rejetée.} \end{cases}$$

2.5.3 Test de l'ensemble des paramètres du modèle (test de FISCHER)

Le but de ce test est de vérifier si l'hypothèse de linéarité existe ou non.

Soit ***k=2*** le nombre de paramètres du modèle.

Hypothèse à tester :

$$\begin{cases} H_0: B_0 = B_1 = 0 \text{ le modèle est inadéquat.} \\ H_1: B_0 \neq B_1 \neq 0 \text{ le modèle est adéquat.} \end{cases}$$

Critère:

$$f(cal,(k-1,n-k) = \frac{R^2}{1-R^2} * \frac{n-k}{k-1}$$

Telle que ***f(cal,(k-1 ,n-k)*** suit une loi de FISCHER avec ***k-1,n-k*** degrés de liberté et un seuil α .

Règle de décision :

$$\begin{cases} fcal < ftable \rightarrow \text{on accepte l'hypothèse H0} . \\ fcal >= ftable \rightarrow \text{on rejette l'hypothèse H0.} \end{cases}$$

2.5.4 Test de DUBBIN WATSON pour l'auto corrélation des erreurs

Le test de DUBBIN WATSON permet de détecter l'existence d' une autocréation entre les erreurs, car dans le cas où elles existent les estimateurs a et b restent sans biais et convergent, mais leur écart type sont biaises ce qui implique que les tests de STUDENT et de FISCHER sont inexacts.

On écrit le terme d'erreurs comme suit :

$$U_{t=\rho.U_{t-1}} + \varepsilon_t$$

$$Avec \varepsilon_t \rightarrow N(0,\sigma_a^2) .$$

Hypothèse à tester :

H0: ρ=0 c'est l'indépendance des erreurs .

H1: ρ≠0 c'est l'autocréation des erreurs.

Critère :

$$d=2\left(1 - \frac{\sum_{t=2}^{n} e_t e_{t-1}}{\sum_{t=2}^{n} e_{t-1}^2}\right)$$

$$e_t = \hat{Y}_t - Y_t$$

e_t : représente l'erreur.

Règle de décision :

- Si ***U—>2H0 est acceptée***.
- Si ***d est proche de zéro ou de quatre —>H0 est rejetée.***

2.6 Application

Nous attirons l'attention du lecteur que l'utilisation des séries chronologique nécessite au préalable l'analyse et l'examen des observations antérieures et en procéder à leur corrections si ceux dernières sont nulles et/ou présentent des écarts importants on les remplaçant par la moyenne mobiles sur trois, six, ou douze mois des observations antérieures .

L'application de la méthode des séries chronologiques sur les données a nécessité l'élaboration d'une base de données sous l'environnement ***EXCEL*** et ce afin de faciliter le traitement des données et leurs exploitations.

Et pour les résultats des prévisions se référer au chapitre ***04*** et aux annexes

Chapitre 3

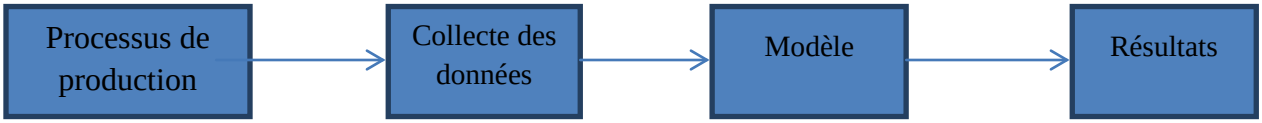
Modélisation et méthode de résolution

Chapitre 3

Modélisation et méthode de résolution

3.1 Introduction

L'étude d'un processus de production mis en place n'est pas toujours facile notamment dans le volet opérationnel, et ce pour plusieurs facteurs , à savoir le développement rapide du processus de production lui-même ,le cout, le temps, les capacités, les fluctuations du marché d'une part, et la difficulté de trouver les moyens de mesures adéquat qui font défaut au chercher étant donné qu'en pratiquées derniers sont limités, d'où le recours vers une présentation plus conviviale du fonctionnement du processus d'une manière plus précise en s'appuyant sur les outils descriptifs (graphe) mathématiques d'autre part , ce qui nous permettra de comprendre au mieux le fonctionnement réel du dit processus, cette étape de présentation n'est rien d'autre que la modélisation et qui se présente comme suit :



Pour la mise en œuvre d'un modèle mathématique adéquat nous avons procédé à la formulation mathématique des différents problèmes pertinents soulevés pour les diverses directions de la société et qui sont exprimés en contraintes utilisées dans notre modèle et d'en omettre certains jugés non bloquants et qui n'influes pas sur les résultats de la production et/ ou financiers.

L'un des objectifs recherché par la société étant l'élaboration d'un programme de production respectant toutes les contraintes tout en maximisant la valeur de la production.

Nous tenons à noter que nous avant procédé initialement à une modélisation (globale) qui considère tous les produits de la société, soient **65** variables et plus **200** contraintes, tenant compte des limites des ressources telles que, la disponibilité des inputs communs étrangers et locaux, contrainte budgétaire, marché, capacité du conditionnement (étape finale) tout en maximisant le profit et a donné un programme linéaire mixte en nombre entier de taille très importante, et compte tenu de ce qui a été cité dans le chapitre 01 relatif à la section " collectes de données" et pour répondre au mieux aux exigences de la société nous avons jugé utile de décortiquer les données et d'approfondir notre étude ce qui nous a permis de recourir à la

modélisant par atelier (par décomposition) induisant une réduction importante du nombre variable et celle des contraintes, d'où nous avons à décomposer **11** modèles mathématiques en fonction de nombre d'atelier et dont le nombre maximum de variables est **07** variables.

Dans cette nouvelle optique de Modélisation, on considère le nombre de lot à produire du produit **i** dans l'atelier **j** comme variable de décision notée $\mathbf{X_{ij}}$ pendant une période prédéfinie.

$\mathbf{X_{ij}}$: représente le nombre de lot à produire du produit fini **i** fabriqué dans l'atelier.

3.2 Objectif

L'objective de la société est l'établissement d'un programme de production optimal pour une période choisie par la planification de cette société noté (Prg) selon les prévisions basées sur des ventes antérieures, ayant pour but de maximiser la valeur de la production tout en déterminant le nombre de lot à produire pour la dite-période.

Pour chaque atelier on a, à maximiser une fonction noté **Z** pour les différents modèles utilisés pour chacun d'eux :

$$Max\ Z = \sum_{j=1}^{11} \sum_{i=1}^{n} \mathrm{X_{ij}}\, \mathrm{V_{ij}} \qquad (1)$$

$\boldsymbol{n}$: Nombre de produit fini fabriqués dans l'atelier : allant de 1 à 11

$\mathbf{V_{ij}}$: Prix de revient du produit fabriqué dans l'atelier j

La fonction objective suit lamée formulation pour chaque atelier.

