

Mémoire

Présenté par

KENNOUCHE Samia

Pour l'obtention du diplôme de Magister

Filière : Science de Gestion

Option : Gestion des entreprises

Thème

**L'usage des techniques de la programmation linéaire dans la
planification de la production : Optimisation linéaire du coût de revient
dans l'entreprise Alcost.**

Soutenu le : jeudi 02 juin 2016

Devant le Jury composé de :

Nom et Prénom

Grade

Mr BOUKRIF Moussa

MCA

Univ. De Béjaïa

Président

Mr CHABI Tayeb

MCA

Univ. De Béjaïa

Rapporteur

Mr ALI ZIANE Mohand ouamer

MCA

Univ. De Bouira

Examineur

Mr IFOURAH Houcine

MCB

Univ. De Béjaïa

Invité

Année Universitaire : 2015/2016

Dédicaces

« Un esprit intuitif est un don sacré et un
esprit rationnel est un serviteur fidèle »

Albert Einstein

À ma famille et à tous mes amis

Remerciements

La réalisation de ce travail résulte de la contribution de plusieurs personnes. De ce fait, j'adresse mes remerciements à toutes ces personnes pour le soutien et les conseils qu'ils m'ont apportés. Je tiens à remercier particulièrement mon promoteur le docteur CHABI Tayeb, docteur en sciences de gestion à l'université de Béjaia. Je le remercie pour son accompagnement, sa disponibilité et son exigence dans l'encadrement de mon travail de recherche.

J'adresse aussi mes plus sincères remerciements aux membres de jury, de pouvoir accepter d'examiner mon travail. Durant mon cas pratique, j'ai effectué un stage au sein de l'entreprise publique de textile à savoir: Alcost de Béjaia, je remercie son directeur général qui a accepté de m'ouvrir les portes de cette entreprise. Je suis très reconnaissante envers son directeur commercial pour m'avoir introduit auprès de nombreux services. Un grand merci à l'ensemble du personnel de l'entreprise Alcost.

Et je termine ces remerciements par une pensée pour mes proches. Mes parents, sans lesquelles je n'aurais jamais poursuivi des études et à qui je dédiais naturellement et affectueusement ce travail. Je pense aussi à mes sœurs, mes frères, et mes amies.

Table des matières

Introduction générale.....	1
Chapitre 1: Les techniques de la programmation linéaire.....	7
Introduction.....	7
Section I. Notions et définition d'un programme linéaire.....	8
I.1. Définitions de la programmation linéaire.....	8
I.2. Synthèse de définition de la programmation linéaire.	9
I.3. Définition d'un programme linéaire.....	10
I.4. Les formes d'un programme linéaire.....	11
I.5. Notions relative à la programmation linéaire.....	12
I.6. Les conditions de formulation d'un programme linéaire	14
I.7. Les hypothèses de linéarité d'un programme linéaire	14
Section II. Formulation d'un programme linéaire.....	17
II.1. L'identification du problème (variable de décision).....	18
II.2. La fonction économique.....	19
II.3. Les contraintes d'activité.....	20
II.4. Le primal et le dual.....	20
II.4.1. Présentation d'un programme dual.	21
II.4.2. Correspondance entre un programme primal et un programme dual.	22
Section III. La résolution d'un modèle linéaire	24
III.1. La résolution des programmes linéaires par la méthode graphique.	24
III.2. La résolution des programmes linéaires par la méthode algébrique.....	26
III.2.1. Variables d'écart.....	26
III.2.2. Coefficients des variables d'écart dans la fonction économique.....	27
III.2.3. La méthode de résolution.....	27
III.3. La résolution des programmes linéaires par la méthode de simplexe.....	28
III.3.1. Principe de l'algorithme de simplexe.....	29
III.3.2. La résolution des programmes de maximisation et type de contraintes (\leq).....	30
III.3.3. La résolution des programmes de maximisation et type de contraintes ($=$)...	32
III.3.4. La résolution des programmes de maximisation et type de contrainte (\geq).....	34
III.3.5. La résolution des programmes de minimisation à (n) variables et (m) contraintes.....	36

III.3.6. La méthode de simplexe révisé.....	40
Section IV. Analyse de post optimal.....	41
IV.1. Interprétation économique.....	41
IV.1.1. Interprétation économique des variables d'activités.....	41
IV.1.2. Interprétation économique des variables d'écart.....	42
IV.1.3. Interprétation économique des coûts marginaux, coût réduit, prix de dual, prix marginal ou prix interne	42
IV.1.4. Interprétation économique des variables duales.....	43
IV.1.5. Interprétation économique du coût caché.	44
IV.2. L'analyse de sensibilité.....	44
IV.2.1. Définition de l'analyse de la sensibilité.	45
IV.2.2. Modification des coefficients de la fonction économique (C_j).....	45
IV.2.3. Modification du vecteur ressource (B_i).....	47
IV.2.4. Modification des coefficients technologiques (a_{ij}).....	48
IV.2.5. Introduction de nouvelles activités(X_j).	50
IV.2.6. L'introduction d'une nouvelle contrainte.	50
Conclusion:.....	52
Chapitre 2 : Typologies des coûts et le coût de revient dans l'entreprise.....	53
Introduction:.....	53
Section I. Typologie des coûts.	54
I.1. Les différentes définitions du coût.....	54
I.1.1. Définition du coût et du coût unitaire.....	54
I.1.2. Définitions du coût de revient.....	55
I.1.3. Différence entre une charge et un coût.....	55
I.1.4. Différence entre le coût et le coût de revient.	56
I.2. Les différentes charges.....	56
I.2.1. Charges directes et charges indirectes.....	56
I.2.2. Coûts fixes, coûts variables et coûts semi-variables.....	57
I.2.2.1. Les charges fixes.....	57
I.2.2.2. Les charges variables.	58
I.2.2.3. Les charges mixtes ou semi-variables.....	60
Section II. Formulation du modèle du coût de revient.....	63
II.1. Le coût d'achat.	64

II.1.1. Méthodes de valorisation des stocks.....	64
II.1.1.1. La méthode du coût unitaire moyen pondéré(CUMP).....	65
II.1.1.1.1. Le CUMP après chaque entrée	65
II.1.1.1.2. Le CUMP à la fin de la période :	66
II.1.1.2. La méthode d'épuisement des lots.	66
II.1.1.2.1. La méthode FIFO (First in First out).	66
II.1.1.2.2. La méthode LIFO (Last in First out).	67
II.1.2. Avantages et inconvénients des méthodes de valorisation.....	68
II.1.3. L'incidence du choix de la méthode d'évaluation du stock sur le résultat.....	68
II.2. Le coût de production.	69
II.3. Le coût de revient.....	70
Section III. Méthodes d'évaluation du coût de revient.....	71
III.1. La méthode des sections homogènes ou des centres d'analyses.....	71
III.1.1. Définition des centres d'analyses.	71
III.1.2. Définition des unités d'œuvre et taux de frais.....	72
III.1.3. Définition des clés de répartitions.....	72
III.1.4. Démarche générique de la méthode des centres d'analyse.....	72
III.1.5. Analyse critique de la méthode.....	73
III.2. La méthode de l'imputation rationnelle des charges fixes.....	73
III.2.1. Principe de la méthode.....	74
III.2.2. Fonctionnement de la méthode.	74
III.2.3. L'analyse critique de la méthode.	75
III. 3. La méthode de direct-costing ou coût variable.	75
III.3.1. La mise en œuvre de la méthode.	77
III.3.2. L'intérêt de la méthode.....	78
III.3.3. L'analyse critique de la méthode.	78
III. 4. La méthode de direct-costing évolué.....	79
III. 5. La méthode de coût direct.....	80
III. 6. La méthode à base d'activité (méthode ABC).....	80
III.6.1. Définition de la méthode ABC.	81
III.6.2. Concepts de base de la méthode.	81
III.6.3. Principe de la méthode.....	82
III.6.4. Les objectifs de la méthode.	82

III.6.5. La mise en œuvre de la méthode.	82
III.6.6. L'analyse critique de la méthode.	83
III.7. La méthode du coût marginal.....	84
Conclusion:.....	85
Chapitre 3 : Etude pratique sur l'entreprise Alcost.....	86
Introduction:.....	86
Section I. Description de l'entreprise objet de l'étude et méthodologie de la recherche.....	87
I.1. Présentation générale de l'entreprise Alcost.....	87
I.1.1. Historique et superficie.	87
I.1.2. Missions et activités de l'entreprise Alcost.	87
I.1.2.1. Les activités principales.	87
I.1.2.2. Activités secondaires.	88
I.1.3. Les capacités de production de l'entreprise.....	89
I.1.4. Système d'organisation de l'entreprise Alcost.....	89
I.1.4.1. La direction générale.	89
I.1.4.2. Les structures fonctionnelles rattachées à la direction générale.	90
I.1.4.3. Les structures opérationnelles.....	90
I.1.4.3.1. La direction exploitation.....	90
I.1.4.3.2. La direction administration et finance.	90
I.1.4.3.3. La direction commerciale.....	91
I.1.4.3.4. La direction développement.	91
I.2. Le processus de production de l'entreprise Alcost.....	91
I.3. Méthodologie du travail.....	92
I.3.1. Le choix du terrain d'étude.....	92
I.3.2. Les techniques et sources de recueil des données.....	94
I.3.3. Les limites de l'étude.	94
Section II. La formulation d'un programme linéaire (optimisation de coût de revient de l'entreprise Alcost).....	95
II.1. Etape 1 : Identification des variables d'activité.....	95
II.2. Etape 2 : Formulation de la fonction objectif de l'entreprise Alcost (le modèle de coût de revient).....	99
II.2.1. Le modèle des coûts variables (minimiser les coûts variables).....	100
II.2.2. Le modèle des coûts fixes unitaire (minimiser le coût fixe unitaire).....	101

II.2.3. Calcul du coût de revient dans l'entreprise Alcost.....	102
II.2.3.1. Le coût de la matière première utilisée.....	102
II.2.3.2. Les coûts de fabrication.....	103
II.2.4. Calcul du coût minute selon l'entreprise Alcost.....	104
II.2.5. La distinction des charges variables et des charges fixes de l'ensemble des frais de fabrication.....	106
II.3. Etapes 3 : Formulation des contraintes.....	107
II.3.1. Les contraintes commerciales.....	107
II.3.2. L'existence des facteurs de production.....	109
II.3.2.1. Contrainte d'approvisionnements limités en matières premières.....	109
II.3.2.2. Contrainte relative au budget prévisionnel de fabrication.....	119
II.3.2.3. Contrainte relative au budget prévisionnel annuel de l'ensemble du coût de revient des produits.....	119
II.3.2.4. Contrainte du temps de fonctionnement des machines.....	120
II.3.2.5. Contrainte relative au nombre limité d'heures de mains d'œuvres disponibles.....	121
II.3.3. Les contraintes logiques.....	122
Section III. La résolution du modèle et l'interprétation économique des résultats obtenus.....	123
III.1. La résolution des modèles de l'optimisation du coût de revient.....	123
III.1.1. La résolution du modèle du coût variable.....	123
III.1.2. La résolution du modèle du coût fixe.....	124
III.2. L'analyse des résultats des modèles de l'optimisation du coût de revient.....	125
III.2.1. L'analyse des résultats obtenus dans le premier programme (optimisation du coût variable).....	125
III.2.1.1. Les variables de décision de la fonction objectif.....	125
III.2.1.2. Les variables d'écarts arbitraires à l'utilisation des ressources.....	126
III.2.2. L'analyse des résultats obtenus dans le deuxième programme (optimisation du coût fixe unitaire).....	130
III.2.2.1. Les variables de décision et la fonction objectif.....	130
III.2.2.2. Analyse des coûts fixes unitaires.....	131
III.2.2.3. Les variables d'écarts arbitraires à l'utilisation des ressources.....	133
III.3: L'indicateur d'efficience de l'entreprise Alcost.	135

III.3.1. Définition de l'efficience.....	135
III.3.2. Le ratio d'efficience calculé sur la base des données de l'entreprise Alcost.....	136
III.3.3. Calcul du ratio d'efficience après l'application du modèle linéaire.....	136
III.4. Les recommandations tirées de l'étude.	137
Conclusion.....	138
Conclusion générale.....	139
Bibliographie.....	146
Annexes.....	151

Liste des abréviations

L'abréviation	L'intitulé de l'abréviation
ABC	La méthode à base d'activité (activity based costing).
ADL	Arther D Little.
AGROMAN	Agro-alimentaires et manufacturières.
ALCOST	Algérien des costumes.
ANDI	Agence nationale du développement des investissements.
BCG	Boston consulting groupe.
B/M	Bleu marin.
B/N	Bleu nuit.
B/P	Bleue police.
CA	Chiffre d'affaires.
CAMPC	Coût d'achat des matières premières consommées.
CAMPU	Coût d'achat des matières premières utilisées.
CCB	Complexe costume de Béjaia.
CD	Coût de distribution.
CF	Coût fixe.
CFU	Coût fixe unitaire.
CFPT	Coût fixe partiel total.
CFPU	Coût fixe partiel unitaire.
C&H	Confection et habillement.
CIR	Coefficient d'imputation rationnelle.
CPE	Comité des participations de l'État.
CPV	Coût des produits vendus.
CR	Coût de revient.
CRU	Coût de revient unitaire.
CUMP	Coût unitaire moyen pondéré.
CV	Coût variable.
CVU	Coût variable unitaire.
DA	Dinars algériens.
DGPC	Direction générale de la protection civile.
DGSN	Direction générale de la sureté nationale.

Liste des abréviations

DIR	Différence d'imputation rationnelle.
ECOTEX	Entreprise de confection textile.
EPE	Entreprise publique économique.
ERP	Entreprise ressource planning.
Eurl	Entreprise unipersonnelle à responsabilité limitée.
FAGS	Fermeture à glissière.
FIFO	First in first out.
HG	Haut de gamme.
HOLDMAN	Holding industries manufacturières.
ISO	Organisation internationale de normalisation.
KDA	Kilos dinars
LIFO	Last in first out.
MCVS	Marge sur le coût variable spécifique.
MDA	Million de dinars.
ML	Mètre linéaire.
MM	Millimètres.
MSCV	Marge sur le coût variable.
MSCVU	Marge sur le coût variable unitaire.
PCG	Plan comptable général.
PEPS	Premier entré, premier sortie.
DEPS	Dernier entré, premier sortie.
PV	Procès verbal.
SAM	Standard alloué moyen.
SCF	Système comptable financier.
SGP	Société de gestion des participations.
SONITEX	Société nationale des industries textiles.
SPA	Société par actions.
SR	Seuil de rentabilité.
TMSCV	Taux de marge sur coût variable.

Liste des tableaux

Numéro du tableau	Intitulé du tableau	Numéro de page
Tableau N° 01.	Correspondance primal-dual.	23
Tableau N° 02.	Le tableau de simplexe (solution de base $Z=0$).	31
Tableau N° 03.	Le tableau suivant de simplexe (itération suivante).	32
Tableau N° 04.	Le tableau de simplexe (solution de base $Z=0$).	33
Tableau N° 05.	Tableau indiquant l'itération suivante.	34
Tableau N° 06.	Le tableau de simplexe (solution de base $Z=0$).	35
Tableau N° 07.	Le tableau de simplexe.	35
Tableau N° 08.	Regroupement des charges.	61
Tableau N° 09.	La hiérarchie des coûts.	63
Tableau N° 10.	Valorisation du stock en période de hausse et de (baisse) des prix d'achat.	68
Tableau N° 11.	Les différents produits de l'entreprise Alcost.	88
Tableau N° 12.	Les variables d'activité du modèle correspondent à la production de l'entreprise Alcost.	98
Tableau N° 13.	Les charges d'exploitation dans l'entreprise Alcost.	104
Tableau N° 14.	Le calcul du temps productif annuel.	105
Tableau N° 15.	Les parts de marché des différents produits de l'entreprise Alcost.	108
Tableau N° 16.	Nombre d'heurs de mains d'œuvres et heures machines pour chaque produit.	121
Tableau N° 17.	Les résultats sur les variables d'écarts et la valeur marginale du programme de minimisation du coût variable.	128
Tableau N° 18.	Le coût fixe unitaire partiel optimal.	132
Tableau N° 19.	Les résultats sur les variables d'écarts et la valeur marginale du programme d'optimisation de la production.	133
Tableau N° 20.	Les ressources limitant l'optimisation de l'objectif.	135

Liste des schémas

Numéro du schéma	Intitulé des schémas	Numéro de page
Schéma N° 01.	La démarche à suivre dans l'optimisation d'un programme linéaire.	18
Schéma N° 02.	Types de solution en programme linéaire.	24
Schéma N° 03.	L'organigramme de l'algorithme de simplexe- maximisation.	39
Schéma N° 04.	Le processus de fabrication dans l'entreprise Alcost.	92

Liste des graphes

Liste des graphes	Liste des graphes	Numéro de pages
Graphe N° 01.	Évolution du coût fixe total en fonction des quantités.	58
Graphe N° 02.	Évolution du coût fixe unitaire en fonction des quantités.	58
Graphe N° 03.	Évolution du coût variable total en fonction des quantités.	59
Graphe N° 04.	Évolution du coût variable unitaire en fonction des quantités.	59
Graphe N° 05.	Évolution du coût semi-variable total en fonction des quantités.	60
Graphe N° 06.	Évolution du coût semi-variable unitaire en fonction des quantités.	60

Liste des notations

\mathbb{IN} : Ensemble des nombres entiers;

\mathbb{IR} : Ensemble des nombres réels.

Introduction générale

Introduction générale

L'entreprise est définie comme étant une intégration de plusieurs facteurs dans le but de produire ou d'échanger des biens et services. Elle transforme des matières premières ou des produits semi-finis en produits finis à l'aide des moyens de production : on trouve les moyens humains tels que les cadres, les employés; les moyens matériels qui sont les moyens physiques utilisés par une entreprise pour fabriquer des produits et/ou les services nécessaires à la réalisation de sa mission; on trouve également les investissements tels que les terrains, les bâtiments, etc, et les matières et fournitures exemple: les marchandises, les matières premières, et les moyens de financement.

Dans un monde concurrentiel, les entreprises cherchent à optimiser leurs ressources de façon à assurer leurs pérennités, leurs développements et leurs compétitivités, ce qui les oblige à créer les meilleures conditions de production et par conséquent la mise en place d'un processus de gestion pertinent en jumelant une analyse basée sur le plan d'expérience et sur leur intuition, avec les différents outils de gestion. Les entreprises productives, et afin d'assurer une bonne satisfaction des clients, tendaient à produire avec une certaine anarchie (une production basée sur l'intuition et ne pas sur les techniques quantitatives pour planifier la production), ce qui traduisait toujours par une augmentation des coûts de revient des produits issus principalement par la production des produits à fort coût de revient.

Le processus de détermination de coût de revient d'un produit est le cheminement de celui-ci depuis son entrée au magasin sous forme de matières premières jusqu'à sa vente sous forme de produit fini. Les diverses charges seront regroupées pour former le coût correspondant; la somme de ces dernières représentent le coût de revient. En effet, le coût de revient trouve ses importances dans plusieurs types de décision, comme la fixation du prix de vente, la détermination de la marge bénéficiaire, l'évaluation de l'efficacité du système de production, etc. Pour ces raisons et d'autres, les entreprises doivent familiariser avec la notion des coûts et ses conséquences sur les plans administratifs et opérationnels, en estimant les coûts de revient pour servir de base à la prise de décision.

De ce fait, il est primordial de minimiser ses dépenses et de rechercher un coût de revient le plus faible possible. En effet, les gestionnaires s'intéressent à la

planification de la production, qui consiste à mettre en application des méthodes et techniques dans le but d'accomplir la transformation des matières en produit fini, elle se résume en la combinaison des ressources, de production dans un planning avec pour but d'assurer la fabrication du produit en qualité et en quantité définie. «Gérer une entité économique, c'est utiliser au mieux les ressources rares disponibles afin d'atteindre les objectifs de cette entité¹». Donc, l'entreprise est amenée, à prendre des décisions interdépendantes, car son fonctionnement consomme des ressources qu'il convient de partager, les ressources disponibles sont des contraintes à respecter. De ce fait, l'entreprise tendait à organiser ses activités pour assurer le bon fonctionnement de ses ressources en utilisant des outils et des techniques afin de maîtriser les coûts de revient au sein de l'entreprise, qui est considérée comme l'une des composantes essentielles de la politique et de la stratégie de l'entreprise.

Problématique :

Aujourd'hui sous l'ère d'une forte concurrence, l'importance est accordée au calcul et à la maîtrise des coûts de revient qui ouvre à l'entreprise une opportunité de pérenniser et d'acquérir des parts de marché. De ce fait, il est important que le gestionnaire connaisse parfaitement les procédures comptables à utiliser pour dégager les résultats par produits, s'il veut éviter les erreurs d'interprétation et les mauvaises décisions. Dans ce souci, l'entreprise fait recours de plus en plus à l'usage des techniques quantitatives tel que : la comptabilité analytique et le calcul de coût et son optimisation par la technique de la programmation linéaire; ce qui permet à l'organisation la planification de ses ressources de production, ceci permettra également, l'optimisation des ressources en minimisant les coûts de revient afin d'exercer un avantage concurrentiel sur le marché et d'être compétitive, en maîtrisant la gestion de ses ressources.

Parmi ces techniques, les techniques de la programmation linéaire ont trouvée de nombreuses applications dans le domaine de l'aide à la décision en matière de stratégie de production et en particulier, de conception de plan de production; comme technique de base pour proposer une solution capable de respecter l'ensemble des contraintes et d'optimiser l'objectif de l'entreprise.

L'importance de l'optimisation et la nécessité d'un outil simple pour modéliser des problèmes de décision que soient économiques, militaires ou autres, on fait de la

¹ LECLERE Dédier, l'essentiel de la comptabilité analytique, analyser les coûts pour bien décider, 4^{ème} édition, groupe Eyrolles, Paris 1997, P6.

programmation linéaire un des champs de recherches les plus actifs au milieu du siècle précédent. Les premiers travaux sont celles de George B. Dantzig² (1947) et ses associés du département des forces de l'air des États-Unis d'Amérique. Les problèmes de programmations linéaires sont généralement liés à des problèmes d'allocations des ressources limitées, de la meilleure façon possible, afin de maximiser un profit ou de minimiser un coût. C'est un outil très puissant des techniques de la recherche opérationnelle ; on distingue dans la programmation linéaire : la programmation linéaire en nombre réel, pour laquelle les variables de décision sont déterminées dans l'ensemble des nombres réel positif (\mathbb{R}^+) et la programmation linéaire en nombres entiers, pour laquelle les variables sont déterminées dans l'ensemble des nombres entiers (\mathbb{N}).

Tel que, une bonne planification doit essayer de concilier au mieux des objectifs souvent contradictoires:

Fournir à la production les conditions de travail les plus correcte possible, ce qui demande au minimum qu'à tout moment, les ressources nécessaires à la production soient disponibles, qu'il s'agisse des équipements, des ressources humaines ou des matières premières. Pour assurer une production au moindre coût et une rentabilité maximale.

Ces objectifs sont limités par des contraintes: on fixera la demande à satisfaire au cours de chaque période et on imposera que les besoins requis pour la production prévue soient couverts par les capacités. On se ramène ainsi à des modèles de minimisation de coût sous contraintes de demande et de capacité.

Dans cet objectif s'inscrit notre problématique sur le rôle des techniques quantitatives dans la planification de la production dans une entreprise productive afin de minimiser le coût de revient.

Pour une entreprise productive, le but principal est la réalisation du profit. Dans cet objectif il y a lieu de se demander :

- A. Quels produits l'entreprise doit-elle fabriquer, en quelle quantité pour réaliser le maximum de profit?
- B. Quel est le programme de production qui va lui permettre d'optimiser l'utilisation de ses ressources?
- C. Comment pouvons-nous minimiser le coût de revient de l'entreprise ?

Notre recherche s'intéresse à apporter des réponses à ces préoccupations. En général, le problème à résoudre est de mettre en place un plan de production qui optimise

² MTETWA David k.j, programmation linéaire, African Virtual university, P36.

les coûts de revient, un mauvais choix dans l'estimation des variables de décision ou des disponibilités des ressources (matières premières, main-d'œuvre, etc), peut entraîner des pertes dans le résultat comptable et des parts de marché.

Afin d'apporter des réponses à notre problématique, nous avons procédé à supposer deux hypothèses qui vont nous permettre d'éclairer notre champ de recherches.

Première hypothèse: les techniques de la programmation linéaire permettent à l'entreprise de planifier ses ressources à partir de l'optimisation de son coût de revient.

Deuxième hypothèse: le coût de revient de l'entreprise regroupe la totalité des coûts enregistrés.

- l'augmentation de la production augmentera les coûts variables qui varient avec la variation de la production et les coûts fixes qui représentent les coûts de structure dépend seulement de la capacité de production et qui sont indépendants du niveau d'activité sont constants.
- l'augmentation de la production permet la minimisation des coûts fixes par unités et qui varient avec la variation de la production (une relation inverse avec l'augmentation de la production) et le coût variable par unité est constant.

L'objectif de notre travail :

Vu les difficultés du secteur textile à réaliser les objectifs assignés, malgré l'importance des investissements effectués au sein de ce secteur et les différents plans d'aide à l'investissement mis en œuvre par l'État, on cite à titre d'exemple le programme national de développement des investissements par l'agence (ANDI). Pour ces raisons, nous avons choisi comme terrain d'étude un échantillon de ce secteur en l'occurrence l'entreprise Alcost de Béjaia.

L'objectif principal de ce travail consiste à présenter l'outil de la programmation linéaire comme un outil efficace dans la planification optimale de la production dans une entreprise productive. Dans cette optique nous avons choisi comme terrain d'étude l'entreprise Alcost Béjaia qui constitue notre champ de recherches, nous allons par l'accompagnement de cette entreprise et la mise à notre disposition des informations nécessaires pour notre travail, planifier la production de l'entreprise en utilisant l'outil de la programmation linéaire. Nous allons dans un premier temps, minimiser les coûts variables, puis dans un deuxième temps, optimiser la production afin d'amortir les coûts fixes unitaires. Pour ce faire, nous allons collecter les données relatives à l'activité de l'entreprise, puis nous allons essayer de construire les programmes linéaires afin de les résoudre par le logiciel

«Storm»; par la suite, nous allons faire apparaître le manque à gagner que l'entreprise pourra éviter si elle applique cet outil, par le biais d'une analyse comparative entre les coûts enregistrés dans l'entreprise avec les coûts optimaux (résultat du modèle).

Nous tenterons dans ce travail, non seulement de répondre à l'ensemble des questions posées, mais aussi de donner des recommandations aux décideurs afin de planifier au mieux leur production et d'orienter l'activité de l'entreprise et de rationaliser l'utilisation des ressources disponibles.

Plan du travail :

Afin de porter des réponses à notre problématique, on a subdivisé le travail en trois (03) chapitres :

Le premier chapitre traite les techniques de la programmation linéaire dans lequel on va essayer de se familiariser avec les notions relatives à la programmation linéaire, tel que pour pouvoir étudier les techniques de la programmation linéaire, il s'agit de se référer à la méthodologie de conception de programme linéaire, de résolution et de l'analyse des résultats.

Dans la première section on va essayer de mettre en exergue les notions et définitions d'un programme linéaire. La deuxième section aborde la formulation d'un programme linéaire. En effet, une fois un problème est modélisé sous forme d'un modèle linéaire composé d'une fonction économique (objectif) et d'un sous-système de contraintes sous forme d'équations ou des inéquations linéaires. Ensuite, la troisième section est consacrée à la résolution du programme par les différentes méthodes (graphique, algébrique et simplexe). La dernière section est réservée à l'analyse de poste optimal, tel que dans un premier temps, on donne des interprétations économiques aux différentes variables, et dans un second temps on passe à l'analyse de sensibilité engendrée par la variation de l'un des paramètres du modèle du programme linéaire.

Le deuxième chapitre avance les notions sur le calcul du coût de revient. Dans ce deuxième chapitre qu'on devise en trois sections, on va aborder la définition et typologie des coûts dans la première section, la deuxième section traitera la formulation du modèle du coût de revient, et enfin les méthodes d'évaluation du coût de revient seront étudiées dans la troisième section.

Après avoir construit un cadre théorique à notre recherche, on passe à l'application sur le terrain, tel que dans le troisième chapitre on traite le cas de l'entreprise Alcost, ce chapitre est scindé en trois sections. La première section est une description de l'entreprise

Alcost, ainsi que la méthodologie de notre travail, la deuxième section sera consacrée à la formulation des modèles de la programmation linéaire sur la base des données recueillies au sein de l'entreprise Alcost, après la formulation on va les résoudre à l'aide du logiciel «Storm» et nous allons analyser les résultats des modèles sur lesquelles nous allons formuler des recommandations au décideur de l'entreprise en question et ce sera l'objet de la troisième section.

Chapitre 1:
Les techniques de la
programmation linéaire

Introduction :

La programmation linéaire est une technique qui permet de résoudre un grand nombre de problème de gestion. Cette technique consiste à modéliser le problème posé sous forme d'un modèle linéaire, ensuite, elle assure la résolution du problème, enfin, l'interprétation des résultats obtenus et ainsi que l'analyse de sensibilité qui demeure nécessaire dans un environnement turbulent, constituent les sources d'information pour le décideur de l'entreprise.

En effet, la modélisation linéaire est généralement liée à des contraintes d'allocations des ressources limitées et à la meilleure façon possible d'exploiter, afin de maximiser le profit ou de minimiser les coûts de revient. Donc, le problème que l'on se pose est de réaliser les objectifs d'une entreprise sujette à des restrictions des ressources.

De ce fait, ce chapitre est décomposé en quatre sections : la première section sera réservée aux notions et définitions d'un programme linéaire, la deuxième section traitera la formulation d'un programme linéaire ; la troisième section abordera la résolution d'un modèle linéaire, et la quatrième section sera consacrée à l'analyse de post-optimal.

Section N° I. Notions et définitions de la programmation linéaire.

L'importance de l'optimisation est la nécessité d'un outil simple pour modéliser des problèmes de décision dans l'entreprise, ces méthodes furent connues sous le nom de programmation linéaire, développée principalement par George B DANTZIG¹ (né le 8 novembre 1940), mathématicien américain et créateur de la méthode du simplexe, et L.V.KANTOROVICH² (1912-1986)³; On fait de cette technique un des champs de recherches les plus actifs.

Les problèmes de programmation linéaire sont généralement liés à des problèmes d'allocations des ressources limitées, de la meilleure façon d'utiliser, afin d'optimiser l'objectif poursuivi par l'entreprise.

I.1. Définitions de la programmation linéaire :

Nous allons citer quelques définitions attribuées par des différents auteurs à la notion de la programmation linéaire, ensuite nous allons donner une synthèse de définition.

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 objectif⁴». 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 Gérald BAILLARGEON: «la programmation linéaire peut se définir comme un outil mathématique qui permet d'analyser divers types de situations dans lesquelles 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 minimiser⁵». 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

¹BENGHEZAL Amour Farouk, programmation linéaire, revues et augmentée, édition de l'office des publications universitaire, 2^{ème} édition, Alger 2006, p69.

² Le mathématicien russe l. v. kantorovich, a penché sur le problème de programmation linéaire avant 1947.

³ DODGE Yadolah, optimisation appliquée, springer-verlag, France 2005, p 89.

⁴NEDZELA Michel, introduction à la science de gestion, méthodes déterministes en recherche opérationnelle, 2^{ème} édition, presses de l'université du Québec, Canada, 1984, p63.

⁵ BAILLARGEON Gérald, programmation linéaire appliqué, outils d'optimisation et d'aide à la décision, copyright © 1996, édition SMG, p5.

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 coûts⁶». 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'œuvre, 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.

I.2. Synthèse de définition de la programmation linéaire.

Dans le domaine des sciences de la gestion, on pourrait dire que la programmation linéaire est un outil scientifique qui permet d'obtenir une meilleure affectation des ressources de l'entreprise (main-d'œuvre, matières premières, capitaux, espace, etc.), pour atteindre un objectif spécifique comme la maximisation des bénéfices ou la minimisation des coûts, «l'objectif de la programmation linéaire est de minimiser (ou maximiser) une fonction objectif linéaire sous contraintes, qui sont représentées par des égalités et/ou inégalités linéaires⁷».

On constate dans les définitions précédentes que la programmation linéaire est la branche des mathématiques qui étudient les variables d'activités sous la forme d'un programme linéaire et la résolution de certains problèmes d'optimisation sous contraintes linéaires; elle est utilisée, en particulier, dans la production et dans la planification et l'allocation des ressources limitées en vue d'atteindre des objectifs fixés par les décideurs.

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/ou des inégalités.

⁶ JAVET Jean-philippe, programmation linéaire, 2^{ème} option spécifique, P1.

⁷ ZAK Stanslaw H, CHONG K P Edwin, an introduction to optimisation, forth éditions, copyright © 2013 by john wiley & sons, USA, P 316.

et le vecteur colonne $[b_1, b_2, \dots, b_i, \dots, b_m]$ qui, doit avoir une valeur bien déterminée (avec certitude) et peut être positif ou nul. Le paramètre (b_i) représente la quantité des ressources disponibles dont le bien (X_j) utilise une quantité égale à $[a_{ij} x_j]$. «Les constants (à savoir, les coefficients et les côtés de droite) dans les contraintes et la fonction objectif sont appelés les paramètres du modèle⁸».

I.4. Les 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 comme suit:

Maximiser ou minimiser selon l'objectif une fonction économique (Z):

$$\text{Max ou Min (Z) = } C_1X_1 + C_2X_2 + \dots + C_jX_j + \dots + C_nX_n.$$

Sous contraintes :

$$\left\{ \begin{array}{l} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1j}x_j + \dots + a_{1n}x_n (\leq, =, \geq) b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2j}x_j + \dots + a_{2n}x_n (\leq, =, \geq) b_2 \\ \dots \\ a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + \dots + a_{ij}x_j + \dots + a_{in}x_n (\leq, =, \geq) b_i \\ \dots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mj}x_j + \dots + a_{mn}x_n (\leq, =, \geq) b_m \\ X_1, X_2, \dots, X_j, \dots, X_n \geq 0 \end{array} \right.$$

X_j : variables de décision.

b_i : seconds membres (les disponibilités).

C_j : coefficients de la fonction objectif.

a_{ij} : coefficients des contraintes.

1. La forme canonique:

Un programme linéaire est dit sous forme canonique si :

- a) Les contraintes sont sous forme des inégalités d'infériorités et la fonction objectif est exprimée sous forme de maximisation.
- b) Les contraintes sont sous forme des inégalités de supériorité et la fonction objectif est exprimée sous forme de minimisation.

⁸ S.HILLIER Frederick, J. LIEBERMAN Gerald, seventh édition, introduction to operation research, édition Library of Congress cataloging-in-Publication Data, New York 2001, p11.

c) Les contraintes sont sous forme des inégalités d'infériorités, des inégalités de supériorités et des égalités, et la fonction objectif est exprimée sous forme de maximisation ou de minimisation.

On peut obtenir la forme canonique pour n'importe quel programme linéaire à travers des transformations des contraintes.

2. 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'écarts pour type de contraintes (\geq , \leq) et variables artificielles pour type de contraintes (=). «Un problème est sous la forme standard si seulement si les vraies contraintes sont toutes des égalités⁹». Les vraies contraintes désignent les contraintes du programme hormis les contraintes logiques, en d'autres termes ce sont les contraintes opérationnelles.

3. Forme matricielle:

On appelle un système d'équations linéaires, tout système composé de (m) équations à (n) inconnues devant être vérifiées simultanément et dont l'écriture matricielle est de la forme suivante¹⁰:

$$\text{Max ou Min (Z)} = C_1X_1 + C_2X_2 + \dots + C_jX_j + \dots + C_nX_n.$$

Sous contraintes :

$$\begin{pmatrix} a_{11} + a_{12} + \dots + a_{1n} \\ a_{21} + a_{22} + \dots + a_{2n} \\ \dots \\ a_{m1} + a_{m2} + \dots + a_{mn} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_n \end{pmatrix} \leq, =, \geq \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \dots \\ b_m \end{pmatrix}$$

I.5. Notions relatives à la programmation linéaire.

Le traitement du sujet de la programmation linéaire, nécessite de mettre quelques notions relatives au sujet en exergue. «Les composants essentiels d'un problème d'optimisation sont un ensemble de variables de décision, une fonction objectif des variables à

⁹ MOREL.P, recherche opérationnelle, programmation linéaire, p10.

¹⁰ PATRICK Guy, BANTSIMBA Mafouta, mathématiques pour l'économie, méthodes et exercices corrigés, éditions De boeckp, paris 2005, 106.

être agrandie ou réduite, et un ensemble de contraintes qui caractérisent les valeurs acceptables des variables¹¹».

• **La fonction économique :**

On doit définir une mesure de performance de l'entreprise en fonction des valeurs prises par les variables de décision. Cette fonction économique devient le critère permettant de choisir parmi les lignes d'actions possibles. «La fonction économique est le nom que nous donnons à la fonction, nous pouvons aussi appeler le critère de fonction de coût ou d'optimisation, c'est cette fonction que l'algorithme d'optimisation va essayer d'optimiser (trouver un optimum)¹²». On appelle fonction économique la fonction qui doit être optimisée.

• **Les variables d'activité [X_j : $X_1, X_2, \dots, X_j, \dots, X_n$] :**

Ces variables sont appelés les variables de contrôle ou variables instrumentales ou variables de commande ou plus brièvement les commandes du programme. «On représente par (X_j) les variables d'activité du programme linéaire; les variables (X_j) ont une signification concrète (quantités produites, vendues ou transportées, durées, valeurs monétaires, etc.). Ces variables sont toujours positives ou nulles (condition de non-négativité, $X_j \geq 0$ ¹³». L'agent décideur a la capacité d'interpréter ces variables et son choix final sera la valeur (X_j^*) qui optimise la fonction objectif.

• **Les coefficient de la fonction objectif [C_j : $C_1, C_2, \dots, C_j, \dots, C_n$] :**

On représente par (C_j) le coefficient de la variable [X_j : $X_1, X_2, \dots, X_j, \dots, X_n$] de la fonction économique. Dans beaucoup de cas, les coefficients des variables d'activité de la fonction économique représentent les profits ou les coûts associés à une unité des différentes activités. En d'autres termes, c'est la contribution unitaire de la variable correspondante à l'objectif poursuivi par l'entreprise.

• **Les contraintes d'activité [$a_{ij}x_j \leq = \geq [b_i]$:**

Etant donné que chaque activité consomme une certaine quantité de chacune des ressources, et qu'on ne dispose que d'une quantité limitée de chaque ressource, il y aura des limitations sur les valeurs prises par les variables de décision; ces limitations seront exprimées par l'intermédiaire de relations exprimant la disponibilité limitée des ressources. On donne à ces relations le nom de contraintes.

¹¹ YE Yinyu, progress in linear programing : interior-point algorithms, march 1994, p1.

¹² COLLETTE Yann, SIARRY Patrick, multiobjective optimization, principles and case studies series editor, publication due august, France 2003, p16.

¹³BAIR Jacques, algèbre linéaire, pour l'économie et les sciences sociale, deuxième édition, édition De Boeck, Bruxelles 1994, p 112.

• **Les coefficients techniques $[a_{ij}]$:**

On représente par (a_{ij}) le coefficient technique associé à la ressource (i) et l'activité numéro (j), il représente une matrice de (i) lignes et de (j) colonnes. « Les coefficients techniques (a_{ij}) représentent la quantité du facteur (i) par produit (j)¹⁴ ». C'est les quantités unitaires nécessaires de chaque ressource pour pouvoir conduire une des activités considérées au niveau unitaire, c'est-à-dire lorsque la variable de décision associée à l'activité en question est égale à un (1).

• **Les ressources disponibles $[b_i : b_1, b_2, \dots, b_i, \dots, b_m]$:**

On représente par (b_i) les quantités des ressources disponibles et qui limitent l'optimisation de l'objectif poursuivi par l'entreprise.

I.6. Les conditions de formulation d'un programme linéaire.

La programmation linéaire comme étant un modèle admet des hypothèses (des conditions) que le décideur doit valider avant de pouvoir les utiliser pour modéliser son problème. Ces hypothèses sont¹⁵:

1. Les variables de décision du problème sont positives ; on ne peut pas attribuer des valeurs négatives pour la quantité, la surface, etc.
2. Le critère de sélection de la solution optimale est décrit par une fonction linéaire de ces variables, c'est-à-dire que les variables ne sont pas élevées au carré, ne servent pas d'exposant, ne sont pas multipliées entre elles. La fonction qui représente le critère de sélection est dite fonction objectif (ou fonction économique).
3. Les restrictions relatives à l'activité de l'entreprise (exemple: limitations des ressources) peuvent être exprimées par un ensemble d'équations linéaires. Ces équations forment l'ensemble des contraintes.
4. Les paramètres du problème en dehors des variables de décision ont une valeur connue avec certitude.

I.7. Les hypothèses de linéarité d'un programme linéaire.

L'hypothèse fondamentale de tout modèle de programmation linéaire est que la fonction objectif et chaque contrainte du modèle soient représentées par des expressions

¹⁴ HEMICI Farouk, BOUNAB Mira, technique de gestion, rappels de cours cas d'application, 2^{ème} édition, Dunod, Paris2007, P112.

¹⁵ Ces hypothèses résument celles qui ont été donné par g. b. Dantzig : la proportionnalité, la non-négativité, l'additivité et la linéarité de la fonction objectif.

linéaires, ainsi la fonction objectif et les contraintes ne peuvent contenir de terme de puissance comme $(X_1)^2$ ou des produits comme $X_1 \times X_2$.

L'hypothèse de linéarité et en fait, la conséquence de trois propriétés importantes du modèle de programmation linéaire, soit la proportionnalité, l'additivité et la divisibilité.

1. Axiome de proportionnalité :

Cette condition implique que les contributions de chaque variable à la fonction économique et aux contraintes sont proportionnelles à la valeur prise par cette variable. «Pour chaque activité, les quantités des ressources utilisées et les contributions (profits nets ou coût) sont directement proportionnelles au niveau de cette activité. Cet axiome implique, en particulier, que tous les coefficients (C_j) de la fonction économique sont des constantes. Donc, chaque unité d'activité a le même effet sur la fonction économique. Dans la pratique, ce n'est pas nécessairement le cas: on a souvent des profits décroissants (lorsqu'une unité d'activité rapporte moins que l'unité précédente), soit des économies d'échelle (lorsqu'une unité d'activité rapporte plus que l'unité précédente)¹⁶».

2. Axiome d'additivité:

Les contributions de chaque variable à la fonction économique et aux contraintes sont indépendantes des valeurs prises par les autres variables (X_j). C'est-à-dire que la consommation des ressources par les activités ainsi que le profit engendré par ces derniers est complètement indépendante les unes des autres. « Quels que soient les niveaux d'activités, l'utilisation totale de chaque ressource et la valeur globale de la fonction économique sont égales respectivement à la somme des quantités correspondante résultant de chaque activité prise séparément¹⁷».

L'effet global qui résulte de l'ensemble des activités est égal à la somme des effets pris séparément.

3. Axiome de divisibilité:

Les variables de décision peuvent prendre des valeurs fractionnaires, ce qui les rend non significatif, ce qui nous oblige dans certains cas, de faire appel aux techniques de la programmation linéaire en nombres entiers. « Les variables de décision

¹⁶NEDZELA Michel, Introduction à la science de gestion, méthodes déterministes en recherche opérationnelle, 2^{ème} édition, op.cit, P66.

¹⁷Ibidem, P67.

peuvent prendre des valeurs non négatives quelconques, y compris des valeurs fractionnaires¹⁸».

La méthode de programmation linéaire n'est applicable que lorsque les variables de décision sont divisibles. Les variables de décision (X_j) peuvent prendre n'importe quelles valeurs réelles.

Il existe des programmes linéaires où les variables de décision devraient prendre des valeurs entières ($X_j \in \mathbb{N}$), dans ce cas il faut recourir à la programmation linéaire en nombres entiers.

4. Axiome de certitude:

Cette hypothèse stipule que chaque paramètre du modèle hors les variables du modèle tel que, les coefficients techniques, les coefficients de contribution, les coefficients du second membre est connu avec certitude. Dans le cas réel, où ces paramètres changent, on procède à une analyse de sensibilité ou analyse post optimale pour vérifier et découvrir les paramètres critiques.

¹⁸NEDZELA Michel, Introduction à la science de gestion, méthodes déterministes en recherche opérationnelle, 2^{ème} édition, op.cit, P 67.

Section N° II : Formulation d'un programme linéaire.

Un modèle est un moyen pour mieux comprendre la réalité d'un phénomène quelconque. Un modèle linéaire est un système d'équations ou d'inéquations appelées contraintes, qui sont linéaires. Et à partir de ces contraintes, on doit optimiser une fonction également linéaire appelée objectif.

La formulation du modèle mathématique est l'étape la plus délicate de la résolution d'un problème. Elle nécessite un effort de conception qui doit aboutir à la détermination des trois éléments suivants¹⁹:

- Les variables de décision pour lesquelles on doit décider du niveau à atteindre, tel que le niveau d'activité dans l'entreprise. On suppose que ces variables peuvent prendre n'importe quelle valeur positive.
- La fonction d'objectif qui décrit la relation linéaire représentant l'objectif de l'entreprise, à l'aide des variables de décision.
- Les contraintes du modèle qui décrivent les relations linéaires entre les variables de décision représentant les restrictions auxquelles est soumise l'entreprise.

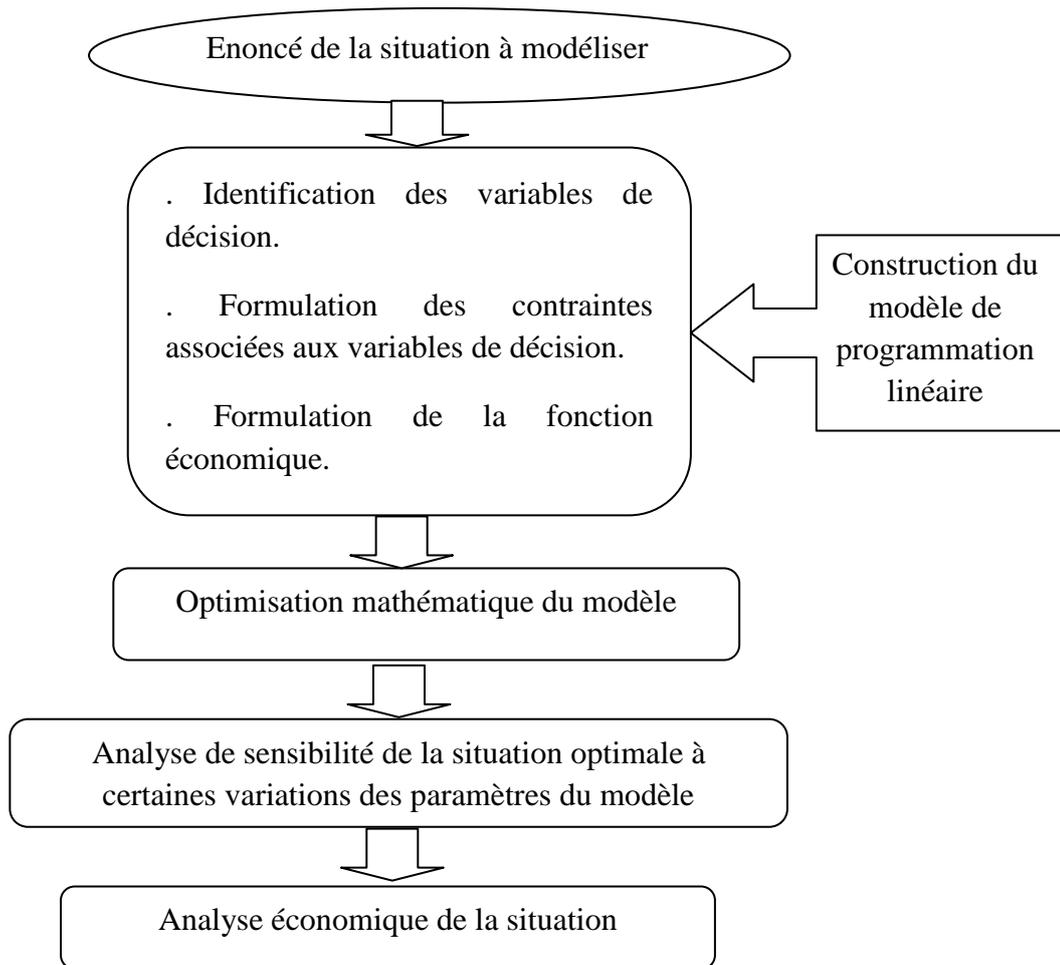
Donc, la formulation d'un modèle linéaire consiste à identifier les variables d'activité du problème posé, c'est-à-dire, désigner l'activité de l'entreprise par des variables X_j [$X_1, X_2, \dots, X_j, \dots, X_n$], ces variables appelées aussi variables de décision après la résolution de programme, lorsque la valeur des inconnus est déterminée dans le modèle. Pour pouvoir traduire l'objectif poursuivi par l'entreprise sous forme d'une fonction économique, il s'agit de calculer les coefficients économiques qui indiquent la contribution à cet objectif. Ces variables d'activités sont associés à des contraintes linéaires.

Nous allons présenter une démarche qui permettra dans la plupart des cas, de structurer sans trop de difficultés un modèle linéaire. Bien que la démarche est simple, mais la complexité de la modélisation provient du contexte même de la situation à modéliser.

Dans le cas où la situation que l'on veut analyser se prête à l'utilisation de la programmation linéaire comme outil d'aide à la prise de décision, la méthode à suivre dans l'application de cette optimisation est la suivante :

¹⁹MELLOULI. K, EL KAMEL. A, BORNE.P, programmation linéaire et applications, édition Technip, Paris 2004, P2.

Schéma N° 01: La démarche à suivre dans l'optimisation d'un programme linéaire.



Source : Cours de recherche opérationnelle 3^{ème} année management²⁰.

Le schéma ci-dessus montre la méthodologie pour étudier un phénomène par la technique de la programmation linéaire. On remarque que la construction d'un modèle linéaire comporte trois éléments importants :

1. Les variables de décision ;
2. La fonction économique ;
3. Les contraintes linéaires.

II.1. L'identification des variables d'activité.

Selon Daniel DEWOLF : «On appelle variable toute quantité utile à la résolution du problème dont le modèle doit déterminer la valeur²¹».

La première étape dans le processus de modélisation est d'identifier correctement toutes les variables de décision (inconnues) de la situation à modéliser. Ces variables indiquent

²⁰ CHABI Tayeb, cours de recherche opérationnelle 3^{ème} année management, 2009-2010, p3.

²¹ DEWOLF Daniel, recherche opérationnelle, université du littoral côte d'opale, master 2 en sciences économiques et de gestion, édition Dunkerque, septembre 2006, p10.

la codification de l'activité de l'entreprise, il s'agit pour l'entreprise de sélectionner le meilleur programme d'activité X_j [$X_1, X_2, \dots, X_j, \dots, X_n$]. Ces variables permettent, suite à la résolution du modèle, la décodification de la solution optimale, une interprétation de la situation est une prise de décision adéquate compatible à l'aspect pratique de la situation. Ces variables peuvent prendre n'importe quelle valeur positive ou nulle; c'est la condition de non-négativité des variables de décision.

On note (X_j) les variables de décision avec $j = 1, 2, \dots, n$. On distingue trois cas possibles :

1. (X_j) peut prendre des valeurs relatives, c'est-à-dire $X_j \geq 0$;
2. (X_j) ne peut prendre que des valeurs entières, c'est-à-dire $(X_j \in \mathbb{IN})$, dans ce cas on parle de la programmation linéaire en nombres entiers et sa résolution peut se faire par des méthodes ou des algorithmes très spécifiques.
3. (X_j) ne peut prendre que des valeurs binaires, c'est-à-dire $X_j = \{0,1\}$, par exemple les problèmes d'affectation.

II.2. La fonction économique.

Une fonction objectif, fonction économique ou fonction critère, elle décrit la relation linéaire représentant l'objectif de l'entreprise. Par exemple : maximisation du profit global, minimisation du coût de transport, maximisation du chiffre d'affaires, minimisation des achats, etc. «On appelle fonction objectif d'un problème d'optimisation le critère de choix entre les diverses solutions possibles²²».

La fonction objectif est une forme linéaire en fonction des variables de décision est de type :

$$\text{Max ou Min } (Z) = \sum C_j X_j = C_1 X_1 + C_2 X_2 + \dots + C_j X_j + \dots + C_n X_n.$$

C_j : C'est le coefficient de contribution de la variable (X_j) dans la fonction objectif, ce coefficient a une valeur connue avec certitude et peut prendre n'importe quelle valeur (positive ou négative). Par exemple, ce coefficient de contribution peut représenter: un profit unitaire ou un coût de transport unitaire, le prix de vente unitaire ou le prix d'achat, etc.

Cette fonction nous permet de traduire l'objectif poursuivi par l'entreprise en équation linéaire. Elle constitue des variables d'activité et des coefficients économiques.

Chaque variable de décision identifiée dans le modèle, correspond à un coefficient indiquant la contribution unitaire de la variable correspondante à l'objectif.

²² DEWOLF Daniel, recherche opérationnelle, op.cit, p10.

II.3. Les contraintes d'activité.

Selon Daniel DEWOLF: «On appelle contraintes du problème toutes les relations limitant le choix des valeurs possibles des variables²³».

Dans la problématique de la situation, il faut être en mesure d'identifier toutes les contraintes imposées par la disponibilité des facteurs de production, elles présentent les éléments qui limitent le calcul économique de l'entreprise comme (capacité de production limitée, les ventes potentielles, main-d'œuvre, espace, budget, etc.). Dans tout problème formulé sous forme d'un programme linéaire il faut prendre en considération un vecteur des ressources disponibles b_i [$b_1, b_2, \dots, b_i, \dots, b_n$].

La forme générale d'une contrainte: $[a_{ij}x_j] \leq = \geq [b_i]$ avec:

(i) : c'est le nombre des contraintes;

(a_{ij}) : c'est le coefficient technique de la variable (X_j) dans la $i^{\text{ème}}$ contrainte ;

(b_i) : c'est le second membre (ressources disponibles).

D'une façon générale, formuler un programme linéaire consiste à identifier les variables de décision (d'activité), d'exprimer ensuite la relation linéaire en formulant l'objectif de l'entreprise et de traduire les limites des facteurs de production disponibles sous des inéquations ou d'équations linéaires. La forme générale du modèle formulé sous forme d'un programme linéaire est composée d'une fonction économique et d'un sous-système de contrainte.

Toutefois, le responsable d'une décision ne dispose que de ses compétences pour réaliser une formulation correcte du problème posé, puisqu'il n'existe pas de méthode de formulation.

II.4. Le primal et le dual.

En programmation linéaire, à tout problème de maximisation peut être associé un problème de minimisation, et vice-versa. Le premier problème est qualifié de primal, le second étant son dual. «On appelle programme de base, l'identification des variables, la donnée de la fonction économique ainsi que du système d'inéquation correspondant aux contraintes²⁴». Les deux problèmes sont étroitement liés.

En programmation linéaire, la dualité est un élément très important. À tout programme linéaire primal, on peut associer un autre programme linéaire dit dual, tel qu'il existe des relations très fortes entre les solutions de l'un et de l'autre.

²³ DEWOLF Daniel, recherche opérationnelle, op.cit, p10.

²⁴ JAVET Jean-philippe, Programmation linéaire, op.cit, p16.

2^{ème} cas: Le programme primal est une minimisation :

Un fournisseur peut convaincre la société de lui vendre ces besoins au lieu qu'elle produisait elle-même, le problème du fournisseur est de choisir un prix pour chaque produit afin de maximiser son revenu. D'où la fonction objectif du dual:

$$\text{Max (W)} = b_1y_1 + b_2y_2 + \dots + b_my_m.$$

Pour l'entreprise, le coût d'achat doit être inférieur au coût de production sinon elle n'accepte pas d'acheter: $a_{1j}y_1 + a_{2j}y_2 + \dots + a_{mj}y_m \leq c_j$

Le deuxième programme obtenu du celui de l'acheteur est comme suit :

$$\text{Min(w)} = b_1y_1 + b_2y_2 + \dots + b_jy_j + \dots + b_my_m.$$

Sous contraintes:

$$\left\{ \begin{array}{l} a_{11}y_1 + a_{21}y_2 + \dots + a_{j1}y_j + \dots + a_{m1}y_m \leq c_1 \\ a_{12}y_1 + a_{22}y_2 + \dots + a_{j2}y_j + \dots + a_{m2}y_m \leq c_2 \\ \dots \\ a_{1i}y_1 + a_{2i}y_2 + \dots + a_{ji}y_j + \dots + a_{mi}y_m \leq c_i \\ \dots \\ a_{1n}y_1 + a_{2n}y_2 + \dots + a_{jn}y_j + \dots + a_{mn}y_m \leq c_n \\ y_1, y_2, \dots, y_j, \dots, y_m \geq 0 \end{array} \right.$$

II.4.2. Correspondance entre un programme primal et un programme dual.

À un problème de programmation linéaire appelé primal, l'opération de dualité associe un autre problème de programmation linéaire appelé dual qui ne sera défini qu'à l'aide des seules données du problème primal. On peut dire que les problèmes primaux et duaux forment un couple de problèmes duaux en se réservant de choisir l'un ou l'autre comme primal, l'autre étant alors le dual.

Les problèmes primaux et duaux sont deux visions différentes du même problème. Le primal exprime l'aspect affectation des ressources, utiliser au mieux les matières premières disponibles par les activités de façon à maximiser le rendement. Le dual exprime, quant à lui, l'aspect formation des prix, il analyse l'importance des valeurs associées aux matières premières dans la constitution du rendement. D'un point de vue économique, on peut dire que si le primal est la transcription mathématique d'un problème d'allocation optimale des ressources, alors le dual permet de déterminer les productivités marginales de ces ressources.

En général, la forme initiale du primal n'est pas toujours canonique. Les correspondances entre n'importe quel programme sont résumées dans le tableau suivant:

Tableau N°01 : Correspondance primal-dual.

Maximum	Minimum
Matrice des coefficients (m*n)	Transposée de la matrice des coefficients (m*n)
Secondes membres des contraintes	Coefficients de la fonction économique
Coefficients de la fonction économique	Seconds membres des contraintes
Nombre de contraintes	Nombre de variables principales
i-ème contrainte =	i-ème variable arbitraire
i-ème contrainte \leq	i-ème variable \geq
i-ème contrainte \geq	i-ème variable \leq
Nombres de variables principales	Nombre de contraintes
j-ème variable arbitraire	j-ème contrainte =
j-ème variable \geq	j-ème contrainte \geq
j-ème variable \leq	j-ème contrainte \leq

Source : Michel Nedzela, Introduction à la science de gestion, méthodes déterministes en recherche opérationnelle, 2^{ème} édition presses de l'université du Québec Canada, 1984, P196.

À l'optimum, le primal et le dual sont liés par les règles suivantes :

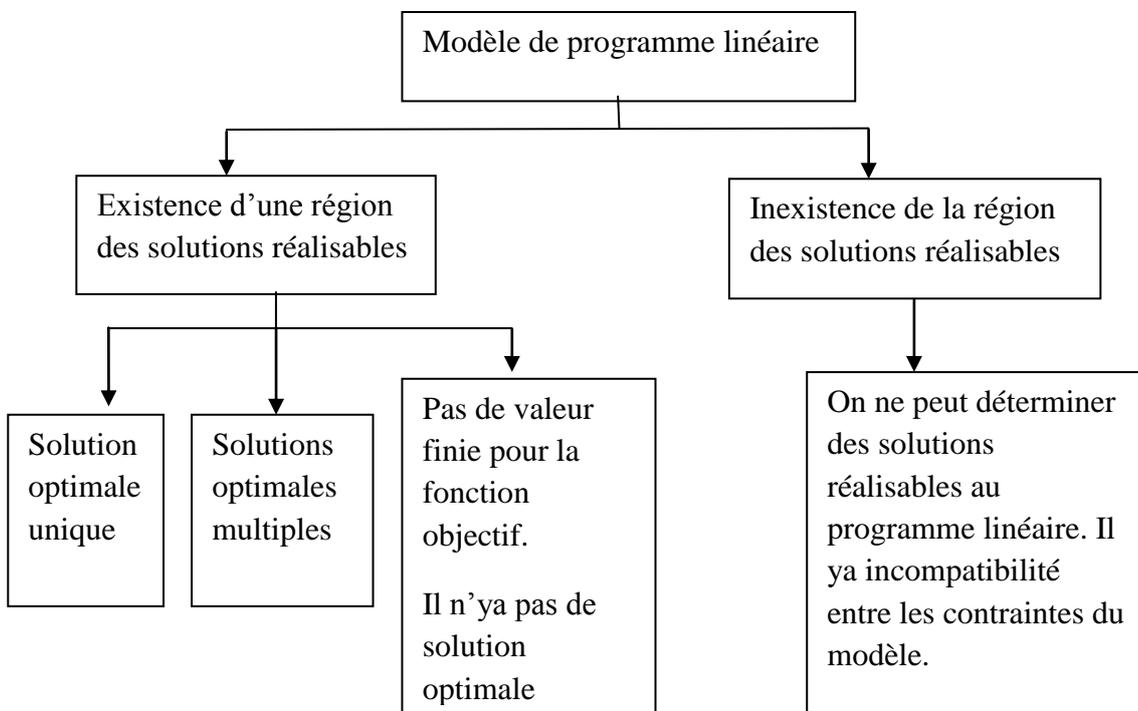
- Le premier point consiste à aligner le sens des contraintes de primal avec l'objectif de programme linéaire. Lorsque l'objectif est de maximiser une fonction économique, les contraintes sont de type (\leq). Inversement, l'objectif minimum, les contraintes sont de type (\geq).
- Si le primal est un programme à maximiser, le dual sera un programme à minimiser et vice-versa.
- Les membres libres (disponibilités) de chacun des problèmes sont les coefficients de la fonction objectif dans l'autre problème.
- À toute contrainte représentée par une inéquation (\leq ou \geq) correspond à une variable duale soumise à une contrainte de non-négativité, et vice-versa.
- À toute contrainte représentée par une équation (=) correspond à une variable duale libre, et vice-versa.
- Les matrices des coefficients techniques (a_{ij}) des contraintes (autres que celles de non-négativité) des deux problèmes sont respectivement la transposée l'une de l'autre.

Section N° III : La résolution d'un modèle linéaire.

De manière générale, la résolution des problèmes de programmation linéaire vise à déterminer l'allocation optimale et la meilleure allocation possible des ressources limitées pour atteindre certains objectifs, ces allocations doivent minimiser ou maximiser une fonction dite objectif. En économie, ces fonctions sont le profit ou le coût. Pour ce faire, on fait appel aux méthodes de résolution d'un programme linéaire on cite : la méthode graphique, la méthode algébrique et la méthode de simplexe.

Lorsque nous optimisons un modèle de programmation linéaire, l'un ou l'autre des quatre types de solution qui sont présentés dans le schéma suivant peut-être obtenu.

Schéma N°02: Types de solution en programme linéaire.



Source : établie par nous-mêmes à partir du livre de Gérald Baillargeon²⁶.

III.1. La résolution des programmes linéaires par la méthode graphique.

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 variables²⁷». 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

²⁶ BAILLARGEON Gérald, programmation linéaire appliqué, outils d'optimisation et d'aide à la décision, op.cit, p50.

²⁷ GUERE Christian, PRINS Christelle, SEVAUX Marc, programmation linéaire, 65 problèmes d'optimisation modélisés et résolus avec visual xpress, édition Eyrolles, Paris, 2^{ème} tirage 2003, p8.

résoudre graphiquement²⁸». Son avantage est de pouvoir comprendre ce que fait la méthode générale du simplexe, sans entrer dans la technique purement mathématique.

Nous allons citer quelques concepts relatifs à cette méthode de résolution :

- **Région des solutions réalisables (ou région admissible) :**

Selon Ali DERBALA : «On appelle solution réalisable (ou possible), tout vecteur (X) satisfaisant à toutes les contraintes du problème (y) y compris celle de la non-négativité²⁹». Tout ensemble (X_j) qui satisfait les contraintes fonctionnelles et les contraintes de non-négativité est appelé une solution réalisable au modèle de programmation linéaire. «La solution réalisable satisfait toutes les contraintes³⁰».

La région des solutions réalisables est l'ensemble des solutions réalisables du modèle de programmation linéaire, c'est-à-dire l'ensemble des solutions qui satisfait simultanément les contraintes fonctionnelles et les contraintes de non-négativité. «On appelle région réalisable, l'ensemble des valeurs de variable de décision qui satisfont toutes les contraintes³¹».

- **Solution non réalisable (ou programme non admissible):**

On appelle programme non admissible toute solution qui n'est pas située dans la région des solutions réalisables. Une telle solution ne respecte pas une ou plusieurs contraintes fonctionnelles ou encore ne satisfait pas les contraintes de non-négativité.

- **Solution réalisable optimale (ou programme optimal):**

Toute solution réalisable qui optimise (maximise ou minimise) la fonction objectif est appelée solution réalisable optimale ou simplement solution optimale pour un problème d'optimisation.

Une solution optimale au modèle de programmation linéaire est une solution réalisable qui donne la plus grande valeur pour la fonction objectif pour un programme de maximisation, alors que dans le cas d'un problème de minimisation, une solution optimale est une solution réalisable qui donne la plus petite valeur pour la fonction objectif. « La solution optimale est un point réalisable qui optimise (maximise ou minimise) $Z(X)$ ³²»; et selon H. GABOW et FALL «une solution optimale est faisable et atteint la valeur objective de l'optimum³³».

²⁸ DANTZIG George B, THAPA Mukund N, linear programming, introduction, New York, january 1997, P35.

²⁹ DERBALA Ali, cours de programmation linéaire, cours 02 : problème général de la programmation linéaire, P18.

³⁰ FORTZ Bernard, recherche opérationnelle et applications, 2012-2013, P7.

³¹ DEWOLF Daniel, théorie et pratique de l'optimisation, villeneuve d'ascq, octobre 2002, P12.

³² FREDET Anne, recherche opérationnelle : programmation linéaire à plusieurs variables (simplexe), P2.

³³ GABOW.H, fall 2007, linear programing unit : overview cscig54, P2.

La méthode graphique consiste en la détermination de l'intersection des demi-plans représentant les inéquations des contraintes. Et en la recherche sur le bord de ce domaine des points donnant l'optimum de la fonction objectif.

Donc, on doit chercher à optimiser la fonction objectif sous les contraintes économiques et les contraintes de signe $X_j \geq 0$, les inconnues sont les (X_j) qui sont appelées variables d'activité. Les contraintes économiques sont représentées graphiquement par des demi-plans dont l'intersection est un ensemble convexe (c'est-à-dire, tout segment de droite dont les extrémités appartiennent à l'ensemble est entièrement inclus dans cet ensemble). Les solutions, si elles existent, appartiennent à cet ensemble appelé région des solutions admissibles, donc, il s'agit de chercher à l'intérieur de ce domaine, le couple (X_j) optimisant la fonction objectif.

On pourra utiliser, à la place de l'énumération de tous les points du polygone d'acceptabilité, le procédé qui consiste à déplacer la droite de la fonction économique parallèlement à son inclinaison à l'origine et en chacun des sommets du domaine d'acceptabilité.

En général, pour chercher le minimum, on optera pour le point le plus voisin de l'origine, alors que pour le maximum ce sera le point le plus éloigné.

La méthode graphique présente des limites dans son application, tel qu'elle devienne difficile à réaliser lorsqu'il y a plus de deux variables, et impossible s'il y a plus de trois (03) variables d'activité.

III.2. La résolution des programmes linéaires par la méthode algébrique.

Pour résoudre des problèmes de programmation linéaire ayant un nombre de variables supérieures à trois, nous devons obligatoirement faire appel à d'autres méthodes de résolution que celle déjà étudié. Toutefois, la méthode algébrique permettra d'étudier les différentes étapes pour arriver à une solution optimale³⁴.

III.2.1. Variables d'écart.

La méthode de résolution que nous venions d'étudier nécessite que les contraintes du modèle soient exprimées sous forme d'équation linéaire au lieu d'inéquation.

³⁴ pour simplifier notre exposé, nous allons étudier la méthode algébrique en considérant que nous l'appliquerons seulement à des problèmes dont le modèle ne comporte que des contraintes du type (\leq) et que l'optimisation est une maximisation. Les autres particularités pourraient être traitées directement avec la méthode de simplexe.

On peut facilement transformer une inéquation linéaire ayant un signe (\leq), en une équation linéaire en additionnant une variable non négative dite variable d'écart, « la variable d'écart est la quantité qui, ajoutée aux membres de gauche d'une contrainte, permet de transformer la contrainte en égalité³⁵ ». Elle représente l'écart entre la quantité disponible de la ressource (i) et la quantité effectivement utilisée par l'ensemble des (X_j). Nous ajoutons autant de variable d'écart différents qu'il existe de contrainte du type (\leq).

III.2.2. Coefficients des variables d'écart dans la fonction économique.

Comme l'on peut considérer que les variables d'écart permettant de mesurer le niveau d'activité fictive alors, pour qu'elles n'influencent pas l'optimisation, on suppose nuls les bénéfices ou les coûts liés à ces activités.

III.2.3. La méthode de résolution.

Pour déterminer le programme initial, on pose habituellement à zéro les variables principales du modèle. Pour l'entreprise de production, ceci correspond à ne fabriquer aucun produit : $X_j=0$.

Dans l'application de la méthode algébrique, le système d'équations correspondant aux contraintes se présente toujours de la façon suivante : les variables dans le programme (les $X_j \neq 0$) écrite en fonction des variables hors programme (les $X_j = 0$).

Dans le programme de base initial, on exprime toujours les variables d'écart en fonction des variables principales. Donc, au départ, ce sont les variables d'écart qui sont dans le programme de base et les variables principales sont hors base ; comme ($X_j=0$), on obtient: les variables de base égale à (b_i). Donc, la valeur de la fonction économique est égale à zéro (0); pour une simple raison que les coefficients des variables d'écart sont égaux à zéro.

❖ **Le premier programme de base égale à zéro(0) :** bien qu'il soit réalisable, il n'est pas financièrement attrayant pour l'entreprise. Comme aucun atelier n'est en opérations, on peut évidemment améliorer la valeur de la fonction économique en fabriquant quelques unités de l'un ou de l'autre.

❖ **La révision du programme initial:** on doit maintenant examiner la possibilité d'améliorer la valeur de la fonction économique en introduisant l'une ou l'autre des variables principales

³⁵ DEWOLF Daniel, théorie et pratique de l'optimisation, op.cit, P18.

(une seule variable principale seulement) dans le programme de base et en sortant une variable actuellement dans le programme de base.

❖ **Critère d'entrée d'une variable dans le programme de base:**

Le choix de la variable (actuellement hors programme) à introduire dans le programme s'effectue à l'aide d'un critère qui permet d'améliorer le plus rapidement possible la valeur de la fonction économique, c'est-à-dire, la variable dont la contribution au bénéfice est la plus élevée. On portera évidemment notre choix sur des variables dont les coefficients sont positifs.

À chaque étape de la résolution (chaque programme), nous exprimons la fonction économique en fonction des variables hors programme. Il nous reste maintenant deux choses à déterminer. D'une part, calculer la quantité de la variable entrante que l'on doit fabriquer et d'autre part, quelle variable actuellement dans le programme doit devenir une variable hors programme c'est-à-dire déterminer la variable sortante.

❖ **Détermination de la valeur entrante:**

Cherchons d'abord la plus grande quantité de la variable entrante que l'on peut fabriquer tout en respectant les conditions imposées par les contraintes d'activité. On répète les itérations jusqu'à ce qu'on trouve la valeur optimale.

Un programme de base est optimal si tous les coefficients des variables hors programme, dans l'expression de la fonction économique, sont négatifs.

❖ **Détermination de la variable sortante:**

En introduisant la variable entrante dans le programme, on choisira la plus petite valeur positive obtenue à l'aide du système d'équations calculé. Cela induira également la variable sortante.

La méthode algébrique présente un inconvénient, tel qu'elle ne répond pas aux développements des techniques de résolution par ordinateur; ce qui nous a amené à faire recours à la méthode de simplexe.

III.3. La résolution des programmes linéaires par la méthode de simplexe.

Résoudre un programme linéaire consiste à déterminer les valeurs des variables non négatives (X_j) qui permettent d'optimiser la fonction économique. Il existe plusieurs méthodes de résolution, la méthode algébrique, la méthode graphique, qui porte chacune

des limites. Il faut donc trouver une autre méthode: celle du simplexe, qui est la plus utilisée dans la résolution des programmes linéaires, puisqu'elle répond aux développements des techniques de résolution par ordinateur.

L'algorithme du simplexe constitue «une procédure répétitive permettant, de progresser rapidement vers la solution optimale³⁶». Elle examine comme première solution un des sommets (en général l'origine), qui constitue la solution de base de l'algorithme. Son principe consiste à «se déplacer de sommet en sommet adjacent de façon à améliorer la fonction objectif; après un nombre fini d'itération, il arrive à un sommet à partir duquel tout déplacement vers un autre sommet n'améliore plus cette valeur, on est alors au sommet optimal, l'algorithme simplexe consiste à passer d'une solution de base à une autre jusqu'à ce qu'une solution réalisable de base optimal soit trouvée³⁷».

En d'autres termes, la solution optimale est celle qui ne contient aucune variable positive dans la fonction objectif dans le tableau final de simplexe pour un problème de maximisation et aucune variable négative dans la fonction objectif dans le tableau final de simplexe pour un problème de minimisation.

Pour calculer la solution optimale, la règle de sélection est appelée règle de pivotage.

III.3.1. Principe de l'algorithme de simplexe :

La recherche systématique d'une solution optimale à l'aide de l'algorithme du simplexe peut se résumer comme suit³⁸:

- 1.** Déterminer une première solution de base réalisable ; cette solution initiale sert de départ au cheminement vers la solution optimale (si elle existe).
- 2.** Si la solution obtenue en (1) n'est pas optimale, déterminer une autre solution de base réalisable qui permettrait d'améliorer la fonction objectif (augmentation pour une maximisation ou diminution pour une minimisation).
- 3.** On répète cette procédure itérative jusqu'à ce qu'il ne soit plus possible d'améliorer la fonction objectif. La dernière solution de base réalisable obtenue constitue la solution optimale au programme linéaire.

Pour mieux expliquer l'algorithme de simplexe, nous allons prendre comme exemple le programme linéaire lorsque les contraintes sont de type (\leq , $=$, \geq).

³⁶ MOISDON Jean-claude, NEKHLA Michel, recherche opérationnelle, méthode d'optimisation en gestion, Paris cedex 06, 2010, P33.

³⁷ ZAK Stanslaw H, CHONG K P Edwin, an introduction to optimisation, forth éditions, op.cit, pages 350.

³⁸ BAILLARGEON Gérald, programmation linéaire appliqué, outils d'optimisation et d'aide à la décision, op.cit, p67.

Où l'on sépare les coefficients de l'objectif des contraintes d'une barre horizontale, et les coefficients du membre de gauche des contraintes des coefficients du membre de droite par une barre verticale.

• **Tableau N°02: Le tableau de simplexe (solution de base Z=0):**

H.Base Base	X_1, X_2, \dots, X_n	$X_{n+1} X_{n+2}, \dots, X_{n+m}$	Bi
X_{n+1}	$a_{11} a_{12}, \dots, a_{1n}$	$1 0, \dots, 0$	b_1
X_{n+2}	$a_{21} a_{22}, \dots, a_{2n}$	$0 1, \dots, 0$	b_2
•	
X_{n+m}	$a_{m1} a_{m2}, \dots, a_{mn}$	$0 0, \dots, 1$	b_m
C_j	$C_1 C_2, \dots, C_m$	$0 0, \dots, 0$	$Z=0$

Source : établie par nous-mêmes.

Le tableau ci-dessus représente la forme standard et la solution de base (Z=0) d'un programme linéaire de (n) variables et (m) contraintes.

Le passage de la solution de base à la solution optimale afin d'améliorer la fonction économique se fait par plusieurs itérations.

Pour pouvoir passer d'une itération à l'itération suivante, il s'agit de sélectionner une variable entrante à la base et une variable sortante de la base.

Dans un programme de maximisation (minimisation), selon les critères de «Dantzig» la variable entrante est celle qui correspond à la valeur maximale (minimale) des coefficients (C_j). La variable sortante est celle qui correspond au plus petit rapport positif des disponibilités données comme suit :

$$\text{Min } (b_1/a_1^e, b_1/a_1^e, \dots, b_m/a_m^e) > 0$$

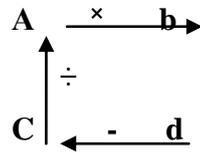
$a_1^e, a_1^e, \dots, a_m^e$: représentent le vecteur des coefficients techniques de la variable entrante.

On arrête les différentes itérations dès que la ligne (C_j) ne contient que des coefficients : négatifs ou nuls pour un programme de maximisation, positifs ou nuls pour un programme de minimisation. Pour effectuer le passage de la solution de base au tableau suivant (itération suivante), nous allons considérer (C_2) comme le plus grand (petit) coefficient des coefficients (C_j), et (b_1/a_{12}) est le plus petit rapport positif des rapports (b_i/a_i^e)>0. Donc,

X_2 : variable entrante à la base et X_{n+1} : variable sortante de la base.

Dans ce nouveau tableau nous allons diviser la ligne X_{n+1} , de tableau précédent sur le coefficient (a_{12}) pour calculer le pivot à l'intersection de la variable entrante et de la variable sortante pour obtenir le tableau, on applique les règles suivantes :

- Le pivot est égal à (1);
- Les coefficients de la ligne de pivot sont divisés par le pivot ;
- Les coefficients de la colonne de pivot sont nuls ;
- Les autres coefficients sont obtenus par la règle du rectangle suivante :



$$D' = d - (c/a)*b$$

Nouveau ancien

Remarque :

$D = d' \iff cb=0 \iff b=0$ ou $c=0$; en conséquence, si dans la colonne (resp. ligne) du pivot il y a un (0), toute la ligne (resp. colonne) correspondante reste inchangée.

- **Tableau N°03: Le tableau suivant de simplexe (itération suivante).**

H.Base Base	$X_1,$	X_2, \dots, X_n	$X_{n+1}, X_{n+2}, \dots, X_{n+m}$	b_i	
X_2	$(a_{11}/a_{12}),$	$1, \dots, (a_{1n}/a_{12})$	$(1/a_{12})$	$0 \ 0 \dots \dots \dots 0$	b_1/a_{12}
X_{n+2}	$a_{21}-a_{22}(a_{11}/a_{12}),$	$0, \dots, a_{2n}-a_{22}(a_{11}/a_{12})$	$0-a_{22}(a_{11}/a_{12}), 1 \dots \dots \dots 0$		$b_2-a_{22}(a_{11}/a_{12})$
.					
X_{n+m}	$a_{m1}-a_{m2}(a_{11}/a_{12}),$	$0, \dots, a_{m2}-a_{m2}(a_{11}/a_{12})$	$0-a_{m2}(a_{11}/a_{12}), 0 \dots \dots \dots 1$		$b_m-a_{m2}(a_{11}/a_{12})$
C_j	$C_1-C_2(a_{11}/a_{12}),$	$0, \dots, c_m-c_2(a_{11}/a_{12})$	$0-c_2(a_{11}/a_{12}), 0 \dots \dots \dots 0$		$Z-c_2(a_{11}/a_{12})$

Source : établie par nous-mêmes.

La colonne des disponibilités représente les valeurs des variables non négatives (variable de décision).

III.3.3. La résolution des programmes de maximisation et type de contraintes (=).

Lorsque les contraintes de programme linéaire à résoudre sont sous forme d'équation, on ne peut pas introduire des variables d'écarts, puisqu'il n'existe pas d'écart entre la disponibilité et la contrainte.

La forme standard pour ce type de programme nécessite l'introduction des variables artificielles à la place des variables d'écart.

On utilise la méthode des pénalités ou la méthode à deux phases pour la résolution des programmes avec les variables artificielles.

❖ **La méthode des pénalités (ou du grand M).**

Cette méthode permet de tenir compte des variables artificielles. On les pénalise en leur affectant un coefficient de valeur très élevée dans la fonction économique ((-M) pour un problème du maximum, (+M) pour un problème du minimum). Les pénalités ont pour objet de provoquer l'élimination des variables artificielles au fil des itérations.

Pour calculer les valeurs marginales (m_j) qui sont nulles pour les variables de base :
 $m_j = C_j + (a_{11} + a_{12} + \dots + a_{mj})M$. (voir l'itération suivante):

• **Tableau N° 05 : Tableau indiquant l'itération suivante.**

H. Base Base	$X_1,$	X_2, \dots, X_n	$t_1,$	t_2, \dots, t_m	b_i
t_1	a_{11}	$a_{12} \dots a_{1n}$	1	0 0	b_1
t_2	a_{21}	$a_{22} \dots a_{2n}$	0	1 0	b_2
.					
t_m	a_{m1}	$a_{m2} \dots a_{mn}$	0	0 1	b_m
C_j	C_1	$C_2 \dots C_m$	-M	-M -M	$Z=0$
Δ ou m_j	$C_1 + M \begin{pmatrix} a_{11} \\ a_{21} \\ \vdots \\ a_{m1} \end{pmatrix}$	$C_2 + M \begin{pmatrix} a_{12} \\ a_{22} \\ \vdots \\ a_{m2} \end{pmatrix}$	$C_m + M \begin{pmatrix} a_{1n} \\ a_{2n} \\ \vdots \\ a_{mn} \end{pmatrix}$	0, 0 0	$Z + M \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_m \end{pmatrix}$

Source : établie par nous-mêmes.

À partir de ce tableau on peut appliquer les critères de la variable entrante et de la variable sortante. Les modifications à l'intérieur de tableau se font par la méthode de pivotage.

III.3.4. La résolution des programmes de maximisation et type de contrainte (\geq):

Dans le cas d'une contrainte de signe (\geq), on doit, pour la transformer en équation, soustraire une variable d'écart, également appelée dans ce cas, variable d'excédent.

Soit le programme linéaire suivant :

$$\begin{cases} \text{Max (Z)} = C_1 X_1 + C_2 X_2 + \dots + C_n X_n. \\ a_{11} X_1 + a_{12} X_2 + \dots + a_{1n} X_n \geq b_1 \\ a_{21} X_1 + a_{22} X_2 + \dots + a_{2n} X_n \geq b_2 \\ \dots \dots \dots \\ a_{m1} X_1 + a_{m2} X_2 + \dots + a_{mn} X_n \geq b_m \\ X_1, X_2, \dots, X_n \geq 0. \end{cases}$$

Le passage de la forme canonique à la forme standard nécessite l'introduction des variables d'écart négatives dans chaque contrainte de type (\geq).

$$\text{Max (Z)} = C_1 X_1 + C_2 X_2 + \dots + C_n X_n - 0X_{n+1} - 0X_{n+2} - \dots - 0X_{n+m}.$$

$$\begin{cases} a_{11} X_1 + a_{12} X_2 + \dots + a_{1n} X_n - X_{n+1} = b_1 \\ a_{21} X_1 + a_{22} X_2 + \dots + a_{2n} X_n - X_{n+2} = b_2 \\ \dots \dots \dots \\ a_{m1} X_1 + a_{m2} X_2 + \dots + a_{mn} X_n - X_{n+m} = b_m \\ X_1, X_2, \dots, X_n, X_{n+1}, X_{n+2}, \dots, X_{n+m} \geq 0. \end{cases}$$

• **Tableau N°06: Le tableau de simplexe (solution de base Z=0):**

H.Base Base	X_1, X_2, \dots, X_n	X_{n+1}	X_{n+2}, \dots, X_{n+m}	b_i
X_{n+1}	$a_{11} \ a_{12} \dots \ a_{1n}$	-1	$0 \dots \dots \ 0$	b_1
X_{n+2}	$a_{21} \ a_{22} \dots \ a_{2n}$	0	$-1 \dots \dots \ 0$	b_2
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
X_{n+m}	$a_{m1} \ a_{m2} \dots \ a_{mn}$	0	$0 \dots \dots \ -1$	b_m
C_j	$C_1 \ C_2 \dots \ C_m$	0	$0 \dots \dots \ 0$	$Z=0$

Source : établie par nous-mêmes.

On constate dans ce tableau que le diagonal de la matrice des variables d'écart est négatif :

$$\begin{pmatrix} -1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & -1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & -1 \end{pmatrix}$$

De ce fait, pour appliquer la méthode de simplexe, il faut ajouter à chaque contrainte une variable artificielle (t_i) comme suit:

$$\text{Max (Z)} = C_1 X_1 + C_2 X_2 + \dots + C_n X_n - 0 X_{n+1} - 0 X_{n+2} - \dots - 0 X_{n+m} - M t_1 - M t_2 \dots - M t_m.$$

$$\begin{cases} a_{11} X_1 + a_{12} X_2 + \dots + a_{1n} X_n - X_{n+1} + t_1 = b_1 \\ a_{21} X_1 + a_{22} X_2 + \dots + a_{2n} X_n - X_{n+2} + t_2 = b_2 \\ \dots \\ a_{m1} X_1 + a_{m2} X_2 + \dots + a_{mn} X_n - X_{n+m} + t_m = b_m \\ X_1, X_2, \dots, X_n, X_{n+1}, X_{n+2}, \dots, X_{n+m}, t_1, t_2, \dots, t_m \geq 0 \end{cases}$$

Le tableau précédent devient comme suit:

• **Tableau N°07: Le tableau de simplexe.**

H.Base Base	$X_1, X_2 \dots X_n$	X_{n+1}	$X_{n+2} \dots \dots X_{n+m}$	t_1, t_1, \dots, t_m	b_i
t_1	$a_{11} \ a_{12} \dots \ a_{1n}$	-1	$0 \dots \dots \ 0$	$1 \ 0 \dots \ 0$	b_1
t_2	$a_{21} \ a_{22} \dots \ a_{2n}$	0	$-1 \dots \dots \ 0$	$0 \ 1 \dots \ 0$	b_2
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
t_m	$a_{m1} \ a_{m2} \dots \ a_{mn}$	0	$0 \dots \dots \ -1$	$0 \ 0 \dots \ 1$	b_m
C_j	$C_1 \ C_2 \dots \ C_m$	0	$0 \dots \dots \ 0$	$-M, -M \dots -M$	$Z=0$

Source : établie par nous-mêmes.

La résolution de ce programme demande l'utilisation de la méthode des pénalités pour éliminer les coefficients (M) des variables artificielles. Donc, la dernière ligne du tableau précédent devient comme suit:

Δ ou m_j	$C_1 + M \begin{pmatrix} a_{11} \\ a_{21} \\ \vdots \\ a_{m1} \end{pmatrix}$	$C_2 + M \begin{pmatrix} a_{12} \\ a_{22} \\ \vdots \\ a_{m2} \end{pmatrix}$	\dots	$C_m + M \begin{pmatrix} a_{1n} \\ a_{2n} \\ \vdots \\ a_{mn} \end{pmatrix}$;	$-M \dots -M ; 0 \dots \dots \ 0$	$Z + M \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_m \end{pmatrix}$
-------------------	--	--	---------	--	---	-----------------------------------	---

III.3.5. La résolution des programmes de minimisation à (n) variables et

(m) contraintes : Le processus de résolution par la méthode de simplexe est identique pour les programmes linéaires à maximiser ou à minimiser. Le traitement de la fonction économique est indépendamment des contraintes:

1. Quelle que soit la fonction économique (Max ou Min), les modifications à porter sur les contraintes pour réaliser la forme standard sont les suivantes:

- Lorsque la contrainte est de forme (\geq), on ajoute une variable d'écart négative (-E) et une variable artificielle positive (t_i).
- Type de contrainte est de forme (\leq), on ajoute uniquement une variable d'écart positive (E_i).
- La contrainte sous forme d'équation ($=$), on ajoute uniquement une variable artificielle (t_i).
- Lorsque l'objectif est de maximiser une fonction économique, les variables d'écart sont associées aux coefficients (-0), les variables artificielles sont associées aux coefficients (-M).
- Lorsque l'objectif consiste à minimiser une fonction économique, les variables d'écart sont associées aux coefficients (+0), les variables artificielles sont associées aux coefficients (+M).

2. Règles générales pour la résolution d'un programme linéaire par la méthode de simplexe (problème de maximisation).

Selon Eric jacquet-LAGREZE : «pour passer d'un sommet à un sommet adjacent, Dantzig a introduit deux critères (critères de Dantzig) qui sont au cœur de la méthode du simplexe : un critère de la nouvelle variable précédemment hors base à faire entrer dans la base et un critère du choix d'une variable de la base à faire sortir⁴⁰».

A. Choix de la colonne pivot (critère de sélection de la variable entrante dans la base) :

La colonne pivot est définie à partir des coefficients de la fonction économique. « Le critère de sélection de la variable entrante est donc le suivant : on choisit la variable avec le coefficient objectif le plus élevé⁴¹ ». On cherche à se focaliser sur la variable qui, en augmentant, augmentera le plus possible la fonction objectif. Cette variable correspond au plus grand coefficient positif de la fonction objectif.

Considérons les coefficients $[C_1, C_2, \dots, C_j, \dots, C_n]$ de la fonction économique. Parmi tous les coefficients positifs, on considère le plus grand, la colonne pivot est la colonne qui le contient. S'il existe plusieurs coefficients correspondant à cette valeur positive maximale, on peut choisir celui que l'on veut (arbitrairement). La variable correspondante sera la variable

⁴⁰ LAGREZE Eric jacquet, programmation linéaire, modélisation et mise en œuvre informatique, édition economica, Paris 1998, p31.

⁴¹ DEWOLF Daniel, théorie et pratique de l'optimisation, op.cit, P21.

entrante car elle ne va plus s'annuler. On sélectionne la variable hors base ayant le plus grand coefficient positif dans la ligne.

Pour sélectionner la variable sortante de la base, il est nécessaire de rajouter une colonne (R) (ratios) au tableau, obtenue en faisant le rapport membre à membre de la colonne (B_i) (disponibilités) et de la colonne de la variable entrante dans la base⁴².

B. Choix de la ligne pivot (critère de sélection de la variable sortante de la base):

La variable entrante va prendre la place d'une des variables de base, appelé variable sortante. Il faut maintenant trouver quelle valeur maximum peut prendre cette variable entrante afin de maximiser la fonction objectif. Pour un programme linéaire à plusieurs variables on fait diviser, chaque coefficient de la colonne (b_i) sur le coefficient correspondant de la colonne pivot et on calcule les rapports (b_i / a_{ij}). On sélectionne le plus petit rapport, la variable correspondante à cette ligne est la variable sortante. On sélectionne la variable dans la base ayant le plus petit coefficient positif dans la colonne (R). «Le critère de sélection de la variable sortante est donc le suivant : prendre comme variable sortante la première variable de base à s'annuler. De manière générale, on calcule le minimum du rapport du coefficient du membre de droite sur le coefficient de la variable entrante dans la même ligne, lorsque celui-ci est positif. La variable sortante est celle dont on lit la valeur dans la ligne où ce minimum se produit⁴³». Et l'élément pivot correspond à l'intersection de la colonne et la ligne pivot «on appelle élément pivot le coefficient situé à l'intersection de la colonne pivot et de la ligne pivot⁴⁴».

C. Itération:

S'il existe un coefficient (C_j) positif dans le nouveau tableau, on retourne à la première étape (choix du pivot) puis à la deuxième (itération suivante). On réitère ce processus jusqu'à ce que tous les coefficients de la fonction économique soient négatifs.

D. Critère d'arrêt des itérations:

Si tous les coefficients de la ligne relatifs aux variables hors base, sont négatifs ou nuls pour la maximisation, ou positifs ou nuls pour la minimisation, la solution trouvée est optimale.

Remarques:

- S'il existe une variable hors base ayant un coefficient positif dans la ligne et telle que tous les coefficients correspondants dans le tableau soient nuls ou négatifs, alors la solution est infinie.

⁴² Un (0) dans la colonne (C) est remplacé par un infiniment petit positif pour effectuer le calcul de (R).

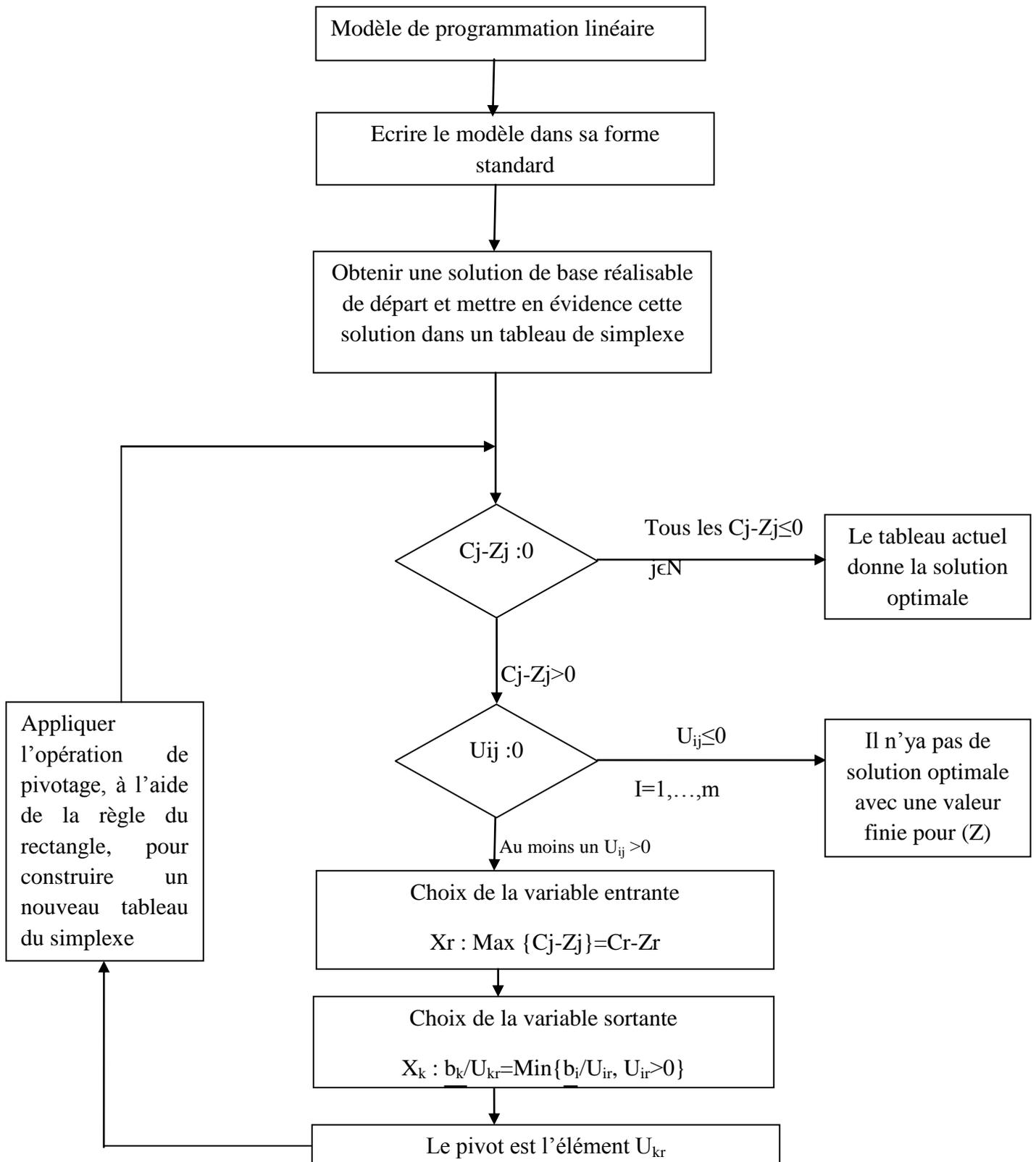
⁴³ DEWOLF Daniel, théorie et pratique de l'optimisation, ibidem, pages 21-22.

⁴⁴ DEWOLF Daniel, théorie et pratique de l'optimisation, ibidem, P27.

- Si, à la fin des itérations, une variable est hors base avec un coefficient nul dans la ligne, alors on a une arête (plan) optimale. Les autres sommets solutions sont obtenus en faisant rentrer cette variable dans la base.
- Si les variables de base dans la solution optimale comportent des zéros alors la solution est dégénérée c'est-à-dire elle possède une solution multiple. «Si une ou plusieurs des variables de base dans une solution basique a une valeur nulle, cette solution est dite une solution basique dégénérée⁴⁵».

⁴⁵ LUENBERGER David g, YE Yinyu, linear and nonlinear programming, therd édition, business media, New York 2008, P20.

Schéma N° 03 : L'organigramme de l'algorithme de simplexe- maximisation.



Source : Gérald BAILLARGEON, programmation linéaire appliqué, outils d'optimisation et d'aide à la décision, copyright © 1996, édition SMG, p113⁴⁶.

⁴⁶ BAILLARGEON Gérald, programmation linéaire appliqué, outils d'optimisation et d'aide à la décision, op.cit, P113.

III.3.6. La méthode de simplexe révisé:

Dans cette méthode, on essaye d'aller plus vite, en cherchant pour chaque changement possible de base réalisable celui où l'augmentation de la valeur de (Z) est le plus fort, ce qui n'est pas assuré par le critère du choix du plus grand coût marginal positif, qui est un peu naïf⁴⁷.

❖ Le critère de la variable entrante et son mode de calcul:

Une augmentation de chaque variable hors base entrante est limitée par le plus petit des rapports entre les seconds membres et les coefficients positifs de la colonne de la variable entrante.