3.3 Enoncé explicite des contraintes

Etant donné que le ressources de la société sont limitées où chaque atelier a une capacité limitée en considérant l'étape du goulot d'étranglement engendre une contrainte de capacité pour chacun des ateliers de la société, une autre contrainte s'impose concernant l'utilisation d'inputs communs pour chaque atelier.

Les fluctuations des niveaux de ventes nous impose à considérer la contrainte du marché permet à la société qui évolue dans un contexte économique subissant une forte concurrence interne et externe afin de réguler ses programmes de production et d'approvisionnement.

La mise en place d'un programme de production qui se basse sur des prévisions donne une vision plus claire de l'évolution des ventes et qui permettra de fait d'assurer un stock de sécurité pour faire face aux besoins de ces clients et évitant les surstocks.

3.3.1 Contrainte de capacité

$$\sum_{j=1}^{11} \sum_{i=1}^{n} \mathrm{Ca_{ij}} \mathrm{X_{ij}} \leq \mathrm{Cap_j} (2)$$

Cette formulation est la même pour chaque atelier mais concernant différents étapes de production comme énoncée dans le chapitre **01**, sachant que le processus de production de chaque atelier a été décortiqué en étapes élémentaires, qui nous a permis de terminer l'étape du goulet du tout le processus.

- **$\mathrm{Ca_{ij}}$:** étant la capacité en unité de produit i dans l'atelier **j**.
- **$\mathrm{Cap_j}$:**étant la capacité de l'atelier **j**.
- **n** : nombre de produit fabriqués dans l'atelier **j**.

3.3.2 Contrainte de disponibilité

$$\sum_{j=1}^{11} \sum_{i=1}^{n} \mathrm{q_j} \mathrm{X_{ij}} \leq \mathrm{St_r} (3)$$

Cette contrainte doit être imposée du faites du stock limité de certains inputs à un moment donné, dû la fluctuation de la demande ou le dépassement du programme de production des périodes antérieures, retards de livraison (dont ceux à quai), sans oublier de signaler que certains inputs font l'objet d'un monopole international.

- **$\mathrm{q_j}$** : Quantité nécessaire de la matière r pour fabriquer un lot du produit i de l'atelier j
- **$\mathrm{St_r}$** : Stocksdisponible sur site dans la matière **r**.

3.3.3 Contrainte de marché

Afin de satisfaire les besoins du marchée éviter les sur stocks, cette contrainte est exprimée en fonction de la nature de l'atelier, les quantités prévue **$\mathrm{Pr_{ij}}$** et **$\mathrm{D_{ij}}$** sont des quantités obtenues par la division des prévisions et/ ou commandes par la taille de lot de chaque produit i dans l'atelier j.

Et dont les résultats sont arrondies selon l'atelier (généralement un choix stratégique) :

$$\mathrm{Pr_{ij}} \leq \mathrm{X_{ij}} \leq \mathrm{D_{ij}} (4)$$

3.3.4 Contrainte d'intégrité

Au vu des résultats obtenus de programme linéaire, les variable $\mathbf{X_{ij}}$ sont les nombres de lot à fabrique pour chaque produit **i** fabriqué dans l'atelier j, il en découle la contrainte d'intégrité des nombres entiers positifs :

$$X_{ij} \in N \quad (5)$$

Remarque

A signaler que les inputs locaux ne sont pas considérés dans cette études, de fait de leur disponibilité sur le marché local, où chaque type d'inputs est disponible en stocks en quantité prédéfinie initialement (priorisation avec le fournisseur).

3.4 Présentation de modèle :

Nous pouvons à cette étape et compte tenu de ce que a été suscité notre modèle mathématique ainsi :

$$Max\ Z = \sum_{j=1}^{11} \sum_{i=1}^{n} X_{ij} V_{ij} (1)$$

Sous contraintes :

$$\sum_{j=1}^{11} \sum_{i=1}^{n} Ca_{ij} X_{ij} \leq Cap_{\mathbf{j}} (2)$$

$$\sum_{j=1}^{11} \sum_{i=1}^{n} q_j X_{ij} \leq St_r (3)$$

$$Pr_{ij} \leq X_{ij} \leq D_{ij} (4)$$

$$X_{ij} \in N (5)$$

- $\mathbf{X_{ij}}$: Représente la quantité à produire du produit fini **i** fabriqué dans l'atelier j
- $\boldsymbol{n}$: Nombre de produit fini fabriqués dans l'atelier j : allant de 1 à 11
- $\mathbf{V_{ij}}$: Prix de revient du produit **f**abriqué dans l'atelier j
- $\mathbf{Ca_{ij}}$ Étant la capacité en unité de produit i fabriqué dans l'atelier j.
- **Cap** $_{\mathbf{j}}$ étant la capacitéde production dans l'atelier j.

- $\mathbf{q_j}$: Quantité nécessaire de la matière r pour fabriquer un lot du produit **i** de l'atelier j
- $\mathbf{St_r}$: Stocks disponible sur site dans la matière r.
- $\mathbf{Pr_{i\,j}}$: Prévision du produit i fabriqué dans l'atelier j**.**
- $\mathbf{D_{ij}}$: Prévision du produit fabriqué dans l'atelier j

3.5 Méthode de résolution

Le programme linéaire ainsi élaboré dans la section **3.4**, énumère toutes les contraintes du problème et met en évidence la fonction économique.

C'est un programme linéaire en nombres entiers :

$$\begin{cases} \mathbf{max\ CX} \\ \mathbf{AX \leq B\ sous\ containte} \\ \mathbf{X \epsilon N} \end{cases}$$

Nous Constatons que c'est la formulation d'un programme linéaire en nombre entier. L'importance de l'optimisation en nombres entiers dans la résolution des problèmes pratiques, est le résultat du développement impressionnant et particulièrement la programmation linéaire.

Le présent chapitre consiste à donner l'une de ces méthode dite méthode des coupe de GOMORY.

3.6 Programme linéaire en variable d'entières

3.6.1 Définition

Un programme linaire en nombres entiers (**PLNE**) du type :

$$\mathbf{Max\ \ Z= C^tX} \begin{cases} \mathbf{AX = B} \\ \mathbf{X \epsilon} Z_+^n \end{cases}$$

Considérons le programme linéaire

$$\mathbf{Max\ \ Z= C^tX} \begin{cases} \mathbf{AX \leq B} \\ \mathbf{X \epsilon} Z_+^n \end{cases} \quad \mathbf{(7)}$$

Et supposons que **A** et **B** se composent des nombres rationnels (ce sera le cas dans la plupart des applications).