Par exemple, pour (X_j) , on prend le minimum des rapports entre les seconds membres et les coefficients positifs de la colonne de la variable (X_j) . Donc, (X_j) peut augmenter de α et (Z) augmentera alors de $C_j \alpha$. On applique le même raisonnement pour (X_k) , puis on choisit la variable qui correspond aux (Z) le plus grand.

❖ L'augmentation maximale de la variable entrante est donnée par le critère suivant:

Si pour une variable entrante (X_j) de plus grande coût marginal (C_j) positif, le critère suivant donne une augmentation α faible, alors, (Z) augmentera de $C_j \alpha$. Et pour une autre variable (X_k) de coût marginal positif moindre, ce critère donne une augmentation maximale β de (X_k) très forte. Dans ce cas, si (X_k) entre en base (Z) augmentera alors de $C_k \beta$. Donc, on n'a pas intérêt à faire entrer (X_j) dans la base, mais plutôt (X_k) .

⁴⁷ RUPPLI Rémi, programmation linéaire, idée et méthodes, ellipses éditions, France 2005, P 135-136.

Section IV. Analyse de post-optimal.

Les méthodes de résolution livrent une solution optimale au problème posé, mais il reste aux décideurs de faire le lien entre les résultats et la réalité concrète de l'entreprise. Pour ce faire, la solution doit être interprétée économiquement pour servir de base à la prise de décision.

En outre, cette solution optimale découle de nombreuses données initiales: les coefficients économiques, les coefficients techniques, les ressources disponibles, prix de vente, etc. Elles sont souvent entachées d'erreurs et d'incertitudes. Donc, il est souhaitable de procéder à l'analyse de sensibilité pour déterminer dans quelle mesure la solution optimale est retenue.

Dans cette section, nous allons étudier l'analyse de poste optimal par deux points suivant:

- ❖ Interprétation économique de poste optimal, qui consiste à expliquer les informations fournies par la résolution de programme linéaire, tel que les valeurs des variables d'activité, les variables d'écarts et les prix de dual (le coût d'opportunité), etc.
- ❖ Analyse paramétrique qui varie la valeur optimale de l'objectif d'un programme linéaire lorsque l'on modifie certains coefficients de problème. En effet, généralement la solution numérique d'un problème linéaire est moins significative que de savoir comment l'objectif va changer si l'on modifie certaines données du problème. C'est l'objet de ce que l'on appelle l'analyse de sensibilité.

Pour voir l'effet de tels changements des données, une solution naïve consiste à appliquer le simplexe au nouveau problème et bien sûr on peut en déduire l'effet sur l'objectif. Mais nous allons voir que si la base optimale ne change pas, on peut prédire sans aucun nouveau calcul l'effet de variation des données sur la fonction objectif en exploitant simplement le tableau simplexe optimal du problème original.

IV.1. Interprétation économique.

Pour mieux comprendre l'analyse économique de la solution optimale il nous semble utile de mettre en exergue quelques notions relatives à la solution optimale du programme.

IV.1.1. Interprétation économique des variables d'activité.

On appelle "variable" toute expression algébrique (habituellement une seule lettre) par laquelle est remplacée une valeur (physique, économique, temporelle, etc.) inconnue.

Le rôle de la variable est donc d'occuper la position que prendrait une valeur si celle-ci était disponible.

La variable d'activité devient une variable de décision après la résolution du programme linéaire. Ces variables représentent une base de données à la prise de décision. Donc, elle traduit le plan optimal de production.

Pour réaliser une situation optimale, il s'agit de produire des quantités (les valeurs des variables de décision).

IV.1.2. Interprétation économique des variables d'écart.

Selon Daniel DEWOLF, « la variable d'écart est la quantité qui, ajoutée aux membres de gauche d'une contrainte, permet de transformer la contrainte en égalité⁴⁸ ».

Les valeurs prises par les variables d'écart fournissent autant d'information sur l'état résiduel des stocks, le taux d'utilisation des capacités de production et capacité d'absorption du marché, etc.

Lorsqu'une variable d'écart est nulle à l'optimum, cela signifie que la ressource désignée par cette variable est totalement utilisée. Donc, cette ressource limite l'activité de l'entreprise. Pour saisir l'opportunité de réaliser plus de bénéfice, l'entreprise doit encourager la disponibilité de cette ressource. Contrairement aux variables d'écart positifs (non nuls), que la ressource n'est pas totalement utilisée dans la réalisation de l'objectif. Pour rationaliser les capacités de production et de minimiser les coûts de revient, l'entreprise ne doit pas encourager la disponibilité de cette ressource, au contraire, il faut qu'elle transfère ce stock résiduel pour acheter d'autres facteurs de production (autres disponibilités).

IV.1.3. Interprétation économique des coûts marginaux, coût réduit, prix de dual, prix marginal ou prix interne.

Les coefficients des variables hors base dans le tableau du simplexe peuvent être interprétés comme des coefficients de substitution. Ils représentent la variation de la valeur de la fonction objectif résultant de l'introduction d'une unité de chaque variable hors base.

Les coûts réduits des variables hors base sont, au signe près, les coefficients des variables hors base dans la ligne objective du tableau optimal de simplexe. «Le coût réduit d'une variable hors base indique le changement dans l'objectif apporté par une augmentation d'une unité de la valeur de cette variable. Pour les variables d'écart, ce principe peut se formuler ainsi : le coût réduit d'une variable d'écart hors base indique le changement

⁴⁸ DEWOLF Daniel, recherche opérationnelle, op.cit, P21.

dans l'objectif apporté par une diminution d'une unité de terme de droit associé⁴⁹». Il mesure l'impact de la variation unitaire d'une variable hors-base sur la valeur optimale de la fonction économique.

On peut interpréter le coût réduit de la variable hors base comme la perte de profit engendré par l'augmentation d'une unité de la variable, et pour que la variable devienne intéressante (pour produire), il faut augmenter sa marge d'au moins l'opposé de cette quantité.

Selon Daniel DEWOLF «Le prix caché noté (y_i^*) mesure l'augmentation de la fonction objectif si l'on accroît d'une unité le membre de droite d'une contrainte. Dans le tableau simplexe optimal, le prix caché (y_i^*) est le coefficient de la variable d'écart de la contrainte dans la ligne objectif⁵⁰». Il mesure l'impact d'une augmentation unitaire du membre de droite d'une contrainte sur la valeur optimale de la fonction économique.

Dans le cas d'un problème de maximisation on appelle coût (ou plus exactement revenu) marginal, «l'augmentation maximale de revenu, par rapport à la solution optimale, qui résulterait de l'utilisation d'une unité supplémentaire de l'un des biens⁵¹».

Dans un problème de maximisation du profit, il est facile de se convaincre que le prix dual de la contrainte (i) est le prix maximum que la firme sera prête à payer pour remplacer [bi] par [bi + 1]. Ceci justifie la terminologie «prix interne»; il s'agit de la valeur à laquelle la firme évalue une unité de la ressource (i), en termes de l'usage interne qu'elle pourrait faire de cette unité. Une interprétation similaire peut être établie dans le cadre d'un problème de minimisation des coûts.

Le prix fictif de la $i^{\text{ème}}$ contrainte d'un programme linéaire; c'est l'amélioration unitaire de la valeur optimale de la fonction objectif lorsqu'on effectue un changement suffisamment petit du coefficient du vecteur de second membre associée à une telle contrainte. On peut interpréter ces valeurs optimales des variables duales comme coûts marginaux ou coûts d'opportunité des ressources avec lesquelles sont associées.

IV.1.4. Interprétation économique des variables duales.

(Y_i) représente la valeur unitaire de la ressource (i), elle est souvent appelée coût fictif ou prix ombre. C'est le montant maximum que l'on sera prêt à payer (client) pour une unité supplémentaire de la ressource (i) ou encore le prix minimum auquel on serait prêt à vendre (fournisseur) une unité de la ressource (i).

⁴⁹ BASTIN Fabian, modèle de recherche opérationnelle, France 2006, p27.

⁵⁰ DEWOLF Daniel, théorie et pratique de l'optimisation, op.cit, P32.

⁵¹ SONIK Bruno h, la programmation linéaire dans la gestion de l'entreprise, Bordas, Paris, 1975, P77.

(Y_i) représentent les coûts imputés à une unité de ressource. Ces coûts imputés sont des coûts d'opportunité (reflétant la valeur économique des ressources) et non pas des coûts au sens comptable.

Remarquons que la forme des contraintes duale ne permet pas que les coûts d'opportunité pour fabriquer (X_j) (ou valeur économique de cette activité) soit inférieure au profit unitaire résultant de cette activité. Si le coût d'opportunité était inférieur au profit unitaire, on aurait intérêt à produire plus d'unités du produit considéré, cependant, la théorie économique nous apprend que plus nous produisons, plus le coût d'opportunité augmente. Lorsque l'on atteint la capacité de production, le coût d'opportunité de la dernière unité sera égal au profit engendré. Dans le cas où le coût d'opportunité (valeur économique) est supérieur au profit, il est préférable de ne pas exercer l'activité considérée et d'utiliser les ressources à d'autres fins.

IV.1.5. Interprétation économique du coût caché:

On cite les coûts engendrés par le changement d'un fournisseur, le coût d'absentéisme, le coût de licenciement et ses conséquences sur l'entreprise (indemnités de licenciement), etc. Par ailleurs, on enregistre des coûts qu'on ne peut pas valoriser tel que la perte d'un client et le décès d'un responsable. «Un coût caché est un coût réel que l'organisation comptable ou de gestion ne permet pas d'isoler mais dont les conséquences peuvent être importantes⁵²».

IV.2. L'analyse de sensibilité.

La solution optimale d'un programme linéaire est conditionnée par les données initiales: coefficients de la fonction économique, les coefficients techniques et les disponibilités. Ces données sont imprécises dans un environnement turbulent. Donc, il est souhaitable de mesurer la sensibilité de la solution optimale par rapport aux variations de ces paramètres.

Nous avons vu dans la programmation linéaire que les paramètres sont supposés connus avec certitude. Cependant, dans la réalité il y a des incertitudes et des changements affectant ces paramètres. De ce fait, Il est intéressant de procéder à une analyse de sensibilité afin de déterminer le champ de variation des paramètres pour que la solution demeure optimale.

⁵² LOCHARD Jean, la comptabilité analytique ou comptabilité de responsabilité, édition d'organisation 1998, P17.

IV.2.1. Définition de l'analyse de la sensibilité:

L'analyse de la sensibilité se définit comme l'étude du voisinage d'une solution optimale, c'est-à-dire déterminer l'intervalle de variation d'un paramètre du programme linéaire pour que la base optimale reste stable.

Une solution de base optimale est stable, si l'ensemble des variables de base à l'optimum ne changent pas, même si les valeurs de ces variables de base sont modifiées. Donc, cette analyse permet de déterminer des intervalles de variation des données pour lesquels la base optimale n'est pas modifiée ; dont l'objet est d'étudier la façon dont une modification des hypothèses du modèle affecte la solution optimale calculée précédemment.

«L'analyse de sensibilité se concentre sur l'étude du comportement de la solution optimale d'un programme lors de la variation de ses données. Plus précisément, elle cherche à déterminer dans quel intervalle peut varier un coefficient sans que la base optimale ne change⁵³».

IV.2.2. Modification des coefficients de la fonction économique (C_j).

Une préoccupation importante du preneur de décision est la sensibilité de la solution optimale d'un programme linéaire aux modifications des coefficients (C_j) (profits ou coûts) de la fonction économique, qui peut être due à une erreur dans l'estimation des coûts de fabrication, d'un changement des prix d'un fournisseur, etc. Cette analyse est appelée analyse post-optimale des coefficients de la fonction économique ou encore l'analyse de la sensibilité de la solution optimale aux modifications du vecteur des coefficients de la fonction économique.

La question qui se pose ici est la suivante: Si on augmente le prix de vente unitaire ou si l'on diminue le coût unitaire de production, quel est l'impact sur la valeur de l'objectif ? De ce fait, on cherche à trouver l'effet de modification du coefficient (C_j) de la variable (X_j) dans la fonction économique et son effet sur la solution optimale déjà obtenue. Il faut distinguer deux cas selon que la variable (X_j) est une variable hors base ou que la variable (X_j) est une variable de base.

1. Modification de (C_j) pour une variable hors base.

Supposons que le coefficient (C_j) est le seul qui soit modifié; donc, dans quel intervalle (C_j) peut-il varier sans que la solution optimale actuelle soit changée ?

⁵³ HECHE Jean-francois, recherche opérationnelle I & II post optimisation et analyse de sensibilité institut de mathématiques école polytechnique fédérale de Lausanne, P2.

On va remplacer dans la ligne supérieure du tableau final, le coefficient (C_j) par $C'_j = C_j + \Delta$.

$$\begin{aligned} \text{Max ou Min } (Z) &= \sum (C_j + \Delta) X_j \\ \text{S/C: } &\begin{cases} \sum a_{ij} x_j = b_i \\ x_j \geq 0 \end{cases} \end{aligned}$$

De ce fait, la modification apportée au tableau n'affectera que la variable d'entrée (X_j) . Donc, on va procéder au calcul de ce coût marginal $C'_j - Z'_j$.

Si le coefficient (C_j) prend la valeur (C'_j) , le tableau optimal ne sera pas changé à l'exception de $C_j - Z_j$ qui deviendra $C'_j - Z'_j$. Par conséquent, la solution restera optimale si $C'_j - Z'_j \leq 0$ (pour un problème de maximisation) et $C'_j - Z'_j \geq 0$ (pour un problème de minimisation), la base optimale et les valeurs optimales des variables primales seront donc inchangées tant que: $-\infty \leq C_j \leq Z^*_j$ (pour un problème de maximisation) et $Z^*_j \leq C_j \leq +\infty$ (pour un problème de minimisation). (C_j) est le coefficient dans la fonction économique d'une variable (X_j) hors base.

2. Modification de (C_j) pour une variable de base optimale.

Dans la ligne supérieure du tableau final et dans la colonne des coefficients des variables de base du tableau final, on va remplacer le coefficient (C_j) par $C'_j = C_j + \Delta$. Dans ce cas-là, la modification apportée au tableau affectera tous les coûts marginaux des valeurs hors base. Ce qui nous oblige à calculer les nouveaux (Z'_j) et les nouveaux coûts marginaux $C'_j - Z'_j$ ⁵⁴.

L'effet d'un changement du coefficient (C_j) d'une variable de la base optimale ne s'évalue pas aussi facilement que celui d'une variable hors base. Cependant, étant donné que les coefficients de la fonction économique deviennent les seconds membres des coefficients du dual, on pourrait appliquer les résultats de l'analyse post-optimale des ressources au problème dual. Cela nécessiterait l'utilisation du tableau dual optimal.

Supposons que le profit (C_j) est modifié d'une quantité (Δ) ; donc, on aura dans le tableau optimal $(C_j + \Delta)$. Utilisant à nouveau le critère d'optimalité pour un problème de maximisation, la base optimale et les valeurs optimales des variables primales seront inchangées à condition que tous les $C_j - Z_j$ demeurent non positifs.

Les $C_j - Z_j$ subissent des modifications et par conséquent les variables optimales de la fonction économique et des coûts marginaux peuvent changer lorsqu'un (C_j) subit une modification.

⁵⁴ ALLALI Karam, recherche opérationnelle, introduction à la méthode du simplexe, fige 2009-2010, P16.

IV.2.3. Modification du vecteur ressource (B_i).

La question qui se pose ici est la suivante: si on augmente la capacité disponible d'une ressource, quel est l'impact sur la valeur optimale de la fonction objectif ?

Pour des variations de membres de droite suffisamment faible, pour que la même base reste optimale, on peut répondre à cette question en exploitant le tableau simplexe optimal.

Si on ajoute des variables (Δ_j) dans les seconds membres des contraintes du programme linéaire on aura :

$$\begin{aligned} \text{Max ou Min}(Z) &= \sum C_j X_j \\ \text{S/C : } &\begin{cases} \sum a_{ij} x_j = b_i + \Delta_j \\ X_j \geq 0 \end{cases} \end{aligned}$$

Dans le tableau de simplexe (Δ_j) prend les coefficients des variables d'écart. (Δ_j) n'a pas d'effet sur la base optimale sous condition que (Δ_j) prend des valeurs qui donne aux variables de base une valeur supérieure à zéro. Si la condition n'est pas satisfaite, la valeur de (Z) serait changée (et par la suite de y_i) et les coûts marginaux des ressources sont donnés par le tableau final de simplexe.

$Z^* = Z + \Delta_j$ (on lit (Z) dans le tableau final de simplexe).

(Z) est inchangé tant que la valeur de (b_i) est comprise entre les valeurs des variables de base positives multipliées par (Δ_j) de la fonction objectif. On a ici deux cas⁵⁵:

1. Si la variable (e_i) est hors base:

On va ajouter dans le tableau final une colonne à (Δ) à droite de la colonne «valeur» et les entrées de cette colonne sont identiques à celle de (e_i) et les modifications apportées ne vont pas affecter les coûts marginaux. Toutefois, les coûts de certaines variables de base pourraient changer, et on va déduire les équations d'ajustement à partir des lignes du tableau modifié et recalculé la valeur des variables de base, tout en s'assurant de la non-négativité de ces variables.

2. Si la variable (e_i) est dans la base:

On va suivre le même principe sauf qu'il n'y aura qu'une seule équation d'ajustement.

⁵⁵ ALLALI Karam, recherche opérationnelle, op.cit, P17.

Pour trouver le domaine dans lequel la valeur d'une certaine variable duale demeure valable, on utilisera dans le tableau primal les coefficients de la colonne de la variable primale associée à la variable duale considérée.

Il est recommandé d'écrire à l'aide de cette colonne, les nouvelles valeurs optimales des variables primales et d'exprimer que ces variables demeurent non négatives, on obtiendra alors un intervalle pour la variation (Δ) autour de la valeur initiale du second membre de la contrainte associée à la variable duale considérée.

IV.2.4. Modification des coefficients technologiques (a_{ij}).

Il peut être également important pour le preneur de décision de connaître la sensibilité de la solution optimale d'un programme linéaire aux modifications des coefficients technologique (a_{ij}).

Supposons que dans un problème de production le nombre d'unités de ressource numéro (i) nécessaire pour produire une unité de produit (j) soit (a'_{ij}) au lieu de (a_{ij}). De ce fait, on s'interroge sur l'influence de variation de (a_{ij}) sur la base optimale. Ou bien, on cherche à déterminer l'intervalle dans lequel peut varier un coefficient technique (a_{ij}). Pour répondre à cette question, nous allons nous placer dans le contexte d'un problème de production (maximisation et contraintes du type \leq) avec (m) ressources et (n) produits.

Afin de faire cette analyse de sensibilité, on doit distinguer trois cas:

- X_j est une variable de base et la ressource numéro (i) est totalement utilisée ;
- X_j est une variable hors base ;
- X_j est une variable de base et la ressource numéro (i) n'est pas totalement utilisée.

1. X_j variable de base, la ressource numéro (i) est totalement utilisée.

Si la ressource numéro (i) est totalement utilisée, la contrainte associée avec cette ressource est la suivante: $a_{i1}x^*_1 + a_{i2}x^*_2 + \dots + a_{ik}x_k + \dots + a_{in}x^*_n + x^*_{n+1} = b_i$

Où X^*_k ($k=1, \dots, n$) sont les valeurs optimales des variables principales du programme, et $X^*_{n+1}=0$ est la variable d'écart associée à cette contrainte. Soit $\Delta a_{ij} = a'_{ij} - a_{ij}$ la variation du coefficient (a_{ij}).

- Si $\Delta a_{ij} > 0$, la contrainte ne peut être satisfaite, puisque $X^*_j > 0$ (X_j variable de base) implique qu'il faudra une quantité supplémentaire de la ressource numéro (i) qui est déjà complètement utilisée.
- Si $\Delta a_{ij} < 0$, alors $X^*_{n+1} > 0$; ceci indique qu'on aurait un excédent de ressource numéro (i) pour la solution considérée. Ceci contredit le fait que dans la solution optimale

initiale le coût d'opportunité d'une unité de la ressource numéro (i) totalement utilisée, était positif.

Dans le cas où (X_j) est une variable de base optimale et la $i^{\text{ème}}$ ressource est totalement utilisée, il est impossible de modifier le coefficient (a_{ij}) sans que la base dans la solution optimale ne change pas (la solution optimale n'est pas stable).

2. X_j variable hors base.

Puisque (X_j) est une variable hors base dans le tableau optimal, il n'est donc pas avantageux de fabriquer le produit numéro (j). Par conséquent, il serait encore moins économique de fabriquer ce produit si le nombre d'unités de ressource numéro (i) nécessaire pour fabriquer une unité de produit numéro (j) augmentait de $\Delta a_{ij} > 0$. On en déduit que la solution optimale sera inchangée pour toute valeur $a'_{ij} > a_{ij}$.

Le même raisonnement ne s'applique pas au cas où $\Delta a_{ij} < 0$ puisque, si elle utilise moins de ressources numéro (i), la fabrication du produit numéro (j) peut devenir économique.

3. X_j variable de base et la ressource numéro (i) n'est pas totalement utilisée.

Si la ressource numéro (i) n'est pas totalement utilisée, alors l'utilisation d'une quantité supplémentaire de ressource numéro (i) pour la fabrication du produit (j) est rendue possible à cause de cet excédent de ressource numéro (i).

La base optimale ne sera pas changée tant que cette quantité supplémentaire n'est pas supérieure à l'excédent de ressource numéro (i) disponible. En fait, toutes les variables optimales, à l'exception de la variable d'écart associée à la ressource numéro (i), seront inchangées. Inversement, si la fabrication du produit numéro (j) nécessite moins de ressources numéro (i), une quantité additionnelle de ressource numéro (i) sera disponible et, puisque sa valeur marginale est nulle, ne sera pas utilisée à d'autres fins. Donc, on aura cette équation: $-\infty \leq \Delta a_{ij} \leq x^*_{n+1}/x^*_j$; où X^*_{n+1} représente la valeur optimale de variable d'écart associée à la ressource numéro (i) (excédent de ressource numéro (i)) et (X^*_j) est la quantité optimale de produit numéro (j). Le rapport de ces deux variables indique l'augmentation maximale admissible pour (a_{ij}) avant que la variable X_{n+1} ne devienne négative et par conséquent sort de la base.

Dans le cas où (X_j) serait une variable de base optimale et la $i^{\text{ème}}$ ressource n'est pas totalement utilisée, il est possible de modifier le coefficient (a_{ij}) d'une valeur (Δ) tel que $\Delta \leq X_{n+1}/X_j$ et la solution optimale demeure stable.

IV.2.5. Introduction de nouvelles activités (X_j).

Les coûts marginaux représentent les coûts d'opportunité associés à l'utilisation de ressource limitée. On peut utiliser ces coûts marginaux pour évaluer des décisions concernant l'introduction de nouveaux produits ou de nouveaux procédés de fabrication.

La fabrication d'une seule unité de la nouvelle activité nécessite l'utilisation des ressources dont certaines sont déjà totalement prises dans le plan de fabrication optimale. Par conséquent, pour chaque unité de ressource que l'on va détourner vers la production du nouveau produit, il va résulter une diminution de l'économie réalisée égale au coût marginal de cette ressource.

Le coût d'opportunité total associé à la production interne de ce produit peut être obtenu en multipliant les quantités de ressources nécessaires pour produire une unité de produit par le coût marginal de chacune des ressources. Et si le coût d'opportunité total étant supérieur aux économies résultant de la fabrication interne, il n'est donc pas économique de fabriquer ce produit.

Sans résoudre le nouveau programme linéaire, on peut vérifier la stabilité de la solution optimale à partir du programme dual. En effet, avec l'introduction de cette nouvelle variable dans le programme primal, on aura une contrainte supplémentaire dans le programme dual.

- Si pour la solution optimale obtenue, la nouvelle contrainte du programme dual est satisfaite, on n'a pas intérêt à introduire cette nouvelle activité et la solution optimale est stable.
- Si pour la solution optimale obtenue, la nouvelle contrainte du programme dual est non satisfaite, on a intérêt à introduire cette nouvelle activité et la solution trouvée n'est plus optimale et elle sera changée.

IV.2.6. L'introduction d'une nouvelle contrainte.

Examinons maintenant la situation où l'on doit ajouter une contrainte au modèle. Dans certains cas, on est obligé d'introduire une nouvelle contrainte dans le programme linéaire et de voir si la solution optimale va rester stable ou non, tel que l'ajout d'une nouvelle contrainte ne peut qu'éliminer des solutions réalisables.

- Si la solution optimale déjà trouvée est vérifiée par la contrainte, la solution trouvée reste optimale.
- Si la solution optimale déjà trouvée ne satisfait pas cette contrainte, la solution n'est plus optimale.

Il n'est pas nécessaire de résoudre le nouveau programme linéaire, mais il suffit de prendre le dernier tableau optimal du simplexe et on ajoute une nouvelle ligne pour la nouvelle contrainte introduite, avec comme variable de base X_{n+1} , en s'assurant qu'à chaque variable de base dans le tableau, lui correspond bien un vecteur unité, puis on applique par la suite l'algorithme dual du simplexe pour la rendre optimale.

Conclusion:

Les techniques de la programmation linéaire ont trouvé de nombreuses applications dans le domaine de l'aide à la décision en matière de stratégie de production et, en particulier, de conception d'un plan de production.

La conception d'un modèle de programmation linéaire suit trois étapes : l'identification des variables de décision, puis la formulation de l'objectif de l'entreprise à l'aide des variables de décision, et la numération des différentes contraintes associés à la situation à modéliser. La résolution du modèle donne aux variables de décision les valeurs qui vont optimiser l'objectif de l'entreprise.

Les entreprises de production subissent plusieurs coûts afférents à leurs obligations de satisfaire les différentes contraintes liées à l'opération. Elles cherchent à les minimiser, et pour ce faire, elles font appel aux techniques de la programmation linéaire afin de réaliser un programme de production efficace. Ce programme va leur permettre d'optimiser leur coût de revient et de rationaliser l'utilisation de ses ressources.

Dans cet objectif, on s'intéresse au calcul du coût de revient dans une entreprise de production, ce qui fera l'objet du deuxième chapitre.

Chapitre 2:
**Typologies des coûts et le coût
de revient dans l'entreprise**

Introduction :

La compétitivité des entreprises en situation concurrentielle ainsi que l'efficacité des organisations sous contrainte des ressources disponibles, passant par l'analyse et le suivi de leurs coûts.

De ce fait, le calcul des coûts est la quête pour son optimisation devient de plus en plus une nécessité pour les entreprises de production devant une concurrence acharnée. Dans ce contexte, les gestionnaires essayent de trouver des réponses aux différentes questions liées à la gestion de leurs entreprises telles que: quelles sont parmi les commandes, celles qui contribuent à améliorer le résultat et celles qui ont une conséquence négative? Combien coûte la commande à un stade de fabrication donnée? Etc.

Dans ce deuxième chapitre, qu'on scinde en trois sections, on va aborder la définition et typologie des coûts dans la première section, la deuxième section traitera la formulation du modèle du coût de revient, et enfin les méthodes d'évaluation du coût de revient seront étudiées dans la troisième section.

Section I. Typologie des coûts.

Avant d'entamer notre recherche consacrée au calcul du coût de revient, nous allons mettre en exercice le concept clef de ce chapitre à savoir le coût de revient, ainsi que son rôle dans l'entreprise.

Cette première section est consacrée à une brève présentation des concepts fondamentaux qui fondent les systèmes de calcul de coût.

I.1. Les différentes définitions du coût.

I.1.1. Définition du concept de coût et de coût unitaire.

Deux définitions du coût sont régulièrement mises en œuvre, le coût tel qui est défini par les comptables et celui-ci, utilisé par les économistes.

Pour illustrer la vision comptable du concept de coût, reprenons la définition du plan comptable général français de 1982 (PCG), un coût représente «la somme des charges relatives à un élément défini au sein du réseau comptable⁶⁴».

Cette définition nous amène à une autre à savoir le coût unitaire, tel que : «un coût unitaire est un coût total divisé par une quantité, un coût unitaire est un coût moyen⁶⁵».

Donc, un coût est défini par les caractéristiques suivantes:

- **Le «champ d'application du calcul»:** il peut être un produit, un stade d'élaboration du produit tel que le coût d'achat, le coût de production et le coût de revient, etc.
- **Le «moment de calcul»:** soit un coût antérieur (préétabli) ou postérieur (coût constaté) à la période considérée.
- **Le «contenu»:** les charges retenues en totalité ou en partie pour une période déterminée.

En contrôle de gestion, et en particulier, pour aider à la prise de décision, on fait souvent appel à la notion de coût d'opportunité, développée par la théorie économique. Ce coût d'opportunité peut se définir comme étant le revenu provenant de la meilleure utilisation d'une ressource ou d'un facteur rare, auquel on renonce en affectant cette ressource à un usage précis⁶⁶.

⁶⁴ BOUGHABA Abdallah, comptabilité analytique d'exploitation, méthodes d'analyses des charges, les coûts complets historiques, Tome I, BERTI éditions 1991, P5.

⁶⁵ LOCHARD Jean, la comptabilité analytique ou comptabilité de responsabilité, édition d'organisation, Paris 1998, P80.

⁶⁶ DE RONGE Yves, CERRADA Karine, chapitre 1 concepts fondamentaux des systèmes de calcul des coûts, Pearson France, P2.

I.1.2. Définitions du coût de revient:

Différents auteurs ont attribué des définitions au concept du coût de revient, parmi eux on va présenter les définitions suivantes:

Selon Claude RIVELINE: «on appelle coût de revient d'un bien une donnée comptable qui a pour fonction de représenter la totalité des dépenses qu'a entraînées son élaboration⁶⁷». Il regroupe la totalité des charges qui entre dans la production d'un bien donné.

Selon Emmanuel HACHEZ: «le prix de revient est le total des coûts pour la fabrication et la vente du produit⁶⁸». Donc, pour connaître le prix de revient d'un produit, il suffit de prendre l'ensemble des coûts et de diviser par le nombre de produits fabriqués. Le coût de revient est l'étape ultime de calcul des coûts, il comprend toutes les charges relatives au produit.

Abdallah BOUGHABA définit le coût de revient comme étant: «la somme des coûts correspondant à l'ensemble des dépenses nécessaires pour élaborer et mettre sur le marché un bien ou un service⁶⁹».

On constate des définitions précédentes qu'un coût de revient regroupe, selon la nature de l'activité:

- Le coût de revient pour une entreprise commerciale, représente toutes les charges engagées pour la vente de marchandises.
- Pour une entreprise industrielle, le coût de revient représente la totalité des charges retenues pour la fabrication et la vente des produits.
- Dans une entreprise prestataire de services, le coût de revient représente l'intégralité des charges nécessaires aux services.

I.1.3. Différence entre une charge et un coût.

On appelle charge «l'expression monétaire des somme ou valeurs versées ou à verser en contrepartie des marchandises, de travaux ou de prestation⁷⁰». Exemple, les salaires, les frais des soins, l'énergie, etc.

Cependant, «un coût est la somme d'un ensemble de charge relative à un élément d'un produit ou d'un service⁷¹». Exemple: le coût d'achat d'un bien est l'ensemble des frais

⁶⁷ RIVELINE Claude, évaluation des coûts, éléments d'une théorie de la gestion, édition école des mines de Paris 2005, P 17.

⁶⁸ HACHEZ Emmanuel, calcul du prix de revient, édition des CCI SA, Belgique 2006, P25.

⁶⁹ BOUGHABA Abdallah, « Comptabilité analytique d'exploitation », Tome I, op.cit, P.6.

⁷⁰ IDELHAKKAR Brahim, comptabilité analytique cour et exercices corrigés, édition 2009, P28.

⁷¹ IDELHAKKAR Brahim, comptabilité analytique cour et exercices corrigés, ibidem, P28.

engagés pour l'acquisition de ce bien: prix d'achat net, les frais d'approvisionnements directs et indirects.

I.1.4. Différence entre le coût et le coût de revient.

Le coût représente «la somme d'éléments de charge qui, pour une marchandise, un bien, une prestation de service, ne correspondent pas au stade final d'élaboration du produit vendu⁷²». On calcule le coût à chaque étape du processus de production de l'entreprise telle qu'on trouve : le coût d'achat, le coût de production, le coût hors production, etc.

Le coût de revient représente «une somme d'éléments de charge qui, pour une marchandise, un bien, une prestation de service, correspondent au stade final d'élaboration (vente incluse) du produit considéré⁷³». Donc, le coût de revient regroupe la totalité des charges occasionnées par une marchandise, un produit ou une prestation de services durant tout le processus de production et y compris la vente.

I.2. Les différentes charges.

Les méthodes de calcul de coût de revient sont basées sur la distinction entre les coûts directs et les coûts indirects d'une part, et entre les coûts fixes et les coûts variables d'autre part.

I.2.1. Charges directes et charges indirectes.

On distingue les charges directes des charges indirectes par rapport à la possibilité d'imputation de cette dernière au produit. «Les charges directes sont les charges directement imputables à la fabrication d'un produit⁷⁴». Donc, les coûts directs sont les coûts que l'on peut associer à la fabrication des produits précis; ils peuvent être imputés directement à ces produits lors du calcul du coût de revient. Par contre, «les charges indirectes ce sont les charges qui concernent plusieurs produits⁷⁵». Donc, ce sont les coûts rattachés à un ensemble de produit, et pour calculer le prix de revient d'un produit précis, il faudra donc répartir ces coûts indirects pour en évaluer la partie imputable à notre produit.

⁷² GOUJET.C, RAULET.C, RAULET.C, comptabilité analytique et contrôle de gestion, Tome1, calcul des coûts complets, Analyse des coûts et des marges, 4ème édition, DUNOD, Paris 2001, P3.

⁷³ GOUJET.C, RAULET.C, RAULET.C, comptabilité analytique et contrôle de gestion, ibidem, P3.

⁷⁴ HACHEZ Emmanuel, calcul du prix de revient, op.cit, P29.

⁷⁵ HACHEZ Emmanuel, calcul du prix de revient, ibidem, P29.

Une charge directe ou indirecte est une fonction du coût recherché, tel que, une charge est directe par rapport aux coûts des produits, mais perd ce caractère si on cherche le coût par canal de distribution par exemple et inversement.

I.2.2. Coûts fixes, coûts variables et coûts semi-variables.

Une bonne compréhension du comportement des coûts, en particulier, de leurs lois de variabilité, est un facteur essentiel d'une bonne maîtrise de la performance.

On distingue une charge fixe d'une charge variable par rapport à un volume d'activité, et la variation de celle-ci par rapport au niveau de production.

I.2.2.1. Les charges fixes.

Selon les termes du PCG de 1982⁷⁶, «les charges de structure sont des charges liées à l'existence de l'entreprise et correspondent, pour chaque période de calcul, à une capacité de production déterminée. Ces charges sont relativement fixes lorsque le niveau d'activité évolue peu au cours de la période de calcul. Ils varient par paliers et tout changement de structure entraîne forcément un changement au niveau des charges structurelles⁷⁷».

Les coûts sont dits fixes lorsque leur total demeure constant quel que soit le niveau d'activité atteint à l'intérieur d'un certain segment d'activité. Ce sont toutes les charges qui ne dépendent pas du volume d'activité de l'entreprise.

Il est d'usage de dire qu'elles sont constantes, du moins à capacité donnée et durant une certaine période; elles sont liées à l'existence de l'entreprise et correspondent, pour chaque période de calcul, à une capacité de production déterminée.

«Les charges fixes sont les charges dont l'évolution est indépendante du volume d'activité. Elles comprennent les charges de structure et les charges modulables⁷⁸». Les charges de structure ce sont les charges liées à l'existence de l'organisation telle que par exemple on cite: personnel d'encadrement, loyers, amortissements, etc; elles varient par paliers. Les charges modulables ne sont liées ni à la structure, ni à l'activité, dans ce cas, l'entreprise peut agir sur ces coûts pour les réduire sans affecter ses potentialités, il s'agit pour l'essentiel, des dépenses de recherche et développement, de la publicité, de la formation, etc.

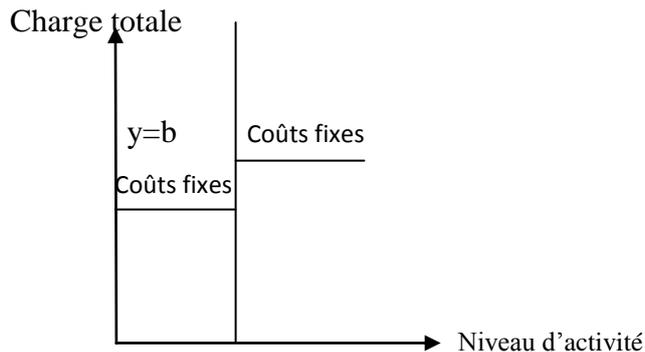
⁷⁶BOUGHABA Abdallah, comptabilité analytique d'exploitation, analyse de variabilité, les coûts partiels, les coûts préétablis, Tome II, BERTI éditions, 1991, P8.

⁷⁷BOUGHABA Abdallah, comptabilité analytique d'exploitation, Tome II, ibidem, P8.

⁷⁸TRAHAND Jacques, MORARD Bernard et CARGNELLO-CHARLES Emmanuelle ; Comptabilité de gestion, Coût, Activité, répartition, études de cas, presses universitaires de Grenoble, 2000, P15.

La division des charges fixes par production (en unités) nous donne le coût fixe unitaire. On peut également observer, que si le coût fixe global ne change pas pour la période considérée, il est en revanche variable par unité et il est décroissant en fonction de la quantité produite, comme le montre le graphe N°01 et le graphe N°02.

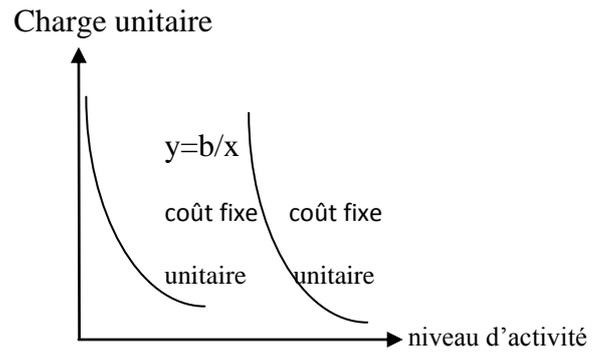
Graphe N°01: évolution du coût fixe total en fonction des quantités



y : la charge fixe totale.

b : la charge fixe totale.

Graphe N°02: évolution du coût fixe unitaire en fonction des quantités



y : la charge fixe unitaire.

b : la charge fixe totale

x : la quantité produite.

La représentation graphique des charges fixes montre que plus le volume d'activité est important, plus le montant unitaire des charges fixes diminuent. L'entreprise réalise ainsi des économies d'échelle.

On peut remarquer que l'évolution du coût fixe unitaire prend l'allure d'une hyperbole; cela s'explique aisément, puisque le coût fixe unitaire représente le rapport entre le coût fixe total et les quantités produites. Il décroît par conséquent, au fur et à mesure qu'augmentent les quantités produites.

I.2.2.2. Les charges variables.

Selon Rejean BRAULT et Pierre GIGUERE: «les coûts sont dits variables lorsque leur total varie de façon directement proportionnelle au niveau d'activité atteint à l'intérieur d'un certain segment d'activité⁷⁹».

Les charges variables sont celles qui dépendent du volume d'activité de l'entreprise; communément elles se répartissent d'une manière uniforme tout au long de

⁷⁹ BRAULT Réjean, GIGUERE Pierre, coût de revient, édition les presses de l'université Laval, Québec 1997, P13.

la période donnée, elles sont considérées comme proportionnelles à l'activité; appelées également charges opérationnelles.

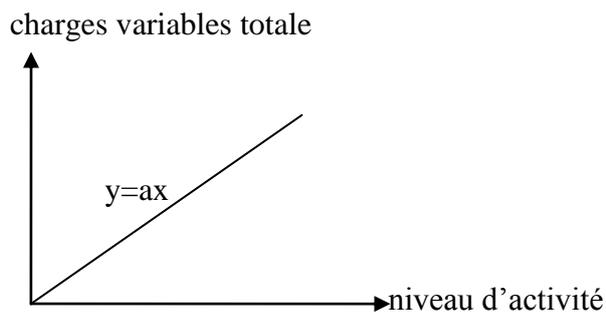
On distingue parmi l'ensemble des charges variables: les coûts techniques définis comme «des coûts variant proportionnellement au nombre d'unités fabriquées (ou vendues), en ce sens qu'ils sont véritablement liés aux produits⁸⁰» tels que, le coût des matières premières et des fournitures intégrées dans les produits, et les coûts d'activité, définis comme des «coûts matériels nécessaires pour réaliser la production, sans qu'il soit possible de déterminer, d'une façon exacte, la part absorbée par chaque produit⁸¹», on cite par exemple: l'énergie, petit outillage, matières consommables.

La division des charges variables par les quantités produites correspondantes (en unités) nous donne le coût variable unitaire.

L'évaluation des coûts variables par rapport au volume d'activité est considérée comme proportionnelle, exemple les matières premières et l'énergie ou de manière non proportionnelle (par paliers), exemple les salaires productifs.

Donc, le coût variable par unité est fixe, alors que le coût variable total est fonction des quantités vendues; donc, il est variable dans l'hypothèse de stricte proportionnalité, comme l'indique le graphe N°03 et le graphe N°04.

Graphe N°03 : évolution du coût variable total en fonction des quantités

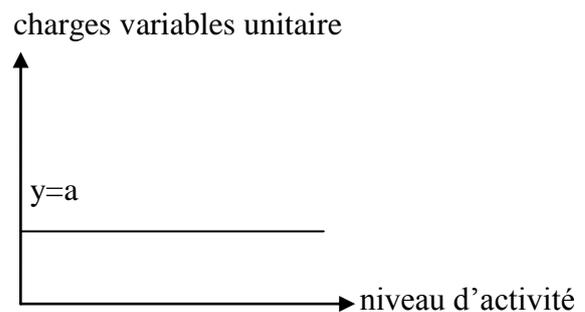


y : la charge variable totale.

a : coefficient = charge variable/quantité produite.

x : la quantité produite.

Graphe N°04: évolution du coût variable unitaire en fonction des quantités



y : la charge variable unitaire.

a : la charge variable unitaire.

⁸⁰ TRAHAND Jacques, MORARD Bernard et CARGNELLO-CHARLES Emmanuelle ; Comptabilité de gestion, Coût, Activité, répartition, op.cit, P14.

⁸¹ TRAHAND Jacques, MORARD Bernard et CARGNELLO-CHARLES Emmanuelle ; Comptabilité de gestion, ibidem, P14.

La représentation graphique des charges variables montre que les charges variables unitaires sont fixes quel que soit le niveau d'activité dans l'hypothèse de stricte proportionnalité.

I.2.2.3. Les charges mixtes ou semi-variables:

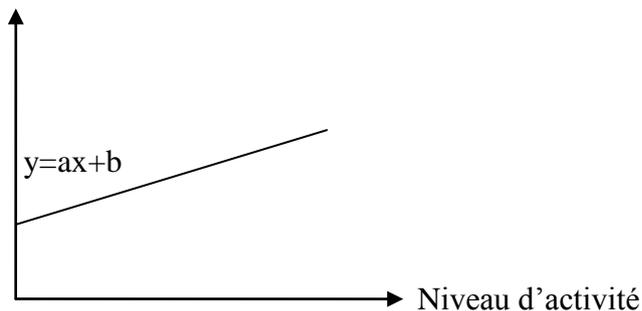
Les charges mixtes, ce sont les coûts qui se constituent d'une partie fixe et d'une partie variable, «certaines charges peuvent comporter une partie fixe et une partie variable, on les appelle, les charges semi-variables⁸²». Elles contiennent, pour une période donnée, une partie fixe liée à la structure de l'entité et une partie variable dépendant de son niveau d'activité, on les appelle aussi coûts semi-proportionnels, ses caractéristiques sont:

- Composées d'une partie fixe et d'une partie variable;
- Non proportionnelle à l'activité;
- À répartir en fixe et variable.

L'allure de ce type de charge se présente comme suit:

Graphe N°05 : évolution du coût semi-variable total en fonction des quantités

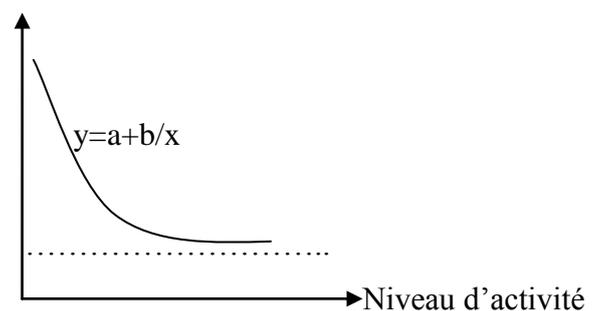
Charge total



y : la charge semi-variable totale.
 a : coefficient = charge variable/quantité produite.
 x : la quantité produite.
 b : la charge fixe.

Graphe N°06: évolution du coût semi-variable unitaire en fonction des quantités

charge unitaire



y : la charge variable unitaire.

La représentation graphique des charges mixtes montre que plus le volume d'activité est important, plus le montant unitaire des charges mixtes diminue jusqu'en arrivant au seuil qui représente la valeur des charges fixes.

Les charges mixtes sont composées des charges variables et des charges fixes. Leur étude permet de les décomposer en partie variable et en partie fixe, avant de les rattacher à l'une ou l'autre famille de charge.

⁸² DUCREAU Florence, BOUTRY Michel, charges variables et charges fixes, université NANCY 2, P3.

Un tableau à double entrée permet de représenter l'articulation possible entre les deux critères. Donc, les coûts peuvent être visualisés dans le tableau suivant:

Tableau N°08: regroupement des charges.

Analyse dans l'espace (par produit)	Analyse dans le temps (par période)	
	Charges variables	Charges fixes
<p>Charges directes :</p> <p>-Liées à l'existence d'un produit donné : elles apparaissent et disparaissent avec lui de manière immédiate ;</p> <p>-Affectables sans ambiguïté à ce produit.</p>	<p>Charges variables directes :</p> <p>Charges liées à un seul produit et variant en fonction de l'activité correspondante, à la hausse comme à la baisse.</p>	<p>Charges fixes directes :</p> <p>Charges liées à un seul produit mais indépendantes du niveau d'activité dans la période considérée.</p>
<p>Charges indirectes :</p> <p>-Trouvent leur origine dans des choix globaux ou lointains concernant un ensemble de produits ;</p> <p>-Ne peuvent être réparties immédiatement entre les produits.</p>	<p>Charges variables indirectes :</p> <p>charges induites par plusieurs produits à la fois et variant en fonction du niveau général d'activité.</p>	<p>Charges fixes indirectes:</p> <p>charges induites par plusieurs produits à la fois et indépendantes du niveau d'activité dans la période considérée.</p>

Source: Yves DUPUY, Denis TRAVAILLE, les bases de la comptabilité analytique de gestion, p21.

Charges variables directes: il s'agit essentiellement des consommations de matière, de la sous-traitance, de la main-d'œuvre directe lorsqu'on est dans la plage des heures supplémentaires, et d'énergie. Ces coûts sont affectés au coût des différents produits sans difficulté.

Charges variables indirectes: elles ne peuvent être rattachées aux comptes de coût des différents produits sans transiter par un centre d'analyses, dont sans traitement préalable. Néanmoins, elles varient avec le volume d'activité, on trouve dans cette catégorie

les frais d'éclairage et de chauffage d'ateliers où l'on fabrique plusieurs produits, les frais de matériel de manutention (carburant, entretien des moteurs, pneus, etc.).

Charges fixes directes: ce sont celles qu'on peut affecter directement au coût des produits et qui, de plus, sont indépendants du niveau d'activité. Il peut s'agir de mains-d'œuvre directes lorsque les ouvriers sont mensualisés, et que l'on se trouve en dehors de la zone des heures supplémentaires, de l'amortissement des machines spécialisées servant à la production d'un seul article.

Charges fixes indirectes: cette catégorie, qui a tendance à devenir de plus en plus importante, regroupent tous les frais généraux, administratifs, une part importante des frais de commercialisation et même des coûts de production (matériel de production polyvalent, frais de recherche-développement, etc.) et d'approvisionnement. Ces charges sont isolées et cumulées mais forment une masse commune qui ne subit aucun traitement complémentaire.

Le critère de traçabilité et les lois de comportement des coûts vont servir de fondements aux différentes méthodes de calcul des coûts qui seront présentés dans la suite de ce travail.

Section II. Formulation du modèle du coût de revient.

Selon le stade d'élaboration du produit (hiérarchie des coûts), il existe différentes typologies de coûts correspondant aux différents stades d'élaboration et de vente d'un produit: coût d'achat, le coût de production et le coût de revient.

Selon la méthode des coûts complets, il est possible d'évaluer le montant des charges cumulées à chaque stade du cycle d'activité ou du processus de production de bien et de service et de leur distribution soit: le coût d'achat, le coût de production et le coût de revient. On peut résumer cette typologie comme suit:

Tableau N°9: La hiérarchie des coûts.

Stade d'élaboration du produit	Coût
Entrée dans les entrepôts de l'entreprise	Coût d'achat
Sortie de chaîne de production	Coût de production
Arrivée chez le client	Coût de revient

Source : Laurence Le Gallo, 1^{ère} année DUT GEA, 2005/2006, analyse des coûts, P4⁸³.