Il existe deux méthodes sont possibles pour trouver la solution de **(7).**

3.6.2. Première méthode

On se ramène à la résolution d'un programme linéaire mixte (**PLM**).Ajoutons à système des contraintes le vecteur **t** du variable d'écart :

$$\mathbf{Max\ Z= C^tX} \begin{cases} \mathbf{AX + t = B} \\ \mathbf{X \epsilon Z_+^n} \\ \mathbf{t \epsilon R_+^m} \end{cases} \qquad \mathbf{(8)}$$

Les variables d'écarts étant non négatives mais nécessairement entières. Nous avons ainsi transformé le programme linéaire **PL(1)** et nous pouvons appliquer les algorithmes de résolution propres à ce type de programmes.

3.6.3.Deuxième méthode (les méthodes de coupe)

On se ramène à la résolution d'un (**PL**)

A et **B** se composent de nombres rationnels, il est toujours possible, en multipliant les contraintes par des constantes positives suffisamment grandes, de transformer le système d'inéquation des contrainte*s* $\mathbf{AX \leq B}$ en un système d'inéquation équivalent $\mathbf{AX \leq B}$

Ou **a** et **b** sont des entiers relatifs, Ajoutons-y maintenant le vecteur t des variables d'écart :

$$\mathbf{Max\ Z= C^tX} \begin{cases} \mathbf{AX + t = B} \\ \mathbf{x \epsilon Z_+^n} \\ \mathbf{t \epsilon R_+^m} \end{cases} \qquad \mathbf{(9)}$$

Les variables d'écart étant nécessairement entières. Nous avons ainsi transformé le **PL(1)** en un **PL(3)** et nous pouvons appliquer les algorithmes de résolution propre à ce type de programmes.

3.7 Méthode de coupe GOMORY pour les programmes linéaires en nombre entiers

3.7.1 Principe des méthodes de coupe

Il est nécessaire de se demander s'il n'est pas possible de résoudre un (**PLNE**) par les algorithmes de la (**PL**) en variables continues (moyennant bien entendu certains artifices préalables.

3.7.2 Première méthode

Une première méthode se base sur le théorème suivant :

‘’ Si **D** désigne l’ensemble des solutions réalisables d’un (**PLE**), et **D’** la fermeture convexe de **D**, le (P L) ayant **D’** comme domaine réalisable admet la même solution optimale Que le (**PLNE**) initiale‘’.Malheureusement la recherche de **D’** souvent n’est pas un problème simple

3.7.3 Deuxième méthode

Soit un le (**PLE**) suivant, noté **PLE(I)**

$$\textbf{Max } Z = C^t X \begin{cases} AX = B \\ X \epsilon Z_+^n \end{cases} \qquad \textbf{(I)}$$

Le **PL** associe, noté **PL(II)**, est :

$$\textbf{Max } Z = C^t X \begin{cases} AX \leq B \\ AX \geq 0 \end{cases} \qquad \textbf{(II)}$$

Le principale des méthodes de coupe consiste à :

Algébriquement :

Ajouter au **PLE(I)** et au **PL(II)** associé une suite d’inégalités supplémentaires , appelées coupes , qui sont chacune des conditions nécessaires pour qu’ une solution soit à valeurs entières (qui n’introduisent pas de contraintes nouvelles dans le **PLE(I)** mais bien dans le **PL(II)** et ce jusqu’à l’obtention pour le **PL(II)** d’une solution optimale entière (qui est donc identique à celle du **PL(I)**. Géométriquement : Ajouter au **PLE(I)** et au **PL(II)** associé une suite de contraintes supplémentaires qui sont nécessairement satisfaites par les solutions entières (qui ne modifient donc pas l’ensemble des solutions réalisables du **PLE(I)**)

Mais qui amputent le domaine réalisable du**pli(II)** et ce jusqu’à l’obtention pou le **PL(II)**d’ un sommet optimal entière (ce qui est donc la solution optimale du **PLE(I).**

3.7.4 Théorème de base de l’algorithme de GOMORY

Considérons le **PLE(I)** et le **PL(II)**

En résolvant le **PLE(I)** par l’algorithme du simplexe, nous obtenons un tableau final du type.

B	C_n	P_0	X_1	……	X_m	X_{m+1}	……	X_n
X_1	.	X_1^f	1	…….	0	$a_{1.m+1}^f$	…….	$X_{1.n}^f$
	.	X_2^f				$a_{2.m+1}^f$		$X_{2.n}^f$
X_2	.	.	0	……	0	.	……	.
.	.	.	.		.	.	…	.
.	.	.	.		.	.		.
.	.	.	..		.	.		.
.	.	.	.		.	.		.
.	.	.	.		.	.		.
.	.	.	.		.	.		.
.	.	X_m^f	.		.	.		.
.	.		.		.	.		.
.	.		.			$a_{m.m+1}^f$		$X_{m.n}^f$
	.			…….	1			
X_m			0				…… ……	

Notons **I(B)** l'ensemble des indices de base :**I(B) ={ 1,2,…… ,m}**

Et **j(B)** l'ensemble des indices des variable hors- base : **j(B) ={ m+1,m+2,…… ,n}**

Dans cette base, **PLE(I)** et **PL(II)** s'écrivent sous la forme suivante équivalente à la forme initiale

Max Z = $\sum_{j=1}^{n} C_j X_j$

$$\begin{cases} X_i^f = X_i + \sum_{j \epsilon J(B)}^{n} a_{i,j}^f X_j \quad , \; i \epsilon I(B) \\ X_j \epsilon Z^+ \quad , \; j \epsilon \{1, 2, \ldots . n\} \end{cases} \quad (I)$$

Max $Z = \sum_{j=1}^{n} C_j X_j$

$$(1)\begin{cases} X_i^f = X_i + \sum_{j\epsilon J(B)}^{n} a_{i,j}^f X_j & , \ i\epsilon I(B) \\ . & \\ X_j \epsilon Z^+ & , \ j\epsilon\{1, 2, \dots . n\} \end{cases} \quad (II)$$

Notons **[α]** le plus grand entier contenu dans le **α** nous pouvons écrire :

$$\begin{cases} X_i^f = [X_i^f] + f_i \\ 0 \leq f_i < 1 \end{cases} , \quad i\epsilon I(B) \qquad (3)$$

$$\begin{cases} a_{i,j}^f = [a_{i,j}^f] + f_{i,j} \\ 0 \leq f_{i,j} < 1 \end{cases} , \quad i\epsilon I(B) \qquad (4)$$

Pour la résolution pratique de nos programmes linéaires des onze ateliers, nous avons utilisé le solveur d'Excel qui nous fournit des solutions dont un exemple de l'atelier 1 est donné en fin du présent chapitre, les solutions des autres ateliers seront présentés dans les annexes.

3.7.5 Principe de l'algorithme de GOMORY

Considérons le **PL(I)** et le **P(II)** associé définition (3.7.1)

- **Etape 1**

Résoudre le **PL(II)** associe par l'algorithme du simplexe la solution optimale est (déf 3.7.4)

$$X_I = \begin{cases} X_i^f i\epsilon I(B) \\ 0 i\epsilon J(B) \end{cases}$$

Deux cas sont à envisage :

- Si les composantes de cette solution sont entières, passer à l'étape 3.
- Si l'une au moins des composantes de cette solution n'est pas entière passer à l'étape 2.

- **Etape 2**

La solution optimale du **PL(II)**n'est pas réalisable pour le **PL(I)** ; soit $\mathbf{X_\lambda^f}$ une composant non entier de cette solution . A partir de cette composante non entier$\mathbf{X_\lambda^f}$, définir et ajouter a **PL(I)** et au **PL(II)** une nouvelle contrainte appelée coupée de GMORY .

Pour le **PLE(I)**

$$\begin{cases} \mathbf{f_\lambda} = \sum_{\mathbf{j \epsilon J(B)}} \mathbf{f_{\lambda,j} X_j - s_\lambda} \\ \mathbf{s_\lambda \epsilon Z^+} \end{cases}$$

Pour un **PLE(II)**

$$\begin{cases} \mathbf{f_\lambda} = \sum_{\mathbf{j \epsilon J(B)}} \mathbf{f_{\lambda,j} X_j - s_\lambda} \\ \mathbf{s_\lambda \geq 0} \end{cases}$$

Examinons quel est l'effet de cette contrainte supplémentaire :

- Le **PLE(II)** ainsi complète est équivalent au **PLE(I)** initial, en effet, cette contrainte est toujours satisfaite par les solutions réalisables du **PLE(I)** puisque c'est une condition nécessaire d'intégrité .
- Le **PL(II)** ainsi complété est plus restrictif que le **PL(II)** initial , en effet , cette contrainte n'est pas satisfaite par la solution **x** du **PL(II)** puisque $\mathbf{f_\lambda > 0}$

Te $\mathbf{X_j = 0}$ ($\mathbf{j \epsilon J(B)}$).

Retourner à l'étape**1** et recommencer la procédure avec, cette fois, les **PLE(I)** et **PL(II)** complétés par la contrainte de GOMORY .

- **Tape 3**

La solution optimale du **PL(II)** est réalisable et donc optimale pour le **PLE(I)**

Remarque Si on définit, à chaque itération une coupe de GOMOTY à partir d'une bonne composante non entière $\mathbf{X_\lambda^f}$, il est donc possible de démontrer que l'algorithme fournit toujours la solution entière, si elle existe, et ce en nombre fini de pas.

3.7.6 Details operatories de l'algorithme

1) Comme la solution optimale du **PL(II)** peut avoir plusieurs composantes $\mathbf{X_\lambda^f}$non entières , on a intérêt prendre la coupe la pulse profonde possible dans le polyèdre des solutions réalisables . Or la coupe est d'autant plus profonde dans la direction$\mathbf{X_j}$, ($\mathbf{j \epsilon J(B)}$. Que $\mathbf{X_j}$ est grand, c'est –à-dire que $\mathbf{f_\lambda}$est grand et$\mathbf{f_{\lambda,j}}$ est petit. on a donc inerte à définir la coupe

à partir de la composant non entière $\mathbf{X_\lambda^f}$telle que $\mathbf{f_\lambda}$ soit maximum et $\mathbf{f_{\lambda,j}}$minimum. On adopte souvent comme règle pratique simple, le choix de la composante non entière $\mathbf{X_\lambda^f}$ qui maximise $\mathbf{f_i}$:

$$\mathbf{f_\lambda = \max_{(i \epsilon I(B).} \{f_i \,/\, f_i > 0\}} .$$

2) Pour résoudre le **PL(II)** complété par la contrainte de GOMORY, on peut évidemment utiliser l'algorithme du simplexe.

En pratique, il est plus simple d'ajouter au tableau simplexe de l'étape précédente la contrainte de GOMORY(2)

$$\mathbf{-f_\lambda = = -\sum_{j \epsilon J(B)} f_{\lambda,j} X_j + s_\lambda .}$$

Et d'appliquer l'algorithme Dual-simplexe.

3) Toute contrainte de GOMORY peut être supprimée si ; la variable d'écart associée s_λ est en base dans la tableau final d'une itération. En d'autres termes, à la fin de chaque itération, seule les variables d'écart $\mathbf{s_\lambda}$.hors-base sont conservées.

Par conséquent, à chaque itération, le nombre de variables hors-base reste toujours fixe à (**n – m**) certaines variables hors-base pouvant être des variables d'écarts $\mathbf{s_\lambda}$ - le nombre de variable de base(m ou départ)augmente d'une unité ou reste constant - toutes les variables de base étant des variables initiales $\mathbf{X_j}$le cas extrême est celui ou les (**n-m**) variable hors-base sont des variables d'écarte s_λ et où les variables de base sont les n variables initiale $\mathbf{X_i}$, la solution optimale du **PLE(I)** est alors un point intérieure du polyèdre des solutions réalisable du **PL(I).**

4) Si au cours d'une itération l'application de l'algorithme dual-simplexe. Au **PL(I)**augmenté montre que ce programme n'admet pas de solutions réalisables. Cela implique que le **PLE(I)** n'a pas de solution réalisable. Mais le **PL(II)** initiale peut cependant avoir des solutions réalisables.

5) le principale inconvénient de cette méthode est que, même pour de des problèmes raisonnables, l'algorithme peut converger très lentement vers la solution optimale.

3.8 Application

Vu la dimension de notre vecteur solution qui est assez grand (réduit à 40 variables), on a eu recourt au Solveur d'Excel où pour chaque atelier on a un modèle mathématique pour des raisons explicités dans le chapitres 01, nous représentons les résultats de l'atelier 1 obtenus en utilisant le solveur, pour les résultats des autres ateliers, ils sont présentés à la fin du chapitre 04**.**

Solution du programme linéaire par le solveur pour l'Atelier 1 :

Atelier 1							
N var	2						
N cont	6						
var	X1	X2	val prod				
coe Cj et Z	2802826	2812500	42 110 108				
contrainte							**taux**
Prev X1	1	0	8	≥	8		
Prev X2	0	1	7	≥	6		
comand X1	1	0	8	≤	10		
comand X2	0	1	7	≤	8		
cap	12857	11250	181606	≤	185000		98,17
dis	60	80	1040	≤	1200		86,67
type	ent	ent					
valeur Xj	8	7					

Tableau 3-1 Résultats Atelier 1

Chapitre 4

Applications et interprétation des résultats

Chapitre 4

Applications et interprétation des résultats

4.1 Introduction

Ce chapitre est considéré comme le fruit de notre travail car c'est l'étape où l'on va interpréter et présenter les résultats. On signale que le nombre de produits à étudier a été réduit de ***65*** à ***40*** puisque l'étude prévisionnelle concernant ces produits omis, ont donnés des résultats pratiquement nuls.