En fonction des coûts que l'on souhaite déterminer, il est important de réfléchir à l'enchaînement des coûts nécessaires; tel que le cycle d'exploitation d'une entreprise fait apparaître des phases auxquelles correspond des coûts successifs.

Dans une entreprise productive comme nous l'avons déjà souligné ci-dessus, il existe trois phases: la phase approvisionnement, la phase production et la phase distribution. À chacune de ces phases, des coûts seront calculés.

Pour la phase approvisionnement nous calculerons le coût d'achat, pour la phase production, nous calculerons le coût de production et enfin pour la phase distribution nous calculerons le coût de distribution. La somme du coût de production des produits finis vendus et le coût de la distribution nous donnent le coût de revient.

- Dans une entreprise commerciale, le cycle est le suivant:

Achat de produits → stockage des produits → vente des produits.

- Dans une entreprise industrielle, le produit suit le schéma suivant:

Achat de matière première → stockage de matière première → production des produits → stockage des produits finis → vente des produits finis.

⁸³ LE GALLO Laurence, 1^{ère} année DUT GEA, 2005/2006, analyse des coûts, P4.

II.1. Le coût d'achat.

Selon Gérard MELYON: «Le coût d'achat des marchandises, des matières et des fournitures intègre l'ensemble des charges constatées lors de l'opération d'approvisionnement jusqu'à la mise en stock⁸⁴». Il correspond aux achats auxquels on ajoute les frais d'achat, à noter que le coût de stockage des matières achetées (coût de possession du stock) sera intégré aux frais d'achat. «On détermine un coût d'achat pour chaque matière première ou chaque matière consommable ayant fait l'objet d'un approvisionnement pendant une période considérée⁸⁵».

La détermination de ce coût en début de cycle d'exploitation permet d'évaluer le coût d'entrée en stock (les marchandises pour les entreprises commerciales et matières premières et fournitures pour les entreprises industrielles).

«Coût d'achat = prix d'achat net + frais d'approvisionnements directs + charges d'approvisionnement indirectes imputés⁸⁶». Donc,

Le coût d'achat total

$$= \text{prix d'achat} + \text{charges directes d'achat} + \text{charges indirectes d'achat.}$$

L'inventaire permanent des stocks de matière consommable consiste à déterminer la quantité de matière consommée, et la valeur de ces dernières lors de la sortie du magasin. De plus, le stockage des matières génèrent des coûts (coûts liés à la gestion des stocks). Par conséquent, à la sortie du magasin, elles n'ont plus la même valeur qu'à leur entrée (méthodes de valorisation des sorties).

$$\text{Quantité de matières consommées} = (\text{stock initial} + \text{entrées}) - \text{stock final.}$$

Coût des matières consommées

$$= \text{quantité de matière consommée} \times \text{valeurs unitaire à la sortie du magasin.}$$

II.1.1. Méthodes de valorisation des stocks :

Pour la valorisation des mouvements de sortie de stock, nous avons le choix entre différentes méthodes indiqués ci-dessous. À leurs sorties du magasin, les biens sont évalués soit par la méthode premier entré, premier sorti (PEPS ou FIFO), soit par la méthode du coût

⁸⁴ MELYON Gérard, comptabilité analytique, 3^e édition, édition Bréal, Paris 2004, P52.

⁸⁵ LECLERE Didier, l'essentiel de la comptabilité analytique analyser les coûts pour bien décider, 4^{ème} édition, op.cite, P28.

⁸⁶ ROSENBERG Claude, analyse des coûts rentabilité et productivité, 2^e édition, entreprise moderne d'édition Paris 1985, P19.

unitaire moyen pondéré (CUMP). Il faut bien savoir que la méthode dernière entrée, première sortie (DEPS ou LIFO) est exemptée par le système comptable financier (SCF) et les méthodes autorisées sont le (CUMP) et (FIFO).

- La méthode de coût unitaire moyen pondéré qui englobe :
 - Le coût moyen unitaire pondéré à la fin de la période.
 - Le coût moyen unitaire pondéré après chaque entrée.
- La méthode d'épuisement des lots qui englobe :
 - La méthode (FIFO) (première entrée, première sortie).
 - La méthode (LIFO) (dernière entrée, première sortie).

II.1.1.1. La méthode du coût unitaire moyen pondéré (CUMP):

Selon Simon BRUNO: «La valeur moyenne pondérée d'une unité en stock se calcule en divisant le total des valeurs d'entrée (y compris le stock initial) par le nombre d'unités entrées (y compris le stock initial)⁸⁷».

Comme son nom l'indique, la méthode consiste à calculer une moyenne pondérée des valeurs en stocks et de celles qui sont rentrées, (dans le stock de matières premières, l'entrée en stock valorisée au coût d'achat; dans le stock de produit fini, l'entrée en stock valorisée au coût de production).

$$CUMP = \frac{(\text{stock initial en valeur} + \text{entrées en valeur})}{(\text{stock initial en quantité} + \text{entrées en quantité})}$$

Cette moyenne peut être calculée périodiquement ou lors de la réception de chaque nouvelle livraison. Nous pouvons procéder au calcul de (CUMP) par deux variantes:

II.1.1.1.1. Le (CUMP) après chaque entrée:

Le coût unitaire moyen pondéré est calculé après chaque entrée en divisant la valeur du stock restant (ou initial), majoré du montant de l'entrée, sur la quantité du stock restant majorée de la quantité entrée, pour déterminer le coût unitaire de la matière première.

Ce coût unitaire servira à chiffrer toutes les sorties jusqu'à une nouvelle entrée qui nécessite le calcul d'un autre coût unitaire moyen calculé de la même façon.

On calcule un coût moyen unitaire pondéré après chaque entrée et, entre deux entrées, toutes les sorties sont évaluées au dernier coût moyen calculé⁸⁸.

⁸⁷ BRUNO Simon, la valorisation des sorties de stock, université de liège année académique 2002-2003, P10.

$$\begin{aligned} & \text{CUMP (après chaque entrée)} \\ & = \frac{\text{valeur (coût d'achat) du stock avant l'entrée} + \text{valeur (coût d'achat) de l'entrée}}{\text{quantité en stock avant l'entrée} + \text{quantité entrée}} \end{aligned}$$

Si on désigne par M1, M2 les lots entrés durant une période, et P1, P2 les coûts unitaires correspondants, on aura cette formule du (CUMP) (après chaque entrée):

$$\text{CUMP(après chaque entrée)} = \frac{\text{SI} + \text{P1} + \text{P2}}{\text{QSI} + \text{M1} + \text{M2}}$$

II.1.1.1.2. Le (CUMP) à la fin de la période:

Le coût moyen pondéré est calculé à la fin de la période, en divisant la valeur du stock de début de période majorée du montant des entrées de la période, sur la quantité du stock initial majoré des quantités entrées dans la période.

Dans la méthode du coût unitaire moyen pondéré de fin de période les sorties de stock ne sont pas valorisées qu'en fin de période. Elles le sont toutes au même coût unitaire donné par l'équation suivante ⁸⁹:

$$\begin{aligned} & \text{CUMP(à la fin de période)} \\ & = \frac{\text{valeur (coût d'achat) du stock initial} + \text{valeur (coût d'achat) des entrées}}{\text{quantité en stock initial} + \text{quantité entrée}} \end{aligned}$$

Si on désigne par M1, M2 les lots entrés durant une période, P1, P2 les coûts unitaires correspondants, et SI le stock initial, on aura cette formule du (CUMP fin de période) :

$$\text{CUMP(fin de période)} = \frac{\text{SI} + \text{P1} + \text{P2} + \dots + \text{Pn}}{\text{QSI} + \text{M1} + \text{M2} + \dots + \text{Mn}}$$

II.1.1.2. La méthode d'épuisement des lots:

Dans cette méthode, nous distinguons entre deux principales techniques d'épuisement des lots:

II.1.1.2.1. La méthode (FIFO) (First in First out):

Le principe de la méthode (FIFO) est d'évaluer les sorties selon que les premiers lots entrés sont les premiers sorties, d'où l'appellation en français (PEPS) (premier entré, premier sorti). «Les sorties du stock sont valorisées à la valeur des articles les premiers entrés dans le stock ⁹⁰». Les sorties sont valorisées en épuisant les lots

⁸⁸ DUBRULLE Louis, JOURDAIN Didier, comptabilité analytique de gestion, 5^{ème} édition, édition DUNOD, Paris, 2007, P29

⁸⁹ DUBRULLE Louis, JOURDAIN Didier, comptabilité analytique de gestion, ibidem, P29.

⁹⁰ BRUNO Simon, la valorisation des sorties de stock, op.cit, P9.

en stock du plus ancien au plus récent; elle consiste à affecter aux éléments de stock vendu ou consommé le coût des plus anciens éléments en stock; le coût des stocks à la clôture sera celui des articles achetés ou produits le plus récemment.

Dans cette méthode appelée (FIFO), chaque lot entré est individualisé. Elle a l'avantage de rapprocher la valeur du stock de la valeur de renouvellement au fur et à mesure de l'épuisement des lots anciens, mais, elle a l'inconvénient de baisser les coûts en cas d'inflation donc augmenter le bénéfice fiscal tel que, le coût des sorties est minoré, les lots les plus anciens achetés moins chers sont sortis les premiers ; et la valeur du stock final est majorée en stock, les plus récents achetés plus cher. «La méthode (FIFO) est acceptable dans une hypothèse de stabilité relative des prix ou dans une hypothèse de renouvellement constant et rapide des stocks⁹¹».

C'est une méthode qui s'applique plutôt à des produits périssables car on conserve la mémoire de l'antériorité dans le stock et on élimine en premier les éléments les plus anciens.

II.1.1.2.2. La méthode (LIFO) (last in first out):

Le principe est inverse du précédent: les matières sont toujours sorties du stock à leur coût d'achat, mais en privilégiant par priorité les plus récentes. «Méthode (LIFO) (last in first out), où les coûts de revient des plus récentes unités entrées en stock sont utilisés pour valoriser les premières sorties du stock⁹²».

Les sorties de ces éléments sont valorisées au prix de ces derniers entrés, et ce jusqu'à épuisement des lots, c'est pourquoi cette méthode est appelée celle de «l'épuisement à rebours des lots, par opposition à celle de l'épuisement successif des lots (FIFO)⁹³».

Cette méthode fait éloigner la valeur du stock de sa valeur sur le marché, par contre la valeur des articles utilisés dans le calcul des coûts de revient est récente, elle présente l'inconvénient de sous estimation en cas des hausses des prix.

⁹¹GUERRA Fabienne, HAAN Eddie de, comptabilité 2, les règles d'évaluation et PCMN, 4^e édition, édition De Boeck université Paris 1998, P279.

⁹²DE RONGE Yves, CERRADA Karine, contrôle de gestion, op.cit, P32.

⁹³ANTOINE Joseph, CORNIL Jean-paul, Lexique thématique de la comptabilité, Dictionnaire spécialisé explicatif 7^{ème} édition revue, augmentée et mise à jour avec la collaboration de Stéphane mercier, Belgique 2002, P176.

II.1.2. Avantages et inconvénients des méthodes de valorisation.

Face aux fluctuations des prix, chaque méthode offre des avantages et des inconvénients qui se reflètent à la fois dans la valeur du stock final et dans le résultat, les avantages et les inconvénients des méthodes, sont présentés dans ce qui suit:

La méthode (FIFO) se base sur le principe d'épuisement des stocks par ordre de réception, elle règle le problème que peut poser le stockage des produits périssable nécessitant une consommation rapide, mais nécessite un suivi méticuleux et un suivi d'enregistrement après chaque entrée ou sortie.

La méthode (LIFO) présente l'avantage concernant sa simplicité mais elle présente des inconvénients concernant la dévalorisation des stocks en cas des hausses des prix.

Pour la méthode de coût unitaire moyen pondéré elle est simple pour le calculer, mais elle entraîne un retard considérable en ce qui concerne la valorisation des sorties de matières premières.

II.1.3. L'incidence du choix de la méthode d'évaluation du stock sur le résultat.

Il n'existe pas de méthode idéale de valorisation des sorties de stock. Chaque méthode aboutissant à une évaluation différente de stock final, ce qui peut avoir une incidence importante en comptabilité générale (sur le résultat et en conséquence sur l'imposition).

Tableau N°10: Valorisation du stock en période de hausse et de (baisse) des prix d'achat:

Méthodes	Valorisation totale des sorties	Valorisation du stock final	Bénéfice
(FIFO)	Sous-évaluée (Surévaluée)	Surévaluée (Sous-évaluée)	Le plus élevé (faible)
(LIFO)	Surévaluée (Sous-évaluée)	Sous-évaluée (Surévaluée)	Le plus faible (élevé)
Coût moyen pondéré	Moyenne	Moyenne	Moyen

Source: établie par nous-mêmes.

Selon Sana JELLOULI : «en cas de stabilité des coûts, le choix de la méthode pourrait être dicté par des considérations exclusivement techniques, puisque ce choix serait sans incidence sur le plan de valorisation des sorties. En cas de fluctuation des coûts, tel que le coût d'achat ou autres, il en résulte que les coûts de production et les coûts

de revient des produits fabriqués, ainsi que la valeur du stock final, seront différents selon la méthode retenue.

En cas de hausse (baisse) des coûts:

- **En (FIFO)**, les sorties sont évaluées aux coûts les plus bas (élevés), et le stock restant aux coûts les plus élevés (Bas). Le résultat de l'entreprise se trouve majoré (minoré);
- **En (LIFO)**, les sorties sont évaluées aux coûts les plus élevés (Bas), et le stock restant aux coûts les plus bas (élevés). Le résultat de l'entreprise se trouve minoré (majoré)⁹⁴.
- **En (CUMP)**; les sorties sont évaluées au coût moyen, et le stock restant aux coûts moyens. Le résultat de l'entreprise se trouve moyen.

II.2. Le coût de production.

Selon Henri BOUQUIN, le coût de production ou de fabrication est «le total de ce que coûte un produit terminé; c'est la somme du coût d'achat et des coûts ajoutés par l'entreprise dans les opérations de production⁹⁵».

Il comprend les frais liés à la production que l'on ajoute au coût d'achat des matières premières utilisées, il est constitué par l'ensemble des charges supportées en raison de la fabrication des produits ou services par l'entreprise.

En d'autres termes, c'est la somme de tout ce que coûte l'obtention d'un produit, y compris les frais de mise en stock.

Donc, le coût de production total égal au coût d'achat des matières premières utilisées (CAMPU) ou consommées (CAMPC), auxquelles on ajoute les charges de main d'œuvres directes de production et les charges indirectes de production imputées.

Coût de production

$$= \text{coût des matières consommées} + \text{charges directes de production} \\ + \text{charges indirectes de production.}$$

Pour calculer le coût de production unitaire, la formule est la suivante :

$$\text{Coût de production unitaire} = \frac{\text{coût de production total}}{\text{quantité fabriquée}}$$

⁹⁴JELLOULI Sana, Comptabilité Analytique de Gestion 2^{ème} E-Com & E-Serv CHAPITRE 2 : L'évaluation des Stocks, ESCE-Manouba 2007 -2008, P5.

⁹⁵BOUQUIN Henri, comptabilité de gestion, édition economica, Paris, 2000, P41.

L'inventaire permanent des stocks de produits finis consiste à déterminer la quantité des produits finis vendus, et la valeur de ces derniers lors de la sortie du magasin. De plus, le stockage des produits fini génère des coûts (coûts liés à la gestion des stocks). Par conséquent, à la sortie du magasin, ils n'ont plus la même valeur qu'à leur entrée (méthodes de valorisation des sorties).

$$\text{Quantité de produits vendus} = (\text{stock initial} + \text{entrées}) - \text{stock final}.$$

Coût des produits vendus =
quantité des produits vendus × valeurs unitaire à la sortie du magasin.

II.3. Le coût de revient:

Le coût de revient est la somme des coûts qui correspond au stade final d'élaboration du produit ou service considéré (vente incluse). Il comprend: le coût de production des produits vendus; auquel s'ajoutent les charges de distribution qui correspondent à la fonction vente dans l'entreprise.

Selon Didier LECLERE, le coût de distribution est «la somme de tout ce que coûte la commercialisation d'un produit⁹⁶».

$$\text{coût de distribution} \\ = \text{charges directes de distribution} + \text{charges indirectes de distribution}.$$

$$\text{coût de revient} = \text{coût des produits vendus} + \text{coût de distribution}.$$

$$\text{CR} = \text{CPV} + \text{CD}$$

Selon les secteurs d'activité, les entreprises connaîtront de grandes différences quant aux parts de chacun de ces coûts, en effet, une entreprise de service verra son coût d'achat proche de zéro mais ses frais de distribution seront élevés.

⁹⁶ LECLERE Didier, l'essentiel de la comptabilité analytique, analyser les coûts pour bien décider, 4^e édition, op.cit, P29.

Section III. Méthodes d'évaluation du coût de revient.

L'analyse des coûts et des résultats des produits, des activités est indispensable pour mener à bien la gestion et effectuer les choix stratégiques au sein des entreprises.

Plusieurs méthodes de calcul des coûts se présentent aux décideurs afin de les aider à la prise de décision. Dans la suite de notre travail, nous traiterons les différentes méthodes de calcul des coûts et les différentes marges résultantes.

III.1 La méthode des sections homogènes ou des centres d'analyse.

La comptabilité traditionnelle a été développée dans un contexte caractérisant principalement par une production des grandes séries, standardisées dans un environnement pratiquement stable, cette méthode nécessite un découpage de l'entreprise en section dite homogène.

Avant d'entamer l'explication de cette méthode, on met en exergue des notions relatives à cette méthode.

III.1.1. Définition des centres d'analyses:

D'après, T. SAADA, A. BURLAUD, C. SIMON: «Les centres d'analyses sont des compartiments d'ordre comptable dans lesquels sont groupés, préalablement à leur imputation aux comptes intéressés de coût ou de coût de revient, les éléments de charge qui ne peuvent être directement affectés à ces comptes⁹⁷». Donc, ce sont des cellules comptables qui servent à regrouper les charges dans le but de les affecter au compte adéquat.

Les charges indirectes seront réparties entre les sections homogènes à savoir: centres auxiliaires et principaux. Certaines charges peuvent ne concerner qu'un seul centre de coût (c'est le cas des charges semi-directes). Cependant, la plupart des charges indirectes concernent plusieurs centres de coût et seront de ce fait réparties au moyen de «clé de répartition».

On distingue deux centres d'analyses:

- **Les centres principaux :** sont ceux où sont mis en œuvre les moyens de production et de vente de l'entreprise : approvisionnement, ateliers, services commerciaux et stockage des produits finis. L'activité de ces centres constitue la trame du cycle achat-production-vente.

⁹⁷SAADA.T, BURLAUD.A, SIMON.C, comptabilité analytique et contrôle de gestion, 3^{ème} édition, édition VUIBERT , Paris 2005, P17.

- **Les centres auxiliaires** : ont pour rôle de gérer les facteurs de production mis en œuvre par l'entreprise: gestion du personnel, gestion du matériel et des bâtiments (entretien, chauffage, sécurité, etc.), gestion financière (facturation, trésorerie, etc.). Ils assurent essentiellement des fonctions de coordination et d'organisation interne à l'entreprise.

III.1.2. Définition des unités d'œuvre et taux de frais:

Selon R. BARRE, R. LORY, M. RICHEZ: «l'unité d'œuvre est l'unité de mesure de la production d'un centre de travail ou d'une section et qu'elle sert à imputer les charges de ce centre aux différents coûts; les termes unité d'œuvre et coût d'œuvre ou taux d'unité d'œuvre sont réservés aux unités d'œuvres physiques, par contre, dans le cas de l'unité d'œuvre monétaire, l'expression coût d'unité d'œuvre est remplacée par taux de frais⁹⁸». L'unité d'œuvre mesure l'activité dans les centres opérationnels, par contre, les centres de structure, qui sont des centres d'analyses pour lesquels il n'est pas possible de mesurer une activité par une unité physique, on utilise alors un taux de frais exprimé en unité monétaire, comme une unité de mesure de l'activité du centre.

C'est une unité de mesure par laquelle elle met en relation la totalité des coûts dans chaque centre avec l'activité de ce centre. Elles sont considérées comme des opérateurs de proportionnalité qui permettent d'imputer les charges indirectes aux coûts d'achat, aux coûts de production et aux coûts de revient.

Le choix de l'unité d'œuvre est primordial dans la pertinence de l'opération, telle qu'un mauvais instrument de mesure induit de mauvaise décision.

III.1.3. Définition des clés de répartition:

On appelle clé de répartition : «un procédé pour déterminer le partage des charges indirectes entre les différents centres⁹⁹».

En outre, la clé de répartition se distingue de l'unité d'œuvre par la fixité de base de répartition.

III.1.4. Démarche générique de la méthode des centres d'analyse:

La méthode des centres d'analyse passe par cinq étapes principalement qu'on cite dans ce qui suit¹⁰⁰:

a) Définition des centres d'analyses homogènes et de manière conjointe, pour chacun d'eux, de leur unité d'œuvre exprimant leur volume d'activité et les variations de leur coût.

⁹⁸ BARRE.R, LORY.R, RICHEZ. M, comptabilité analytique d'exploitation, édition ISTR A , Paris 1980, p 43.

⁹⁹ SAADA. T, BURLAUD. A, SIMON .C, comptabilité analytique et contrôle de gestion, 3^{ème} édition, op.cit, P20.

¹⁰⁰ JACQUOT Thierry, MILKOFF Richard, comptabilité de gestion, analyse et maîtrise des coûts, édition DPEF, France 2007, P 129.

- b) Répartition primaire des charges indirectes dans les centres d'analyses, à l'aide des clés de répartition les plus pertinentes possible, puis répartition secondaire des charges des centres auxiliaires dans les centres principaux sur la base des prestations fournies.
- c) Affectation des charges indirectes aux coûts d'achat, de production et de revient.
- d) Imputation du coût des centres aux coûts correspondant à chaque étape d'analyse (achat, production, coût de revient), proportionnellement aux unités d'œuvres utilisées par chacune.
- e) Calcul des coûts d'achat, de production puis de revient, en ajoutant les charges directes et indirectes correspondant à l'étape de calcul au coût issu du précédent (correction faite des variations de stock).

III.1.5. Analyse critique de la méthode:

La méthode des coûts complets présente des limites et des avantages, qui peuvent se résumer dans ce qui suit:

D'abord, la méthode des centres d'analyses est relativement simple à mettre en œuvre car le découpage de l'entreprise s'appuie sur des éléments déjà existants (organigramme de l'entreprise). De plus, elle permet d'obtenir des coûts de revient complets de chacun des produits de l'entreprise qui constitueront une aide à la fixation des prix de vente, et par conséquent le résultat analytique ainsi que celui de l'ensemble de l'activité.

Parmi les limites de cette méthode, on indique qu'elle nécessite une analyse souvent trop détaillée des activités de l'entreprise, ce qui alourdi les calculs et rend plus complexe la répartition des charges indirectes dans les centre d'analyses, ainsi que le choix des unités d'œuvre contient toujours une part d'arbitraire.

III.2. La méthode de l'imputation rationnelle des charges fixes.

L'imputation rationnelle des charges fixes n'est pas en elle-même une méthode de calcul des coûts, elle n'est qu'un complément destiné à filtrer les effets des variations d'activité.

La technique présente l'avantage de moduler le calcul du coût complet des produits pour tenir compte de la variabilité des charges fixes unitaires. Elle a pour objectif d'atténuer les charges fixes afférer de la sous activité enregistrer suite à une récession ou stagnation de l'activité de l'entreprise.

Le coût fixe unitaire est une fonction décroissante des quantités produites, ce qui permet d'enregistrer un écart de coût, d'où l'importance de la méthode de

l'imputation rationnelle qui a précisément pour objectif de calculer des coûts corrigés des variations d'activités.

On peut dire que l'imputation rationnelle a pour effet de donner le même coût unitaire, à conditions d'exploitation échangées.

Comme déjà mentionné, cette technique vise dans une période de fluctuation d'activité à lisser les charges, et de gommer l'effet du niveau d'activité sur le coût unitaire; elle se base sur la distinction entre les charges fixes et les charges variables et la détermination d'un niveau d'activité considérée comme normale; telle que l'activité normale «correspond à l'activité théorique maximale diminuée des déperditions incompressibles de l'activité liées au temps de congés, d'arrêts de travail, de répartition (entretien, panne, réglage) statistiquement normales et aux contraintes structurelles de l'organisation (changement d'équipe)¹⁰¹».

III.2.1. Principe de la méthode:

La méthode de l'imputation rationnelle des charges fixes à pour objectif de rendre les coûts fixes unitaires constants en introduisant un coefficient des charges fixes. En tenant compte de la sous-activité et de la suractivité.

III.2.2. Fonctionnement de la méthode:

Après avoir distingué entre les charges variables et les charges fixes, il convient de:

- Déterminer l'activité normale de chaque centre d'analyses: l'activité normale se détermine soit par référence au passé (des productions passées), soit par rapport à la capacité théorique de production diminuée des aléas de fabrication (temps de congé, arrêt de travail, réparation, etc).
- Calcul du coefficient d'imputation rationnelle (CIR) pour chaque centre: «le coefficient d'imputation rationnelle égale à l'activité réelle sur l'activité normale que l'on applique au montant réel des frais fixes pour déterminer le montant que l'on pourra affecter au calcul du coût unitaire¹⁰²».

$$CIR = \frac{\text{niveau d'activité réelle}}{\text{niveau d'activité normale}}$$

- Calcul de la part des charges fixes à imputé, tel que :

¹⁰¹ PIGET Patrick, CHA Gilbert, comptabilité analytique, 4^{ème} édition, édition ECONOMICA Paris 2003, P63.

¹⁰² CONSO Pierre, HEMICI Farouk, l'entreprise en 20 leçons, stratégie. Gestion. Fonctionnement, 3^e édition, édition Dunod, Paris, 2003, P109.

les charges fixes a imputées = charges fixes constatées * CIR

- Calcul de coût d'imputation rationnelle par cette formule:

$$\text{Coût d'imputation rationnel} = \text{coût variable} + \text{part des charges fixes a imputées.}$$

- Calcul de différence d'imputation rationnelle (DIR):

$$\text{DIR} = \text{coûts fixes constatées} - \text{coûts fixes imputées.}$$

Si $\text{DIR} > 0$: c'est-à-dire que l'activité réelle inférieure à l'activité normale, donc on enregistre un mali de sous activité, appelé aussi coût de chômage ;

Si $\text{DIR} < 0$: signifie que l'activité réelle supérieure à l'activité normale, donc on enregistre un boni de sur activité ;

Si $\text{DIR} = 0$: c'est-à-dire qu'on a réalisé ni un boni de sur activité, ni un mali de sous activité.

III.2.3. L'analyse critique de la méthode:

Cette méthode permet d'éliminer l'influence des charges de structure sur les coûts unitaires; elle permet également l'élaboration d'une politique de prix; ainsi que les coûts unitaires obtenus peuvent être comparés facilement au coût de même produit pendant deux périodes différentes (comparaison pertinente).

Parmi les inconvénients de cette méthode on trouve : la difficulté de la fixation de l'activité normale, même reproche que la méthode des coûts complets qui est l'arbitraire dans l'imputation des charges indirectes et la distinction entre les charges fixes et les charges variables; ainsi qu'elle exige beaucoup de calcul d'où la lourdeur de sa mise en œuvre.

III.3. La méthode de direct-costing ou coût variable.

Cette méthode est née aux États-Unis dans les années 60¹⁰³, elle repose sur la distinction entre charges fixes et charges variables, elle est pour objectif la détermination de la marge sur le coût variable, qui est la résultante entre le chiffre d'affaires et les charges variables, elle sert à couvrir les charges fixes.

$$\text{la marge sur le coût variable (MSCV)} = \text{le chiffre d'affaire (CA)} - \text{le coût variable (CV)}$$

Cette méthode, appelée méthode des coûts variables, connue également sous l'expression anglo-saxonne de «direct costing». La méthode est surtout intéressante dans une optique prévisionnelle, car elle permet de calculer le seuil de rentabilité, c'est-à-dire un seuil de chiffre d'affaires ou de quantité vendue qui permet à l'entreprise de couvrir ses charges fixes, et donc de commencer à réaliser du bénéfice. «L'avantage majeur réside dans la

¹⁰³ ENGEL .F, KLETZ .F, cours de comptabilité analytique, école des mines de Paris, mars 2005, P37.

possibilité de décomposer les coûts en parties fixe et variable, d'isoler la partie dépendante de l'activité et, ainsi, de mesurer l'efficacité des centres de responsabilité (Jacquot T. et Milkoff R. 2011)¹⁰⁴».

En reprenant l'analyse des charges en charges fixes et variables, il est possible de déterminer un niveau d'activité à partir duquel l'entreprise commence à réaliser un bénéfice; il s'agit du seuil de rentabilité. Selon Didier LECLERE «le seuil de rentabilité est la valeur du chiffre d'affaires pour laquelle l'entreprise ne fait ni perte, ni bénéfice¹⁰⁵».

Au seuil de rentabilité, la marge sur coût variable dégagée par la production est suffisante pour couvrir les charges fixes; donc, on peut écrire le seuil de rentabilité (SR) égale au résultat de la multiplication du montant des charges fixes (CF) avec celui du chiffre d'affaires (CA) sur la marge sur le coût variable (MSCV).

$$SR = \frac{CF \times CA}{MSCV}$$

Le seuil de rentabilité peut être exprimé de plusieurs manières: en volume d'activité, en montant de chiffre d'affaires, en taux de remplissage, en jours de chiffre d'affaires, etc.

Par ailleurs, la rentabilité des différents produits peut être appréciée en calculant le taux de marge sur coût variable (noté TMSCV): taux de marge sur coût variable égale à la marge sur coût variable sur le chiffre d'affaires.

$$TMSCV = \frac{MSCV}{CA}$$

Ce sont les produits présentant le taux de marge sur coût variable le plus élevé que l'entreprise à intérêt de développer.

Dans cette méthode, on procède à une division de l'ensemble des charges en charges variables et charges fixes. L'étude des charges variables et leur analyse par produit permettent de dégager des marges sur les coûts variables par produits; la somme constitue la marge sur coût variable global de l'entreprise et sa confrontation avec les charges fixes permet de dégager le résultat.

Le coût variable est un élément important de l'information nécessaire à l'élaboration d'une politique de prix, un produit contribue à la formation d'un bénéfice dans l'entreprise

¹⁰⁴TANNOUS Jean, le lissage des coûts par la méthode de l'imputation rationnelle des charges fixes à travers la méthode abc, P5.

¹⁰⁵ LECLERE Didier, l'essentiel de la comptabilité analytique, troisième édition, groupe Eyrolles, France : juin 2002, P117.

dès lors qu'il est vendu au-dessus de son coût variable. Néanmoins, il faut que l'ensemble des marges sur coût variable soit suffisant pour couvrir les charges fixes.

Cette méthode permet de déterminer un seuil de rentabilité global pour l'entreprise ainsi que les branches les plus rentables de l'entreprise et d'apparaître l'incidence des variations d'activité sur la rentabilité de ces branches d'activité.

III.3.1. La mise en œuvre de la méthode.

La mise en œuvre de la méthode du coût variable se déroule en cinq étapes:

Etape 1: Dans cette étape, on calcule le chiffre d'affaires de la période étudié.

Etape 2: On recense toutes les charges incorporables (directes et indirectes), ensuite on les ventile en coût variable et en coût fixe. Imputation des seules charges variables aux différents produits, avec d'une part l'affectation des charges variables directes, et d'autre part l'imputation des charges variables indirectes.

Etape 3: On procède aux calculs successifs des coûts variables en tenant compte des variations de stock.

Etape 4: On calcule la marge sur coût variable, selon sa formule citée au-dessus, elle est souvent exprimée en pourcentage par rapport au chiffre d'affaires. Elle est alors appelée «taux de marge sur coût variable (TMCV)», et se calcule comme suit:

$$\text{le taux de marge sur le coût variable (TMCV)} = \frac{\text{la marge sur le coût variable (MCV)}}{\text{le chiffre d'affaire(CA)}}$$

Etape 5: Dans cette ultime étape on procède au calcul du résultat, qui correspond à la différence entre la marge sur coût variable et les coûts fixes.

La mise en œuvre de cette méthode est relativement simple. Bien qu'orientés vers la prise de décision, cette méthode doit être complétée par des études permettant de prendre en charge certains aspects de la gestion des entreprises telles que:

- La maximisation du résultat par branche en tenant compte des contraintes liées à la production et la vente des produits, dans ce cas, l'intervention de la programmation mathématique est souvent nécessaire;
- Le positionnement stratégique du portefeuille d'activité de l'entreprise en utilisant le BCG (boston consulting groupe), Arther D. Little (méthode ADL), etc. Ce qui nous permet de tenir compte de l'ensemble des produits constituent le portefeuille d'activité de l'entreprise.

III.3.2. L'intérêt de la méthode.

Si le coût complet est très utile pour fixer un prix de vente ou valoriser des stocks, il n'est pas nécessairement adapté à toutes les situations. De façon générale, le coût pertinent par rapport à une décision à prendre est le coût qui comprend toutes les charges affectées par la décision. Ainsi, lorsque la décision prise n'a d'impact que sur les charges variables, le coût variable est le coût pertinent à utiliser; c'est le cas notamment pour:

- lorsqu'une entreprise fabrique et/ou commercialise plusieurs produits, il est important de s'interroger sur la gestion du portefeuille de produit, à savoir ceux qui sont déficitaires à abandonner et ceux qui sont les plus rentables à développer.
- Tant que la capacité de production n'est pas saturée, le calcul du coût variable permet de décider de recourir ou non à la sous-traitance. Dans ce cas, il est intéressant pour l'entreprise de recourir à la sous-traitance tant que le coût de la sous-traitance demeure inférieur au coût variable de la production en interne.

Attention toutefois à ne pas perdre de vue que l'aspect financier n'est qu'un des aspects à envisager avant de prendre une décision:

- Un produit peu rentable peut être un produit d'appel pour des produits très rentables. De ce fait, un produit présentant une marge sur coût variable négatif doit être abandonné, sauf considération d'ordre stratégique. Le recours à la sous-traitance peut faire perdre la maîtrise de la qualité, des délais et du savoir-faire;
- Attention à l'impact que pourrait avoir sur la clientèle habituelle de l'entreprise l'acceptation même à titre exceptionnel d'un prix de vente particulièrement bas.

III.3.3. L'analyse critique de la méthode.

L'analyse critique de la méthode nous permet de dire que cette méthode est plus simple à mettre en œuvre que celle des coûts complets; elle améliore la fiabilité des coûts en évitant la ventilation des charges fixes, dont la plupart sont indirectes. Elle permet également de mettre en œuvre une politique des prix souples, et autorise les prévisions.

Parmi les limites de cette méthode: elle ne permet pas d'obtenir un coût de revient complet, encore on cite que la distinction entre charges fixes et variables n'est pas toujours facile, aussi la part des charges fixes indirectes dans la structure des coûts a tendance à s'accroître dans certaines activités industrielles, de telle façon que la méthode du coût variable simple peut devenir inadaptée, ainsi que la méthode du coût variable simple, tout

comme celle des coûts complets, fournissent peu d'arguments pour décider de l'abandon d'une activité.

La méthode du direct costing est fondée sur la distinction entre les charges variables et les charges fixes; cette classification des coûts permet d'élaborer des indicateurs plus pertinents pour la prise de décision, notamment en matière de politique de prix. Mais l'accroissement des charges fixes dans la structure des coûts fait perdre de sa pertinence à la notion de marge sur le coût variable; d'où le développement de la méthode de direct costing évolué. Celle-ci qui consiste à déterminer des marges sur le coût spécifique qui tiennent compte des frais fixes directement affectable aux produits.

III.4. La méthode de direct-costing évolué:

Cette notion, un peu hybride sur le plan théorique, mais assez répandue dans la pratique résulte de la recherche d'un compromis entre les avantages et les inconvénients du coût variable et du coût complet. Cette méthode prolonge la précédente et son principal intérêt est de mieux appréhender la contribution d'un produit à l'absorption des charges fixes indirectes. Il s'agit par conséquent, d'un outil précieux pour apprécier la rentabilité des produits et leur abandon éventuel.

La mise en œuvre de cette méthode nous fournit une marge sur le coût variable spécifique (MCVS), cette dernière se calcule de la manière suivante:

La marge sur coût variable spécifique

$$= \text{la marge sur coût variable} - \text{les coûts fixes directs.}$$

Cet indicateur est appelé «marge de contribution», on s'entend de cette connotation que pour qu'un produit donné contribue positivement à la couverture des charges fixes commune et au résultat de l'entreprise, il doit tout d'abord couvrir la totalité des charges qu'il engendre, à savoir les charges variables et les charges fixes directes.

L'analyse critique de la méthode nous permet de dire que la méthode est plus complète que son précurseur (en l'occurrence la méthode du coût variable simple); elle permet également de fournir des arguments pour les décisions d'abandon de certaines activités étant donné que la connaissance des marges sur coût spécifique permet d'apprécier leur incidence sur la rentabilité globale.

Cependant, cette méthode porte des limites, telles qu'elle présente des difficultés d'application liées à la ventilation des charges, car la distinction entre charges fixes et variables n'est pas évidente, et leur ventilation entre les activités doit aussi tenir compte de l'identification des charges fixes directes.

III.5. La méthode de coût direct:

Une autre partition consiste à retenir uniquement les charges directes variables et fixes. Sur leur base on détermine une marge sur coûts directs; qui peut être utilisée par exemple, pour estimer la marge dégagée par un établissement ou un magasin.

La méthode des coûts directs consiste à dissocier les charges en: charges directes et indirectes, et à n'imputer aux coûts que les charges directes.

Le coût direct est probablement le coût le plus simple à calculer, dans la mesure où il ne nécessite aucun calcul de répartition des charges indirectes. Il peut donc être obtenu rapidement et à moindre coût (n'oubliez pas qu'il vaut parfois mieux disposer d'un coût approximatif en temps utile, que d'un coût exact mais trop tardivement).

Le coût direct peut être utilisé pour fixer des objectifs à des employés qui ne peuvent pas agir sur les charges communes et qui ne doivent donc être jugés que sur la maîtrise des charges directes.

En revanche, il présente l'inconvénient de laisser de côté les charges indirectes qui ne cessent de représenter une part importante dans le coût de revient des produits.

III.6. La méthode à base d'activité (méthode ABC).

Le modèle à base d'activité, appelé méthode ABC (activity based costing ou comptabilité à base d'activités) propose une solution alternative au modèle des centres d'analyses. Il s'attache à redéfinir le traitement des charges indirectes et propose une analyse novatrice en découpant l'entreprise en activité.

L'objectif de cette méthode est d'instaurer une meilleure traçabilité des charges indirectes, en faisant une analyse transversale, et non plus fonctionnelle (ou verticale) de l'entreprise. L'approche transversale de l'entreprise consiste à découper l'entreprise par activités et non par fonction. Cette démarche prend appui sur le concept de chaîne de valeur de M. Porter.

III.6.1. Définition de la méthode ABC.

La méthode à base d'activité (méthode ABC) est définie comme étant une nouvelle méthode de calcul des coûts complets qui permet d'aller plus loin que le simple calcul des coûts de revient en privilégiant une logique de causalité: les produits consomment les activités et les activités consomment les ressources. Cette logique permet d'assurer la traçabilité des coûts et conduit à une imputation fiable des charges indirectes.

III.6.2. Concepts de base de la méthode:

Cette méthode s'appuie sur des concepts de base, que nous allons définir afin de pouvoir comprendre son fonctionnement.

➤ **L'activité:** le terme activité est le concept central de la méthode ABC. elle est définie comme suit: «une activité correspond à une tâche ou à un regroupement de tâches relatives à une personne, à une machine ou à un ensemble de personne ou de machine¹⁰⁶». Elle est donc un ensemble de tâches élémentaires dont la cause est commune reliée entre elles (elles sont souvent décrites par des verbes, par exemple: négocier un contrat, préparer un budget, émettre une facture, etc.), réalisée par un individu ou un groupe et en faisant appel à un savoir-faire spécifique et à des comportements homogènes.

La notion d'homogénéité est fondamentale dans le découpage de l'entreprise par activité. C'est elle qui permet de distinguer le concept d'activité de celui de fonction puisque les fonctions n'ont pas de comportement homogène.

➤ **Inducteur de coût:** Dans la comptabilité par activités, la notion d'inducteur de coût il constitue une sorte d'unité de mesure et remplace celle d'unité d'œuvre définie dans le cadre des sections homogènes.

Pour chacune des activités élémentaires, on doit rechercher le facteur de causalité à l'origine de l'évolution de la consommation des ressources.

Pour la détermination d'un inducteur adéquat à une activité, il convient d'identifier le facteur responsable de la variation de coût de l'activité.

➤ **Les ressources:** Les ressources constituent les moyens en hommes et matériels disponibles pour obtenir les produits vendus (ou les services offerts). Elles constituent les facteurs de production tels que: personnel, matières, fournitures, locaux, matériel, etc.

¹⁰⁶ DUBRULLE Louis, JOURDAIN Didier, comptabilité analytique de gestion, 5^{ème} édition, op.cit, P369.

III.6.3. Principe de la méthode:

Dans les méthodes des sections homogènes, le lien de causalité entre les produits et les ressources est direct: les produits consomment des ressources et cette consommation est la cause de l'existence des coûts. Par contre, la méthode à base d'activité repose sur deux principes fondamentaux: les produits consomment des activités et les activités consomment des ressources, ce qui cause les coûts.

III.6.4. Les objectifs de la méthode:

La méthode à base d'activité offre aux gestionnaires une meilleure répartition des charges indirectes sur la base des inducteurs qui sont rattachés aux sources directes qui cause les coûts, au contrario de la répartition faite par la méthode de section homogène telle que la répartition est approximative et arbitraire des importantes charges indirectes, par des clefs souvent volumiques. Ainsi, cette méthode permet de rendre visibles les activités cachées parfois coûteuses, alors qu'elles ne peuvent apporter que peu de valeur par le biais de découpage plus fin du fonctionnement.

III.6.5. La mise en œuvre de la méthode:

La mise en œuvre d'une comptabilité par activité passe par un meilleur affinement de l'analyse des activités des différentes sections. Celles-ci doivent transiter par des centres de regroupement homogènes¹⁰⁷, avant d'être imputées aux coûts des produits à l'aide d'inducteurs de coût appropriés.

La mise en œuvre se décompose en plusieurs étapes¹⁰⁸:

Etape 1: À chaque poste de travail doit être associées un certain nombre d'activités clairement définies; leur nombre ou niveau de détail dépend de la finesse et de la qualité du système d'informations recherchées. L'ensemble des charges relatives à une même activité sont regroupées dans un même compte d'activité.

Etape 2: Pour chaque activité, il faut rechercher un facteur explicatif des variations de son coût (inducteur de coût). Ils peuvent être classés en:

- Inducteurs volumiques (activité liée aux volumes fabriqués): les inducteurs privilégiés sont l'heure de main-d'œuvre ou l'heure de machine, etc;
- Inducteurs liés au lancement de lots ou de série: seront retenus comme inducteurs du nombre d'ordres de fabrication ou nombre de série fabriqué, etc;

¹⁰⁷ Par le souci de simplification, toutes les activités élémentaires qui ont leurs consommations de ressources expliquées par le même facteur ont vocation à être agrégées dans un centre de regroupement.

¹⁰⁸ SAADA.T, BURLAUD.A, SIMON.C, comptabilité analytique et contrôle de gestion, 3^{ème} édition, op.cit, P 115.

- Inducteurs liés à l'existence d'une référence: d'un produit, d'un composant, etc;

Etape 3: Toutes les activités ayant le même inducteur de coût sont regroupées dans un même centre de regroupement.

Le passage de l'étape 2 à l'étape 3 se fait grâce à une matrice croisant les activités et les inducteurs de coût. Le total des charges d'un centre de regroupement divisé par le nombre d'inducteur de coût associé à ce centre donne un coût unitaire;

Etape 4: Le coût d'un produit est obtenu en cumulant la valeur des consommations de charge directe et celle des inducteurs de coût provenant des centres de regroupement nécessaires à la production du produit.

Le traitement des charges directes est identique à la méthode des centres d'analyses; en revanche, les charges indirectes passent par trois niveaux avant d'être imputées aux coûts des produits: centre d'analyses; activité puis centre de regroupement.

III.6.6. L'analyse critique de la méthode:

Avoir vu la manière de la mise en œuvre de la méthode ABC, on peut se poser la question suivante: quel est l'intérêt derrière l'adoption de la méthode ABC comme système de comptabilité analytique? Voici quelques avantages que l'entreprise peut en tirer: cette méthode donne une aide à la maîtrise des coûts et à la prise de décision telle que, le découpage en activité permet de mieux répartir les charges indirectes; elle vise à informer sur les coûts ainsi que sur leur origine; sa mission n'est plus centrée seulement sur l'évaluation des coûts mais aussi d'identifier toutes les activités génératrices de valeurs pour l'entreprise et son développement. Il n'y a plus une clef unique par centre mais plusieurs, donc, une meilleure affectation des ressources aux activités et des activités aux produits.

Cependant, la méthode porte des limites, telles que la principale limite du modèle à base d'activité réside dans sa complexité. La qualité du modèle dépend de la façon dont il est défini: définition des activités, définition des inducteurs, regroupement des inducteurs, etc.

Le choix des inducteurs d'activité peut paraître arbitraire et discutable comme le sont les choix des unités d'œuvre dans la méthode traditionnelle.

III.7. La méthode du coût marginal.

Selon Louis DUBRULLE et Didier JOURDAIN : «Le coût marginal est le coût de la dernière unité produite et vendue¹⁰⁹». Le coût marginal correspond au coût d'une unité, d'un lot ou d'une quantité supplémentaire fabriquée, sa connaissance est essentielle en tant qu'outil d'aide à la décision.

Le raisonnement marginaliste est pertinent chaque fois que l'entreprise doit apporter des modifications à une situation donnée, tel que par exemple, accepter une commande, lancer une nouvelle série de productions, etc. En effet, une étude analogue pourrait être nécessaire pour comparer le coût d'une fonction assurée par l'entreprise et le coût qui serait supporté en faisant appel à des services extérieurs.

Les méthodes de calcul de coût sont variées, tel que le gestionnaire doit savoir laquelle doit utiliser, et qui répond à ses préoccupations. On enregistre les méthodes du coût complet, exemple, la méthode des sections homogènes qui est la méthode de calcul la plus ancienne, caractérisé par son horizon rétrospectif, et par son calcul qui porte sur l'ensemble des coûts engagés pour la production et la distribution des produits. En effet, la montée de la concurrence, fait que les responsables des entreprises cherchent à appliquer d'autre méthode de calcul des coûts, tel que par exemple, la méthode de coût variable, pour maîtriser davantage la gestion de leur entreprise.

Dans notre cas pratique, après le traitement des charges de la comptabilité générale, et de faire apparaître le coût de revient de l'entreprise étudié, on va utiliser la méthode de direct costing (la méthode de coût variable), qui a pour but de distinguer les charges fixes et les charges variables de l'entreprise, avant qu'elles seront traitées par l'outil de la programmation linéaire, afin de dégager un plan de production optimal pour l'entreprise Alcost.

¹⁰⁹ DUBRULLE Louis, JOURDAIN Didier, comptabilité analytique de gestion, 5^{ème} édition, op.cit, P269.

Conclusion :

Le gestionnaire dans une entreprise se soucie de la façon de combiner les différents critères de classification des coûts: directs et indirects, variables et fixes, partiels et complets afin de calculer les marges qui en résultent et qui vont leur fournir de l'information dans sa gestion.

Il est constamment, confrontés à des questions importantes qui font intervenir la notion du coût de revient. Ces questions concernent des aspects très divers de la gestion courante de l'entreprise, voir de la stratégie de l'entreprise; elles peuvent être perçues comme immédiates, par exemple pour fixer le prix de vente ou remettre une offre, ou plus lointaines, par exemple la suppression, le maintien ou le développement d'une ligne de production.

De ce fait, l'information sur le coût de revient permet aux décideurs d'organisation d'adapter les décisions prises au problème de gestion posé, afin d'avoir un choix meilleur de la décision à prendre sur le résultat de l'entreprise.

Chapitre 3:
Optimisation de coût de revient de l'entreprise Alcost.

Introduction :

L'entreprise cherche une meilleure combinaison des moyens de production pour atteindre son objectif ; qu'il s'agit d'un profit maximum et/ou d'un coût de revient minimum. Dès lors, la connaissance des coûts forme une hypothèse constante lorsque le calcul économique fait usage de l'optimisation.

De même, la programmation linéaire est un moyen pour définir le meilleur emploi des facteurs de production. Pour ce faire, il s'agit de connaître l'information du coût unitaire de chacun de ces facteurs.

Dans ce chapitre, nous allons procéder à la formulation d'un modèle linéaire d'optimisation d'un coût de revient dans l'entreprise Alcost ainsi que la résolution et l'analyse des résultats.