Pour cela, on a dressé des tableaux présentant des résultats de différents types (capacité, valeur production..), pour le mois de janvier 2019.

La raison pour laquelle on a choisi la période égale à un mois, c'est qu'elle nous permet de ressortir le maximum de paramètres influant sur la nature des résultats.

On a adopté la démarche suivante:

- Tableaux généraux dits tableaux de type A.
- Tableaux des contraintes dits tableaux de type B.
- Tableaux des profits dits tableaux de type C.
- Tableaux des résultats en utilisant le Solveur de type D.

4.2 Tableaux de type A

Les tableaux des types A des pages suivantes représentent les quantités concernant les prévisions, commandes, planifiées par la société, vendues et les quantités issues du programme optimal.

pfff code	uantités commandée	Quantités prévues	uantités planifié	Quantités vendues	Quantités optimales
PF-1	96 252	120 000	77 142	115 000	102 856
PF-10	136 117	180 000	180 000	132 365	144 000
PF-11	50 725	80 000	86 400	35 000	57 600
PF-12	217 400	150 000	96 000	115 222	120 000
PF-13	252 361	300 000	240 000	25 639	216 000
PF-14	44 201	60 000	-	75 636	28 800
PF-15	54 215	80 000	40 000	80 000	60 000
PF-16	59 463	75 000	80 000	79 500	40 000
PF-17	61 245	85 000	60 000	82 000	80 000
PF-18	133 384	150 000	100 000	145 205	100 000
PF-19	14 921	200 000	200 000	165 230	-
PF-2	63 492	85 000	101 250	82 563	78 750
PF-20	28 116	250 000	200 000	205 000	100 000
PF-21	123 244	400 000	300 000	175 000	200 000
PF-22	84 666	350 000	200 000	154 500	200 000
PF-23	136 566	180 000	296 000	175 220	370 000
PF-24	18 128	250 000	111 000	205 203	37 000
PF-25	43 267	200 000	100 000	125 398	300 000
PF-26	378 527	380 000	111 000	357 821	74 000
PF-27	41 947	55 000	148 000	55 223	74 000
PF-28	307 349	350 000	259 000	125 631	333 000
PF-29	58 474	75 000	37 000	80 000	74 000
PF-3	190 229	220 000	250 000	155 000	200 000
PF-30	125 889	150 000	148 000	145 000	148 000
PF-31	107 916	150 000	105 000	135 000	90 000
PF-32	126 134	150 000	120 000	125 000	105 000
PF-33	203 537	250 000	180 480	240 000	225 600
PF-34	220 650	300 000	135 360	298 563	120 320
PF-36	31 296	45 000	53 332	49 500	53 332
PF-37	507 921	35 000	125 000	33 000	37 500
PF-38	100 803	300 000	133 000	200 050	266 000
PF-39	191 398	50 000	159 600	49 500	53 200
PF-4	111 528	140 000	61 362	86 324	122 724
PF-40	34 507	60 000	133 000	55 000	53 200
PF-41	59 775	70 000	30 000	71 200	75 000
PF-5	41 081	2 000	45 000	25 000	15 000
PF-6	54 039	5 000	-	15 000	33 333
PF-7	60 738	60 000	99 999	65 324	66 666
PF-8	42 747	50 000	99 999	45 000	99 999
PF-9	15 033	18 500	116 666	23 500	-
Total généra	4 629 282	6 110 500	5 018 590	4 609 317	4 554 880

Tableau 4.A.1 : Résultat de janvier 2019

4.2.1 Interprétation

D'après les tableaux ci-dessus portant le premier mois de l'année il a lieu de faire les comparaisons suivantes :

- Les quantités prévue /quantités commandées.
- Les quantités prévues /quantités vendues.

4.2.2 Comparaison optimal-planifié

Pour faire une comparaison plus objective, il est impératif de considérer lésas suivants :

- Les quantités prévues supérieures aux quantités demandées.
- Les quantités planifiées supérieures aux quantités optimales.

Le premier cas est expliqué par :

1) Rupture de stock qui est causée par les facteurs essentiels:

- Poste infructueux ou situation monopolistique.
- Perturbations irrégulières des consommations.
- Retard dans la prise de décision, ainsi que l'établissement des commandes en temps opportun.

2) L'augmentation des stocks, en quantité surtout, nous amène à mettre en cause la planification du programme initial de fabrication, qui n'est pas en adéquation avec la réalité du marché.

En ce qui concerne le deuxième cas : Les quantités planifiées dépassent largement les quantités optimales, car la planification de production est basée des paramètres figés.

4.2.3 Comparaison prévisions-ventes

On fait de même pour cette comparaison :

Cette situation ne fait que démontrer l'absence de tout coefficient correcteur dynamique, si le terme convient, ou critère valable pour arriver à un ratio convenable entre planification/vente. Il arrive parfois que certains produits restés invendus en fin d'année sont soustraits aux quantités à prévoir, ce que l'unité appelle un «déstockage» qui n'est pas encore un paramètre scientifique.

Quant aux ventes inférieures aux prévues, c'est du aux faits:

- Surestimation en raison d'une rupture dans un produit donné pendant un temps T.
- Pannes machines.
- Produits n'st pas interdit à l'importation

4.3 Tableaux de type B

Les tableaux ci-dessus mettent en évidence les capacités disponibles, ce qui constitue les deux membres de nos contraintes envisagées .Les tableaux comportent aussi une rubrique de comparaison des taux de consommation entre le programme planifié (plan élaboré par la société)et reprogramme optimal.

ateliers	Capacités théoriques	taux utilisation plan planifié	taux utilisation plan optimal	Taux /Planifiés	Taux /Optimal
1	185 000	178 392	181 606	96,43	98,17
2	350 000	311 362	322 724	88,96	92,21
3	220 000	199 998	166 665	90,91	75,76
4	340 000	336 000	336 000	98,82	98,82
5	1 100 000	1 000 000	800 000	90,91	72,73
6	600 000	594 172	594 252	99,03	99,04
7	600 000	580 600	484 900	96,77	80,82
8	270 000	266 400	230 400	98,67	85,33
9	120 000	161 666	48 333	134,72	40,28
10	1 250 000	1 110 000	1 110 000	88,80	88,80
11	280 000	280 000	280 000	100,00	100,00
Total généra	5 255 000	5 018 590	4 554 880	95,50	86,68

Tableau 4.B.1 : Résultat de la contrainte capacité

ateliers	Stocks disponiblité inputs	taux consommation plan planifié	taux utilisation plan optimal	Planifiés/th	Optimal/th
1	1 200	1 080	1 040	90,00	86,67
2	2 900	2 580	2 892	88,97	99,72
3	1 300	1 335	1 120	**102,69**	86,15
4	2 600 000	336 000	336 000	12,92	12,92
5	400 000	500 000	400 000	**125,00**	100,00
6	1 600	1 291	1 254	80,69	78,38
7	350	355	334	**101,43**	95,43
8	200	215	180	**107,50**	90,00
9	68	95	45	**139,71**	66,18
10	1 179 000	1 110 000	1 090 000	94,15	92,45
11	450	337	336	74,89	74,67

Tableau 4.B.2 : Résultat de la contrainte disponibilité

4.3.1 Interprétation

La société ne faisait pas d'inventaires sur les capacités disponibles dont elle Tableau VII-B.3 Comparaison des taux d'exploitation dispose. Pour cela le programme conçu pour le mois ne pouvait être réalisé, car certaines contraintes dépassaient les bornes par lesquelles elles étaient conditionnées, ce qui perturbe toutes les marges d'exploitation préalablement calculées.