De ce fait, nous allons subdiviser ce troisième chapitre en trois sections : la première section est réservée à la description de l'entreprise Alcost, puis dans la deuxième section, nous allons formuler le programme linéaire à la base des données de cette entreprise ; et enfin, la résolution et l'analyse des résultats du modèle feront l'objet de la troisième section dans laquelle nous allons formuler des recommandations.

Section I: Description de l'entreprise objet de l'étude et méthodologie de la recherche.

I.1 : Présentation générale de l'entreprise Alcost.

I.1.1 : Historique et superficie :

L'origine de la société remonte à l'an 1974, date de la mise en exploitation du complexe.

L'entreprise Alcost était une unité de l'ex-entreprise société nationale des industries textiles (SONITEX) dénommée complexe costume de Béjaia (CCB) mise en exploitation en 1982, à la suite de restructuration de la société SONITEX, qui a donné naissance à plusieurs entreprises dont entreprise de confection textile (ECOTEX), dont l'unité CCB a été rattachée à cette dernière. En 1998, l'unité a été érigée en SPA avec un capital social de 417 000 000 DA et dénomination société algérienne des costumes (ALCOST/EPE/SPA). Elle a été rattachée successivement au holding industrie manufacturières (HOLDMAN), puis holding industrie agroalimentaires et manufacturières (AGROMAN), puis à la société de gestion des participations (SGP) industries manufacturières groupe confection et habillement (C&H). Et à partir du mai 2015, elle est rattachée directement au comité des participations de l'État (CPE), qui sont rattachés de son côté au ministère de l'industrie.

L'entreprise Alcost est implantée au centre-ville de Béjaia et à proximité des différentes voies de communication, telles que l'aéroport, le port maritime et la gare de chemin de fer. Elle occupe une superficie totale de 33 814 m². Son siège social est situé à Béjaia, route des Aurès BP 107¹¹¹.

I.1.2 : Missions et activités de l'entreprise Alcost.

Les missions essentielles de l'entreprise sont la production, la distribution, et la commercialisation de tous types de vêtements.

On distingue deux types d'activité dans l'entreprise Alcost : les activités principales et les activités secondaires.

I.1.2.1 : Les activités principales :

Elles concernent essentiellement les opérations d'exploitation, de gestion, de développement et de la production en matière de confection et de bonneterie, la production vendue, vente de marchandises et vente de matières premières;

¹¹¹ Documents internes de l'entreprise Alcost, année 2014.

constituent la grande part du chiffre d'affaires de l'entreprise Alcost ; tel que sa production est scindée en deux catégories :

* vêtements spécifiques : ils constituent 94% de l'ensemble des commandes de l'entreprise ils sont destinés à des organismes nationaux avec des qualités relativement importantes, d'où les efforts d'Alcost à fidéliser sa clientèle, cependant, cela ne suffit pas car les contrats sont obtenus par des offres d'appel à la concurrence nationale, de ce fait, Alcost doit être compétitive sur le marché national.

* vêtements villes : ils constituent 6% de l'ensemble des commandes de l'entreprise, ils sont destinés à une clientèle vaste ayant des goûts et des besoins différents.

L'entreprise Alcost produit et vend en l'état actuel des produits qui sont regroupés en trois grandes familles ou segments couple (produit-marché) qui sont :

- Les vêtements professionnels concernent les tenues et dotations de travail destinées aux personnels, administration, corps constitués exemple : garde communale, douanes, sûreté nationale, protection civile, etc.
- Les vêtements villes homme constitués essentiellement des produits de gamme moyenne et haut de gamme.
- Les vêtements femme, enfants et sportswear qui complètent la ligne vêtements ville.

Tableau N° 11 : Les différents produits de l'entreprise Alcost.

Famille de produits	Famille de produits	Famille de produits
Costumes	Blouson	Linge de maison
Vestes	Tailleur femmes	Pyjama
Pantalon	Jupe	Robe
Anorak	Ensemble	Articles de sport
Parka	Tenue professionnelle	Tissus et accessoires
Imperméable	Articles divers	Fournitures et accessoires
Manteau	Chemiserie	
Caban	Bonneterie	

Source: les informations de l'entreprise Alcost 2013, extrait du document présentation de l'entreprise.

I.1.2.2 : Activités secondaires : Elles sont utilisées comme suites:

- Importation et distribution de tissus, fournitures et accessoires de confection au mètre, à la pièce et kilogramme.
- Importation d'article d'habillement en kit destinée à la transformation.
- Exportation d'article d'habillement, linge de maison, layette, tissus et couvertures.
- Distribution en gros de chaussures et maroquinerie.

- Achat, vente et distribution de tout bien immobilier (magasin hangar, dépôt, etc).
- Promotions immobilières.

I.1.3 : Les capacités de production de l'entreprise.

L'entreprise Alcost produit environ 200 000 articles par an, en une équipe, elle fonctionne actuellement¹¹² avec un effectif producteur de 346 agents; l'usine est composée de trois ateliers :

- Un atelier coupe ;
- Un atelier piquage divisé en :
 - Ligne costumes ;
 - Ligne vêtement professionnelle ;
 - Ligne vêtement diverse.
- Un atelier finition et repassage.

L'entreprise dispose d'une capacité de stockage représentant une superficie de 3840m² dont : 2400 m² pour le stockage de produits finis et 1440m² pour le stockage des matières premières. La surface du bloc de production est de 13 841 m².

L'entreprise dispose un ensemble d'équipements qui sont répartis entre les ateliers comme suit :

- Atelier coupe : chariots matelasseurs manuels et semi-automatiques, coupeuses, scies circulaires, thermo colleuses.
- Atelier de piquage : machines plates une et deux aiguilles, machines plates deux aiguilles point chainettes, machines passe poileuses, machines surjeteuses, machines boutonnières et pose boutons, machines repassage intermédiaire.
- Atelier finition et repassage : glaçage, bâtissage, pressage.

I.1.4 : Système d'organisation de l'entreprise Alcost.

I.1.4.1 : La direction générale.

Cette fonction joue le rôle de coordination entre les différentes fonctions mises en place, elle comprend à la fois : une activité administrative chargée de collecter et analyser les informations nécessaires à la bonne gestion de l'entreprise; une activité de prise de décision (le président-directeur général dans ses fonctions est assisté par un conseiller administratif, un conseiller technique et un conseiller commercial).

¹¹² Donnée 2014 extrait de la présentation de l'entreprise.

I.1.4.2 : Les structures fonctionnelles rattachées à la direction générale.

Elle regroupe les structures, la fonction audit et contrôle de gestion : procède à une appréciation de l'efficacité des systèmes et procédures mis en place et s'assure de leur conformité ainsi que du contrôle de gestion budgétaire de l'entreprise.

La fonction hygiène et sécurité : permet la gestion préventive, de la sécurité et de l'hygiène au sein de l'entreprise).

I.1.4.3 : Les structures opérationnelles.

I.1.4.3.1 : La direction exploitation.

Elle est organisée en trois départements fonctionnels:

Service technique: C'est la technostructure pour les départements maintenance et fabrication ; c'est là où se trouvent tous les standards et programmes des départements de maintenance et de fabrication.

Service maintenance: Il est en relation avec les deux autres départements, son personnel est spécialisé par atelier, mais il reste cependant quelques agents de maintenance polyvalents pour intervenir sur n'importe quel matériel.

Service fabrication: Les ateliers sont spécialisés en fonction des produits et des tâches communes aux différents produits. Le matériel est neuf, il a été renouvelé par le biais de l'ANDI, dans le cadre de la mise à niveau des entreprises publiques.

I.1.4.3.2 : La direction administration et finance : Tel que trois départements coexistent autour de cette direction :

Service administration général et moyens généraux: Ce service est chargé de la mise à disposition des moyens nécessaires au profit des différentes structures de l'unité.

Service ressources humaines: Ce département englobe les services de gestion de personnel (paie, formation); le service social qui gère les congés (annuels et maladies), le personnel de ce service est ancien et maîtrise assez bien sa tâche malgré les moyens matériels sont insuffisants.

Service comptabilité et finance: Il est chargé de la gestion comptable de l'ensemble des opérations de l'entreprise, il est structuré en deux services : service comptabilité général et budget.

I.1.4.3.3 : La direction commerciale : Elle est organisée en trois départements :

Service approvisionnement: Ce département doit être en mesure de fournir à l'entreprise les matières premières, marchandises, outillages et fournitures dans les meilleures conditions de coût, de mode de paiement et de délai de livraison.

Service programmation et suivi des marchés et des commandes: Ce service est chargé du lancement en production des commandes passées par la direction commerciale, à la réception d'une commande, le service programmation établit un ordre de fabrication en respectant les instructions et les consignes du bon de commande.

Service ventes: Ce service est chargé de la vente proprement dite, exemple : présentation des échantillons et prospection auprès des clients.

I.1.4.3.4 : La direction développement : Elle est chargée de développer le produit et les techniques de fabrication et de gestion, elle se compose de :

Service veille technologique: Ce service est chargé de développer l'utilisation de l'outil informatique au sein de l'entreprise.

Service création styles et modèles: Ce service veille à la création des nouveaux styles de l'habillement et de la confection et établit des nouveaux modèles dans le domaine de textiles.

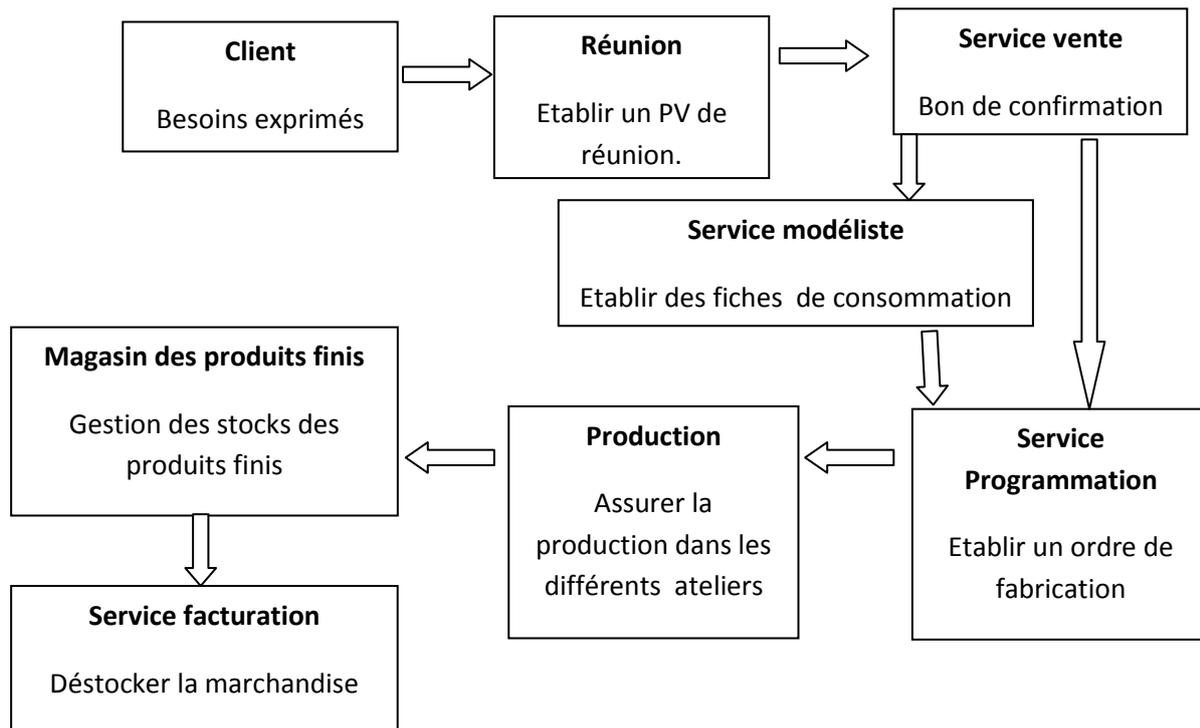
Service qualité: Sa mission est de contrôler la qualité du produit et des matières premières et veiller au respect des normes de qualité.

I.2 : Le processus de production de l'entreprise Alcost.

La production dans l'entreprise Alcost passe par plusieurs étapes : Elle commence par la réception des commandes qui sont obtenues généralement par la soumission caractérisée principalement par des grandes commandes de longue durée (ce sont des contrats à long terme), et après la réception de la commande, l'administration et plus précisément le service vente organise une réunion avec les services : modéliste, la programmation et les approvisionnements, dans laquelle ils discutent sur la possibilité des modélistes à répondre aux exigences de la commande et la disponibilité des matières premières selon les ordres de fabrication établis par le service de la programmation. Dans le cas où tous les éléments sont réunis, le service vente va établir un bon de confirmation en deux copies, l'une pour le service modéliste et l'autre pour le service programmation, ce dernier va établir des ordres de fabrication sur la base des fiches de consommation établis par le service modéliste. L'ordre de fabrication va être dressé au service production pour la confection dans les

différents ateliers de production (atelier coupe, atelier piquage et l'atelier presse), le service production de son côté va établir un bon d'entrée pour les produits finis, qui vont être acheminés au magasin des produits finis, ce dernier va de son côté établir un bon de sortie, sur lequel le service facturation déstocke la marchandise et établit une facture et un bon de livraison au client.

Schéma N° 04 : le processus de fabrication dans l'entreprise Alcost.



Source: établie par nous-mêmes à partir des documents de l'entreprise Alcost.

I.3 : Méthodologie du travail.

I.3.1 : Le choix du terrain d'étude:

Dans le cadre de notre recherche, nous avons opté pour une étude de cas, ce qui nous permet d'appliquer l'outil de la programmation linéaire, afin de déterminer le plan de production optimal, qui va permettre à l'entreprise de réduire le coût de revient et de rationaliser l'utilisation de ses ressources.

Par ailleurs, vu les difficultés du secteur textile à réaliser les objectifs assignés, malgré l'importance des investissements effectués au sein de ce secteur et les différents plans d'aide à l'investissement mis en œuvre par l'État. Pour ces raisons, nous avons choisi comme terrain d'étude un échantillon de ce secteur en l'occurrence l'entreprise Alcost de Béjaia; qui est une entreprise publique spécialisée dans la confection et l'habillement.

Cette entreprise a connu plusieurs restructurations suite à l'ouverture du marché algérien à l'économie du marché, caractérisé principalement par une compétitivité de plus en plus accrue et d'une concurrence de plus en plus rêche. Ces nouvelles exigences interpellent les entreprises à multiplier leurs efforts afin de faire face à cette concurrence.

Dans ce cadre, le groupe confection et habillement s'est lancée en 2013 dans un partenariat avec son partenaire Turque dans le cadre d'une jointe venture ; le fruit de ce partenariat était la création de deux usines pour la promotion de la production de différents articles d'habillement; dont le premier sera réalisé à Relizane et le second sera réalisé sur le site même de la société algérienne des costumes de Béjaia.

Ainsi, les nouvelles données du marché ont poussé l'entreprise Alcost à s'engager dans un processus de développement afin de moderniser son mode de production par le renouvellement de ses équipements, la formation de ses personnels, l'adoption des logiciels de production tel que ERP¹¹³, ce qui a fini par la certification en 2013 par la norme ISO 9001¹¹⁴ : 2008, ce qui fait d'elle un terrain de recherche favorable à l'étude du problème de la planification de la production afin d'optimiser l'utilisation de ces ressources.

Avant d'entamer notre recherche concernant la collecte des données chiffrées au sein de l'entreprise Alcost, nous avons mené une étude exploratoire au sein de l'entreprise Alcost Béjaia, où nous avons constaté que l'entreprise ne présente pas un service de comptabilité analytique, ce qui nous a rendu complexe la réalisation de notre travail, tel que, nous étions obligés de calculer le coût de revient de l'entreprise Alcost sur la base des fiches de coût de revient qui sont constitué des coûts des matières et fournitures et des frais de fabrication, et de distinguer ces derniers en charges variables et charges fixes sur la base d'un guide d'entretien effectué auprès de service de comptabilité générale.

Notre objectif consiste à utiliser les différentes notions et concepts avancés dans la partie théorique, pour établir le plan de production optimal sur la base des données recueillies au sein de l'entreprise en question.

I.3.2 : Les techniques et sources de recueil des données.

Afin de construire le cadre théorique et de délimiter notre thème de recherche, nous avons procédé en premier lieu, à une recherche documentaire afin de mettre en exergue des concepts clés. Puis notre présence sur le terrain et les entretiens effectués ainsi que les données recueillies, nous ont permis de vérifier nos hypothèses, et d'avoir les informations clés pour

¹¹³ Entreprise ressource planning.

¹¹⁴ Système de management de la qualité-exigence ISO, 2008.

réaliser notre plan de production en utilisant les données de l'entreprise algérienne des costumes unité de Béjaia (Alcost Béjaia); ces données sont recueillies directement auprès de cette unité, précisément dans les services : comptabilité générale, programmation, gestion des stocks, commercial et service production.

I.3.3 : Les limites de l'étude.

Nous avons présenté dans la partie théorique les différentes méthodes de calcul du coût de revient au sein des entreprises, la réalité de notre entreprise d'étude nous a amené à calculer un coût de revient de l'entreprise Alcost, déterminé sur la base des fiches de coût de revient (voir les documents de l'entreprise Alcost en annexe N°12) ; constituées des charges des matières et fournitures consommées et les frais de fabrication calculés selon la méthode du coût minute, cette méthode est appliquée à l'ensemble des entreprises du secteur du textile y compris l'entreprise Alcost de Béjaia.

Nous avons établi notre programme sur une période d'une année (l'année 2014), tel que, on n'a pas pris en considération les en-cours de production, tel que la nature de notre travail fait que les responsables de l'entreprise ont refusé de communiquer les états de stock à la fin de l'année 2013 (stock initial) et à la fin de l'année 2014 (stock final), qui ont considéré que cette information est confidentielle, et ils nous ont ajouté que le stock initial et le stock final valent pratiquement la même valeur ; ainsi, la non-prise en considération de cette information ne remettent plus en cause la crédibilité et l'exactitude de nos résultats et de notre travail.

La nature de la recherche et la méthode quantitative appliquée dans notre recherche, qui nécessite des données chiffrées rendent l'entreprise un petit peu réticente dans la communication des informations vu que le travail est une recherche académique et il sera l'objet d'une publication.

Section II : La formulation d'un programme linéaire (optimisation de coût de revient de l'entreprise Alcost).

La construction d'un modèle linéaire dans l'entreprise Alcost passe par trois étapes, qu'on a avancées dans le premier chapitre à savoir l'identification des variables d'activité telle que, l'activité de l'entreprise en question qui fabrique une panoplie de produits répartis en famille de produits; ensuite, déterminer la fonction objectif qui consiste à optimiser le coût de revient, puis l'identification des différentes contraintes.

II.1.Etape 1 : Identification des variables d'activité.

Dans cette première étape on va désigner la production de l'entreprise par des variables d'activité. Pour ce faire, nous allons définir la structure de la production de l'entreprise. L'activité de l'entreprise Alcost consiste à fabriquer trente-huit (38) types d'articles répartis en onze (11) familles de produits pendant l'année 2014.

On va désigner par la variable d'activité (X_{ij}) la quantité de la production de produit (j) dans la famille des produits (i): I : Indique la famille de produit. J : Indique le type de produit.

De ce fait, les variables d'activité de l'entreprise Alcost sont comme suit.

- **Première famille : Produit costumes (i=1):**

$X_{1,1}$: la quantité de costume homme à fabriquer dans la première famille de produit.

$X_{1,2}$: la quantité de costume tenue hiver H « officier supérieur » à fabriquer dans la première famille de produit.

$X_{1,3}$: la quantité de costume femme « vareuse+pantalon+jupe » à fabriquer dans la première famille de produit.

- **Deuxième famille : Produit veste (i=2):**

$X_{2,1}$: la quantité de veste homme à fabriquer dans la deuxième famille de produit.

$X_{2,2}$: la quantité de veste femme à fabriquer dans la deuxième famille de produit.

$X_{2,3}$: la quantité de surveste homme à fabriquer dans la deuxième famille de produit.

$X_{2,4}$: la quantité de saharienne homme à fabriquer pour la direction générale de la sûreté nationale (DGSN) à fabriquer dans la deuxième famille de produit

- **Troisième famille : Produit pantalon (i=3):**

$X_{3,1}$: la quantité de pantalon homme « pantalon hadji » à fabriquer dans la troisième famille de produit.

$X_{3,2}$: la quantité de pantalon homme « jacket's club-saidal-» à fabriquer dans la troisième famille de produit.

$X_{3,3}$: la quantité de pantalon femme à fabriquer dans la troisième famille de produit.

- **Quatrième famille : Produit parka (i=4):**

X_{4.1}: la quantité de parka homme à fabriquer dans la quatrième famille de produit.

- **Cinquième famille : Produit manteau (i=5):**

X_{5.1}: la quantité de manteau homme à fabriquer dans la cinquième famille de produit.

X_{5.2}: la quantité de manteau femme à fabriquer dans la cinquième famille de produit.

X_{5.3}: la quantité de manteau enfant à fabriquer dans la cinquième famille de produit.

- **Sixième famille : Produit blouson (i=6):**

X_{6.1}: la quantité de blouson de travail à fabriquer dans la sixième famille de produit.

X_{6.2}: la quantité de blouson réversible à fabriquer dans la sixième famille de produit.

X_{6.3}: la quantité de blouson de sécurité à fabriquer dans la sixième famille de produit.

- **Septième famille : Produit jupe (i=7):**

X_{7.1}: la quantité de jupe à fabriquer dans la septième famille de produit.

- **Huitième famille : Produit ensembles (i=8):**

X_{8.1}: la quantité de l'ensemble fillette à fabriquer dans la huitième famille de produit.

X_{8.2}: la quantité de tailleur femme à fabriquer à fabriquer dans la huitième famille de produit.

- **Neuvième famille : Produit tenue professionnelle (i=9):**

X_{9.1}: la quantité de combinaison de travail à fabriquer dans la neuvième famille de produit.

X_{9.2}: la quantité de combinaison pilote à fabriquer dans la neuvième famille de produit.

X_{9.3}: la quantité de salopette homme à fabriquer dans la neuvième famille de produit.

X_{9.4}: la quantité de treillis « blouson+salopette) à fabriquer dans la neuvième famille de produit.

X_{9.5}: la quantité de tenue de sécurité à fabriquer dans la neuvième famille de produit.

X_{9.6}: la quantité de blouse blanche femme à fabriquer dans la neuvième famille de produit.

X_{9.7}: la quantité de gilet formateur à fabriquer dans la neuvième famille de produit.

X_{9.8} : la quantité de gilet ambulancier à fabriquer dans la neuvième famille de produit.

X_{9.9} : la quantité de gilet de sécurité à fabriquer dans la neuvième famille de produit.

X_{9.10}: la quantité de treillis ignifuge à fabriquer dans la neuvième famille de produit.

X_{9.11}: la quantité de treillis satin à fabriquer dans la neuvième famille de produit.

- **Dixième famille : Produit articles divers (i=10):**

X_{10.1}: la quantité de casquette homme à fabriquer dans la dixième famille de produit.

X_{10.2}: la quantité de foulard à fabriquer dans la dixième famille de produit.

X_{10.3}: la quantité de galon manche chef de cabinet à fabriquer dans la dixième famille de produit.

X_{10.4}: la quantité de dossard à fabriquer dans la dixième famille de produit.

X_{10.5}: la quantité de kimono hadji à fabriquer dans la dixième famille de produit.

$X_{10,6}$: la quantité de burnous à fabriquer dans la dixième famille de produit.

- **Onzième famille : Produit robe (i=11):**

$X_{11,1}$: la quantité de robe femme à fabriquer dans la onzième famille de produit.

II.2. Etape 2 : Formulation de la fonction objectif de l'entreprise Alcost (le modèle de coût de revient).

Cette fonction nous permet de traduire l'objectif poursuivi par l'entreprise Alcost. Elle constitue des variables d'activité et des coefficients économiques.

Dans notre travail de recherche, l'objectif de l'entreprise Alcost consiste à optimiser le coût de revient, ce dernier est composé de la somme du coût fixe et du coût variable.

Le coût de revient = coût fixes + coût variables.

$$Y = CF + \sum P_{ij} X_{ij}$$

Le modèle de coût de revient de l'entreprise Alcost contient les coûts fixes et les coûts variables. Sur la base des variables identifiées précédemment, on peut formuler le modèle en retraçant l'objectif de cette entreprise sous forme suivante :

$$Y=C+P^T X$$

- Y : la matrice du coût de revient. [Y_{ij} : le coût de revient de produit (j) de la famille (i)];
- C : la matrice des coûts fixes. [C_{ij} : les coûts fixes unitaires de produit (j) de la famille (i)] ;
- P^T : la matrice des coûts variables. [P_{ij} : les coûts variables unitaires de produit(j) de la famille (i)];
- X : la matrice de la production. [X_{ij} : les quantités de produit (j) de la famille (i)].

$$\begin{pmatrix} Y_{1,1}, Y_{1,2}, Y_{1,3} \\ Y_{2,1}, Y_{2,2}, Y_{2,3}, Y_{2,4} \\ Y_{3,1}, Y_{3,2}, Y_{3,3} \\ Y_{4,1} \\ Y_{5,1}, Y_{5,2}, Y_{5,3} \\ Y_{6,1}, Y_{6,2}, Y_{6,3} \\ Y_{7,1} \\ Y_{8,1}, Y_{8,2} \\ Y_{9,1}, Y_{9,2}, Y_{9,3}, Y_{9,4}, \\ Y_{9,5}, Y_{9,6}, Y_{9,7}, Y_{9,8}, \\ Y_{9,9}, Y_{9,10}, Y_{9,11} \\ Y_{10,1}, Y_{10,2}, Y_{10,3}, \\ Y_{10,4}, Y_{10,5}, Y_{10,6} \\ Y_{11,1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} C_{1,1}, C_{1,2}, C_{1,3} \\ C_{2,1}, C_{2,2}, C_{2,3}, C_{2,4} \\ C_{3,1}, C_{3,2}, C_{3,3} \\ C_{4,1} \\ C_{5,1}, C_{5,2}, C_{5,3} \\ C_{6,1}, C_{6,2}, C_{6,3} \\ C_{7,1} \\ C_{8,1}, C_{8,2} \\ C_{9,1}, C_{9,2}, C_{9,3}, C_{9,4}, \\ C_{9,5}, C_{9,6}, C_{9,7}, C_{9,8}, \\ C_{9,9}, C_{9,10}, C_{9,11} \\ C_{10,1}, C_{10,2}, C_{10,3}, \\ C_{10,4}, C_{10,5}, C_{10,6} \\ C_{11,1} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} P_{1,1}, P_{1,2}, P_{1,3} \\ P_{2,1}, P_{2,2}, P_{2,3}, P_{2,4} \\ P_{3,1}, P_{3,2}, P_{3,3} \\ P_{4,1} \\ P_{5,1}, P_{5,2}, P_{5,3} \\ P_{6,1}, P_{6,2}, P_{6,3} \\ P_{7,1} \\ P_{8,1}, P_{8,2} \\ P_{9,1}, P_{9,2}, P_{9,3}, P_{9,4}, \\ P_{9,5}, P_{9,6}, P_{9,7}, P_{9,8}, \\ P_{9,9}, P_{9,10}, P_{9,11} \\ P_{10,1}, P_{10,2}, P_{10,3}, \\ P_{10,4}, P_{10,5}, P_{10,6} \\ P_{11,1} \end{pmatrix}^T \begin{pmatrix} X_{1,1}, X_{1,2}, X_{1,3} \\ X_{2,1}, X_{2,2}, X_{2,3}, X_{2,4} \\ X_{3,1}, X_{3,2}, X_{3,3} \\ X_{4,1} \\ X_{5,1}, X_{5,2}, X_{5,3} \\ X_{6,1}, X_{6,2}, X_{6,3} \\ X_{7,1} \\ X_{8,1}, X_{8,2} \\ X_{9,1}, X_{9,2}, X_{9,3}, X_{9,4} \\ X_{9,5}, X_{9,6}, X_{9,7}, X_{9,8}, \\ X_{9,9}, X_{9,10}, X_{9,11} \\ X_{10,1}, X_{10,2}, X_{10,3}, \\ X_{10,4}, X_{10,5}, X_{10,6} \\ X_{11,1} \end{pmatrix}$$

$Y = C + P^T X$

On constate que le modèle de coût de revient est composé des coûts fixes qui sont fixes en totalité et variables par unité, et des coûts variables qui sont variables en totalité et fixes par

unité. De ce fait, l'optimisation de ce type de modèle dans sa totalité est impossible vue le comportement divergent des deux catégories de coûts.

Donc, nous allons optimiser dans un premier temps le coût variable en relation avec le niveau de production, ensuite, on minimise le coût fixe unitaire par optimisation de la production de l'entreprise, tel que la maximisation de la production implique la minimisation des coûts fixes unitaires ($CFU = \sum CF / X_{ij}$). Pour ce faire, nous allons créer pour le modèle de coût de revient précédent deux sous-modèles:

- Le modèle des coûts variables: $Y^{**} = \sum P_{ij} X_{ij}$.

$$\begin{cases} Y_{ij}^{**} : \text{le coût variable de produit (j) de la famille (i);} \\ P_{ij} : \text{les coûts variables unitaires de produit(j) de la famille (i) ;} \\ X_{ij} : \text{les quantités de produit(j) de la famille (i).} \end{cases}$$

- Le modèle des coûts fixes unitaire: $Y^* = \sum CF / X_{ij}$.

$$\begin{cases} Y_{ij}^* : \text{le coût fixe unitaire de produit (j) de la famille (i);} \\ CF : \text{les coûts fixes totales de produit(j) de la famille (i) ;} \\ X_{ij} : \text{les quantités de produit(j) de la famille (i).} \end{cases}$$

Donc, l'objectif consiste à minimiser le coût variable ainsi que le coût fixe unitaire.

II.2.1. Le modèle des coûts variables (minimiser les coûts variables) :

Le coût variable total varie avec la variation de l'activité de l'entreprise, alors que le coût variable unitaire est constant.

L'objectif de l'entreprise en question est de minimiser le coût variable. Dans cet objectif, et tenant compte de l'hypothèse sur les coûts variables unitaires, on établit une fonction objectif des coûts variables à minimiser en fonction des quantités prévisionnelles à produire de chaque produit.

$$Y^{**} = \sum P_{ij} X_{ij}$$

$$\begin{cases} Y_{ij}^{**} : \text{le coût variable de produit (j) de la famille (i);} \\ P_{ij} : \text{les coûts variables unitaires de produit(j) de la famille (i) ;} \\ X_{ij} : \text{les quantités de produit(j) de la famille (i).} \end{cases}$$

$$\begin{pmatrix}
 Y_{1.1}^{**}, Y_{1.2}^{**}, Y_{1.3}^{**} \\
 Y_{2.1}^{**}, Y_{2.2}^{**}, Y_{2.3}^{**}, Y_{2.4}^{**} \\
 Y_{3.1}^{**}, Y_{3.2}^{**}, Y_{3.3}^{**} \\
 Y_{4.1}^{**} \\
 Y_{5.1}^{**}, Y_{5.2}^{**}, Y_{5.3}^{**} \\
 Y_{6.1}^{**}, Y_{6.2}^{**}, Y_{6.3}^{**} \\
 Y_{7.1}^{**} \\
 Y_{8.1}^{**}, Y_{8.2}^{**} \\
 Y_{9.1}^{**}, Y_{9.2}^{**}, Y_{9.3}^{**}, Y_{9.4}^{**} \\
 Y_{9.5}^{**}, Y_{9.6}^{**}, Y_{9.7}^{**}, Y_{9.8}^{**} \\
 Y_{9.9}^{**}, Y_{9.10}^{**}, Y_{9.11}^{**} \\
 Y_{10.1}^{**}, Y_{10.2}^{**}, Y_{10.3}^{**} \\
 Y_{10.4}^{**}, Y_{10.5}^{**}, Y_{10.6}^{**} \\
 Y_{11.1}^{**}
 \end{pmatrix}
 =
 \begin{pmatrix}
 P_{1.1}, P_{1.2}, P_{1.3} \\
 P_{2.1}, P_{2.2}, P_{2.3}, P_{2.4} \\
 P_{3.1}, P_{3.2}, P_{3.3} \\
 P_{4.1} \\
 P_{5.1}, P_{5.2}, P_{5.3} \\
 P_{6.1}, P_{6.2}, P_{6.3} \\
 P_{7.1} \\
 P_{8.1}, P_{8.2} \\
 P_{9.1}, P_{9.2}, P_{9.3}, P_{9.4} \\
 P_{9.5}, P_{9.6}, P_{9.7}, P_{9.8} \\
 P_{9.9}, P_{9.10}, P_{9.11} \\
 P_{10.1}, P_{10.2}, P_{10.3} \\
 P_{10.4}, P_{10.5}, P_{10.6} \\
 P_{11.1}
 \end{pmatrix}^T
 \begin{pmatrix}
 X_{1.1}, X_{1.2}, X_{1.3} \\
 X_{2.1}, X_{2.2}, X_{2.3}, X_{2.4} \\
 X_{3.1}, X_{3.2}, X_{3.3} \\
 X_{4.1} \\
 X_{5.1}, X_{5.2}, X_{5.3} \\
 X_{6.1}, X_{6.2}, X_{6.3} \\
 X_{7.1} \\
 X_{8.1}, X_{8.2} \\
 X_{9.1}, X_{9.2}, X_{9.3}, X_{9.4} \\
 X_{9.5}, X_{9.6}, X_{9.7}, X_{9.8} \\
 X_{9.9}, X_{9.10}, X_{9.11} \\
 X_{10.1}, X_{10.2}, X_{10.3} \\
 X_{10.4}, X_{10.5}, X_{10.6} \\
 X_{11.1}
 \end{pmatrix}$$

$Y^{**} = P^T X$

Donc, on représente la fonction objectif qui vise à minimiser le coût variable est le produit des deux matrices : coût variable unitaire et quantités de production.

$$\text{Min } (Y^{**}) = P_{1.1}X_{1.1} + P_{1.2}X_{1.2} + P_{1.3}X_{1.3} + P_{2.1}X_{2.1} + P_{2.2}X_{2.2} + P_{2.3}X_{2.3} + P_{2.4}X_{2.4} + P_{3.1}X_{3.1} + P_{3.2}X_{3.2} + P_{3.3}X_{3.3} + P_{4.1}X_{4.1} + P_{5.1}X_{5.1} + P_{5.2}X_{5.2} + P_{5.3}X_{5.3} + P_{6.1}X_{6.1} + P_{6.2}X_{6.2} + P_{6.3}X_{6.3} + P_{7.1}X_{7.1} + P_{8.1}X_{8.1} + P_{8.2}X_{8.2} + P_{9.1}X_{9.1} + P_{9.2}X_{9.2} + P_{9.3}X_{9.3} + P_{9.4}X_{9.4} + P_{9.5}X_{9.5} + P_{9.6}X_{9.6} + P_{9.7}X_{9.7} + P_{9.8}X_{9.8} + P_{9.9}X_{9.9} + P_{9.10}X_{9.10} + P_{9.11}X_{9.11} + P_{10.1}X_{10.1} + P_{10.2}X_{10.2} + P_{10.3}X_{10.3} + P_{10.4}X_{10.4} + P_{10.5}X_{10.5} + P_{10.6}X_{10.6} + P_{11.1}X_{11.1}$$

II.2.2. Le modèle des coûts fixes unitaire (minimiser le coût fixe unitaire) :

Le coût fixe total est constant, alors que le coût fixe unitaire est variable, il suit une fonction de la forme (CF/X_{ij}) qui correspond à une branche d'hyperbole. Cette variation est donc très importante, elle affecte d'autant plus le coût unitaire que les quantités sont importantes.

L'objectif dans l'entreprise en question est de minimiser le coût fixe unitaire. Pour ce faire et tenant compte de l'hypothèse sur les coûts fixes, il s'agit d'optimiser les quantités de production de chaque produit.

Dans le but de calculer le coût fixe unitaire, on divise les coûts fixes sur la quantité de production comme suit : $Y/X = C/X + P$; on remplace (Y/C) par Y^* et (C/X) par C^* . Les variations du niveau d'activité (X_{ij}) entraînent mécaniquement des variations du coût de revient unitaire dues aux variations des coûts fixes unitaires. Donc, le modèle précédent sous forme matricielle devient comme suit :

$$\begin{pmatrix}
 Y_{1,1}^*, Y_{1,2}^*, Y_{1,3}^* \\
 Y_{2,1}^*, Y_{2,2}^*, Y_{2,3}^*, Y_{2,4}^* \\
 Y_{3,1}^*, Y_{3,2}^*, Y_{3,3}^* \\
 Y_{4,1}^* \\
 Y_{5,1}^*, Y_{5,2}^*, Y_{5,3}^* \\
 Y_{6,1}^*, Y_{6,2}^*, Y_{6,3}^* \\
 Y_{7,1}^* \\
 Y_{8,1}^*, Y_{8,2}^* \\
 Y_{9,1}^*, Y_{9,2}^*, Y_{9,3}^*, Y_{9,4}^* \\
 Y_{9,5}^*, Y_{9,6}^*, Y_{9,7}^*, Y_{9,8}^* \\
 Y_{9,9}^*, Y_{9,10}^*, Y_{9,11}^* \\
 Y_{10,1}^*, Y_{10,2}^*, Y_{10,3}^* \\
 Y_{10,4}^*, Y_{10,5}^*, Y_{10,6}^* \\
 Y_{11,1}^*
 \end{pmatrix}
 =
 \begin{pmatrix}
 C_{1,1}^*, C_{1,2}^*, C_{1,3}^* \\
 C_{2,1}^*, C_{2,2}^*, C_{2,3}^*, C_{2,4}^* \\
 C_{3,1}^*, C_{3,2}^*, C_{3,3}^* \\
 C_{4,1}^* \\
 C_{5,1}^*, C_{5,2}^*, C_{5,3}^* \\
 C_{6,1}^*, C_{6,2}^*, C_{6,3}^* \\
 C_{7,1}^* \\
 C_{8,1}^*, C_{8,2}^* \\
 C_{9,1}^*, C_{9,2}^*, C_{9,3}^*, C_{9,4}^* \\
 C_{9,5}^*, C_{9,6}^*, C_{9,7}^*, C_{9,8}^* \\
 C_{9,9}^*, C_{9,10}^*, C_{9,11}^* \\
 C_{10,1}^*, C_{10,2}^*, C_{10,3}^* \\
 C_{10,4}^*, C_{10,5}^*, C_{10,6}^* \\
 C_{11,1}^*
 \end{pmatrix}
 +
 \begin{pmatrix}
 P_{1,1}, P_{2,1}, P_{3,1} \\
 P_{1,2}, P_{2,2}, P_{2,3}, P_{2,4} \\
 P_{3,1}, P_{3,2}, P_{3,3} \\
 P_{4,1} \\
 P_{5,1}, P_{5,2}, P_{5,3} \\
 P_{6,1}, P_{6,2}, P_{6,3} \\
 P_{7,1} \\
 P_{8,1}, P_{8,2} \\
 P_{9,1}, P_{9,2}, P_{9,3}, P_{9,4} \\
 P_{9,5}, P_{9,6}, P_{9,7}, P_{9,8} \\
 P_{9,9}, P_{9,10}, P_{9,11} \\
 P_{10,1}, P_{10,2}, P_{10,3} \\
 P_{10,4}, P_{10,5}, P_{10,6} \\
 P_{11,1}
 \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{Y}^* = \mathbf{C}^* + \mathbf{P}$$

\mathbf{Y}^* : la matrice des coûts de revient unitaire. [Y_{ij} : le coût fixe unitaire de produit(j) de la famille(i)];
 \mathbf{C}^* : la matrice des coûts fixes unitaires. [C_{ij} : les coûts fixes de produit(j) de la famille (i)] ;
 \mathbf{P} : la matrice des coûts variables. [P_{ij} : les coûts variables unitaires de produit(j) de la famille (i)].

De ce fait, la forme linéaire de la fonction objectif qui a pour but d'optimiser les quantités de production est comme suit :

$$\text{Max (Q)} = X_{1,1} + X_{1,2} + X_{1,3} + X_{2,1} + X_{2,2} + X_{2,3} + X_{2,4} + X_{3,1} + X_{3,2} + X_{3,3} + X_{4,1} + X_{5,1} + X_{5,2} + X_{5,3} + X_{6,1} + X_{6,2} + X_{6,3} + X_{7,1} + X_{8,1} + X_{8,2} + X_{9,1} + X_{9,2} + X_{9,3} + X_{9,4} + X_{9,5} + X_{9,6} + X_{9,7} + X_{9,8} + X_{9,9} + X_{9,10} + X_{9,11} + X_{10,1} + X_{10,2} + X_{10,3} + X_{10,4} + X_{10,5} + X_{10,6} + X_{11,1}$$

II.2.3 : Calcul du coût de revient dans l'entreprise Alcost:

Sur la base des fiches de coût de revient de l'entreprise Alcost, le coût de revient de chaque produit est la somme des matières et fournitures consommées et les frais de fabrication qui sont calculés sur la base de coût minute de chaque produit.

De ce fait, nous allons présenter dans ce qui suit la hiérarchie du calcul de coût de revient dans l'entreprise Alcost.

II.2.3.1 : Le coût de la matière première utilisée.

L'entreprise Alcost enregistre environ 3000 types de matières premières qui rentrent dans la fabrication des différents produits de l'entreprise. Elles sont définies selon quatre (4) critères «types de la matière première, le fournisseur, la couleur, la laize».

Ces matières premières sont divisées en trois grandes familles (03) selon l'enchaînement du processus de production.

A. Le tissu : La matière première primordiale dans le processus de production est le tissu principal avec un pourcentage de 71,65% ($\frac{50709.03}{70769.72}$) de l'ensemble des matières premières et fournitures consommées.

L'entreprise compte environ 610 types de tissu différents. L'entreprise Alcost dispose de cette matière première soit par des achats locaux ou par le biais d'importations. Généralement, le tissu importé rentre dans la production des produits de haut de gamme.

B. fournitures coupe : Elles sont de l'ordre de 8,19% ($\frac{5803.09}{70769.72}$) de l'ensemble des matières premières et fourniture consommés.

Par exemple on cite : le tissu secondaire, la doublure, la toile thermocollante, etc. L'entreprise acquière ces fournitures soit par achat local ou importation.

C. Fournitures atelier : Son pourcentage dans l'ensemble des matières et fournitures consommées est de 18,89% ($\frac{13371.06}{70769.72}$).

On cite par exemple : les boutons, le fil, les fags, etc. La grande part de ces fournitures est achetée localement. Parmi les fournitures importées on cite : les boutons et les fags ignifuges réservées au produit treillis ignifuge de la direction générale de la protection civile (DGPC).

II.2.3.2 : Les coûts de fabrication.

A. Prestation : parmi les prestations que l'entreprise à l'habitude de les faire, on cite la broderie.

Durant l'année 2014 l'entreprise Alcost n'a pas effectué de prestation, tel qu'on enregistre un montant qui égale à zéro (00 DA) dans la case réservée aux prestations dans les fiches de coût de revient pour l'ensemble les produits fabriqués durant l'année 2014.

B. Sérigraphie : c'est l'action d'impression sur le papier ou le tissu, en utilisant un écran dont on laisse libre les mailles correspondant à l'image qui doit être imprimée.

Les produits qui font appel à cette technique sont : blouson réversible (X_{6,2}), blouson de sécurité (X_{6,3}), combinaison homme (X_{9,1}), salopette homme (X_{9,3}), tenue de travail (X_{9,4}), gilet formateur (X_{9,7}), gilet ambulancier (X_{9,8}) et gilet de sécurité (X_{9,9}).

L'entreprise Alcost fait appel à la sous-traitance pour la réalisation de ce type de tâche.

C. Frais de fabrication : Ce sont des charges relatives à la phase de production, on trouve : les frais de mains d'œuvres, les charges d'énergie (électricité et gaz), etc. (Voir l'annexe N°01).

La résultante des frais de fabrication sur le temps productif disponible nous donne le coût minute de production.

II.2.4 : Calcul du coût minute selon l'entreprise Alcost:

Dans l'entreprise Alcost, les charges d'exploitation représentent la totalité des charges indiquées dans le tableau suivant:

Tableau N°13 : Les charges d'exploitation de l'entreprise Alcost.

N° COMPTE	DESIGNATION	MONTANT EN DA
C/607	Achats non stockés	6 152 369,18
C/ 61	Services extérieurs	15 941 468,18
C/ 62-623	Autre services extérieurs	27 751 052,77
C/ 63	Charges du personnel	238 860 736,61
C/ 64	Impôts et taxes et versements assimilés	16 418 170,34
C/653	Jetons de présence	174 166,65
C/658	Autres charges de gestion	502 573,50
C/ 66	Charges financières	23 798,15
C/ 695	Impôts exigibles sur le résultat ordinaire	2 420 264,62
Total		308 244 600,00

Source : établie par nous-mêmes sur la base des données de l'entreprise Alcost.

La formule suivante nous donne l'ensemble des charges qui rentre dans les frais de fabrication de l'entreprise Alcost.

Charges d'exploitation

$$= C / 607 + C / 61 + (C / 62 - C / 623) + C / 63 + C / 64 + C / 653 + C / 658 + C / 66 + C / 695.$$

Le tableau ci-dessus présente les charges d'exploitation qui égale à l'ensemble des charges de la comptabilité générale moins le compte C/60 qui représente les achats consommés pour éviter leur double comptabilisation sauf le compte C/607¹¹⁴ qui représentent achats non stockés, plus le compte C/623 qui représentent les charges relatives à la publicité, publication et relation publiques qui sont intégrées comme des charges non incorporables qui ne correspondent pas aux conditions normales et habituelles de l'activité, plus le compte C/65 qui représente autres charges opérationnelles sauf le compte C/653 qui représente les jetons de présence et le compte C/658 qui représentent autres charges de gestion courante, plus le compte C/67 (éléments extraordinaires), plus le compte C/68 (dotations aux amortissements, provisions et pertes de valeur), plus le compte C/69 (impôts sur les résultats et assimilés sauf le compte C/695 qui

¹¹⁴ Compte du plan comptable national.

représentent l'impôt exigible sur le résultat ordinaire ou bien impôt sur les bénéfices) qui sont considérés comme des charges supplétives].

Le calcul des charges d'exploitation nous oblige à inclure que les charges liées à la production, et la soustraction de ces charges du chiffre d'affaires nous donnent l'excédent brut d'exploitation.

Le tableau ci-dessus nous donne l'ensemble des charges intégré dans le calcul du coût minute au sein de l'entreprise Alcost.

Pour calculer le coût minute on utilise la formule suivante¹¹⁵:

$$\text{Le coût minute} = \frac{\text{les charges d'exploitation de l'année}}{\text{le temps productif en minute dans l'année}}$$

- Calcul du temps de production¹¹⁶:

Le temps de production

$$= \text{nombre de jours ouvrables} * \text{effectif productif} * \text{minutes produites par jour.}$$

Le tableau suivant retrace les différents calculs qui mènent à la détermination du temps productif.

Tableau N° 14 : le calcul du temps productif annuel.

Nombre de jours ouvrables	effectif productif dans l'année	heures produites par jour $7,5*0,8$ ¹¹⁷	minutes produites par jour	temps productif en heure	temps productif en minute
244,00	351,00	6,00	360,00	513 741,00	30 824 460,00

Source : établie par nous-mêmes à partir des données de l'entreprise Alcost.

Le coût de la minute = $308\,244\,600 / 30\,824\,460 = 10$ DA. Il représente le coût de la minute qui rentre dans le calcul des frais de production de chaque produit.

Le tableau en annexe N°02 retrace le calcul du coût de revient unitaire et celui du coût de revient total de chaque produit de la production de l'entreprise Alcost.

De ce fait, le coût de revient est constitué des charges fixes et des charges variables. Les charges relatives à la consommation des matières et fournitures pour la production et la sérigraphie sont considérés comme des charges variables, par contre, les frais de fabrication sont hybrides et la distinction de ces derniers sera réalisée sur la base d'un guide d'entretien.

¹¹⁵ Extrait d'un document interne de l'entreprise Alcost « calcul du coût de la minute ».

¹¹⁶ Ibidem.

¹¹⁷ On a multiplié les heures produites par jour par 0.8 pour soustraire les aléas de production (panne machine, pose de toilette, etc).

II.2.5. La distinction des charges variables et des charges fixes de l'ensemble des frais de fabrication.

Sur la base des frais de fabrication, et dans l'objectif de distinguer les charges variables des charges fixes, on a établi le tableau en annexe N°01 qui représente une distinction des charges fixes et des charges variables sur la base d'un guide d'entretien effectué auprès des responsables du service comptabilité générale et les différents autres services, afin de savoir la source de consommation de chaque charge pour pouvoir les affecter en charges variables et charges fixes.

Les frais de fabrication sont égaux à 308 244 600 DA, le coût variable de fabrication total est égal à 175 346 311 DA et le coût fixe de fabrication total est égal à 132 898 289 DA.

Dans l'objectif de calculer la part des charges fixes et celui des charges variables dans l'ensemble des frais de fabrication, on a calculé le coefficient des frais variable de fabrication et celui des frais fixes par ces formules:

$$\text{Le coefficient des frais variables} = \frac{\text{les frais variables de fabrication total}}{\text{les frais de fabrication total}} * 100$$

$$\text{Le coefficient des frais variables} = [175\ 346\ 311/308\ 244\ 600]*100= 56,88\%$$

$$\text{Le coefficient des frais fixes} = \frac{\text{les frais fixes de fabrication total}}{\text{les frais de fabrication total}} * 100$$

$$\text{Le coefficient des frais fixes} = [132\ 898\ 289 /308\ 244\ 600]*100= 43,12\%$$

Le tableau dans l'annexe N°03 retrace les différents calculs qui mènent à la détermination du coût variable unitaire de chaque produit.

$$Y^{**} = \sum P_i X_{ij}$$

$$Y^{**} = 4992.92 X_{1,1} + 6056.50 X_{1,2} + 9474.66 X_{1,3} + 2512.2 X_{2,1} + 2097.00 X_{2,2} + 2661.08 X_{2,3} + 2675.15 X_{2,4} + 599.88 X_{3,1} + 398.29 X_{3,2} + 914.08 X_{3,3} + 3351.28 X_{4,1} + 2916.01 X_{5,1} + 2917.64 X_{5,2} + 1090.40 X_{5,3} + 2520.21 X_{6,1} + 5096.62 X_{6,2} + 1179.47 X_{6,3} + 707.96 X_{7,1} + 1090.40 X_{8,1} + 3475.44 X_{8,2} + 1762.18 X_{9,1} + 7496.14 X_{9,2} + 1690.85 X_{9,3} + 2556.55 X_{9,4} + 2651.10 X_{9,5} + 747.82 X_{9,6} + 1110.82 X_{9,7} + 1794.31 X_{9,8} + 993.57 X_{9,9} + 7132.94 X_{9,10} + 2774.49 X_{9,11} + 142.20 X_{10,1} + 106.57 X_{10,2} + 25.85 X_{10,3} + 60.85 X_{10,4} + 1066.80 X_{10,5} + 1582.59 X_{10,6} + 1888.88 X_{11,1}$$

II.3. Etapes 3 : Formulation des contraintes.

Nous allons formuler l'ensemble des contraintes qui limitent l'objectif poursuivi par l'entreprise. La gestion de la production doit donc tenir compte des trois types de contraintes:

- La demande en provenance du système commercial et des commandes reçues avec des quantités, des délais, une qualité, un prix ;
- L'approvisionnement en matières premières afin d'éviter des ruptures de stock et la perte des parts de marché suite au mécontentement des clients;
- La gestion des ressources humaines et des moyens matériels disponibles.

Ainsi, un programme de production comprend :

1. Les contraintes commerciales;
2. L'existence de facteurs de production;
3. Les contraintes logiques.

II.3.1. Les contraintes commerciales.

Les contraintes commerciales sont liées au plafonnement des ventes. Dans notre cas, elles sont liées aux commandes conclues avec les clients de l'entreprise Alcost.

Le niveau de production doit être inférieur ou égale aux quantités demandées. Cette contrainte sera représentée par une inéquation du type inférieur ou égal (\leq).

Quantité produite \leq à la demande exprimée par les différents clients de l'entreprise.

L'entreprise Alcost a conclu avec la direction générale de la protection civile (DGPC) un marché à long terme, tel que l'entreprise Alcost devrait livrer à la (DGPC) une quantité de 50 000 unités du produit treillis ignifuge de la neuvième famille de produit ($X_{9,10}$) par an. De ce fait, l'engagement de l'entreprise Alcost va être traduit par une contrainte du type supérieur ou égal. Ce qui explique que l'entreprise en question doit respecter ses engagements vers ses clients.

Quantité produite ($X_{9,10}$) \geq à l'engagement de l'entreprise Alcost.

En exploitant les demandes prévisionnelles pour l'année 2014, on obtiendra le tableau suivant qui indiquent les parts de marché des produits de l'entreprise Alcost pour l'année 2014.

Tableau N° 15: Les parts de marché des différents produits de l'entreprise Alcost.

Les produits de l'entreprise (X_{ij})		la demande des clients de l'entreprise
Première famille : Produit costumes (i=1)	Costume tenue hiver H « officier supérieur » ($X_{1,2}$)	11 200 unités
	Costume femme « vareuse+pantalon+jupe »($X_{1,3}$)	900 unités
Sixième famille : Produit blouson (i=6)	Blouson de travail ($X_{6,1}$)	7 000 unités
Neuvième famille : Produit tenue professionnelle (i=9)	Combinaison de travail ($X_{9,1}$) + combinaison pilote ($X_{9,2}$)	15 000 unités
	Tenue de sécurité ($X_{9,5}$)	10 000 unités
	Treillis ignifuge ($X_{9,10}$)	50 000 unités
Dixième famille : Produit articles divers (i=10)	Casquette homme ($X_{10,1}$)	8 000 unités

Source: établie par nous-mêmes à partir des documents de production de l'entreprise Alcost, année 2014.

La lecture de tableau ci-dessus nous donne les contraintes suivantes :

- **Produit : Costume tenue hiver H « officier supérieur » :** L'entreprise doit fabriquer au maximum 11 200 unités de la première famille de produit [costumes tenue hiver H « officier supérieur » ($X_{1,2}$) \leq 11 200 unités] ;
- **Produit : Costume femme « vareuse+pantalon+jupe » :** L'entreprise ne peut dépasser 900 unités de la première famille de produit [costumes femme « vareuse+pantalon+jupe »; ($X_{1,3}$) \leq 900 unités] ;
- **Produit : Blouson de travail :** L'entreprise doit fabriquer au maximum 7 000 unités de la sixième famille de produits [blousons de travail ($X_{6,1}$) \leq 7 000 unités] ;
- **Produit : Combinaison de travail et combinaison pilote :** L'entreprise ne peut dépasser 15 000 unités de la neuvième famille de produit [combinaisons de travail et de combinaison pilote ($X_{9,1} + X_{9,2}$) \leq 15 000 unités];
- **Produit : Tenue de sécurité :** L'entreprise doit fabriquer au maximum 10 000 unités de la neuvième famille de produit [tenues de sécurité ($X_{9,5}$) \leq 10 000 unités] ;
- **Produit : Treillis ignifuge:** L'entreprise devrait produire au moins 50 000 unités de la neuvième famille de produit [treillis ignifuge ($X_{9,10}$) \geq 50 000 unités];
- **Produit : Casquette homme :** L'entreprise doit fabriquer au maximum 8 000 unités de la dixième famille de produit [casquette homme ($X_{10,1}$) \leq 8 000 unités.

II.3.2. L'existence des facteurs de production.

Des contraintes de production relatives à l'existence des facteurs rares, peuvent être soulevées.

II.3.2.1 Contrainte d'approvisionnements en matières premières.

L'entreprise Alcost fait appel à une quantité importante de matières premières dans sa production vue la diversité de ses produits fabriqués au sein de l'entreprise, ce qui nous a permis d'avoir un grand nombre de contraintes concernant l'approvisionnement limité en matières premières (environ 359 contraintes voir l'annexe N°04), dans ce cas, et sur la base des entretiens effectués auprès des responsables de service approvisionnement et de celui de production pendant la période de stage effectué au sein de l'entreprise Alcost qui s'étale sur la période allant du 15 mars au 15 août de l'année 2015; il nous a permis d'avoir une idée plus claire sur le fonctionnement de l'entreprise.

Selon les entretiens effectués au sein de l'entreprise Alcost, les matières premières sont réparties en deux catégories : celles qui présentent un arrêt de la chaîne de production dans le cas de la rupture de stock et qui sont généralement les matières premières importées, car elles n'existent pas sur le marché national, ou bien, elles existent mais de mauvaise qualité; aussi les matières premières qui présentent des caractéristiques spécifiques et qui sont fournies par un nombre limité de fournisseurs, ou bien carrément sur commande.

Cependant, une part importante des matières premières ne présente pas réellement un obstacle dans la chaîne de production lors de la rupture de stock; vu la disponibilité de ces matières dans les magasins et la disponibilité de la liquidité pour les acquérir en cas de rupture de stock. Pour ce faire, la direction a mis à la disposition des approvisionnements un montant de 100 000.00 DA (caisse régie) pour cet effet, on cite par exemple : les boutons, le fil à coudre, cintres, quelques tissus, les fags, etc ; ou bien, des produits semi-finis fabriqués par l'entreprise elle-même.

Après notre entretien auprès des responsables d'approvisionnement, de production et du stock; on a distingué les matières premières qui limitent la production.

➤ Les disponibilités en matières premières pour chaque produit :

Pour déterminer la quantité disponible de chaque matière première, on a exploité les données de l'inventaire de matières premières pour l'année 2013 pour déterminer le stock initial, ainsi que les achats de l'année 2014.

$$\textit{la quantité disponible} = \textit{stock initial} + \textit{les achats de l'année}$$

Dans l'entreprise Alcost, les sorties du stock se font par la méthode de coût unitaire moyen pondéré de fin de période.

Les consommations unitaires des matières premières (a_{ij}) pour chaque produit sont extraites directement dans les fiches de consommations établis par le service technique. Le tableau dans l'annexe N°05 nous donne les quantités disponibles de chaque matière première ainsi que les consommations unitaires.

De ce fait, le traitement des données nous a permis de révéler les contraintes suivantes, qui sont de signe inférieur ou égal (\leq), limitées par la quantité de matières premières disponibles.

➤ **Contraintes de stock en matières premières :**

Chaque matière première est représentée par une fiche descriptive contenant : la désignation de la matière première, le fournisseur, la couleur et la laize.

- **Tissu Biskra de colleur bleu nuit d'une laize de 1,5** : la réalisation d'une unité de produit costume homme de la première famille ($X_{1,1}$) nécessite 3 unités, et le deuxième produit concernant les robes femme ($X_{11,1}$) de la onzième famille de produit réclame 1.3 unités : $3X_{1,1} + 1,3X_{11,1} \leq 3\ 135,60$ (tissu, Biskra, BN, 1,5);

- **Tissu cachemire importé, de colleur beige et d'une laize de 1,5** : la réalisation d'une unité de produit manteau enfant de la cinquième famille ($X_{5,3}$) nécessite 0,74 unités : $0,74 X_{5,3} \leq 75\ 500$ (tissu cachemire, sekkal, beige, 1,5);

- **Toile thermocollante importé, de colleur noir et d'une laize de 1,5** : la réalisation d'une unité de produit costume homme de la première famille ($X_{1,1}$) nécessite 0.88 unité, et le deuxième produit de veste homme de la deuxième famille de produit ($X_{2,1}$) réclame 1.04 unités, et le troisième produit de manteau femme de la cinquième famille de produit ($X_{5,2}$) nécessite 1 unité, et le quatrième produit de l'ensemble fillette de la huitième famille de produit ($X_{8,1}$) réclame 0.35 unité, et le cinquième produit de robes femme de la onzième famille de produit ($X_{11,1}$) nécessite 0.15 unité :

$0,88 X_{1,1} + 1,04 X_{2,1} + 1X_{5,2} + 0,35X_{8,1} + 0,15X_{11,1} \leq 15\ 500,00$ (t/thermocollante, lady diff, noir, 1,5).

- **Plastron, fourni par un seul fournisseur, de colleur beige et d'une laize de 0,8** : la réalisation d'une unité de produit costume homme de la première famille ($X_{1,1}$) nécessite 0,72 unités: $0,72 X_{1,1} \leq 1\ 527,90$ (plastron, lady diff, beige, 0,8);

- **Feutrine importée, de colleur 050 et d'une laize de 0,9:** la réalisation d'une unité de produit veste homme de la deuxième famille de produit ($X_{2,1}$) nécessite 0,3 unité : $0,3X_{2,1} \leq 2\ 085,34$ (feutrine collante, lady diff, 050, 0,9).
- **Crochet importé de liguria, de colleur métal et d'une laize de p:** la réalisation d'une unité de produit costume homme de la première famille de produit ($X_{1,1}$) nécessite 1 unité : $1X_{1,1} \leq 10\ 000,00$ (crochet, liguria, métal, p).
- **Tissu réversible pour la direction générale de la protection civile (DGPC) fourni par le fournisseur de Khenchela, de colleur bleu nuit et d'une laize de 1,5:** la réalisation d'une unité de produit blouson réversible de la sixième famille de produit ($X_{6,2}$) nécessite 1,4 unités : $1,4X_{6,2} \leq 10\ 000,00$ (tissu, Khenchela, bn, 1,5)
- **Tissu importé Paulo Doliveira, d'une laize de 1,5 :** la réalisation d'une unité de produit costume tenue hiver H « officier supérieur » de la première famille de produit ($X_{1,2}$) nécessite 3 unités : $3X_{1,2} \leq 8\ 611,70$ (tissu, Paulo Doliveira, 3608, 1,5) ;
- **Feutrine importée, de colleur 50 blancs et d'une laize de 0,9 :** la réalisation d'une unité de premier produit costume tenue hiver H « officier supérieur » de la première famille de produit ($X_{1,2}$) réclame 0.35 unité, et une unité du deuxième produit costume femme « vareuse+pantalon+jupe » de la première famille de produit ($X_{1,3}$) nécessite 0,2 unité : $0,35X_{1,2} + 0,2X_{1,3} \leq 4\ 755,10$ (feutrine, lady diff, 50 blancs, 0,9) ;
- **Feutrine collante importée, de colleur 416 et d'une laize de 0,9 :** la réalisation d'une unité de produit costume tenue hiver H « officier supérieur » de la première famille de produit ($X_{1,2}$) nécessite 0.35 unité, et une unité de costume femme « vareuse+pantalon+jupe » de la première famille de produit ($X_{1,3}$) réclame 0,05 unité : $0,35X_{1,2} + 0,05X_{1,3} \leq 1\ 277,80$ (feutre coll, lady diff, 416, 0,9) ;
- **Griffe de marque importée, de colleur 3*3 et d'une laize de 9cm :** la réalisation d'une unité de produit costume tenue hiver H « officier supérieur » de la première famille de produit ($X_{1,2}$) nécessite 1 unité, et la réalisation d'une unité de produit costume femme « vareuse+pantalon+jupe » de la première famille de produit ($X_{1,3}$) nécessite 1 unité : $1 X_{1,2} + 1X_{1,3} \leq 9\ 407,00$ (griffe de marque, jackard, 3*3, 9cm) ;
- **Cigarette importée, de colleur blanc et d'une laize de 10mm :** la réalisation d'une unité de produit costume tenue hiver H « officier supérieur » de la première famille de produit ($X_{1,2}$) nécessite 1 unité, et la réalisation d'une unité de produit costume femme « vareuse+pantalon+jupe » de la première famille de produit ($X_{1,3}$) réclame 0.8 unité, et la

réalisation d'une unité de produit tailleur femme de la huitième famille de produit ($X_{8,2}$) nécessite 0,6 unité :

$$1X_{1,2} + 0,8X_{1,3} + 0,6X_{8,2} \leq 18\,025,60 \text{ (cigarette, lady diff, blanc, 10mm) ;}$$

- **Griffe de marque fournie par un seul fournisseur, d'une laize de p** : la réalisation d'une unité de produit surveste homme de la deuxième famille de produit ($X_{2,3}$) nécessite 1 unité : $1 X_{2,3} \leq 16\,179,00$ (griffe de marque, p) ;

- **Griffe de marque fournie par un seul fournisseur, de couleur grise et d'une laize de 4,5** : la réalisation d'une unité de produit l'ensemble fillette de la huitième famille de produit ($X_{8,1}$) nécessite 1 unité : $1 X_{8,1} \leq 16\,179,00$ (griffe de marques, gris, 4,5) ;

- **Crochet importée pour chaque article, de colleur métal** : la réalisation d'une unité de premier produit costume tenue hiver H « officier supérieur » de la première famille de produit ($X_{1,2}$) nécessite 1 unité, et la réalisation d'une unité de deuxième produit costume femme « vareuse+pantalon+jupe » de la première famille de produit ($X_{1,3}$) réclame 1 unité : $1X_{1,2} + 1X_{1,3} \leq 13\,664,00$ (crochet, liguria, métal) ;

- **Tissu Paulo Dolivera importé, de colleur 3608 et d'une laize de 1,5** : la réalisation d'une unité de produit costume femme « vareuse+pantalon+jupe » de la première famille de produit ($X_{1,3}$) nécessite 3,4 unités : $3,4 X_{1,3} \leq 8\,222,60$ (tissu, Paulo Dolivera, 3608, 1,5) ;

- **Bande commandement ignifuge importée de a/ bender, de colleur bleu marin et d'une laize de 45mm** : la réalisation d'une unité de produit costume femme « vareuse+pantalon+jupe » de la première famille de produit ($X_{1,3}$) nécessite 3,6 unités : $3,6 X_{1,3} \leq 6\,625,00$ (bande commandement, a/bender, bn, 45mm) ;

- **Tissu sekal importé, de colleurs divers et d'une laize de 1,5** : la réalisation d'une unité de produit veste homme de la deuxième famille de produit ($X_{2,1}$) nécessite 1,7 unités : $1,7 X_{2,1} \leq 130,70$ (tissu, sekal, divers, 1,5) ;

- **Plastron fourni par un seul fournisseur, de colleur beige et d'une laize de 0,8** : la réalisation d'une unité de produit veste homme de la deuxième famille de produit ($X_{2,1}$) nécessite 0,3 unité : $0,3X_{2,1} \leq 1\,527,90$ (plastron, lady diff, beige, 0,8) ;

- **Tissu cachemire importé, de colleurs divers et d'une laize de 1,5** : la réalisation d'une unité de premier produit veste femme de la deuxième famille de produit ($X_{2,2}$) nécessite 5,1 unités, et la réalisation d'une unité de deuxième produit surveste homme de la deuxième famille de produit ($X_{2,3}$) réclame 2,18 unités, et la réalisation d'une unité du troisième produit manteau homme de la cinquième famille de produit ($X_{5,1}$) nécessite 2,5 unités, et la réalisation d'une unité du quatrième produit manteau femme de la cinquième famille de produit ($X_{5,2}$) nécessite 10.8

unités, et la réalisation d'une unité de cinquième produit manteau enfant de la cinquième famille de produit ($X_{5,3}$) nécessite 0,74 unité, et la réalisation de sixième produit l'ensemble fillette de la huitième famille de produit ($X_{8,1}$) nécessite 1,3 unités : $5,1X_{2,2} + 2,18X_{2,3} + 2,5X_{5,1} + 10,8X_{5,2} + 0,74X_{5,3} + 1,3X_{8,1} \leq 165\ 000$ (tissu cachemire, divers, divers, 1,5) ;

- **Tissu cachemire, de colleur marron et d'une laize de 1,5 :** la réalisation d'une unité de produit manteau homme de la cinquième famille de produit ($X_{5,1}$) nécessite 2,5 unités : $2,5 X_{5,1} \leq 3\ 266,37$ (tissu cachemire, divers, marron, 1,5) ;

- **Doublure fournie par un seul fournisseur, de colleur vert et d'une laize de 1,5 :** la réalisation d'une unité du premier produit veste femme de la deuxième famille de produit ($X_{2,2}$) recommande 1.6 unités et la réalisation d'une unité de deuxième produit manteau enfant de la cinquième famille de produit ($X_{5,3}$) requière 0,65 unité : $1,6X_{2,2} + 0,65X_{5,3} \leq 66\ 410$ (doublure, Nedroma, vert, 1,5) ;

- **Griffe de marque fournie par un seul fournisseur :** la réalisation d'une unité du premier produit veste femme de la deuxième famille de produit ($X_{2,2}$) demande 1 unité, et la réalisation d'une unité du deuxième produit manteau homme de la cinquième famille de produit ($X_{5,1}$) requière 2 unités : $1 X_{2,2} + 2X_{5,1} \leq 3\ 993,00$ (griffe de marque, jackard) ;

- **Cigarette importée, de colleur blanc et d'une laize de 10 :** la réalisation d'une unité de produit surveste homme de la deuxième famille de produit ($X_{2,3}$) nécessite 0.8 unité : $0,8X_{2,3} \leq 8\ 712,00$ (cigarette, lady diff, blanc, 10mm) ;

- **Griffe de marque et d'une laize de p :** la réalisation d'une unité du premier produit surveste homme de la deuxième famille de produit ($X_{2,3}$) réclame 1 unité, et la réalisation d'une unité du deuxième produit manteau femme de la cinquième famille de produit ($X_{5,2}$) nécessite 1 unité : $1X_{2,3} + 1X_{5,2} \leq 10\ 259,00$ (griffe de marque, p) ;

- **Doublure importée, de colleur 18 et d'une laize de 1,5 :** la réalisation d'une unité du produit manteau enfant de la cinquième famille de produit ($X_{5,3}$) sollicite 0,65 unité : $0,65X_{5,3} \leq 94\ 000$ (doublure, promo griffe, 18, 1.5) ;

- **Doublure importée, de colleur 32 et d'une laize de 1,5 :** la réalisation d'une unité du produit manteau enfant de la cinquième famille de produit ($X_{5,3}$) requière 0,65 unité : $0,65X_{5,3} \leq 79\ 000$ (doublure, promo griffe, 32, 1,5) ;

- **Tissu promo griffe importé, de colleur 44 et d'une laize de 1,5 :** la réalisation d'une unité de produit manteau enfant de la cinquième famille de produit ($X_{5,3}$) nécessite 0,45 unité : $0,45 X_{5,3} \leq 360\ 000$ (tissu, promo griffe, 44, 1,5) ;

- **Tissu importé, de colleur 90001 et d'une laize de 1,5** : la réalisation d'une unité du produit pantalon homme «jacket's club-saidal-» de la troisième famille de produit ($X_{3,2}$) nécessite 1,4 unités : $1,4X_{3,2} \leq 7\,247,00$ (tissu, dmmt Rouiba, 90001, 1,5) ;
- **Tissu (pour DGSN et costume HG) fourni par un seul fournisseur, de colleur 1/2 et d'une laize de 1,5** : la réalisation d'une unité de produit pantalon femme de la troisième famille de produit ($X_{3,3}$) nécessite 1,2 unités : $1,2 X_{3,3} \leq 1\,956,60$ (tissus, Biscra, 1/2, 1,5) ;
- **Griffe de marque fournie sur une commande, de colleur 02 gris et d'une laize de 1,6*7,5** : la réalisation d'une unité du premier produit pantalon femme de la troisième famille de produit ($X_{3,3}$) nécessite 1 unité, et la réalisation d'une unité de deuxième produit jupe de la septième famille de produit ($X_{7,1}$) requière 1 unité, et la réalisation du troisième produit tailleur femme de la huitième famille de produit ($X_{8,2}$) réclame 1 unité :
 $1X_{3,3} + 1X_{7,1} + 1X_{8,2} \leq 10\,589,00$ (griff mark, jackard, 02gris, 1,6*7,5) ;
- **Œillet fourni par un seul fournisseur, de colleur v/bronze** : la réalisation d'une unité de premier produit treillis ignifuge de la neuvième famille de produit ($X_{9,10}$) requière 4 unités, et la réalisation d'une unité du deuxième produit treillis satin de la neuvième famille de produit ($X_{9,11}$) nécessite 4 unités : $4X_{9,10} + 4X_{9,11} \leq 440\,000,00$ (œillet, sicam, v/bronze) ;
- **Doublure importée, de colleur 29 et d'une laize de 1,5** : la réalisation d'une unité de produit manteau enfant de la cinquième famille de produit ($X_{5,3}$) nécessite 0,65 unité : $0,65X_{5,3} \leq 75\,000$ (doublure, promo griffe, 29, 1,5) ;
- **Tissu cachemire importé, de colleur 168 et d'une laize de 1,5** : la réalisation d'une unité de produit manteau enfant de la cinquième famille de produit ($X_{5,3}$) réclame 0,45 unité : $0,45 X_{5,3} \leq 56\,500$ (tissu cachemire, tizi tex, 168, 1,5) ;
- **Tissu importé, de colleur 23 et d'une laize de 1,5** : la réalisation d'une unité de produit manteau enfant de la cinquième famille de produit ($X_{5,3}$) réclame 0,74 unité : $0,74 X_{5,3} \leq 90\,000$ (tissu cachemire, tizi/texte, 23, 1,5) ;
- **Griffe de marque fournie par un seul fournisseur et d'une laize de 1,5** : la réalisation d'une unité de produit manteau enfant de la cinquième famille de produit ($X_{5,3}$) réclame 1 unité : $1X_{5,3} \leq 90\,388$ (griffe de marques, jackard, 4,5) ;
- **Doublure fournie par un seul fournisseur, de colleur b/police et d'une laize de 1,48** : la réalisation d'une unité de produit blouson de travail de la sixième famille de produit ($X_{6,1}$) nécessite 1,05 unités : $1,05X_{6,1} \leq 653,45$ (doublures, Nedroma, b/p, 1,48) ;

- **Toile thermocollante importé, de colleur blanc et d'une laize de 1,5** : la réalisation d'une unité de produit blouson de travail de la sixième famille de produit ($X_{6.1}$) nécessite 0,24 unité : $0,24X_{6.1} \leq 10\ 664,70$ (t/thermo coll, lady diff, blanc, 1,5) ;
- **Plastron fourni par un seul fournisseur, de colleur beige et d'une laize de 1,5** : la réalisation d'une unité de produit blouson de travail de la sixième famille de produit ($X_{6.1}$) nécessite 0,29 unité : $0,29X_{6.1} \leq 10\ 015,50$ (plastron, t/meziane, beige, 1,5) ;
- **Tissu rétro importé, de colleur g/argent et d'une laize de 1,5** : la réalisation d'une unité de produit blouson réversible de la sixième famille de produit ($X_{6.2}$) réclame 0,21 unité : $0,21X_{6.2} \leq 1\ 721,00$ (tissu retro, mpc, g/argent, 1,22) ;
- **Applix mâle importée, de a/France, de colleur bleu nuit d'une laize de 50mm** : la réalisation d'une unité de produit blouson réversible de la sixième famille de produit ($X_{6.2}$) nécessite 0,19 unité : $0,19 X_{6.2} \leq 16\ 729$ (aplix mâle, a/France, b/n, 50mm) ;
- **Applix femelle importée, de a/France, de colleur bleu nuit d'une laize de 50mm** : la réalisation d'une unité de produit blouson réversible de la sixième famille de produit ($X_{6.2}$) nécessite 0,19 unité : $0,19 X_{6.2} \leq 16\ 654,56$ (aplix femelle, a/France, b/n, 50mm) ;
- **Applix mâle importée, de a/France, de colleur bleu nuit d'une laize de 25mm** : la réalisation d'une unité de produit blouson réversible de la sixième famille de produit ($X_{6.2}$) nécessite 0,1 unité : $0,1 X_{6.2} \leq 42\ 030,4$ (aplix mâle, a/France, b/n, 25mm) ;
- **Applix femelle importée, de a/France, de colleur bleu nuit d'une laize de 25mm** : [la réalisation d'une unité de produit blouson réversible de la sixième famille de produit ($X_{6.2}$) demande 0,1 unité : $0,1 X_{6.2} \leq 51\ 035$ (aplix femelle, a/France, b/n, 25mm) ;
- **Emblème manche pc, de colleur vbr et d'une laize de p** : réalisation d'une unité de produit blouson réversible de la sixième famille de produit ($X_{6.2}$) nécessite 2 unités : $2 X_{6.2} \leq 27\ 630$ (emblème manche pc, socolux, vbr, p) ;
- **Emblème poitrine pc, de colleur bleu marin et d'une laize de p** : la réalisation d'une unité de produit blouson réversible de la sixième famille de produit ($X_{6.2}$) nécessite 4 unités : $4 X_{6.2} \leq 22\ 483$ (écusson poitrine pc, socolux, bm, p) ;
- **Tissu pour direction générale de la sûreté nationale (DGSN) ou costume HG fourni par un seul fournisseur, de colleur 0,5 et d'une laize de 1,5** : la réalisation d'une unité de produit jupe de la septième famille de produit ($X_{7.1}$) nécessite 0,8 unité : $0,8X_{7.1} \leq 1\ 959,60$ (tissu, Biskra, 0,5, 1,5) ;
- **Tissu pour direction générale de la sûreté nationale (DGSN) ou costume HG fourni par un seul fournisseur, de colleur bleu nuit et d'une laize de 1,5** : la réalisation d'une unité de

produit tailleur femme de la huitième famille de produit ($X_{8,2}$) requière 3,3 unités : $3,3X_{8,2} \leq 9\,524,25$ (tissu, Biskra, b/n, 1,5) ;

- **Tissu ignifuge pour la direction générale de la protection civile (DGPC) fourni par un seul fournisseur, de colleur bleu/DGPC et d'une laize de 1,5** : la réalisation d'une unité de premier produit combinaison pilote de la neuvième famille de produit ($X_{9,2}$) requière 3.5 unités, et la réalisation d'une unité du deuxième produit treillis ignifuge de la neuvième famille de produit ($X_{9,10}$) nécessite 3,65 unités : $3,5X_{9,2} + 3,65X_{9,10} \leq 441\,000,00$ (tissus, Khenchela, b/DGPC, 1,5) ;
- **Œillet importé pour la direction générale de la protection civile (DGPC), de colleur bronze et d'une laize de 1,3** : la réalisation d'une unité du produit combinaison pilote de la neuvième famille de produit ($X_{9,2}$) nécessite 12 unités : $12X_{9,2} \leq 17\,049,00$ (œillet, sicam bronze, 1,3) ;
- **Applixe mâle importée, de a/bender, de colleur bleu marin et d'une laize de 25mm** : la réalisation d'une unité du produit combinaison pilote de la neuvième famille de produit ($X_{9,2}$) nécessite 0,39 unité : $0,39 X_{9,2} \leq 69\,949,59$ unités (applixe mâle, a/bender, bm, 25mm) ;
- **Applixe femelle importée, de a/bender , de colleur bleu marin et d'une laize de 25mm** : la réalisation d'une unité de premier produit combinaison pilote de la neuvième famille de produit ($X_{9,2}$) nécessite 0.56 unité, et la réalisation d'une unité du deuxième produit treillis ignifuge de la neuvième famille de produit ($X_{9,10}$) réclame 0,71 unité : $0,56 X_{9,2} + 0,71X_{9,10} \leq 78\,000,00$ unités (applixe femelle, a/bender bm, 25mm) ;
- **Applixe femelle importée, de a/bender , de colleur bleu marin et d'une laize de 50mm** : la réalisation d'une unité de premier produit combinaison pilote de la neuvième famille de produit ($X_{9,2}$) nécessite 0.2 unité, et la réalisation d'une unité du deuxième produit treillis ignifuge de la neuvième famille de produit ($X_{9,10}$) réclame 0,25 unité ; $0,20 X_{9,2} + 0,25 X_{9,10} \leq 34\,952,01$ unités (applixe femelle, a/bender bm, 50mm) ;
- **Fil maintien importé, de schappe, de colleur 339 bleus marins et d'une laize de 78/3, conne de 5000 ml** : la réalisation d'une unité de produit treillis ignifuge de la neuvième famille de produit ($X_{9,10}$) nécessite 28 unités : $28X_{9,10} \leq 3\,040\,000,00$ unités (fil maintient, schappe, 339bm 78/3 conne de 5000 ml) ;
- **Écusson manche, fournie par un seul fournisseur, de colleur bleu marin** : la réalisation d'une unité du premier produit combinaison pilote de la neuvième famille de produit ($X_{9,2}$) réclame 1 unité, et la réalisation d'une unité de produit treillis ignifuge de la neuvième famille de produit ($X_{9,10}$) nécessite 1 unité, et la réalisation d'une unité de produit treillis satin de la

neuvième famille de produit ($X_{9,11}$) nécessite 1 unité : $1X_{9,2} + 1X_{9,10} + 1X_{9,11} \leq 120\,000,00$ (écusson manche, brodrose, bm) ;

- **Écusson emblème pour chaque article, fournie par un seul fournisseur, de colleur bleu marin** : la réalisation d'une unité du premier produit combinaison pilote de la neuvième famille de produit ($X_{9,2}$) nécessite 1 unité, et la réalisation d'une unité du deuxième produit treillis ignifuge de la neuvième famille de produit ($X_{9,10}$) réclame 1 unité, et la réalisation d'une unité du troisième produit treillis satin ($X_{9,11}$) requière 1 unité, et la réalisation d'une unité du quatrième produit kimono hadji de la dixième famille de produit ($X_{10,5}$) demande 1 unité : $1X_{10,5} + 1X_{9,10} + 1X_{9,2} + 1X_{9,11} \leq 115\,000,00$ (écusson emblème, brodrose, bm) ;

- **Bande rétro importée, de a/bender, de colleur g/argent et d'une laize de 30mm** : la réalisation d'une unité du premier produit combinaison pilote de la neuvième famille de produit ($X_{9,2}$) nécessite 2.1 unités, et la réalisation d'une unité du deuxième produit treillis ignifuge de la neuvième famille de produit ($X_{9,10}$) réclame 2 unités, et la réalisation d'une unité du troisième produit treillis satin ($X_{9,11}$) requière 2.2 unités : $2,1 X_{9,2} + 2X_{9,10} + 2,2X_{9,11} \leq 221\,000,00$ (bande rétro, a/bender, g/argent, 30mm) ;

- **Tissu fourni par un seul fournisseur, de colleur bleu nuit 5471 et d'une laize de 1,5** : la réalisation d'une unité du premier produit tenue de sécurité de la neuvième famille de produit ($X_{9,5}$) réclame 3.59 unités, et la réalisation d'une unité du deuxième produit gilet de sécurité de la neuvième famille de produit ($X_{9,9}$) nécessite 1,18 unités : $3,59X_{9,5} + 1,18X_{9,9} \leq 6\,905,90$ (tissu, alcovel, bn 5471, 1,5) ;

- **Griffe de marque, fournie par un seul fournisseur, de colleur vert** : la réalisation d'une unité de produit blouse blanche femme de la neuvième famille de produit ($X_{9,6}$) nécessite 1 unité : $1 X_{9,6} \leq 16\,680,00$ (griffe de marque, varmys, vert) ;

- **Tissu ignifuge fourni par un seul fournisseur, de colleur bleu DGPC et d'une laize de 1,5** : la réalisation d'une unité de produit gilet formateur de la neuvième famille de produit ($X_{9,7}$) réclame 0,84 unité : $0,84 X_{9,7} \leq 122\,390,00$ (tissus, Khenchela, b/DGPC, 1,5) ;

- **Bouton a pression importé pour la direction générale de la protection civile (DGPC), de colleur noir et d'une laize de 15 mm** : la réalisation d'une unité de produit gilet formateur de la neuvième famille de produit ($X_{9,7}$) réclame 5 unités ; $5X_{9,7} \leq 34\,800,00$ (bouton à pression, sicam, noir 15mm) ;

- **Applixe importée, de a/bender, de colleur bleu marin et d'une laize de 50mm** : [la réalisation d'une unité de produit gilet formateur de la neuvième famille de produit ($X_{9,7}$) nécessite 0,07 unité : $0,07 X_{9,7} \leq 46\,898,13$ (applixe, a/bendre, bm 50mm) ;

- **Applixe mâle importée, de a/bender, de colleur bleu marin et d'une laize de 25mm** : la réalisation d'une unité de produit gilet formateur de la neuvième famille de produit ($X_{9,7}$) réclame 0,21 unité : $0,21 X_{9,7} \leq 62\,264,00$ (applixe mâle, a/bendre, bm, 25mm) ;
- **Applixe femelle importée, de a/bender, de colleur bleu marin et d'une laize de 25mm** : la réalisation d'une unité de produit combinaison pilote de la neuvième famille de produit ($X_{9,2}$) nécessite 0,21 unités : $0,21 X_{9,7} \leq 61\,174,70$ (applixe femelle, a/bendre, bm 25mm) ;
- **Fil à coudre importé, de chape, de colleur 4231 et d'une conne de 5000** : la réalisation d'une unité de produit gilet formateur de la neuvième famille de produit ($X_{9,7}$) nécessite 600 unités : $600 X_{9,7} \leq 2\,100\,000,00$ (fil à coudre, chape, 4231, conne de 5000m) ;
- **Tissu secondaire importé de Eurl mpc, de colleur orange et d'une laize de 1,5mm** : la réalisation d'une unité de produit gilet ambulancier de la neuvième famille de produit ($X_{9,8}$) nécessite 0,66 unité : $0,66 X_{9,8} \leq 3\,622,33$ (tissu secondaire, Eurl mpc, orange, 1,5) ;
- **Applixe importée, de a/bender, de colleur bleu marin et d'une laize de 25mm** : la réalisation d'une unité de produit treillis ignifuge de la neuvième famille de produit ($X_{9,10}$) réclame 0,57 unité : $0,57 X_{9,10} \leq 65\,000,00$ (applix, a/bender, bm 25mm) ;
- **Applixe écusson emblème importée, de a/bender, de colleur bleu marin et d'une laize de 50mm** : la réalisation d'une unité de produit treillis ignifuge de la neuvième famille de produit ($X_{9,10}$) nécessite 0,25 unité : $0,25 X_{9,10} \leq 27\,150,00$ (Ap/ecu/emb, a/bender, bm, 50mm) ;
- **Tissu ignifuge pour la direction générale de la protection civile (DGPC), fourni par un seul fournisseur, de colleur bleu nuit et d'une laize de 1,49** : la réalisation d'une unité de produit treillis satin de la neuvième famille de produit ($X_{9,11}$) nécessite 3,65 unités : $3,65 X_{9,11} \leq 175,90$ (tissu, Khenchela, bn, 1,49) ;
- **Tissu fourni par un seul fournisseur, de colleur blanc et d'une laize de 1,5** : la réalisation d'une unité de produit casquette homme de la dixième famille de produit ($X_{10,1}$) requière 0,2 unité : $0,2 X_{10,1} \leq 5\,028,90$ (tissu, Kherrata, blanc, 1,5) ;
- **Feutre importé, de colleur noir et d'une laize de 1,00** : la réalisation d'une unité de produit galon manche chef de cabinet de la dixième famille de produit $X_{10,3}$ sollicite 0,06 unité : $0,06 X_{10,3} \leq 1\,035,80$ (feutre, Ain el hamam, noir, 1,00) ;
- **Tissu fourni par un seul fournisseur, de colleur jaune et d'une laize de 1,5** : la réalisation d'une unité du premier produit dossard de la dixième famille de produit ($X_{10,4}$) réclame 0.085 unité, et une unité du deuxième produit kimono hadji de la dixième famille de produit ($X_{10,5}$) nécessite 1.8 unités : $0,085 X_{10,4} + 1,8 X_{10,5} \leq 1\,326,50$ (tissu Kherrata, jaune, 1,5) ;

- **Tissu fourni par un seul fournisseur, de colleur blanc et d'une laize de 1,5** : la réalisation d'une unité de produit burnous de la dixième famille de produit ($X_{10,6}$) nécessite 3,5 unités: $3,5X_{10,6} \leq 4\ 604,65$ (tissu, Biscra, ¼ blanc, 1,50);
- **Tissu importé, de p-olviera, de colleur 82 et d'une laize de 1,50mm** : la réalisation d'une unité de produit robe femme de la onzième famille de produit ($X_{11,1}$) nécessite 1,3 unités : $1,3X_{11,1} \leq 159,2$ (tissu, p-olviera, 82, 1,50) ;
- **Tissu importé, de p-olviera, de colleur 60519 et d'une laize de 1,50mm** : la réalisation d'une unité de produit robe femme de la onzième famille de produit ($X_{11,1}$) nécessite 1,3 unités : $1,3X_{11,1} \leq 1\ 561,00$ (doublure, lady diff, 60519, 1,50) ;

II.3.2.2. Contrainte relative au budget prévisionnel de fabrication.

L'entreprise «Alcost» a estimé les frais de fabrication pour l'année 2014 sur la base d'un coût minute qui égale à 10DA à 30 950.00 dinars.

Tel que les frais de fabrication d'un article sont égaux au standard alloué moyen (temps moyens nécessaire pour la production de cet article) multiplié par le coût minute.

$$\text{frais de fabrication unitaire} = \text{SAM} * \text{coût minute.}$$

Ce qui nous a permis d'écrire la contrainte suivante concernant le budget prévisionnel annuel de fabrication.

Les coefficients techniques (a_{ij}) de cette contrainte représentent les frais de fabrication unitaire pour chaque produit, extrait du plan de charge prévisionnel annuel.

Cette contrainte est du type supérieur ou égal (\geq), expliqué par le fait que la réalisation de la production prévu peut aller au-delà du budget alloué.

$$2500 X_{1,1} + 2200 X_{1,2} + 230 X_{1,3} + 1900 X_{2,1} + 1150 X_{2,2} + 1200 X_{2,3} + 600 X_{3,2} + 450 X_{3,3} + 1800 X_{5,1} + 1800 X_{5,2} + 1800 X_{5,3} + 910 X_{6,1} + 700 X_{7,1} + 1900 X_{8,2} + 750 X_{9,1} + 750 X_{9,2} + 1250 X_{9,5} + 1530 X_{9,10} + 1200 X_{9,11} + 200 X_{10,1} \geq 30\ 950\text{DA.}$$

II.3.2.3. Contrainte relative au budget prévisionnel annuel de l'ensemble du coût de revient des produits.

L'entreprise «Alcost» a estimé un coût de revient total de 842 360 kilos dinars pour l'ensemble de la production de l'année 2014 ; ce qui nous donne la contrainte écrite ci-dessous. Elle est du type supérieur ou égal (\geq), tel que le budget prévu pour l'ensemble du coût de revient des produits à fabriquer peut dépasser le montant estimé.

Les coefficients techniques (a_{ij}) de cette contrainte, ce sont les coûts de revient unitaires, extrait du budget prévisionnel annuel de l'ensemble du coût de revient des produits.

$$5625 X_{1,1} + 10,4 X_{1,2} + 10,81 X_{1,3} + 4000 X_{2,1} + 3500 X_{2,2} + 3000 X_{2,3} + 1500 X_{3,2} + 1100 X_{3,3} + 3500 X_{5,1} + 3500 X_{5,2} + 3500 X_{5,3} + 2850 X_{6,1} + 350 X_{7,1} + 4200 X_{8,2} + 2000 X_{9,1} + 2000 X_{9,2} + 2950 X_{9,5} + 7430 X_{9,10} + 3000 X_{9,11} + 300 X_{10,1} \geq 842\,360 \text{ KDA.}$$

II.3.2.4. Contrainte du temps de fonctionnement des machines.

Nombre d'heures de fonctionnement des machines sont égales au nombre d'heures de mains d'œuvre avec machines.

On a le SAM de machine : qui représente le standard alloué moyen en minutes (le nombre de minutes nécessaires pour la production de chaque article par machine, établis par le service technique).

La contrainte est de signe inférieur ou égal (\leq), par ce qu'elle est limitée par le nombre de temps de fonctionnement des machines disponibles. Elle sera représentée de la manière suivante:

$\sum_{X=11}^{X=111}$ SAM de machine/60 $X_{ij} \leq 513\,741\text{H} * 0.83$ [le temps productif*nombre d'ouvriers qui travaillent avec machine].

$$[230/60] X_{1,1} + [220/60] X_{1,2} + [220/60] X_{1,3} + [220/60] X_{2,1} + [150/60] X_{2,2} + [110/60] X_{2,3} + [145/60] X_{2,4} + [32/60] X_{3,1} + [57/60] X_{3,2} + [40/60] X_{3,3} + [140/60] X_{4,1} + [180/60] X_{5,1} + [150/60] X_{5,2} + [90/60] X_{5,3} + [140/60] X_{6,1} + [220/60] X_{6,2} + [68/60] X_{6,3} + [40/60] X_{7,1} + [80/60] X_{8,1} + [190/60] X_{8,2} + [66/60] X_{9,1} + [140/60] X_{9,2} + [66/60] X_{9,3} + [120/60] X_{9,4} + [154/60] X_{9,5} + [45/60] X_{9,6} + [59/60] X_{9,7} + [80/60] X_{9,8} + [59/60] X_{9,9} + [150/60] X_{9,10} + [150/60] X_{9,11} + [25/60] X_{10,1} + [10/60] X_{10,2} + [5/60] X_{10,3} + [3/60] X_{10,4} + [75/60] X_{10,5} + [5/60] X_{10,6} + [80/60] X_{11,1} \leq 426\,405,03 \text{ H.}$$

$$3,83X_{1,1} + 3,66X_{1,2} + 3,66X_{1,3} + 3,66X_{2,1} + 2,5X_{2,2} + 1,83X_{2,3} + 2,41X_{2,4} + 0,53X_{3,1} + 0,95X_{3,2} + 0,66X_{3,3} + 2,33X_{4,1} + 3X_{5,1} + 2,5X_{5,2} + 1,5X_{5,3} + 2,33X_{6,1} + 3,66X_{6,2} + 1,13X_{6,3} + 0,66X_{7,1} + 1,33X_{8,1} + 3,16X_{8,2} + 1,1X_{9,1} + 2,33X_{9,2} + 1,1X_{9,3} + 2X_{9,4} + 2,56X_{9,5} + 0,75X_{9,6} + 0,98X_{9,7} + 1,33X_{9,8} + 0,98X_{9,9} + 2,5X_{9,10} + 2,5X_{9,11} + 0,41X_{10,1} + 0,16X_{10,2} + 0,083X_{10,3} + 0,05X_{10,4} + 1,25X_{10,5} + 0,083X_{10,6} + 1,33X_{11,1} \leq 426\,405,03 \text{ H.}$$

Cette contrainte exprime que le nombre d'heures de fonctionnement des machines fournies par an ne doit pas excéder la ressource de 426 405,03 heures disponibles.

II.3.2.5. Contrainte relative au nombre limité d'heures de mains d'œuvres disponibles.

Heures de mains d'œuvres = heures de mains d'œuvres avec machines + heures de mains d'œuvres sans machines.

- Heures de mains d'œuvres avec machines dans l'année = heures des machines = $513\,741 * 0,83^{118}$.
- Heures de mains d'œuvres sans machines = $513\,741 * 0,17^{119} = 87\,356,88\text{H}$.
- Nombre d'heurs de mains d'œuvres de ceux qui travaillent sans machine pour chaque produit = $[87\,356,88/138\,047]=0,63\text{H}$.

Le tableau ci-dessous retrace les différents calculs qui mènent à la détermination du nombre d'heurs de mains d'œuvres pour chaque produit.

Tableau N°16: nombre d'heurs de mains d'œuvres et heures machines pour chaque produit.

	Heures de machine	Les heures de mains d'ouvres
Nombre d'ouvriers	$(351 * 0,83^{120})$	$(351 * 0,17^{121})$
Nombre d'heurs par jour	$7,5\text{h} * 0,8^{122}$	$7,5\text{h} * 0,8^{123}$
Nombre de jours ouvrables par an	244	244
Les heures de mains d'œuvres.		87 356,88 h
La quantité produite		138 047
Nombre d'heurs de mains d'œuvres de ceux qui travaillent sans machine pour chaque produit		0,63

Source: établie par nous-mêmes à partir des données de l'entreprise.

Donc, notre contrainte est de signe inférieur ou égal (\leq); parce qu'elle est limitée par le nombre de temps de main-d'œuvre disponible. Elle sera écrite de cette façon:

$\sum_{X=11}^{X=111}$ SAM de machine/60+temps moyen de ceux qui travaillent sans machines $[(351 * 0,17)$ nombres d'ouvriers sans machines $* 7.5\text{H} * 0,8 * 244 / (138\,047)$ la quantité totale produite dans

¹¹⁸ Pourcentage des ouvriers qui travaillent avec machine.

¹¹⁹ Pourcentage des ouvriers qui travaillent sans machine.

¹²⁰ 83% des ouvriers de la production qui travail avec machine.

¹²¹ 17% des ouvriers de la production qui travail sans machine.

¹²² 80% représente le temps de rendement des ouvriers de production.