Exemples des contraintes non respectées

- **Contrainte capacité :**

Malgré les immenses capacités offertes, il n'en demeure pas moins que sur certains atelier, où les capacités disponibles sont dépassées atelier 9 utilise 134 % des capacités alors que l'optimal n'utilise que 40 %

- **Contraintes stocks disponibles :**

Certains ateliers consomment plus par rapport aux stocks disponibles et engendrent des perturbations par rapport à la priorisation dans le traitement des dossiers des inputs qui sont au niveau de la douane.

Programme optimal:

Notre plan optimal quant à lui énumère toutes les ressources disponibles, leur associes les marges à réaliser correspondantes à l'optimum; nous remarquons que toutes les contraintes sont respectées, ceci est illustré dans la rubrique de comparaison.

4.4 Tableaux de type C

L'étude, des tableaux précédents, nous amène obligatoirement considérer le programme optimal au lieu du programme planifié par l'unité.

ateliers	Val production Planifiée	Val production Optimal
1	42 129 456	42 110 108
2	41 408 780	47 117 560
3	17 599 824	14 866 518
4	27 264 000	27 864 000
5	18 900 000	45 200 000
6	36 066 524	36 326 924
7	44 793 000	37 379 900
8	24 105 600	20 188 800
9	14 333 290	8 883 267
10	67 895 000	70 559 000
11	25 240 000	26 440 000
Total	359 735 474	376 936 077

Tableau 4.C.1 : valeur de la production

ateliers	Quantités Plan	Val production Planifiée	Quantités Optimales	Val production Optimal	Taux Utilisation des capacités /Plan	Taux Utilisation des cap /optimal
1	178 392	42 129 456	181 606	42 110 108	96,43	98,17
2	311 362	41 408 780	322 724	47 117 560	88,96	92,21
3	199 998	17 599 824	166 665	14 866 518	**90,91**	75,76
4	336 000	27 264 000	336 000	27 864 000	98,82	98,82
5	1 000 000	18 900 000	800 000	45 200 000	**90,91**	72,73
6	594 172	36 066 524	594 252	36 326 924	99,03	99,04
7	580 600	44 793 000	484 900	37 379 900	**96,77**	80,82
8	266 400	24 105 600	230 400	20 188 800	**98,67**	85,33
9	161 666	14 333 290	48 333	8 883 267	**134,72**	40,28
10	1 110 000	67 895 000	1 110 000	70 559 000	88,80	88,80
11	280 000	25 240 000	280 000	26 440 000	100,00	100,00
Total	5 018 590	359 735 474	4 554 880	376 936 077	95,50	86,68

Tableau 4.C.2 : quantités et valeurs et taux utilisation des capacités

4.4.1 Interprétation

Nous remarquerons qu'il n'y a pas une proportionnalité entre le la production et l'utilisation des capacités d'une manière rationnelle où «produire plus n'entraîne pas profit automatiquement ».

4.5 Tableaux de type D

Atelier 2						
N var	2					
N cont	6					
var	X1	X2	val prod			
coe Cj et Z	2975000	3886260	47 117 560			
contrainte						taux
Prev X1	1	0	8	≥	8	
Prev X2	0	1	6	≥	6	
comand X1	1	0	8	≤	9	
comand X2	0	1	6	≤	7	
cap	25000	20000	320 000	≤	350000	91,43
dis	189	230	2 892	≤	2900	99,72
dis	14	9	166	≤	220	75,45
type	ent	ent				
valeur Xj	8	6				

Tableau D-1 : Résultats Atelier 2

Atelier 3						
N var	2					
N cont	6					
var	X1	X2	val prod			
coe Cj et Z	2733306	3133302	14 866 518			
contrainte						taux
Prev X1	1	0	2	≥	1	
Prev X2	0	1	3	≥	1	
comand X1	1	0	2	≤	3	
comand X2	0	1	3	≤	3	
cap	33333	33333	166665	≤	220000	75,76
dis	215	230	1120	≤	1300	86,15
type	ent	ent				
valeur Xj	2	3				

Tableau D-2 : Résultats Atelier 3

Atelier 4						
N var	2					
N cont	6					
var	X1	X2	val prod			
coe Cj et Z	2376000	1776000	27 864 000			
contraintes						taux
Prev X1	1	0	5	≥	5	
Prev X2	0	1	9	≥	9	
comand X1	1	0	5	≤	6	
comand X2	0	1	9	≤	13	
cap	24000	24000	336000	≤	340000	98,82
dis	24000	24000	336000	≤	2600000	12,92
type	ent	ent				
valeur Xj	5	9				

Tableau D-3 : Résultats Atelier 4

Atelier 5									
N var	5								
N cont	12								
var	X1	X2	X3	X4	X5	Val prod			
coe Cj et Z	5200000	5600000	6200000	4000000	6400000	45 200 000			
contrainte									taux
prev X1	1	0	0	0	0	0	≥	1	
prev X2	0	1	0	0	0	1	≥	1	
prev X3	0	0	1	0	0	2	≥	2	
prev X4	0	0	0	1	0	2	≥	2	
prev X5	0	0	0	0	1	3	≥	3	
comand X1	1	0	0	0	0	0	≤	3	
comand X2	0	1	0	0	0	1	≤	2	
comand X3	0	0	1	0	0	2	≤	3	
comand X4	0	0	0	1	0	2	≤	4	
comand X5	0	0	0	0	1	3	≤	4	
cap	100000	100000	100000	100000	100000	800000	≤	1100000	72,73
dis	100000	100000			100000	400000	≤	400000	100,00
type	ent	ent	ent	ent	ent				
valeur Xj	0	1	2	2	3				