¹²³ ibidem.

l'année] $X_{ij} \leq$ heures de mains d'œuvre disponibles dans l'année (351ouvriers*7,5H*0,8*244 jour ouvrable).

$$\begin{aligned}
 & [230/60+0,63] X_{1,1} + [220/60+0,63] X_{1,2} + [220/60+0,63] X_{1,3} + [220/60+0,63] X_{2,1} + \\
 & [150/60+0,63] X_{2,2} + [110/60+0,63] X_{2,3} + [145/60+0,63] X_{2,4} + [32/60+0,63] X_{3,1} + \\
 & [57/60+0,63] X_{3,2} + [40/60+0,63] X_{3,3} + [140/60+0,63] X_{4,1} + [180/60+0,63] X_{5,1} + \\
 & [150/60+0,63] X_{5,2} + [90/60+0,63] X_{5,3} + [140/60+0,6] X_{6,1} + [220/60+0,63] X_{6,2} + \\
 & [68/60+0,63] X_{6,3} + [40/60+0,63] X_{7,1} + [80/60+0,63] X_{8,1} + [190/60+0,63] X_{8,2} + \\
 & [66/60+0,63] X_{9,1} + [140/60+0,63] X_{9,2} + [66/60+0,63] X_{9,3} + [120/60+0,63] X_{9,4} + \\
 & [154/60+0,63] X_{9,5} + [45/60+0,63] X_{9,6} + [59/60+0,63] X_{9,7} + [80/60+0,63] X_{9,8} + \\
 & [59/60+0,63] X_{9,9} + [150/60+0,63] X_{9,10} + [150/60+0,63] X_{9,11} + [25/60+0,63] X_{10,1} + \\
 & [10/60+0,63] X_{10,2} + [5/60+0,63] X_{10,3} + [3/60+0,63] X_{10,4} + [75/60+0,63] X_{10,5} + \\
 & [5/60+0,63] X_{10,6} + [80/60+0,63] X_{11,1} \leq 513\,741\text{ H.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & 4,46X_{1,1} + 4,29X_{1,2} + 4,29X_{1,3} + 4,29X_{2,1} + 3,13X_{2,2} + 2,46X_{2,3} + 3,04X_{2,4} + 1,16X_{3,1} + 0,58X_{3,2} + \\
 & 1,29X_{3,3} + 2,96X_{4,1} + 3,63X_{5,1} + 3,13X_{5,2} + 2,13X_{5,3} + 2,96X_{6,1} + 4,29X_{6,2} + 1,76X_{6,3} + 1,29X_{7,1} + \\
 & 1,96X_{8,1} + 3,79X_{8,2} + 1,73X_{9,1} + 2,96X_{9,2} + 1,73X_{9,3} + 2,63X_{9,4} + 3,19X_{9,5} + 1,38X_{9,6} + 1,61X_{9,7} + \\
 & 1,96X_{9,8} + 1,61X_{9,9} + 3,13X_{9,10} + 3,13X_{9,11} + 1,04X_{10,1} + 0,79X_{10,2} + 0,713X_{10,3} + 0,68X_{10,4} + \\
 & 1,88X_{10,5} + 0,713X_{10,6} + 1,96X_{11,1} \leq 513\,741\text{ H.}
 \end{aligned}$$

La contrainte ci-dessus exprime que le nombre d'heures de mains d'œuvre par an ne doit pas excéder la ressource de 513 741 heures disponibles.

II.3.3. Les contraintes logiques.

Il convient également d'ajouter les contraintes de non-négativité (les contraintes logiques): les quantités doivent être positives.

$X_{ij} \geq 0$, quelque soit «i» allant de 1 jusqu'à 11 et «j» allant de 1 jusqu' à 11.

Section III : La résolution du modèle et l'interprétation économique des résultats obtenus.

Il s'agit dans cette situation, de déterminer dans le premier programme le coût variable, et dans le deuxième programme les quantités optimales de production afin de minimiser les coûts fixes unitaires.

La résolution d'un modèle linéaire consiste à trouver la valeur des variables non négatives (X_{ij}), soumises au système des contraintes linéaire. Ces programmes représentent un nombre important de variables, ce qui rend l'utilisation de la méthode de simplexe s'impose à la résolution et du fait qu'elle répond au développement des techniques de résolution par ordinateur.

Sur la base des fonctions objectifs et des différentes contraintes définies, la recherche de solutions optimales peut être réalisée à l'aide d'un logiciel, à cette habilité, on a fait appel au logiciel «Storm» ce qui nous a permis de résoudre les deux programmes cités auparavant.

La résolution par le logiciel «Storm», passe par différentes étapes. D'abord, on doit entrer les données relatives à notre programme à savoir : le nom du programme, le nombre de variables, le nombre de contraintes et la nature du programme (Max ou Min), par la suite on fait entrer les différentes données ainsi que le type des contraintes.

Le logiciel «Storm» nous donne la possibilité de résoudre ce type de programme linéaire avec autant de variables et de contraintes, avec la possibilité de voir les différentes itérations possibles.

III.1. La résolution des modèles de l'optimisation du coût de revient.

III.1.1. La résolution du modèle du coût variable.

Le programme en annexe N°06 dans lequel nous allons essayer de minimiser les coûts variables de l'entreprise.

La résolution de ce modèle par le logiciel « Storm » nous donne les résultats suivants (voir l'annexe N° 07):

$X_{1,1} = 1\,045,2$ unités pour les articles de types costume homme.

$X_{2,1} = 76,88$ unités pour les articles de types veste homme.

$X_{2,2} = 3993$ unités pour les articles de types veste femme.

$X_{2,3} = 3833,94$ unités pour les articles de types surveste homme.

$X_{3,2} = 5176,43$ unités pour les articles de types pantalon homme « jacket's club-saidal-».

$X_{3,3} = 1\ 630,5$ unités pour les articles de types pantalon femme.
 $X_{5,2} = 6425,05$ unités pour les articles de types manteau femme.
 $X_{5,3} = 90\ 388,00$ unités pour les articles de types manteau enfant.
 $X_{6,1} = 622,33$ unités pour les articles de types blouson de travail.
 $X_{8,2} = 2886,13$ unités pour les articles de types tailleur femme.
 $X_{9,1} = 15\ 000$ unités pour les articles de types combinaison de travail.
 $X_{9,5} = 1\ 923,64$ unités pour les articles de types tenue de sécurité.
 $X_{9,10} = 55\ 205,55$ unités pour les articles de types treillis ignifuge.
 $X_{9,11} = 48,19$ unités pour les articles de types treillis satin.
 $X_{10,1} = 8000$ unités pour les articles de types casquette homme.

Ces résultats permettent aux responsables de l'entreprise de réaliser un coût variable optimal de 583 025 400,00 DA.

III.1.2. La résolution du modèle du coût fixe.

Le programme en annexe N°08 dans lequel nous allons essayer de maximiser la production de l'entreprise Alcost.

La résolution du modèle du coût fixe par le logiciel «Storm» (voir l'annexe N°09) nous donne les résultats suivants :

$X_{3,2} = 5176,429$ articles de types pantalon homme «jacket's club-saidal».
 $X_{5,3} = 7974,184$ articles de types manteau enfant.
 $X_{9,10} = 108\ 517,4$ articles de types treillis ignifuge.
 $X_{10,2} = 164\ 640,9$ articles de types foulard.
 $X_{10,3} = 17263,33$ articles de types galon manche chef de cabinet.
 $X_{10,4} = 15\ 605,88$ articles de types dossard.
 $X_{10,6} = 1315,614$ articles de types burnous.

Ces résultats permettent aux responsables de la décision de réaliser une quantité optimale de 320 547,7 unités.

III.2. L'analyse des résultats des modèles de l'optimisation du coût de revient.

Nous allons analyser le poste optimal par l'interprétation économique sur l'utilisation et l'affectation des ressources afin d'illustrer des recommandations au décideur de l'entreprise en question. L'algorithme de simplexe livre une solution optimale, mais il reste au décideur de l'unité de faire le lien entre les résultats et la réalité concrète de l'entreprise. Les informations fournies par la résolution du modèle sont riches de renseignements susceptibles de guider l'action du décideur. De ce fait, la solution doit être interprétée économiquement pour servir de base à la décision.

III.2.1: L'analyse des résultats du premier programme (optimisation du coût variable).

III.2.1.1: Les variables de décision de la fonction objectif:

La solution optimale affecte une valeur à chaque variable réelle et indique de ce fait comment agir. Ainsi, dans le cas de l'entreprise Alcost, et dans le but de réaliser un coût variable optimal de 583 025 400,00 DA, l'entreprise est tenue de réaliser ce plan de production :

- Une quantité de 1045,2 articles de types costume homme de la première famille des produits ($X_{1,1}$) ;
- Une quantité de 76,88 articles de types veste homme de la deuxième famille des produits ($X_{2,1}$) ;
- Une quantité de 3993 articles de types veste femme de la deuxième famille des produits ($X_{2,2}$) ;
- Une quantité de 3833,94 articles de types surveste homme de la deuxième famille des produits ($X_{2,3}$) ;
- Une quantité de 5176,43 articles de types pantalon homme «jacket's club-saidal» de la troisième famille des produits ($X_{3,2}$) ;
- Une quantité de 1 630,5 articles de types pantalon femme de la troisième famille des produits ($X_{3,3}$) ;
- Une quantité de 6425,05 articles de types manteau femme de la cinquième famille des produits ($X_{5,2}$) ;
- Une quantité de 90 388,00 articles de types manteau enfant de la cinquième famille des produits ($X_{5,3}$) ;
- Une quantité de 622,33 articles de types blouson de travail de la sixième famille des produits ($X_{6,1}$) ;

- Une quantité de 2886,13 articles de types tailleur femme de la huitième famille des produits ($X_{8,2}$);
- Une quantité de 15 000 articles de types combinaison de travail de la neuvième famille des produits ($X_{9,1}$);
- Une quantité de 1923,64 articles de types tenue de sécurité de la neuvième famille des produits ($X_{9,5}$);
- Une quantité de 55 205,55 articles de types treillis ignifuge de la neuvième famille des produits ($X_{9,10}$);
- Une quantité de 48,19 articles de types treillis satin de la neuvième famille des produits ($X_{9,11}$);
- Une quantité de 8000 articles de types casquette homme de la dixième famille des produits ($X_{10,1}$).

Elle doit également s'abstenir de fabriquer les autres produits.

Comme tous les coefficients des variables hors base dans le dernier tableau de simplexe sont tous positifs, ce planning de production optimale est unique, c'est le meilleur et l'unique programme de production qui donne le niveau minimum du coût variable, et si l'entreprise ose se permettre de fabriquer des quantités différentes, elle ne pourrait atteindre ce niveau.

III.2.1.2: Les variables d'écart arbitraires à l'utilisation des ressources.

En remplaçant les valeurs des variables de décisions dans les contraintes, on détermine l'utilisation optimale des ressources, dans notre cas on va prendre deux contraintes :

- $3(1\ 045,2) + 1,3(0) = 3\ 135,6$: la quantité disponible de la ressource concernant la disponibilité de « tissu Biskra de colleur bleu nuit d'une laize de 1,5 » est totalement utilisé pour le produit costume homme ($X_{1,1}$), d'ailleurs la variable d'écart correspondante est nulle ($X_{8=0}^e$).
- $0,88(1\ 045,2) + 1,04(76,88) + 1(6425,05) + 0,35(0) + 0,15(0) = 7\ 424,78$: l'entreprise a utilisé 919,776 unités de la « toile thermocollante importée, de colleur noir et d'une laize de 1,5 » pour le premier produit, 79,95 unités pour le deuxième produit et 6 425,05 unités pour le troisième produit. Cette contrainte, contrairement à la précédente, n'est pas saturée (quantité disponible est de 15 500 unités). En effet, la variable d'écart $X_{10=}^e = 8\ 075,22$ unités. L'entreprise n'a donc pas intérêt à augmenter ses disponibilités en cette ressource puisqu'elle existe en stock après la production.

Considérons la contrainte relative à la ressource en « tissu Biskra de colleur bleu nuit d'une laize de 1,5 » et la variable d'écart X_8^e associées est nulle, donc, la variation marginale de X_8^e engendrera une incidence sur l'objectif, puisque cette ressource limite l'optimisation de l'objectif de l'entreprise. L'augmentation d'une seule unité de cette ressource engendrera une optimisation de l'objectif de l'entreprise de 135.72 UM.

Or, la contrainte relative à la ressource «toile thermocollante importée, de colleur noir et d'une laize de 1,5 », si l'entreprise Alcost perdait une unité de cette ressource, cela n'aurait aucune conséquence sur elle puisque $X_{10}^e = 8\ 075.21$ unités restent inemployées. De même, la détention d'une unité supplémentaire de cette ressource ne rapporterait rien à l'entreprise Alcost.

Tableau N°17 : Les résultats sur les variables d'écart et la valeur marginale du programme de minimisation du coût variable.

Intitulé des contraintes	Les ressources disponibles	le reste de stock (variable d'écart)	%des ressources utilisées	prix dual (valeur marginale)
Part de marché combinaison de travail et combinaison pilote.	15 000	0	100	-157,85
Engagement de l'entreprise pour la fabrication du produit casquette homme.	8 000	0	100	-145,80
Tissu Biskra de colleur bleu nuit d'une laize de 1.5.	3135,6	0	100	-135,72
Tissu sekal importée de colleurs divers et d'une laize de 1.5.	130,7	0	100	-781,10
Tissu cachemire importée, de colleur divers et d'une laize de 1.5.	165 000	0	100	-25,92
Griffe de marque fournie par un seul fournisseur.	3 993	0	100	-1130,86
Griffe de marque et d'une laize de p.	1 0259	0	100	-162,46
Tissu importé de colleur 90001 et d'une laize de 1.5.	7 247	0	100	-744,09
Tissu (pour DGSN et costume HG) fourni par un seul fournisseur, de colleur 1/2 et d'une laize de 1.5.	1 956,6	0	100	-118,28
Griffe de marque fournie par un seul fournisseur et d'une laize de 1.5.	90 388	0	100	-2250,48
Doublure fournie par un seul fournisseur de colleur b/police et d'une laize de 1.48.	653,45	0	100	-205,56
Tissu pour direction générale de la sûreté nationale (DGSN) ou costume HG fourni par un seul fournisseur, de colleur bleu nuit et d'une laize de 1,5	9 524,25	0	100	-168,67
Tissu fourni par un seul fournisseur, de colleur bleu nuit 5471 et d'une laize de 1,5	6 905,9	0	100	-50,40
Tissu ignifuge pour la direction générale de la protection civile (DGPC), fourni par un seul fournisseur, de colleur bleu nuit et d'une laize de 1,49	175,9	0	100	-28,92
Le budget prévisionnel annuel de l'ensemble du coût de revient des produits	842 360 000	0	100	0,96

Source : établie par nous-mêmes à partir des données du programme de minimisation du coût variable.

Nous avons présenté dans le tableau ci-dessus les ressources rares, le reste est indiqué (en annexe N°10).

On observe dans le tableau précédent que certaines ressources sont utilisées en totalité avec un stock résiduel qui est égal à zéro, et une valeur marginale positif. L'analyse des coefficients de la fonction économique à l'optimum permet de préciser la valeur marginale, que représente chaque contrainte pour l'entreprise.

La capacité de production en matières premières «tissu Biskra de colleur bleu nuit d'une laize de 1,5» est de 3 135,6 ML, sont utilisées en totalité à la réalisation de la production optimale ($X_{1,1}=1\ 045,2$ unités). On conclut, qu'une augmentation d'une unité supplémentaire de cette ressource optimisera la solution optimale de 135,72 DA, de ce fait, le coût variable de production va diminuer de 135,72 dinars, et devient 583 025 264,28 DA.

Le même raisonnement pour les ressources en matières premières: «tissu sekal importée de couleur divers et d'une laize de 1.5» qui est de 130.7 ML, et «tissu cachemire importé, de colleurs divers et d'une laize de 1.5» qui est de 165 000 ML, et « griffe de marque fournie par un seul fournisseur » qui est de l'ordre de 3993 unités, et « griffe de marque et d'une laize de p » qui est de 10 259 unités, et celui du « tissu importé de colleur 90001 et d'une laize de 1.5 » qui est de 7247 ML, et le «tissu pour direction générale de la sûreté nationale (DGSN) et costume HG) fourni par un seul fournisseur, de colleur 1/2 et d'une laize de 1,5» qui est de 1 956,6 ML, et la «griffe de marque fournie par un seul fournisseur et d'une laize de 1.5 » qui est de 90 388 unités et la «doublure fournie par un seul fournisseur de colleur b/police et d'une laize de 1,48 » qui est de 653 ML, et le «tissu pour direction générale de la sûreté nationale (DGSN) ou costume HG fourni par un seul fournisseur, de colleur bleu nuit et d'une laize de 1,5 » qui est de 9524,25 ML et le «tissu fourni par un seul fournisseur, de colleur bleu nuit 5 471, et d'une laize de 1,5 » qui est de 6905,9 ML, et le «tissu ignifuge pour la direction générale de la protection civile (DGPC), fourni par un seul fournisseur, de colleur bleu nuit et d'une laize de 1,49» qui est de 175,9ML. Tel que la disponibilité d'une unité supplémentaire de ces ressources, optimisera la solution optimale de 781.10 DA, 25.92 DA, 1130.86 DA, 162.46 DA, 744.09 DA, 118.28 DA, 2250.48 DA ,205.56 DA, 168.67 DA, 50.40 DA et 28.92 DA par unité respectivement.

Ainsi qu'une augmentation d'une seule unité du «budget prévisionnel annuel de l'ensemble du coût de revient des produits», engendrera un impact de 0,96 DA par unité sur le coût variable. On dira alors que le prix marginal de l'unité du budget prévisionnel annuel de l'ensemble du coût de revient des produits est de 0,96 DA.

De plus, la «part de marché combinaison de travail et combinaison pilote» qui est de 15 000 unités est saturée ; ainsi que «la part de marché du produit casquette homme » qui est de

8 000 unités. On conclut, donc, qu'une augmentation d'une unité de la part de marché optimisera la solution optimale de 157,85 DA et 145,80 DA respectivement.

On enregistre des valeurs positives des variables d'écart représentant le stock résiduel, de diverses matières premières (voir l'annexe N°10). Dans ce cas, l'entreprise n'a pas intérêt à augmenter la quantité de ces ressources, puisque la disponibilité d'une unité supplémentaire n'affecte plus la solution optimum qui restera invariable. Ces matières génèrent des coûts de stockage qui sont des charges en plus pour l'entreprise.

Cependant, on enregistre également des variables d'écart nulle, c'est-à-dire l'entreprise ne dispose plus de ces ressources correspondantes, ce qui limite l'optimisation de l'objectif de l'entreprise.

Lorsqu'une variable d'écart prend une valeur nulle à l'optimum, cela signifie que la contrainte correspondante est saturée. Seules ces contraintes sont véritablement astreignantes. Elles limitent les activités de l'entreprise et de ce fait l'objectif poursuivi.

Dans le but d'encourager la production, l'unité en question doit disposer d'un stock qui répond aux besoins de la production.

On peut donc conclure que la solution optimale nous a permis de déterminer le plan de production qui minimise les coûts variables de l'entreprise, d'un autre point de vue, l'on peut dire que la solution optimale du programme nous a permis de déterminer la meilleure allocation des ressources entre les activités de l'entreprise qui optimisera également le profit.

III.2.2. L'analyse des résultats obtenus dans le deuxième programme (optimisation du coût fixe unitaire).

III.2.2.1. Les variables de décision et la fonction objectif:

Les résultats de ce programme, nous donne une description sur la production optimale, de ce fait, et dans le but de réaliser un coût fixe unitaire optimal, l'entreprise est tenue d'établir le plan de production suivant:

- Une quantité de 5 176,429 articles de types pantalon homme «jacket's club-saidal» de la troisième famille des produits ($X_{3,2}$).
- Une quantité de 7974,184 articles de types manteau enfant de la cinquième famille des produits ($X_{5,3}$).

- Une quantité de 108 517,4 articles de types treillis ignifuge de la neuvième famille des produits ($X_{9,10}$).
- Une quantité de 164 640,9 articles de types foulard de la dixième famille des produits ($X_{10,2}$).
- Une quantité de 17 263,33 articles de types galon manche chef de cabinet de la dixième famille des produits ($X_{10,3}$).
- Une quantité de 15 605,88 articles de types dossard de la dixième famille des produits ($X_{10,4}$).
- Une quantité de 1 315,614 articles de types burnous de la dixième famille des produits ($X_{10,6}$).

Elle doit s'abstenir de fabriquer les autres produits qui ne sont pas rentables pour l'entreprise. Ce planning de production est également, le meilleur et l'unique programme de production qui donne les quantités de production optimale de 320 547,7 unités de différents produits de l'entreprise.

III.2.2.2. Analyse des coûts fixes unitaires :

Nous avons montré antérieurement, que le modèle du coût de revient est composé des coûts variables et des coûts fixes. Conformément à l'hypothèse sur les comportements du coût fixe unitaire, ce dernier varie avec la variation de la production, de la même manière que le coût de revient unitaire.

Pour une meilleure comparaison des données de l'unité en question avec les résultats du programme linéaire précédent, nous avons constitué un tableau comparatif des éléments suivants pour chaque produit : le coût fixe unitaire partiel (CFUP) donné par le service comptabilité, et le coût fixe unitaire partiel optimal (CFUP* optimal) calculé sur la base des quantités optimales déterminées par la résolution du modèle linéaire précédent.

Tableau N°18: Le coût fixe unitaire partiel optimal.

Famille des produits	Désignation des produits	La quantité produite (X_{ij})	La quantité optimale (X^*_{ij})	coût fixe total partiel (CFTP)	coût fixe unitaire partiel (CFUP)	Coût fixe unitaire partiel optimal (CFUP*)
Troisième famille Produit pantalon (i=3)	Pantalon homme « jacket's club-saidal» ($X_{3.2}$).	6 909,00	5 176,43	506 339,88	73,287	97,816445
Cinquième famille : Produit manteau (i=5)	Manteau enfant ($X_{5.3}$).	110	7974,184	83 805,84	761,87127	10,509645
Neuvième famille : Produit tenue professionnelle (i=9)	Treillis ignifuge ($X_{9.10}$).	58 074,00	108 517,40	38 554 980,16	663,894	355,28846
Dixième famille : Produit articles divers (i=10)	Foulard ($X_{10.2}$).	526	164 640,90	1 360,55	2,586597	0,0082637
	Galon manche chef de cabinet ($X_{10.3}$).	50	17 263,33	215,55	4,311	0,012486
	Dossard ($X_{10.4}$).	708	15 605,88	1 526,09	2,1554944	0,0977894
	Burnous ($X_{10.6}$).	200	1 315,61	6 035,40	30,177	4,5875158

Source: établie par nous-mêmes à partir des données du programme d'optimisation des quantités de production.

L'optimum du coût fixe unitaire du produit manteau enfant de la cinquième famille de produit ($X_{5.3}$) est de 10.50 DA. Ce montant est inférieur au coût fixe unitaire (761.87 DA) calculé par le service de comptabilité. Cet écart est dû à la différence entre les deux quantités de production (optimale et réalisée pendant l'année 2014). Donc, le coût fixe unitaire sera varié de 761.87 DA à 10.50 DA; voir une diminution de 751.37 DA.

Le même raisonnement est appliqué à l'égard des produits $X_{9.10}$, $X_{10.2}$, $X_{10.3}$, $X_{10.4}$, et $X_{10.6}$. Le minimum du coût fixe unitaire de chaque produit est de 355.28 DA, 0.0082DA, 0.012 DA, 0.097 DA, et 4.58 DA respectivement.

Ces derniers montants représentent les coûts réels qu'il faut dépenser pour produire et vendre une unité de produits finis, la différence entre les deux montants ce sont des dépenses sans contre partie de la production qu'il faut minimiser.

La quantité du produit pantalon homme « jacket's club-saidal» ($X_{3,2}$) est de 5 176.43 unités, cette quantité est inférieure à la quantité produite par l'entreprise, ce qui nous donne un coût fixe unitaire plus élevé. Dans ce cas, l'entreprise a intérêt de produire que les quantités désignées par le plan optimal.

III.2.2.3. Les variables d'écart arbitraires à l'utilisation des ressources:

Les ressources disponibles utilisées sont représentées par les variables d'écart dans le programme linéaire. Ces variables ont une interprétation physique pour chacune des contraintes. Elles nous fournissent autant d'informations sur l'état résiduel des stocks, le degré de pénétration du marché ou encore le taux d'utilisation des capacités de production.

Le tableau ci-après montre des informations importantes sur le taux d'utilisation des disponibilités, qui sont : les capacités de production en heures de mains d'œuvres, diverses matières premières et le budget prévisionnel annuel de l'ensemble du coût de revient des produits. Il indique également les prix de dual (coût d'opportunité) des ressources saturées.

Tableau N°19: Les résultats sur les variables d'écart et la valeur marginale du programme d'optimisation de la production.

Les contraintes	Les ressources disponibles	Le reste de stock (variable d'écart)	% des ressources utilisées	Prix de dual (valeur marginale)
Tissu importé, de colleur 90001 et d'une laize de 1,5	7 247	0	100	0,7091
Fil maintien importé, de schappe, de colleur 339 bleus marins et d'une laize de 78/3, conne de 5000 ml	3 040 000	0	100	0,0228
Feutre importé, de colleur noir et d'une laize de 1,00	1 035,8	0	100	1,6245
Tissu fourni par un seul fournisseur, de colleur jaune et d'une laize de 1,5	1 326,5	0	100	1,6381
Tissu fourni par un seul fournisseur, de colleur blanc et d'une laize de 1,5	4 604,65	0	100	0,0278
Budget prévisionnel annuel de l'ensemble du coût de revient des produits	842 360 000	0	100	0,000484
Nombre d'heures de mains d'œuvres disponibles.	513 741	0	100	1,2658

Source : établie par nous-mêmes à partir des données du programme d'optimisation des quantités de production.

On observe dans le tableau précédent que certaines ressources limitent l'activité de l'entreprise en question ce qui explique l'utilisation totale de ces ressources. Elles sont dites des contraintes restrictives.

La capacité de production en matières premières «tissu importé de colleur 90001 et d'une laize de 1,5» est de 7 247 ML, qui sont utilisés en totalité à la réalisation de la production optimale. On conclut, qu'une augmentation d'une unité supplémentaire de cette ressource surcroît la production optimale de 0,7091 unité.

Lorsqu'une variable d'écart prend une valeur nulle, cela signifie que la contrainte correspondante est saturée à l'optimum. On appliquant le même raisonnement pour les ressources en matières premières : «fil maintien importé, de schappe, de colleur 339 bleus marins et d'une laize de 78/3, conne de 5000 ML» qui est de 3 040 000 ML, et «feutre importé, de colleur noir et d'une laize de 1,00» qui est de 1 035.8 ML, et le «tissu fourni par un seul fournisseur, de colleur jaune et d'une laize de 1,5» qui est de l'ordre de 1 326,5 ML et le «tissu fourni par un seul fournisseur, de colleur blanc et d'une laize de 1,5» qui est de 4 604,65 ML. Tel que la disponibilité d'une unité supplémentaire de ces ressources augmentera la production optimale de 0.0228 unité, 1.6245 unités, 1.6381 unités et 0,0278 unité respectivement.

En plus, le budget prévisionnel annuel de l'ensemble du coût de revient des produits réservés à cette production était limitée à 842 360 KDA. On conclut donc, qu'une augmentation d'une unité de ce budget augmentera la production optimale de 0.000484 unité.

Ainsi, le nombre d'heures de mains d'œuvre disponibles qui est de 513 741 heures, est utilisé en totalité dans la production des différents produits de l'entreprise, ce qui nous a donné un stock résiduel de 0,00 heure. Donc, cette ressource limite l'optimisation de la production de l'entreprise, tel qu'une augmentation d'une unité supplémentaire de cette ressource augmentera la production optimale de 1,2658 unités.

Conformément aux informations du tableau en annexe N°11, l'entreprise dispose de stocks résiduels, de diverses matières premières. De ce fait, ces ressources sont partielles et relatives, expliqué principalement par la valeur positive des variables d'écart associées aux contraintes représentant ces ressources. Dans ce cas, la disponibilité d'une unité supplémentaire de ces ressources n'affecte plus la production optimale qui restera invariable. On dit alors que ces ressources ont des valeurs marginales nulles.

Tableau N°20: Les ressources limitant l'optimisation de l'objectif poursuivi par l'entreprise.

Les contraintes	Prix de dual (valeur marginale)
Tissu fourni par un seul fournisseur, de colleur jaune et d'une laize de 1,5.	1,6381
Feutre importé, de colleur noir et d'une laize de 1,00.	1,6245
Nombres d'heures de mains d'œuvres disponibles.	1,2658
Tissu importé, de colleur 90001 et d'une laize de 1,5.	0,7091
Tissu fourni par un seul fournisseur, de colleur blanc et d'une laize de 1,5.	0,0278
Fil maintien importé, de schappe, de colleur 339 bleus marins et d'une laize de 78/3, conne de 5000 ml.	0,0228
Budget prévisionnel annuel de l'ensemble du coût de revient des produits.	0,000484

Source : établie par nous-mêmes.

Ces indications sont précieuses car si l'entreprise Alcost envisageait d'acquérir des ressources supplémentaires afin d'optimiser la production, il est évident qu'elle achèterait en priorité du «tissu fourni par un seul fournisseur, de colleur jaune et d'une laize de 1,5 » et le «feutre importé, de colleur noir et d'une laize de 1,00» et d'augmenter le nombre d'heures de mains d'œuvres disponibles, puis d'augmenter la disponibilité de «tissu importé, de colleur 90001 et d'une laize de 1,5» et le « tissu fourni par un seul fournisseur, de colleur blanc et d'une laize de 1,5» et celui du «fil maintien importé, de schappe, de colleur 339 bleus marins et d'une laize de 78/3, conne de 5000 ML» et en dernier lieu d'augmenter le budget prévisionnel annuel de l'ensemble du coût de revient des produits.

Et elle n'a pas intérêt à acquérir les autres matières premières, puisqu'elle en a déjà trop.

En guise de conclusion, on peut dire que la solution optimale nous a permis de déterminer le plan de production qui optimise la production dans l'entreprise Alcost, c'est-à-dire une meilleure allocation des ressources entre les activités de l'entreprise qui optimise le coût fixe unitaire.

III.3: L'indicateur d'efficience de l'entreprise Alcost.

III.3.1.Définition de l'efficience:

L'efficience est le rapport entre les ressources employées et les résultats atteints. Une entreprise est efficiente si elle respecte l'enveloppe des moyens attribués, ou si elle obtient un meilleur résultat que celui fixé avec des moyens similaires.

L'efficacité se mesure par un ratio:

$$\text{ratio de l'efficacité} = \frac{\text{résultats obtenus}}{\text{frais engagés}}$$

Ce calcul permet de s'assurer que l'entreprise utilise de manière optimale ses ressources.

Dans l'entreprise Alcost le ratio d'efficacité est égal aux résultats obtenus sur les frais engagés, on va le calculer dans les deux cas: le ratio d'efficacité de l'entreprise Alcost calculé sur les données de l'entreprise et celui appliqué sur les résultats du modèle linéaire.

III.3.2. Le ratio d'efficacité calculé sur la base des données de l'entreprise Alcost.

Ratio d'efficacité = résultat obtenu (CA) / frais engagés (CR=CV+CF).

CV = 599 553 347,67 DA.

CF = 74 117 705,25 DA.

CR = 673 687 962,19 DA.

CA= 1245 MDA.

Ratio d'efficacité = 1245 MDA / 673 687 962,19 DA.

Ratio d'efficacité = 1,84.

III.3.3. Calcul du ratio d'efficacité après l'application du modèle linéaire:

Ratio d'efficacité = résultat obtenu (CA) / frais engagés (CR optimal = CV optimal + CF optimal).

CA = les ventes de l'ensemble des produits recommandés par le programme linéaire de l'optimisation du coût variable sont égales à 1 229 293 129,33 DA¹²⁴.

CV optimal = 583 025 400,00 DA.

CF optimal (calculé sur la base des données du programme linéaire de l'optimisation du coût variable) = 1 221 848,32 + 65 958,30 + 109 499,40 + 18 106,20 + 506 339,88 + 15 002,28 + 77 080,68 + 83 805,84 + 16 475 607,36 + 10 260,18 + 242 700,68 + 719 074,80 + 38 554 980,16 + 5 858 649,00 + 12 070,80 = 63 970 983,88 DA.

CF optimal = 63 970 983,88 DA.

CR optimal = CV optimal + CF optimal = 646 996 383,88 DA.

Ratio d'efficacité = 1 229 293 129,33 DA / 646 996 383,88 DA.

Ratio d'efficacité = 1,9.

¹²⁴ On n'a pas fait apparaître les prix de ventes unitaires dans le calcul du nouveau chiffre d'affaires (CA calculé sur la base des données du programme) en raison de la confidentialité de cette donnée.

Ces résultats dévoilent que la planification de la production de l'entreprise Alcost par l'outil de la programmation linéaire à contribuer à l'amélioration de la performance de l'entreprise, ce qui montre clairement le ratio d'efficience qui passe de 1.84 à 1.9, ce qui peut être expliqué par la meilleure utilisation des moyens de production et la rationalisation des facteurs de production. Ce résultat est expliqué par les coûts de production qui sont moins élevés, tel que les résultats du programme linéaire portant sur la minimisation du coût variable donnent un coût variable qui passe de 599 553 347,67 DA à 583 025 400,00 DA ; et celui du coût fixe qui passe de 74 117 705,25 DA à 63 970 983,88 DA. Malgré que le chiffre d'affaires des ventes a baissé (allons de 1245 MDA à 1 229 293 129,33 DA), ce qui montre que la production recommandée par le programme linéaire va contribuer à l'amélioration de la performance de l'entreprise Alcost.

III.4. Les recommandations tirées de l'étude.

Le constat que nous venons de dresser pose un certain nombre de questions et suggère des réflexions.

Lorsque nous intéressons aux allocations optimales que suggèrent les résultats de notre application, il en ressort certaines recommandations qu'on cite dans ce qui suit :

- Utiliser les techniques de gestion dans la prise de décision; vu la rationalité dans l'utilisation des ressources de l'entreprise qu'elle offre aux responsables.
- Former les personelles de l'entreprise afin qu'il se familiarise avec ces techniques. Et cela passe par la mise en place d'un service de comptabilité analytique et les techniques du calcul du coût de revient.
- La sous-traitance des opérations lorsque les équipements sont sur-capacitaires; ou faire varier le niveau de main-d'œuvre (heures supplémentaires, chômage technique, intérim, flexibilité du temps de travail, embauche, licenciement). Cependant, ces ajustements peuvent avoir leur portée limitée a priori par des contraintes techniques (capacité du sous-traitant), légales (taux maximum d'heures supplémentaires), ou par d'autres considérations (politique de maintien de l'emploi, conventions sectorielles, etc.).

Conclusion :

La programmation linéaire constitue un outil efficace à la résolution de plusieurs problèmes de gestion y inclus les problèmes de minimisation du coût de revient.

Cette étude empirique nous a permis de constater que l'optimisation de la production, permettra à l'entreprise de minimiser le coût de revient par le biais de la minimisations du coût variable et la minimisation du coût fixe unitaire, ce qui permettra à l'entreprise de réaliser le maximum de bénéfices à travers la production et la commercialisation de ces produits finis.

Bien que la production optimale ne permette qu'une production partielle des produits de l'entreprise (15 types de produits sur les 38 existants). Les résultats de la présente recherche nous permettent tout de même de conclure qu'une minorité des ressources est complètement utilisée à la production optimale. Et que l'entreprise doit les acquérir davantage afin de réaliser le maximum du profit (la priorité de les acquérir sera donnée pour ceux qui ont un coût d'opportunité le plus élevé). Les ressources possédant un reste du stock qui ne répond pas aux besoins de la production et à la réalisation du plan optimal, constitue des charges en plus à l'entreprise à savoir les charges de stockage, d'assurance, etc. Cela est dû aux mauvais choix des investissements et d'approvisionnement en matières premières à la production prévue, ce qui fait augmenter les coûts fixes et de même, il augmente le coût de revient.

Donc, on conclut que les facteurs de production (travail et le capital) n'ont pas été utilisés d'une manière rationnelle et optimale.

Conclusion générale

Conclusion générale

Tout au long de cette recherche, nous avons tenté de planifier la production de l'entreprise Alcost Béjaia dans le but d'optimiser le coût de revient de l'entreprise en question. Dans cet objectif, nous avons fait appel aux disciplines quantitatives, tel qu'on cite: la comptabilité analytique et le calcul du coût de revient et la programmation linéaire.

Ainsi, notre travail de recherche consiste à modéliser l'activité de l'entreprise par le biais d'optimisation du coût de revient, et cela, a été réalisé par la minimisation des coûts variables d'une part et l'optimisation de la production dans le but d'optimiser le coût fixe unitaire d'autre part. Et pour ce faire, nous avons procédé dans les deux premiers chapitres, à la construction d'un cadre théorique de notre recherche. Cette partie nous a permis de construire un modèle de programmation linéaire et de délimiter notre champ de recherche et notre problématique, autour du quel nous avons construit la partie pratique de notre travail dans le troisième chapitre.

Après avoir eu les données relatives à notre sujet, nous avons élaboré les programmes, puis nous avons résolu ces programmes, ensuite nous avons effectué une analyse des résultats de nos programmes en fonction de la problématique qui a été posé et les hypothèses qui ont été formulées.

Par ailleurs, l'étude que nous avons menée et les lectures et analyses apportées aux résultats des deux programmes, nous a permis de mettre en valeur l'usage de l'outil de la programmation linéaire dans la planification de la production par le biais de la minimisation du coût de revient; dans le but d'améliorer la performance et la compétitivité de l'entreprise en question, et de répondre aux exigences d'un environnement de plus en plus complexe. De ce fait, il est primordial de penser à l'adoption de l'outil de la programmation linéaire dans le processus de planification de la production.

Un programme linéaire est un modèle mathématique qui est utilisé dans la prise de décision quand le décideur a affaire à un problème d'optimisation. Un modèle mathématique a pour but de représenter la réalité, ainsi un manager utilisera un modèle mathématique pour déterminer la fonction de la production de son entreprise. Donc, il est important que le modèle qui ne traduit pas la réalité puisse être à l'origine de prise de décisions incorrectes qui aboutissent à des résultats erronés. Ainsi la construction d'un modèle réel nécessite l'utilisation de données et informations non

seulement fiables mais aussi complètes sur tous les aspects de l'activité économique de l'entreprise.

Dans le cadre de l'étude du cas pratique, il n'a pas été possible d'identifier toutes les contraintes auxquelles une entreprise est confrontée; pour la bonne raison que les données quantitatives sont très confidentielles et difficile à les communiquer dans les entreprises, et on a constaté cette réalité sur le terrain lors de notre stage effectué au sein de l'entreprise Alcost qui constitue notre champ de recherche.

L'objectif principal était de montrer comment, en utilisant la programmation linéaire, on peut élaborer un plan optimal de production. Nous avons défini une fonction économique de l'entreprise Alcost à partir de ses données statistiques (la production de l'entreprise Alcost). Et les contraintes que nous avons pu identifier et quantifier concernent, les parts de marché, la main-d'œuvre disponible en heures de travail, les heures de machines disponibles, la disponibilité des matières premières qui rentre dans la production des différents produits de l'entreprise, le budget prévisionnel de fabrication, ainsi que le budget prévisionnel du coût de revient pour la production prévue.

Grâce au logiciel «Storm», nous avons dégagé des résultats à partir desquels nous avons effectué une comparaison avec les données enregistrées au sein de l'entreprise. Cette analyse va fournir aux responsables de l'entreprise Alcost des diagnostics qui vont les inciter à recourir à l'outil de la programmation linéaire de plus en plus dans la planification de leur production. À l'aide des exemples, nous avons donné une description de l'impact sur la solution optimale lorsqu'un changement est apporté aux ressources limitées de l'entreprise.

Certes, la programmation linéaire rend des services aux responsables en générant des stratégies optimales pour un ensemble donné de paramètres. Elle est adaptée pour exploiter des problèmes avec des multiples contraintes en fournissant une technique qui conduit à une solution optimale, au sens des mathématiques, pour un ensemble donné de conditions. Cependant, les scénarios développés précédemment montrent qu'un aléa de production peut faire diverger l'optimum et ainsi changer la stratégie optimale. À une date donnée, l'entreprise oriente sa stratégie vers l'optimum, met en œuvre des actions lourdes (un investissement par exemple), le lendemain, les conditions sont différentes et les actions sont tout autre.

La variabilité des paramètres du modèle dans un environnement turbulent, nous amène à faire recours à une analyse de sensibilité de ses paramètres, qui porte elle aussi des lacunes, tel que l'application de cette analyse prend en considération la variabilité d'un seul paramètre (variables de base, les coefficients de la fonction objectif, les valeurs du second membre, les coefficients technologiques et le nombre de contrainte). Or, la réalité nous impose des variations de plus d'un seul paramètre en même temps.

L'outil d'aide à la décision doit donner une réponse qui sera la meilleure réponse possible pour plusieurs ensembles de conditions. Le programme ne sera pas alors optimisé au sens des mathématiques mais variera peu lors d'une modification des paramètres. Les plans d'expériences sont l'outil traditionnel pour établir la robustesse de la réponse d'un système (c'est-à-dire réduire la variabilité des réponses). L'utilisation des plans d'expériences offre la possibilité d'explorer, avec un nombre restreint d'essais, les stratégies moyennes qui optimisent les programmes tout en limitant leur variabilité. « Les modèles utilisant la programmation linéaire établissent une stratégie optimale non robuste face aux changements fréquents dans les paramètres d'élaboration. D'autres outils mathématiques ainsi que les plans d'expériences sont intéressants pour réaliser un compromis moyen robuste¹²³».

L'outil de la programmation linéaire, porte des limites qu'on cite :

Premièrement, les limites liées à la nature de l'outil lui-même :

Parmi les limites que porte l'outil de la programmation linéaire, on cite les limites de l'hypothèse de linéarité.

L'hypothèse de proportionnalité, telle qu'elle suppose des rendements d'échelle qui sont constants, cependant, la réalité et les économistes parlent des rendements d'échelles décroissant sous l'effet de grande quantité produite, la lassitude des ouvriers et les remis faites sur les grandes quantités, etc. Et des rendements d'échelle croissant sous l'effet des remises accordée par les fournisseurs sur les prix d'achat des grandes quantités, l'effet d'expérience, etc. Encore, la deuxième hypothèse portée sur l'additivité qui stipule que la somme des parties est égale au totale, qui a été critiqué fortement par l'approche systémique, qui inclut l'effet de synergie, qui fera que la somme des parties est toujours supérieure au total. Et même une critique adressé à l'hypothèse de divisibilité telle que la résolution est dans \mathbb{R} (nombre réel), cependant, certains problèmes sont résolus que dans \mathbb{N} (nombre naturel).

¹²³GENIN Patrick, LAMOURI Samir et THOMAS André, utilisation de la programmation linéaire dans l'optimisation du plan industriel et commercial apports et limites, 3^e conférence francophone de modélisation et simulation « conception, analyse et gestion des systèmes industriels » mosim'01-du 25au 27 avril 2001- Troyes (France), P1.

Aussi la difficulté de la définition de la fonction objectif s'ajoute aux limites de l'application de la programmation linéaire en gestion, tel que, le plus souvent, la solution donnée par la programmation linéaire n'est réellement pas applicable soit par ce qu'une contrainte technique a été oubliée, ou bien par ce que les résultats ne traduisent pas les aspirations des décideurs. Dans beaucoup de cas le décideur doit faire un choix entre deux solutions dont l'une correspond à une maximisation dans le court terme, et l'autre correspond à la recherche d'un avantage dans le long terme¹²⁴.

Tel que, l'outil de la programmation linéaire qui est un outil monocritère, c'est-à-dire il se soucie que d'un seul objectif qu'on essaye d'optimiser on ignorant complètement les autres critères (objectifs). Exemple : minimiser le coût sans prendre en considération le licenciement des travailleurs, les charges de stockage, etc.

Une autre limite de l'outil de la programmation linéaire est adressée à la nature de l'outil, tel que, le modèle de la programmation linéaire s'appuie sur la rationalité parfaite critiquée fortement par le courant de la rationalité limitée, tel que, l'individu ne cherche pas l'optimisation mais la satisfaction, suivant le modèle bien connu et pour les raisons de complexité et d'incertitude du monde ainsi que des limites des capacités individuelles développées par H-A. Simon (1965)¹²⁵. En effet, les possibilités physiques et intellectuelles des individus résultent en l'incapacité de l'esprit humain à faire porter sur une seule décision tous les aspects des valeurs, connaissances et comportements qui seraient susceptibles de l'influencer. Par ailleurs, la connaissance complète de toutes les branches d'alternative ouvertes avec les actions et comportements possibles est le plus souvent très difficile, sinon impossible. Ainsi que la connaissance des situations complexes est presque toujours fragmentaire et incomplète.

Deuxièmement, les limites liées aux utilisateurs :

Autres limites s'ajoutent à l'utilisation de la programmation linéaire en gestion, on cite :

La première objection mise en avant contre l'utilisation des programmes linéaires pour la gestion, est le fait que cette méthode exige des utilisateurs une culture mathématique qu'ils n'ont pas en général, cette objection résulte très probablement d'un malentendu,

¹²⁴ BOUSSARD Jean-marc, programmation mathématique et théorie de la production agricole, édition cujus, Paris 1970, P93-98.

¹²⁵ CHANUT Véronique, GUIBERT Nathalie, ROJOT Jacques, DUBOIS Pierre-Louis, «Les limites de la rationalité limitée ? Un essai de réflexion en sciences de gestion.», P 97-117.

lié au fait que les ouvrages qui traitent de la programmation linéaire insistent plus sur la théorie mathématique. Or, la réalité montre que la modélisation d'un programme linéaire ne demande qu'un peu de bon sens et beaucoup d'ordre; même si la connaissance des procédés d'optimisation de la fonction économique suppose des connaissances étendues en mathématiques.

Un autre problème de l'utilisation de la programmation linéaire en gestion est celui du coût de l'utilisation de la programmation linéaire qui est double. Tel qu'il y a d'abord celui de la collecte des données, puis celui des calculs proprement dits. La programmation linéaire exige de nombreuses données et dont certaines, sont souvent, mal définies, on cherche souvent par exemple des consommations unitaires que les responsables avancent des chiffres qu'ils ne connaissent que très approximativement, il faut donc faire appel à des références exactes ce qui est souvent très coûteux. Or la nature de la programmation linéaire qui comporte plusieurs centaines ou même plusieurs milliers de coefficients, il est raisonnable d'espérer une certaine compensation des erreurs par le jeu de la loi des grands nombres. Ainsi, le calcul électronique et la mise en œuvre de la méthode font entraîner des charges même c'est il est beaucoup baissé ces dernières années avec l'apparition des logiciels informatiques.

Et une autre contrainte s'ajoute à la difficulté d'appliquer l'outil de la programmation linéaire au sein des entreprises algériennes, voir la disponibilité et la communication des données.

Globalement, les résultats confirment l'hypothèse sur le comportement des coûts fixes unitaires et des coûts variables dans l'optimisation du coût de revient. Ces résultats constituent une base de comparaison, permettant à l'unité en question de comparer sa situation réelle à l'optimum du modèle pour les paramètres suivants: le coût de revient, les quantités de production, le coût fixe unitaire et les ressources utilisées. Ce qui nous laisse dire que les techniques de la programmation linéaire permettent à l'entreprise de planifier ses ressources à partir de l'optimisation de son coût de revient et à la prise de décision rationnelle.

Les limites de notre travail et les perspectives:

En guise de recommandations, les apports précédents doivent être appréciés en tenant compte des limites de la présente étude. On trouve parmi ces limites, l'information comptable pertinente à la décision qui est très limitée dans cette entreprise.

Les données comptables sont différentes d'un service à un autre. De ce fait, la base des données consultée était recalculée et collectée dans les services concernés: comptabilité générale et programmation.

Dans le but de constituer une base d'information fiable, l'unité doit disposer d'un système de comptabilité analytique et de recourir aux différents outils de gestion avant la prise de décision. Donc, les dirigeants de l'entreprise devraient s'éloigner du hasard par le biais de l'analyse opérationnelle et prendre des décisions à la base des résultats quantifiables obtenus en utilisant des techniques scientifiques, pour aboutir à des décisions rationnelles. Et cela, se fera par la réorganisation de l'entreprise et la formation de certains cadres en techniques quantitatives notamment la comptabilité analytique et la recherche opérationnelle.

De plus, la décision à prendre ne doit pas être envisagée uniquement sous l'angle financier mais aussi stratégique, commercial, humain, etc. Tel que le recours à un sous-traitant permet peut-être de réaliser des économies et de gagner en flexibilité, mais est-il en mesure de garantir la qualité et les délais exigés ? Ainsi que la fermeture d'une ligne de production permet peut-être de réaliser des économies, mais les licenciements ne seront sans doute pas dénués de conséquences (risque de boycott, etc.), en plus un produit peut présenter une mauvaise rentabilité mais avoir un intérêt stratégique : produit en phase de lancement par exemple; par contre, une commande acceptée à un prix réduit peut être rentable financièrement mais désastreuse commercialement (image de marque, réaction des clients habituels, etc).

La logique financière de la performance étant remise en cause, le débat sur la performance invite les entreprises à compléter les critères de gestion exclusivement financiers et économiques par des mesures décrivant d'autres aspects de leur fonctionnement. C'est dans ce contexte, que le débat sur la performance s'enrichit, notamment, avec l'apparition des notions telles que la responsabilité sociétale, les parties prenantes, etc.

Notre recherche bibliographique nous laisse percevoir que d'autres outils mathématiques peuvent être intéressants à tester pour réaliser ces scénarios. Tel qu'on cite : la programmation dynamique non linéaire et linéaire paramétrée, ou les règles de décisions linéaires ou de recherche décisionnelle.