Tableau D-4 : Résultats Atelier 5

Atelier 6									
N var	5								
N cont	12								
var	X1	X2	X3	X4	X5	Val prod			
coe Cj et Z	720000	1050000	902400	676800	1426631	36 326 924			
contrainte									Taux
prev 1	1	0	0	0	0	6	≥	6	
prev 2	0	1	0	0	0	7	≥	7	
prev 3	0	0	1	0	0	15	≥	5	
prev 4	0	0	0	1	0	8	≥	8	
prev 5	0	0	0	0	1	4	≥	2	
comand X1	1	0	0	0	0	6	≤	10	
comand X2	0	1	0	0	0	7	≤	10	
comand X3	0	0	1	0	0	15	≤	17	
comand X4	0	0	0	1	0	8	≤	20	
comand X5	0	0	0	0	1	4	≤	4	
cap	15000	15000	15000	15000	13000	592000	≤	600000	98,67
dis	30	45	25	37	22	1254	≤	1600	78,38
type	ent	ent	ent	ent	ent				
valeur Xj	6	7	15	8	4				

Tableau D-5 : Résultats Atelier 6

Atelier 7									
N var	5								
N cont	12								
var	X1	X2	X3	X4	X5	Val prod			
coe Cj	343750	1569400	1330000	3644200	1935000	37 379 900			
contrainte									Taux
prevX1	1	0	0	0	0	6	≥	3	
prevX2	0	1	0	0	0	10	≥	4	
prevX3	0	0	1	0	0	2	≥	1	
prevX4	0	0	0	1	0	2	≥	1	
prevX5	0	0	0	0	1	5	≥	3	
comand X	1	0	0	0	0	6	≤	6	
comand X	0	1	0	0	0	10	≤	11	
comand X	0	0	1	0	0	2	≤	2	
comand X	0	0	0	1	0	2	≤	2	
comand X	0	0	0	0	1	5	≤	5	
cap	6250	26600	26600	26600	15000	484900	≤	600000	80,82
dis		25	20	22		334	≤	350	95,43
type	ent	ent	ent	Eent	ent				
valeur Xj	6	10	2	2	5				

Tableau D-6 : Résultats Atelier 7

Atelier 8								
N var	3							
N cont	8							
var	X1	X2	X3	Val prod				
coe Cj	3456000	2275200	1814400	20 188 800				
contrainte								Taux
prev X1	1	0	0	4	≥	4		
prev X2	0	1	0	2	≥	2		
prev X3	0	0	1	1	≥	1		
comand X	1	0	0	4	≤	5		
comand X	0	1	0	2	≤	3		
comand X	0	0	1	1	≤	2		
dis	25	30	20	180	≤	200	90,00	
cap	36000	28800	28800	230400	≤	270000	85,33	
type	ent	ent	ent					
valeur Xj	4	2	1					

Tableau D-7 : Résultats Atelier 8

Atelier 9							
N var	3						
N cont	8						
var	X1	X2	X3	Val prod			
coe Cj	2250000	6633267	7583290	8 883 267			
contrainte							taux
prev X1	1	0	0	1	≥	0	
prev X2	0	1	0	1	≥	0	
prev X3	0	0	1	0	≥	0	
comand X	1	0	0	1	≤	1	
comand X	0	1	0	1	≤	1	
comand X	0	0	1	0	≤	1	
disp	25	20	20	45	≤	68	66,18
cap	150000	165000	116666	315000	≤	120000	262,50
type	ent	ent					
valeur Xj	1	1	0				

Tableau D-8 : Résultats Atelier 9

Atelier-10											
N VAR	7										
N Cont	16										
var	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	val prod			
coe Cj	1961000	1813000	1961000	2812000	1887000	2479000	2812000	70 559 000			
contrainte											Taux
prev x1	1	0	0	0	0	0	0	10	≥	8	
prev x2	0	1	0	0	0	0	0	2	≥	1	
prev x3	0	0	1	0	0	0	0	2	≥	2	
prev x4	0	0	0	1	0	0	0	9	≥	8	
prev x5	0	0	0	0	1	0	0	1	≥	0	
prev x6	0	0	0	0	0	1	0	2	≥	1	
prev x7	0	0	0	0	0	0	1	4	≥	3	
comand x1	1	0	0	0	0	0	0	10	≤	10	
comand x2	0	1	0	0	0	0	0	2	≤	2	
comand x3	0	0	1	0	0	0	0	2	≤	2	
comand x4	0	0	0	1	0	0	0	9	≤	9	
comand x5	0	0	0	0	1	0	0	1	≤	1	
comand x6	0	0	0	0	0	1	0	2	≤	2	
comand x7	0	0	0	0	0	0	1	4	≤	4	
cap	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	1110000	≤	1250000	88,80
disp	35000	45000	45000	35000	35000	35000	35000	1090000	≤	1117900	97,50
type	ent	ent	ent	ent	ent	ent	ent				
valeur Xj	10	2	2	9	1	2	4				

Tableau D-9 : Résultats Atelier 10

Atelier 11								
N var	4							
N cont	10							
var	X1	X2	X3	X4	Valeur prod			
coe Cj	1560000	1580000	2800000	1480000	26 440 000			
contrainte								Taux
prev X	1	0	0	0	3	≥	3	
prev X	0	1	0	0	2	≥	2	
prev X	0	0	1	0	4	≥	3	
prev X	0	0	0	1	5	≥	5	
comand X	1	0	0	0	3	≤	4	
comand X	0	1	0	0	2	≤	4	
comand X	0	0	1	0	4	≤	5	
comand X	0	0	0	1	5	≤	8	
cap	20000	20000	20000	20000	280000	≤	280000	100,00
dis	20	25	29	22	336	≤	450	74,67
type	ent	ent	ent	ent				
valeur Xj	3	2	4	5				

Tableau D-10 : Résultats Atelier 11

4.6 Conclusion

L'efficacité du programme optimal se fait sentir dans les résultats, dans la mesure où en engageant des moyens réduits on réalise un meilleur bénéfice et on assurant plus au moins les ventes et évitant les surstocks.

Conclusion générale

Conclusion générale

La recherche opérationnelle est une technique de gestion qui s'affirme de plus en plus dans le domaine économique. Ce modeste travail consiste à mettre en évidence un des aspects les plus diversifiés et le rôle que peut jouer cette science dans l'épanouissement d'une entreprise.

Cette modeste étude nous a permis d'une part de mettre en pratique les connaissances acquises durant notre formation universitaire, et d'approcher, d'autre part, les problèmes concrets de la recherche opérationnelle. A ce propos nous avons abordé une étude prévisionnelle permettant de projeter les ventes, ainsi qu'une étude statistique sur les commandes.

Cela a abouti sur un programme linéaire en nombres entiers dont ses résultats sont satisfaisants vis-à-vis des quantités planifiées par la société, tout en vérifiant le critère d'optimalité.

Un programme a été réalisé sous Excel qui en injectant les observations, permet d'avoir les prévisions pour les années à venir. Ce programme n'est pas fait pour l'année 2019, mais il permet d'ailleurs de prévoir n'importe quelle autre période.

Nous suggérons à la société de développer une gamme de produit avec prix à forte valeur ajoutée, si elle veut garder son monopole sur la production nationale de part la perte des quantités de ventes globales durant cette dernière décennie.

Les résultats obtenus ne cernent pas tous les problèmes de la société, en perspective de ce modeste travail, le plan de production reste à parfaire, le plan d'approvisionnement et le plan de dispatche (distribution) où la société accorde beaucoup d'importance.

Enfin, nous espérons que notre étude a atteint les objectifs qui lui étaient assignés et contribuera à l'accroissement économique pour les entreprises en générale, et à la société en particulier.

Bibliographie

BIBLIOGRAPHIE

[1] F.DROESBECKE, M.HALLIN, CL.LEFEVRE Programmation par l'exemple Edition ellipse .Paris 1983

[2] DONALD H . SANDARS , A . FRANKLIN MURPH, ROBERT J.ENG Les statistiques une approche nouvelle . Edition Eyrolles Paris.

[3] P.QUITTARD PINON, F.LIGNELET Cours de statistique : décision, estimation, test. tome 2 Edition OPU Alger 1983

[4] M.S. BOUKHEDIMI ,M.BRAHIMI Optimisation du transport du condensat dans l'oléoduc OB .1(Prévision…) Mémoire de fin d'étude . Blida 1996

[5] R.SAKHRI Etude de la maintenance dans l'atelier de tissage de complexe soiri de Boufarik Mémoire de fin d'étude Blida 1996

[6] G.CALOT Cours de statistique descriptive Edition dunod Paris 1982

Annexes

code produit	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
PF-1	88,46	95,83	130,14	66,40	87,75	81,48	47,97	63,91	73,09	190,58	130,04	144,34
PF-10	121,28	123,05	100,92	120,93	148,50	97,47	100,99	42,58	55,82	88,79	106,00	93,68
PF-11	145,40	183,24	143,17	124,86	57,92	89,37	60,78	37,52	51,50	113,25	112,46	80,52
PF-12	100,73	71,06	83,30	152,59	103,04	60,51	81,60	84,44	134,18	86,88	159,91	81,76
PF-13	99,17	105,30	93,24	74,25	83,45	121,52	57,36	65,74	68,23	61,15	169,44	201,15
PF-14	58,35	95,76	127,64	148,92	135,14	89,82	67,68	46,09	75,01	64,25	105,16	186,17
PF-15	124,36	99,56	116,85	58,88	87,83	69,20	40,83	52,82	90,89	176,04	140,51	142,22
PF-16	105,79	99,58	101,67	51,43	117,26	65,54	62,23	57,24	63,62	179,22	178,51	117,91
PF-17	88,98	111,12	162,76	66,05	110,99	86,87	87,21	55,73	64,47	128,45	153,12	84,25
PF-18	107,18	111,04	70,64	77,70	137,13	76,08	65,05	76,66	119,68	174,71	120,44	63,69
PF-19	89,25	81,49	96,01	93,07	172,73	66,41	157,30	107,88	94,54	97,13	72,16	72,04
PF-2	75,45	96,46	133,91	82,10	111,78	70,61	54,25	79,28	104,66	216,22	90,08	85,20
PF-20	46,87	86,76	97,79	115,71	111,57	108,64	126,84	99,61	79,10	114,25	88,72	124,13
PF-21	71,63	125,72	106,81	120,24	121,66	104,38	80,49	62,68	35,46	137,95	145,40	87,58
PF-22	110,66	74,02	110,44	83,23	145,39	88,36	98,04	63,63	120,21	163,09	92,43	50,52
PF-23	94,75	86,14	118,89	109,74	84,40	121,39	120,50	74,24	123,14	110,88	99,49	56,44
PF-24	103,67	133,99	104,75	44,88	69,21	95,36	80,90	94,24	90,65	194,51	113,26	74,56
PF-25	66,87	106,38	164,68	138,10	96,33	109,91	114,31	97,45	92,25	71,63	79,63	62,47
PF-26	93,16	102,76	85,11	78,41	73,13	90,36	54,51	94,23	174,58	154,65	108,56	90,54
PF-27	101,07	93,12	80,33	54,08	103,98	68,25	111,49	125,81	142,04	127,82	106,13	85,90
PF-28	102,76	123,62	118,51	76,61	78,11	57,80	106,63	104,06	91,57	101,69	134,93	103,72
PF-29	71,13	109,28	126,24	166,41	95,53	112,15	106,46	83,28	75,55	76,22	89,31	88,45
PF-3	90,12	113,62	96,35	85,02	90,22	85,44	68,76	75,74	115,67	148,66	132,37	98,03
PF-30	77,99	78,24	124,36	150,86	101,08	70,91	116,63	83,31	81,32	86,79	128,76	99,76
PF-31	146,35	67,82	106,85	106,21	102,17	85,21	108,74	76,64	131,67	89,85	84,81	93,69
PF-32	119,35	96,19	102,54	113,88	94,14	121,37	102,98	76,74	93,96	110,78	110,95	57,09
PF-33	98,25	84,22	106,78	111,37	157,20	118,98	92,57	60,57	90,03	116,15	69,08	94,81
PF-34	70,61	98,84	82,03	85,69	117,29	105,90	111,80	103,13	111,85	137,50	88,41	86,97
PF-35	96,21	119,85	102,67	104,75	119,48	93,59	128,90	88,76	99,16	74,36	97,84	74,44
PF-36	131,41	114,94	147,84	44,34	47,03	146,77	74,18	59,41	50,80	75,50	178,23	129,54
PF-37	68,07	166,34	82,48	73,60	83,25	104,81	109,00	103,70	98,97	93,89	108,12	107,78
PF-38	118,81	75,15	90,78	134,99	52,54	67,35	114,62	107,80	101,26	41,68	70,63	224,40
PF-39	74,87	158,41	95,25	74,71	83,72	112,93	117,34	110,19	101,87	71,79	113,26	85,67
PF-4	73,15	104,68	78,81	101,69	64,83	117,53	74,98	89,80	121,68	163,89	120,60	88,37
PF-40	199,53	94,77	117,82	89,09	42,52	127,03	84,80	41,19	43,79	71,10	104,85	183,51
PF-41	110,34	53,98	113,09	92,76	93,85	142,64	69,12	41,72	98,31	168,00	129,30	86,90
PF-5	138,28	146,23	98,52	140,31	157,53	95,70	21,11	31,77	19,16	88,72	123,54	139,13
PF-6	94,75	98,48	75,75	36,36	67,46	130,14	84,77	95,07	119,84	112,77	156,82	127,79
PF-7	91,50	125,30	141,63	74,10	125,59	90,17	60,30	63,34	82,26	150,07	127,82	67,91
PF-8	100,10	118,10	135,88	65,91	108,54	96,66	68,67	59,55	106,61	152,03	98,31	89,66
PF-9	115,08	70,41	55,26	42,60	75,02	67,65	143,14	199,65	60,62	179,52	96,37	94,68

Tableau A-1: Indices saisonniers par produit