Nous espérons avoir contribué à vulgariser certaines de ces techniques même si nous sommes conscients que de futures recherches dans ce domaine sont nécessaires pour mieux appréhender la complexité de l'entreprise productive et les multitudes des techniques quantitatives.

Bibliographie

Bibliographie

Ouvrage :

1. ANTOINE Joseph, CORNIL jean-paul, Lexique thématique de la comptabilité, dictionnaire spécialisé explicatif 7^e édition revue, augmentée et mise à jour avec la collaboration de Stéphane mercier, Belgique 2002, 467 pages.
2. BAILLARGEON Gérald, programmation linéaire appliqué, outils d'optimisation et d'aide à la décision, copyright © 1996, édition SMG, 434 pages.
3. BAIR Jacques, algèbre linéaire, pour l'économie et les sciences sociales, deuxième édition, édition De Boeck, Bruxelles 1994, 187 pages.
4. BARRE.R, LORY.R, RICHEZ.M, comptabilité analytique d'exploitation, édition ISTRRA, Paris 1980, 144 pages.
5. BASTIN Fabian, modèle de recherche opérationnelle, édition viaduc de Millau, France 2006, 107 pages.
6. BENGHEZAL Amour Farouk, programmation linéaire, revues et augmentée, édition de l'office des publications universitaire, 2^{eme} édition, Alger 2006 389 pages.
7. BOUGHABA Abdellah, comptabilité analytique d'exploitation, méthodes d'analyse des charges, les coûts complets historiques, Tome I, BERTI Editions, Alger, 1991, 270 pages.
8. BOUGHABA Abdellah, comptabilité analytique d'exploitation, analyse de variabilité, les coûts partiels, les coûts préétablis, Tome II, BERTI Editions, Alger 1991, 118 pages.
9. BOUQUIN Henri, comptabilité de gestion, édition economica, Paris, 2000, 303 pages.
10. Boussard Jean-marc, programmation mathématique et théorie de la production agricole, éditions cujus, paris 1970, 251 pages.
11. BRAULT Réjean, GIGUERE Pierre, coût de revient, édition les presses de l'université Laval, Québec 1997, 249 pages.
12. COLLETTE.Yann, SIARRY.Patrick, multiobjective optimization, principes and case studies series editor, publication due august, France 2003, 293 pages.
13. CONSO Pierre, HEMICI Farouk, l'entreprise en 20 leçons, stratégie. Gestion. Fonctionnement, 3^e édition, édition Dunod, Paris, 2003, 458 pages.

14. DANTZIG George. B, THAPA Mukund. N, Linear Programming, Introduction, Springer-Verlag New York, LLC January 1997, 435 pages.
15. DE RONGE Yves, CERRADA Karine, contrôle de gestion, 3^{ème} édition, édition Pearson, France 2012, 288 pages.
16. DODGE Yadolah, optimisation appliquée, springer-verlag France 2005, 332 pages.
17. DUBRULLE Louis, JOURDAIN Didier, comptabilité analytique de gestion, nouveaux cas et exercices corrigés, 5^{ème} édition, édition Dunod, Paris, 2007, 524 pages.
18. DUPUY Yves, TRAVAILLE Denis, les bases de la comptabilité analytique de gestion, éditions Economica, paris 2003, 157 pages.
19. GOUJET. C, RAULET.C, RAULET. C, comptabilité analytique et contrôle de gestion, Tome1, calcul des coûts complets, Analyse des coûts et des marges, 4^{ème} édition, Dunod, Paris 2001, 198 pages.
20. GUERE Christian, PRINS Christelle, SEVAUX Marc, programmation linéaire, 65 problèmes d'optimisation modélisés et résolus avec visual xpress, édition Eyrolles, Paris, 2^{ème} tirage 2003, 364 pages.
21. GUERRA Fabienne, DE HAAN Eddie, comptabilité 2, les règles d'évaluation et PCMN, 4^{ème} édition, édition De Boeck université, paris 1998, 523 pages.
22. GUY-Patrick mafouta-bantsimba, mathématiques pour l'économie, méthodes et exercices corrigés, édition de boeckp, Paris 2005, 297 pages.
23. HACHEZ Emmanuel, calcul du prix de revient, éditions des CCI SA, Belgique 2006, 236 pages.
24. HEMICI Farouk, BOUNAB Mira, technique de gestion, rappels de cours cas d'application, 2^{ème} édition, édition Dunod, Paris 2007, 252 pages.
25. HILLIER S Frederick, LIEBERMAN Gerald J, seventh édition, Introduction to operation research, édition édition Library of Congress cataloging-in-Publication Data, New York 2001, 1214 pages.
26. JACQUOT Thierry, MILKOFF Richard, comptabilité de gestion, analyse et maîtrise des coûts, édition DPEF, France 2007, P 129.
27. LAGREZE-Eric jacquet, programmation linéaire, modélisation et mise en œuvre informatique, édition economica, Paris, 1998, 112pages.

28. LECLERE Didier, l'essentiel de la comptabilité analytique, troisième édition, groupe Eyrolles, France : juin 2002, 194 pages.
29. LECLERE Didier, l'essentiel de la comptabilité analytique, analyser les coûts pour bien décider, 4^e édition, groupe Eyrolles, Paris 1997, 199 pages.
30. LOCHARD Jean, la comptabilité analytique ou comptabilité de responsabilité, éditions d'organisation, Paris 1998, 144 pages.
31. LUENBERGER David G., YE Yinyu, Linear and Nonlinear Programming, springer, therd édition, Business Media, New York 2008, 546pages.
32. MELLOULI. K, EL KAMEL.A, BORNE.P, Programmation linéaire et applications, édition Technip, paris 2004, 121 pages.
33. MELYON Gérard, comptabilité analytique, 3^e édition, édition Bréal, paris 2004, 285 pages.
34. MOISDON Jean-claude, NEKHLA Michel, recherche opérationnelle, Méthode d'optimisation en gestion, édition cedex, Paris 2010, 347 pages.
35. NEDZELA Michel, Introduction à la science de gestion, méthodes déterministes en recherche opérationnelle, 2^{eme} édition, presses de l'université du Québec, Canada 1984. 415pages.
36. PIGET Patrick, CHA Gilbert, comptabilité analytique, 2^{eme} édition, édition Economica, Paris 1998, 300 pages.
37. PIGET Patrick, CHA Gilbert, comptabilité analytique, 4^{eme} édition, édition ECONOMICA Paris 2003, 320 pages.
38. RIVELINE Claude, évaluation des coûts, éléments d'une théorie de la gestion, édition école des mines de paris 2005, 147 pages.
39. ROSENBERG Claude, analyse des coûts rentabilité et productivité, 2^{eme} édition, entreprise moderne d'édition, paris 1985, 206 pages.
40. RUPPLI Rémi, programmation linéaire, idée et méthodes, édition ellipses, France 2005, 384 pages.
41. SAADA.T, BURLAUD.A, SIMON.C, comptabilité analytique et contrôle de gestion, 3^{eme} édition, édition VUIBERT, Paris 2005, 201pages.
42. SONIK Bruno. H, la programmation linéaire dans la gestion de l'entreprise, édition Bordas, Paris, 1975, 117 pages.
43. TRAHAND Jacques, MORARD Bernard et CARGNELLO-CHARLES Emmanuelle; Comptabilité de gestion, Coût, Activité, répartition, études de cas, édition de presses universitaires de Grenoble, 2000, 231 pages.

44. ZAK Stanslaw H, CHONG K P Edwin, an introduction to optimisation, forth editions, copyright © 2013 by john wiley & sons, USA, 622 pages.

Articles et Revues:

1. BRUNO Simon, la valorisation des sorties de stock, université de liège année académique 2002-2003, 22 pages.
2. DE RONGE Yves, CERRADA Karine, chapitre 1 concepts fondamentaux des systèmes de calcul des coûts, édition Pearson, France, 27 pages.
3. DEWOLF Daniel, Théorie et pratique de l'optimisation, Villeneuve d'Ascq, Octobre 2002, Pages113.
4. DEWOLF Daniel, recherche opérationnelle, Université du Littoral Côte d'Opale, Master 2 en sciences économiques et de gestion, édition Dunkerque, Septembre 2006, 100 pages.
5. DUCREAU Florence, BOUTRY. Michel, charges variables et charges fixes, université Nancy 2, 3 pages.
6. ENGEL.F, KLETZ.F, cours de comptabilité analytique, école des mines de Paris, mars 2005, 60 pages.
7. FALL H. Gabow, 2007, linear programing unit : overview cscisg 54, 220 pages.
8. FORTZ Bernard, Recherche opérationnelle et applications, 2012-2013, 53 pages.
9. FREDET Anne, recherche opérationnelle : programmation linéaire à plusieurs variables (simplexe), 18 pages.
10. GENIN Patrick, LAMOURI Samir et THOMAS André, utilisation de la programmation linéaire dans l'optimisation du plan industriel et commercial apports et limites, 3^e conférence francophone de modélisation et simulation « conception, analyse et gestion des systèmes industriels » mosim'01-du 25 au 27 avril 2001- Troyes (France), 7 Pages.
11. HECHE Jean-Francois, Recherche Opérationnelle I & II Post optimisation et analyse de sensibilité Institut de Mathématiques Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, 17 pages.
12. IDELHAKKAR Brahim, comptabilité analytique cour et exercices corrigés, plus de 40 exercices et étude de cas commentés et corrigés, éditions 2009, 383 pages.
13. JAVET Jean-Philippe, Programmation linéaire, 2^{eme} option spécifique, 71 pages.

14. JELLOULI Sana, Comptabilité Analytique de gestion 2^{ème} E-Com & E-Serv chapitre 2 : L'évaluation des stocks, ESCE-Manouba 2007 -2008, 5 pages.
15. LE GALLO Laurence, 1^{ère} année DUT GEA, 2005/2006, analyse des coûts, 15 pages.
16. MOREL. P, recherche opérationnelle, programmation linéaire, 56 pages.
17. MTETWA David k.j, programmation linéaire, African Virtual university, ce document est publié sous une licence creative commons, 84 pages.
18. TANNOUS Jean, le lissage des couts par la méthode de l'imputation rationnelle des charges fixes à travers la méthode abc, 10 pages.
19. VERONIQUE Chanut, NATHALIE Guibert, ROJOT Jacques, DUBOIS Pierre-Louis, «les limites de la rationalité limitée ? Un essai de réflexion en sciences de gestion. », pages 97-117.
20. YE Yinyu, progress in linear proگرامing : interior-point algorithms, march 1994, 21 pages.

Support du cours:

1. ALLALI Karam, recherche opérationnelle, introduction à la méthode du simplexe, fige 2009-2010, 29 pages.
2. CHABI Tayeb, Cours de recherche opérationnelle 3^{ème} année management, 2009-2010, 36 pages.
3. DERBALA Ali, Cours de programmation linéaire, Cours 02 : Problème général de la programmation linéaire, pages 15-26.
4. MONTASSAR Hadj Ayech, Cours recherche opérationnelle, chapitre 5 : la programmation linéaire, 25 pages.

Annexes

Annexe N°01 : La distinction des coûts fixes et les coûts variables de l'ensemble des charges d'exploitation de l'entreprise Alcost.

Compte	Libelle compte	Solde balance	La source de la charge (consommation de la charge)	Charges fixes	Charges variables
607000	Eau consommée	929 083,99	Pour la production et pour autres services	929 083,99	
607001	Energies Gaz et Electricité	5 223 285,19	Un seul compteur pour la production ainsi que pour l'administration		5 223 285,19
607	Total C/ 607	6 152 369,18		929 083,99	5 223 285,19
610111	Services extérieurs Intra-Groupe	534 288,00	Tel que par exemple la broderie à l'extérieur.		534 288,00
611000	Sous-traitances générales	10 581 008,12	Exemples: analyse du tissu, tinte du tissu, etc.		10 581 008,12
613200	Locations immobilières	43 300,00	Exemple : les frais de la foire	43 300,00	
613500	Locations mobilières	27 087,35	Exemple : les frais de la boite postale	27 087,35	
614200	Droits de stationnement et parking	1 910,00	Les frais du stationnement et le parking des véhicules de production et celle d'administration	1 910,00	
615200	Entretiens et réparations sur biens immobiliers	1 107 991,84	Les frais d'entretien de l'entreprise Alcost (peinture, jardin, etc.)	1 107 991,84	
615600	Maintenances	620 495,04	Pour la production et pour autres services.		620 495,04
616100	Assurances catastrophe naturelle	520 647,29	Les frais d'assurance catastrophe naturelle telle que le bâtiment et le patrimoine de l'entreprise (le montant de la charge est déterminé selon un barème établi par la société d'assurance et qui se diffère d'une année à une autre).	520 647,29	
616200	Assurances incendie	1 455 954,80	Les frais d'assurance incendie (le montant de la charge est déterminé selon un barème établi par la société d'assurance et qui se diffère d'une année à une autre).	1 455 954,80	
616300	Assurances matérielles de transports	262 024,87	Les frais d'assurance du matériel de transports (le montant de la charge est inversement proportionnel à la nouveauté du véhicule).	262 024,87	
616400	Assurance vol marchandises	12 150,00	Les frais d'assurances vol marchandises (le montant de la charge est déterminé selon un barème établi par la société d'assurance et qui se diffère d'une année à une autre).	12 150,00	
616500	Assurances responsabilité civile	283 511,30	Les frais d'assurance responsabilité civile. qui est établi selon des critères.	283 511,30	

616800	Autres Assurance	59 098,42	Tel que : assurance voyage qui est établie selon des critères.	59 098,42	
618200	Documentations technique	100 000,00	Tel que les livres, code des marché,,etc,	100 000,00	
618210	Abonnements journaux officiels	17 200,00	Tel que le journal officiel de l'année 2014	17 200,00	
618220	Abonnements journaux quotidiens	17 865,00	Abonnements journaux quotidiens pour le PDG	17 865,00	
618300	Frais de colloques, séminaires et conférences	439 680,00	Exemple : l'agence pro-emploi.	439 680,00	
618400	Frais de tirage et impressions	476,00	Concernent l'administration.	476,00	
619000	Rabais, remis, ristournes obtenues sur services extérieurs	143 219,85	Des services réalisés pour l'entreprise Alcost par d'autres entreprises concernant la production telle que par exemple: broderie, analyse tissu...etc.		143 219,85
61	Total C/ 61	15 941 468,18		4348 896,87	11 592 571,31
622400	Honoraires	958 600,00	Honoraires de experts,,etc,	958 600,00	
622410	Honoraires CAC	571 370,00	Honoraires du commissaire aux comptes.	571 370,00	
622500	Frais d'actes et de contentieux	96 017,00	Frais de litige et avocat.	96 017,00	
622700	Redevances	507 210,00	Prestataires service, environnement,	507 210,00	
622800	Autres Rémunérations d'intermédiaires et honoraires	1 500 000,00	Exemple: paiement d'un intermédiaire pour l'installation d'un logiciel.	1 500 000,00	
622	Total C/622	3 633 197,00		3 633 197,00	
623100	Annonces et insertions	1 420 550,00	Publier panneaux publicitaires, chambre de commerce.	1 420 550,00	
623300	Foires et expositions	319 360,00	Charges de foires et expositions.	319 360,00	
623310	Foires nationales	233 656,00	Les charges des foires en Algérie.	233 656,00	
623320	Foires internationales	304 060,00	Les charges des foires à l'étranger.	304 060,00	
623400	Cadeaux a la clientèle	514 084,57	Des cadeaux à la clientèle désignée selon les contrats.		514 084,57
623600	Catalogues et imprimés	42 240,00	Pour le marketing de l'entreprise	42 240,00	
623700	Publications	21 200,00	Publications dans les journaux et les panneaux de publication.	21 200,00	
623	Total C/623	2 855 150,57		2 341 066,00	514 084,57
624100	Transports du personnel	5 000,00	Les frais de missions pour les personnels de production et celui de l'administration.	5 000,00	
624600	Transports sur achats	410 500,00	Achat matières premières pour la production.		410 500,00

624700	Transports sur ventes	658 128,21	Les frais de la livraison.		658 128,21
624800	Autres transports	128 205,12	Déplacements vers les fournisseurs, location de véhicule, frais de mission des chauffeurs...etc.	128 205,12	
625110	Voyages et déplacements en algerie	2 539 908,00	Pour tout le personnel de l'entreprise	2 539 908,00	
625130	Frais de visas	25 100,00	Les charges de visa pou le déplacement à l'étranger.	25 100,00	
625200	Déplacements frais de séjours	42 550,00	Pour tout le personnel de l'entreprise	42 550,00	
625210	Déplacements frais de séjours en Algérie	1 344 009,00	Pour tout le personnel de l'entreprise	1344 009,00	
625220	Déplacements frais de séjours à l'étranger	950 606,80	Pour tout le personnel de l'entreprise	950 606,80	
625400	Frais de Réceptions d'hébergement	5 652 029,15	Pour les délégations venant à l'entreprise Alcost (responsables du groupe, clients...etc).	5652 029,15	
625500	Frais de Réceptions de restauration	4 968 832,17	Pour les délégations venant à l'entreprise Alcost (responsables du groupe, clients...etc).	4968 832,17	
625800	Réceptions - Hébergements, autres frais	1 356 314,94	Pour les délégations venant à l'entreprise Alcost (responsables du groupe, clients...etc) et cadeau de fin d'année par exemple.	1356 314,94	
626200	Frais de télécommunications	1 274 982,62	Frais de téléphone.	1274 982,62	
626300	Affranchissements	25 830,95	L'affranchissement des lettres au niveau de la poste pour envoyer un courrier.	25 830,95	
626400	Internet	314 035,93	Paiement des charges de connexion	314 035,93	
626500	Timbres postaux	3 560,00	Pour l'administration	3 560,00	
626800	Autres Frais postaux et des télécommunications	66 414,00	Courrier.	66 414,00	
627200	Commissions et frais sur émission d'emprunts	476 051,52	Pour l'achat de matières premières pour la production.		476 051,52
627300	Commissions bancaires sur lettre de crédit	1 673 884,07	Lettre de crédit pour l'importation de matières premières.		1 673 884,07
627400	Frais de chèques, virements, effets	252 629,88	Des frais bancaires.		252 629,88
627800	Autre frais et commissions sur prestations de services	4 672 833,98	Commission de caution		4 672 833,98

628400	Frais de recrutement de personnel	131 600,00	Paiement des intermédiaires privé pour le recrutement de personnel de production (34%) et ceux d'administration (66%).	86 856,00	44 744,00
624+625+626+627+628	Total C/624+C/625+C/626+C/627+C/628	26 973 006,34		18 784 234,68	8 188 771,66
62	Total C/62-C/623	27 751 052,77		20076 365,68	7 674 687,09
631000	Traitements et salaires	73 864 776	Pour le personnel de production et ceux d'administration	32 488 203,18	41 376 572,82
631050	Partie variable	692 400,00	Pour le personnel de production et ceux d'administration	692 400,00	
631100	Heures supplémentaires	147 913,55	Pour le personnel de production et ceux d'administration	79 590,90	68 322,65
631210	Indemnité d'expérience professionnelle IEP	8 821 789,82	Pour le personnel de production et ceux d'administration	3747746,99	5 074 042,83
631220	Indemnité travail poste ITP	884 061,67	Pour le personnel de sécurité.	884 061,67	0
631230	Indemnité forfait. service IFSP	1 118 701,11	Pour le personnel d'administration	1 118 701,11	0
631240	Prime de nuisance	13 627 703,42	Pour le personnel de production et ceux d'administration	3 166 618,58	10 461 084,84
631250	Indemnité pécule départ à la retraite	20 622 661,55	Pour le personnel de production et ceux d'administration	10472 779,70	10 149 881,85
631280	Autres primes indemnités (cotisables)	3 227 121,42	Pour le personnel de production et ceux d'administration	1 458 689,81	1 768 431,61
631300	Congé payé	1 038 089,61	Pour le personnel de production et ceux d'administration	463 693,06	574 396,55
631411	Indemnités différent revenu IDR	9 866 625,79	Pour le personnel de production et ceux d'administration	2 434 812,34	7 431 813,45
631412	Indemnité de transport	7 803 052,59	Pour le personnel de production et ceux d'administration	2 639 928,79	5 163 123,80
631413	I.F.A.V	438 206,50	Pour le personnel de production et ceux d'administration	219 103,25	219 103,25
631414	Primes de panier	30 836 336,15	Pour le personnel de production et ceux d'administration	11 561 309,96	19 275 026,19
631418	Autres primes & indemnités imposables	128 071,42	Pour le personnel de production et ceux d'administration	64 035,71	64 035,71
631422	Indemnités salaire unique	1 805 400,00	Pour le personnel de production et ceux d'administration	1 798 243,00	7 157,00
631423	Bonifications Anciens moudjahidines et ayant droit personnel permanent	17 401 941,03	Pour le personnel de production et ceux d'administration	14 462 938,34	2 939 002,69

631428	Autres primes & indemnité non imposable & non cotisable	135 608,22	Pour le personnel de production et ceux d'administration	116 808,22	18 800,00
631430	Allocations familiales employeurs	236 250,00	Pour le personnel de production et ceux d'administration	143 850,00	92400,00
631540	Tenue de travail	1 822 641,22	Pour le personnel de production et ceux d'administration	911 320,61	911 320,61
631561	Frais de formation (ALGERIE)	1 626 867,74	Pour le personnel de production et ceux d'administration tel qu'on a 7,92% réservé pour l'administration et 92,08 pour les personnels de production	129 000,00	1 497 867,74
631580	Fonds social (part patronale)	3 982 105,91	Pour le personnel de production et ceux d'administration	1 811 913,13	2 170 192,78
635010	Accidents de travail	38 415 051,69	Pour le personnel de production et ceux d'administration	15 314 782,72	23 100 268,97
637600	Médecine de travail	135 360,20	Frais de service de santé	67 680,10	67 680,10
638500	Téléphone	182 000,00	Frais de téléphone.	182 000,00	
63	Total C/63	238 860 736.61	(Le compte 63 est analysé en charges variables et charges fixes en exploitant les masses salariales de chaque département et le grand livre général).	106430211.17	132 430 525,44
642100	TAP	15 981 179,20	La taxe sur l'activité professionnelle (TAP sur la vente en gros=CAHT*70%*2%, TAP sur la vente en détail=CAHT*100%*2%).		15 981 179,20
642200	TVA non récupérable	21 604,86	TVA non récupérable concernant les véhicules touristiques, elle est de l'ordre de 17%.	21 604,86	
642400	Droit de timbre et d'enregistrement	111 203,51	Exemple: l'enregistrement a la chambre de commerce.	111 203,51	
645400	Vignettes automobiles	37 000,00	Pour l'ensemble de véhicule de l'entreprise	37 000,00	
645410	Taxe sur achat véhicule neuf	180 000,00	Pour la production et pour l'administration	180 000,00	
645600	Taxes écologiques	80 000,00	C'est une taxe déterminée par les communes, elle est fixe par secteur d'activité et elle est de l'ordre de 80 000.00 par an.	80 000,00	
645700	Droits d'enregistrement	0,00	L'enregistrement aux contributions, timbre,,etc,	0,00	
645800	Autres impôts et taxes	7 182,77	Exemple: taxe communale et taxe de séjour.	7 182,77	
64	Total C/ 64	16 418 170,34		436 991,14	15 981 179,20
653000	Jetons de présence	174 166,65	Prime pour les patrons des autres entreprises qui participent aux réunions dans l'entreprise Alcost,	174 166,65	
653	Total C/653	174 166,65		174 166,65	

658000	Autres charges de gestion courante	502 573,50	Exemple: paiement d'un salaire de l'ouvrier après un litige (attaque en justice).	502 573,50	
658	Total C/658	502 573,50		502 573,50	
661500	Intérêts des comptes courants et des dépôts créditeurs	7 500,00	Charges bancaire		7 500,00
666000	Pertes de change	16 298,15	Dans le marché de la devise.		16 298,15
66	Total C/66	23 798,15			23 798,15
695	Impôts exigibles sur le résultat ordinaire.	2 420 264.62			2 420 264.62
Total charges comptabilité analytique		308 244 600		132 898 289	175 346 311

Annexe N°02 : Le coût de revient de chaque produit et le coût de revient total de la production de l'entreprise Alcost.

	total	50 709,03	5 803,09	13 371,06	886,54
X11,1 (robe femme)	1 266,30	155,20	181,83	29,59	
X10,6 (bur nous)	1 466,54	0,00	55,34	20,89	
X10,5 (kimono hadji)	667,76	14,10	120,26	8,72	
X10,4 (dossard)	58,01	0,00	0,00	0,00	
X10,3 (galon manche)	0,00	18,00	2,16	0,00	
X10,2 (foulard)	83,33	19,83	0,00	0,00	
X10,1 (casquette homme)	0,00	0,00	0,00	0,00	
X9,11 (treillis satin)	1 691,26	59,26	498,16	13,89	
X9,10 (treillis ignifuge)	5 694,00	14,70	533,76	14,53	
X9,9 (gilet de sécurité)	509,76	0,00	91,49	16,73	
X9,8 (gilet ambulancier)	422,75	112,28	540,48	11,61	
X9,7 (gilet formateur)	420,00	48,33	105,63	11,61	
X9,6 (blouse blanche femme)	517,46	0,00	17,88	13,40	
X9,5 (tenue de sécurité)	1 593,40	0,00	197,22	7,28	
X9,4 (treillis "blouson-salopette)	1 660,50	0,00	158,38	15,11	
X9,3 (salopette homme)	1 166,41	0,00	90,96	18,07	
X9,2 (combinaison pilote)	5 459,90	0,00	1 000,79	11,61	
X9,1 (combinaison de travail)	1 249,12	0,00	81,00	16,65	
X8,2 (tailleur femme)	2 201,53	252,85	185,22	39,52	
X8,1 (ensemble fillette)	486,84	88,85	23,57	36,10	
X7,1 (jupe)	400,08	62,91	16,21	18,30	
X6,3 (blouson de sécurité)	734,40	0,00	22,19	13,16	
X6,2 (blouson réversible)	2 380,00	660,65	420,37	12,64	
X6,1 (blouson de travail)	1 138,72	284,58	371,93	42,42	
X5,3 (manteau enfant)	486,84	88,85	23,57	36,10	
X5,2 (manteau femme)	1 755,00	253,78	169,93	56,37	
X5,1 (manteau homme)	1 625,00	332,36	224,94	51,15	
X4,1 (parka homme)	1 468,57	592,77	213,66	24,00	
X3,3 (pantalon femme)	600,12	113,99	11,03	18,30	
X3,2 (pantalon homme "jacket's club saidal")	271,50	0,00	20,58	9,51	
X3,1 (pantalon homme "pantalon hadji")	439,81	4,48	50,55	8,34	
X2,4 (saharienne homme)	1 260,72	152,70	402,68	34,29	
X2,3 (surveste homme)	1 417,00	293,66	217,46	50,40	
X2,2 (veste femme)	1 105,00	217,07	154,52	51,61	
X2,1 (veste homme)	700,12	597,98	202,68	44,46	
X1,3 (costume femme)	3 049,63	436,41	4 693,93	43,33	
X1,2 (costumetenue hiver H "officier)	2 441,65	333,93	1 985,83	43,73	
X1,1 (costume homme)	2 820,00	593,57	284,87	43,12	
Charges	produits	tissu	fourniture, coupe	fourniture, atelier	emballage

coût des matières et fournitures	prestation	sérigraphie	frais de fabrication	coût de revient unitaire	quantité produite	coût de revient total
70 769,72					138 047	673 687 962,19
1 632,92			450,00	2 082,92	2,00	4 165,84
1 542,77			70,00	1 612,77	200,00	322 554,00
810,84			450,00	1 260,84	710,00	895 196,40
58,01			5,00	63,01	708,00	44 611,08
20,16			10,00	30,16	50,00	1 508,00
103,16			6,00	109,16	526,00	57 418,16
0,00			250,00	250,00	112,00	28 000,00
2 262,57			900,00	3 162,57	15 100,00	47 754 807,00
6 256,99			1 540,00	7 796,99	58 074,00	452 802 397,26
617,98		40,00	590,00	1 247,98	75,00	93 598,50
1 087,12		371,60	590,00	2 048,72	512,00	1 048 944,64
585,57		189,66	590,00	1 365,23	1 115,00	1 522 231,45
548,74			350,00	898,74	2 730,00	2 453 560,20
1 797,90			1 500,00	3 297,90	1 112,00	3 667 264,80
1 833,99		40,00	1 200,00	3 073,99	12,00	36 887,88
1 275,44		40,00	660,00	1 975,44	439,00	867 218,16
6 472,30			1 800,00	8 272,30	99,00	818 957,70
1 346,77		40,00	660,00	2 046,77	853,00	1 745 894,81
2 679,12			1 400,00	4 079,12	17,00	69 345,04
635,36			800,00	1 435,36	227,00	325 826,72
497,50			370,00	867,50	110,00	95 425,00
769,75		40,00	650,00	1 459,75	67,00	97 803,25
3 473,66		371,60	2 200,00	6 045,26	27,00	163 222,02
1 837,65			1 200,00	3 037,65	31 848,00	96 743 077,20
635,36			800,00	1 435,36	243,00	348 792,48
2 235,08			1 200,00	3 435,08	149,00	511 826,92
2 233,45			1 200,00	3 433,45	93,00	319 310,85
2 299,00			1 850,00	4 149,00	135,00	560 115,00
743,44			300,00	1 043,44	116,00	121 039,04
301,59			170,00	471,59	6 909,00	3 258 215,31
503,18			170,00	673,18	680,00	457 762,40
1 850,39			1 450,00	3 300,39	12 500,00	41 254 875,00
1 978,52			1 200,00	3 178,52	35,00	111 248,20
1 528,20			1 000,00	2 528,20	254,00	642 162,80
1 545,24			1 700,00	3 245,24	90,00	292 071,60
8 223,30			2 200,00	10 423,30	200,00	2 084 660,00
4 805,14			2 200,00	7 005,14	630,00	4 413 238,20
3 741,56			2 200,00	5 941,56	1 288,00	7 652 729,28

Annexe N°03 : La détermination du coût variable unitaire de chaque produit.

Charges	produits	total		35 881,00	200,11	15 468,52
		X11.1 (robe femme)	1 632,92	450	255,96	194
		X10.6 (burnous)	1 542,77	70	39,82	30,18
		X10.5 (kimono hadji)	810,84	450	255,96	194
		X10.4 (dossard)	58,01	5	2,84	2,16
		X10.3 (galon manche)	20,16	10	5,69	4,31
		X10.2 (foulard)	103,16	6	3,41	2,59
		X10.1 (casquette homme)	0	250	142,2	107,78
		X9.11 (treillis satin)	2 262,57	900	511,92	387,99
		X9.10 (treillis ignifuge)	6 256,99	1 540,00	875,95	663,89
		X9.9 (gilet de sécurité)	657,98	590	335,59	254,35
		X9.8 (gilet ambulancier)	1 458,72	590	335,59	254,35
		X9.7 (gilet formateur)	775,23	590	335,59	254,35
		X9.6 (blouse blanche femme)	548,74	350	199,08	150,89
		X9.5 (tenue de sécurité)	1 797,90	1 500,00	853,2	646,65
		X9.4 (treillis "blousson+salopette)	1 873,99	1 200,00	682,56	517,32
		X9.3 (salopette homme)	1 315,44	660	375,41	284,53
		X9.2 (combinaison pilote)	6 472,30	1 800,00	1 023,84	775,98
		X9.1 (combinaison de travail)	1 386,77	660	375,41	284,53
		X8.2 (tailleur femme)	2 679,12	1 400,00	796,32	603,54
X8.1 (ensemble fillette)	635,36	800	455,04	344,88		
X7.1 (jupe)	497,5	370	210,46	159,51		
X6.3 (blousson de sécurité)	809,75	650	369,72	280,22		
X6.2 (blousson réversible)	3 845,26	2 200,00	1 251,36	948,42		
X6.1 (blousson de travail)	1 837,65	1 200,00	682,56	517,32		
X5.3 (manteau enfant)	635,36	800	455,04	344,88		
X5.2 (manteau femme)	2 235,08	1 200,00	682,56	517,32		
X5.1 (manteau homme)	2 233,45	1 200,00	682,56	517,32		
X4.1 (parka homme)	2 299,00	1 850,00	1 052,28	797,54		
X3.3 (pantalon femme)	743,44	300	170,64	129,33		
X3.2 (pantalon homme "jacket's club saïdal")	301,59	170	96,7	73,29		
X3.1 (pantalon homme "pantalon hadji")	503,18	170	96,7	73,29		
X2.4 (saharienne homme)	1 850,39	1 450,00	824,76	625,1		
X2.3 (surveste homme)	1 978,52	1 200,00	682,56	517,32		
X2.2 (veste femme)	1 528,20	1 000,00	568,8	431,1		
X2.1 (veste homme)	1 545,24	1 700,00	966,96	732,87		
X1.3 (costume femme "vareuse+pantalon+jupe")	8 223,30	2 200,00	1 251,36	948,42		
X1.2 (costume tenue hiver H "officier supérieur")	4 805,14	2 200,00	1 251,36	948,42		
X1.1 (costume homme)	3 741,56	2 200,00	1 251,36	948,64		

	107 783,58		673 687 962,19	599 553 347,67	74 117 705,25
1 888,88	2 082,92	2	4 165,84	3 777,76	387,99
1 582,59	1 612,77	200	322 554,00	316 517,20	6 035,40
1 066,80	1 260,84	710	895 196,40	757 428,00	137 736,45
60,85	63,01	708	44 611,08	43 084,63	1 526,09
25,85	30,16	50	1 508,00	1 292,40	215,55
106,57	109,16	526	57 418,16	56 057,29	1 360,55
142,2	250	112	28 000,00	15 926,40	12 070,80
2 774,49	3 162,57	15 100,00	47 754 807,00	41 894 799,00	5 858 649,00
7 132,94	7 796,99	58 074,00	452 802 397,26	414 238 473,71	38 554 980,16
993,57	1 247,98	75	93 598,50	74 517,90	19 076,18
1 794,31	2 048,72	512	1 048 944,64	918 687,74	130 226,69
1 110,82	1 365,23	1 115,00	1 522 231,45	1 238 566,53	283 599,14
747,82	898,74	2 730,00	2 453 560,20	2 041 548,60	411 916,05
2 651,10	3 297,90	1 112,00	3 667 264,80	2 948 023,20	719 074,80
2 556,55	3 073,99	12	36 887,88	30 678,60	6 207,84
1 690,85	1 975,44	439	867 218,16	742 282,27	124 906,91
7 496,14	8 272,30	99	818 957,70	742 117,86	76 822,02
1 762,18	2 046,77	853	1 745 894,81	1 503 137,83	242 700,68
3 475,44	4 079,12	17	69 345,04	59 082,48	10 260,18
1 090,40	1 435,36	227	325 826,72	247 520,80	78 287,76
707,96	867,5	110	95 425,00	77 875,16	17 545,77
1 179,47	1 459,75	67	97 803,25	79 024,49	18 774,41
5 096,62	6 045,26	27	163 222,02	137 608,74	25 607,34
2 520,21	3 037,65	31 848,00	96 743 077,20	80 263 648,08	16 475 607,36
1 090,40	1 435,36	243	348 792,48	264 967,20	83 805,84
2 917,64	3 435,08	149	511 826,92	434 728,36	77 080,68
2 916,01	3 433,45	93	319 310,85	271 188,93	48 110,76
3 351,28	4 149,00	135	560 115,00	452 422,80	107 667,23
914,08	1 043,44	116	121 039,04	106 033,28	15 002,28
398,29	471,59	6 909,00	3 258 215,31	2 751 757,97	506 339,88
599,88	673,18	680	457 762,40	407 915,68	49 835,16
2 675,15	3 300,39	12 500,00	41 254 875,00	33 439 375,00	7 813 687,50
2 661,08	3 178,52	35	111 248,20	93 137,80	18 106,20
2 097,00	2 528,20	254	642 162,80	532 638,00	109 499,40
2 512,20	3 245,24	90	292 071,60	226 098,00	65 958,30
9 474,66	10 423,30	200	2 084 660,00	1 894 932,00	189 684,00
6 056,50	7 005,14	630	4 413 238,20	3 815 595,00	597 504,60
4 992,92	5 941,56	1 288,00	7 652 729,28	6 430 880,96	1 221 848,32
cvu	coût de revient unitaire	quantité produite	coût de revient total	Ct	Cft

Annexe N°04 : Les contraintes relatives à la disponibilité de différentes matières premières.

Le traitement de ces données nous donne les équations suivantes :

1. $3X_{1,1} + 1,3X_{11,1} \leq 3\ 135,60$ (tissu, Biskra, BN, 1,5) ;
2. $X_{1,1} + 1X_{5,2} + 0,65 X_{5,3} \leq 1\ 723,10$ (doublure, DMMT Rouïba, 60917, 1,5) ;
3. $0,74 X_{5,3} \leq 75\ 500,00$ (tissu cachemire, sekkal, beige, 1,5) ;
4. $0,08 X_{1,1} + 0,08 X_{2,1} \leq 788,84$ (feutre, lady diff, 406, 0,90) ;
5. $0,88 X_{1,1} + 1,04 X_{2,1} + 1X_{5,2} + 0,35X_{8,1} + 0,15X_{11,1} \leq 15\ 500,00$ (t/thermocollante, lady diff, noir, 1,5) ;
6. $1,2 X_{1,1} \leq 4948,00$ (rnf/ceinture, Alcost, blanc, 35mm) ;
7. $0,72 X_{1,1} \leq 1527,90$ (plastron, lady diff, beige, 0,8) ;
8. $0,26 X_{1,1} \leq 2085,34$ (feutrine, lady diff, 0,50 blanc, 1,00) ;
9. $0,3X_{2,1} \leq 2085,34$ (feutrine collante, lady diff, 050, 0,9) ;
10. $0,35 X_{1,1} \leq 2502,00$ (t p s, lady diff, blanche, 1,50) ;
11. $1,15 X_{1,1} \leq 5585,80$ (b ceinture, sofave, blanc) ;
12. $1X_{11} + 1 X_{5,1} \leq 5810,00$ (fag, matex, noir, 25cm) ;
13. $1 X_{2,3} + 2X_{6,3} + 2X_{10,2} \leq 5810,00$ (fag, matex, noir, 16cm) ;
14. $2X_{9,1} \leq 5810,00$ (fag poche, matex, noir, 13cm) ;
15. $1X_{9,2} \leq 5810,00$ (fag poche poitrine, matex, noir, 20cm) ;
16. $1X_{1,1} \leq 10000,00$ (crochet, liguria, métal,p) ;
17. $3 X_{2,2} + 6 X_{5,2} \leq 10000,00$ (bouton à couvrir, 30mm) ;
18. $1,4X_{6,2} \leq 10000,00$ (tissu, Khenchela, bn, 1,5) ;
19. $1X_{9,4} \leq 10000,00$ (fag braguette, matex, noir, 17cm) ;
20. $0,4X_{1,1} \leq 5951,00$ (renfort poche, Alcost, noir, 24mm) ;
21. $1X_{2,1} \leq 5951,00$ (rf veste, Alcost, noir, 25mm) ;
22. $0,7X_{2,1} \leq 5951,00$ (bande cassure, Alcost, noir 25mm) ;
23. $0,66 X_{1,1} \leq 298,00$ (renfort passan, Alcost, blanc, 10mm) ;
24. $248X_{1,1} \leq 2877,00$ (fil surfilage, bouгаа, bn, 60/2) ;
25. $108 X_{1,1} \leq 2877,00$ (fil interne, bouгаа, bn, 68/2, conne de 4572ml) ;
26. $140X_{9,10} + 140X_{9,11} \leq 2877,00$ (fil surfilage, bouгаа, bn 68/2) ;
27. $3X_{1,2} \leq 8611,70$ (tissu, Paulo Doliveira, 3608, 1,5) ;
28. $1,7X_{1,2} + 0,3 X_{3,3} + 0,65X_{7,1} + 1,65X_{8,2} \leq 4495,35$ (doublure, lady diff, 60519, 1,5) ;
29. $0,35X_{1,2} \leq 4755,10$ (feutrine, lady diff, 50 blancs, 0,9) ;
30. $0,35X_{1,2} \leq 9812,9$ (tissu s/p, alcovel, 0004 blancs, 1,5) ;
31. $0,43X_{1,2} + 0,38 X_{1,3} \leq 13200,59$ (t/r/divers, lady diff, blanc, 1,5) ;

32. $0,2X_{1,3} \leq 4755,1$ (feutrine, lady diff, 50 blancs, 0,9) ;
33. $0,35X_{1,3} \leq 9707,95$ (tissu s/p, lady diff, 20013, 1,14) ;
34. $0,35X_{1,2} + 0,05X_{1,3} \leq 1277,80$ (feutre coll, lady diff, 416, 0,9) ;
35. $1,2X_{1,2} \leq 3744,00$ (rnf/ceinture, Alcost, blanc, 35mm) ;
36. $1X_{1,2} + 0,12 X_{1,3} + 0,15X_{7,1} \leq 13397,96$ (vlisel/coll, mokhtari, blanc, 0,9) ;
37. $1X_{1,2} + 1,6 X_{1,3} \leq 12000,00$ (rnf veste, Alcost, blanc, 25mm) ;
38. $1 X_{1,2} + 1X_{1,3} \leq 9407,00$ (griffe de marque, jackard, 3*3, 9cm) ;
39. $30 X_{1,2} \leq 1068,00$ (file bande commandement, bouгаа) ;
40. $200X_{1,2} + 250X_{1,3} \leq 240,00$ fils internes, assoul, gris, conne 4572ml) ;
41. $1X_{3,3} + 1X_{7,1} \leq 240,00$ (fag, oussalah, bn, 20cm) ;
42. $200 X_{1,2} \leq 749,00$ (fils, yerveh, 319, conne 4572ml) ;
43. $1X_{1,2} + 0,8X_{1,3} + 0,6X_{8,2} \leq 18025,60$ (cigarette, lady diff, blanc, 10mm) ;
44. $1X_{1,2} + 1 X_{1,3} + 1X_{8,2} \leq 3898,00$ (épaulette, lady diff, gris, paire) ;
45. $1X_{1,2} + 1 X_{1,3} \leq 950,00$ (écusson manche, Alcost, gris) ;
46. $4X_{1,2} + 3X_{1,3} \leq 22340,00$ (bouton, sicam, argent, 20mm) ;
47. $40 X_{1,1} \leq 622,00$ (fil ferme/s/p, bouгаа, blanc, 60/2) ;
48. $15 X_{1,1} + 120 X_{3,1} + 150X_{10,6} + 120X_{9,6} + 40X_{10,1} + 120X_{5,3} \leq 622,00$ (fil mont manche, bouгаа, blanc, 68/2, conne de 4572ml) ;
49. $2X_{10,3} \leq 622,00$ (fil, bouгаа, blanc, 3657,60) ;
50. $40 X_{1,1} + 185X_{6,3} \leq 233,00$ (fil surpiqué, bouгаа, noir, 60mm) ;
51. $20 X_{1,1} \leq 233,00$ (fil surpique, bouгаа, noir, 50/2, conne de 4572ml) ;
52. $0,8 X_{1,1} \leq 233,00$ (fil surpique, bouгаа, noir, 30/10, conne de 4572ml) ;
53. $X_{1,1} + 3X_{9,10} + 3X_{9,11} \leq 385871,00$ (bouton, rayane, 419 bn, 15mm) ;
54. $9 X_{1,1} \leq 385871,00$ (bouton, rayane, bn 15mm) ;
55. $X_{10,5} + 1 X_{1,1} \leq 58050,00$ (bouton 04 trous, mavepro, blanc, 15mm) ;
56. $3 X_{1,1} \leq 2964,00$ (bordage, Alcost, blanc, 30mm) ;
57. $1,2 X_{1,1} \leq 11670,00$ (rf veste, Alcost, noir, 25mm) ;
58. $1 X_{1,1} + 1 X_{6,1} \leq 100000,00$ (épaulette, katache, blanc, paire) ;
59. $0,8X_{1,1} + 0,4X_{2,2} + 0,8X_{5,1} + 0,4X_{5,2} + 0,6X_{11,1} + 0,6X_{2,1} \leq 8712,00$ (cigarette, lady diff, blanc, 10cm) ;
60. $1 X_{2,3} \leq 16179,00$ (griffe de marque, p) ;
61. $1 X_{8,1} \leq 16179,00$ (griffe de marques, gris, 4,5) ;
62. $1X_{11,1} \leq 16179,00$ (étiquette, lady diff, 3*3, 4,50) ;
63. $1 X_{1,1} \leq 16179,00$ (étiquette, jackard, 3*3, 9cm) ;

64. $13 X_{1,1} + 13 X_{2,1} \leq 95,00$ (fil invisible, aman, blanc, conne de 10000m) ;
65. $34 X_{1,1} \leq 1,00$ (fil bâtissage, yervah, 1256,40/2, conne de 4000ml) ;
66. $1,65 X_{1,1} + 1,4 X_{2,2} + 1,4 X_{2,3} + 1,4 X_{5,2} + 1 X_{5,3} + 1 X_{8,1} \leq 1875,00$ (voile collante, oussalah, blanc, 10mm) ;
67. $0,25 X_{2,4} + 1,4 X_{5,1} \leq 1875,00$ (voile collante, oussalah, blanc, 15mm) ;
68. $1,3 X_{1,1} + 1,09 X_{2,1} \leq 2579,00$ (tirette poche, manche, coll, oussalah, noir) ;
69. $3 X_{1,1} \leq 830556,00$ (bouton, rayane, bn, 20mm) ;
70. $7 X_{9,10} + 7 X_{9,11} \leq 830556,00$ (bouton, rayane, 419bn, 20mm) ;
71. $1 X_{1,1} + 1 X_{2,1} + 1 X_{11,1} \leq 50000,00$ (cintre, afrique-b, noir) ;
72. $1 X_{2,2} + 1 X_{2,3} + 1 X_{5,1} + 1 X_{5,2} \leq 50000,00$ (cintre, a/bouton, noir, p) ;
73. $1 X_{2,4} \leq 50000,00$ (cintre, dgsn, noir) ;
74. $1 X_{1,1} \leq 17189,00$ (housse, meriplast) ;
75. $0,2 X_{1,1} + 1 X_{10,6} + 1 X_{11,1} + 0,16 X_{5,1} + 0,1 X_{5,3} + 0,1 X_{6,1} + 0,1 X_{8,1} + 0,6 X_{2,3} + 2 X_{2,1} \leq 4500,00$ (caisse, g/emballage) ;
76. $1 X_{4,1} \leq 4500,00$ (fag devant, matex, noir, 70) ;
77. $6 X_{1,2} + 2 X_{1,3} \leq 31310,00$ (bouton, sicam, argent, 15mm) ;
78. $2 X_{1,2} + 2 X_{1,3} \leq 16362,00$ (bouton, rayane, gris, 15mm) ;
79. $1 X_{1,2} + 1 X_{1,3} + 1 X_{8,2} \leq 7076,00$ (cintre, afriq-b, noir) ;
80. $1 X_{1,2} + 1 X_{1,3} + 1 X_{8,2} \leq 19395,00$ (housse, meriplast) ;
81. $1,15 X_{1,2} + 1,2 X_{1,3} \leq 9477,3$ (bande ceinture, sofave, blanc) ;
82. $1 X_{1,2} + 1 X_{1,3} \leq 354,00$ (fag, matex, gris, 25cm) ;
83. $1 X_{1,2} + 1 X_{1,3} \leq 13664,00$ (crochet, liguria, métal) ;
84. $0,66 X_{1,2} + 0,66 X_{1,3} \leq 7023,4$ (renfort passant, Alcost, blanc, 10mm) ;
85. $1 X_{1,2} + 1 X_{1,3} \leq 406635,00$ (bouton languette, mavepros, blanc, 15mm) ;
86. $3 X_{1,2} \leq 11482,00$ (bordage, Alcost, blanc, 30mm) ;
87. $2,4 X_{1,2} \leq 4672,00$ (lisere rouge, Alcost, rouge, 18mm) ;
88. $1,3 X_{1,2} + 1,3 X_{1,3} \leq 1874,38$ (tirette, lurexor, noir, 5mm) ;
89. $2,2 X_{1,2} \leq 8900,00$ (bande commandement, sofave, bn, 15mm) ;
90. $1 X_{1,2} + 1 X_{1,3} \leq 600,00$ (porte galon, Alcost, bn) ;
91. $3,4 X_{1,3} \leq 8222,60$ (tissu, Paulo Dolivera, 3608, 1,5) ;
92. $2,15 X_{1,3} + 0,12 X_{9,8} \leq 4495,6$ (doublure, lady diff, 60519, 1,5) ;
93. $0,2 X_{1,3} \leq 4755,1$ (feutrine, lady diff, 50 blancs, 0,9) ;
94. $0,35 X_{1,3} \leq 9707,95$ (tissu s/p, lady diff, 20013, 1,14) ;
95. $250 X_{1,3} \leq 749$ (fils, yerveh, 319, connes de 4572) ;

96. $1X_{1,3} \leq 500,00$ (fag, invisibles 20cm) ;
97. $X_{1,3} \leq 9139,00$ (bordage, Alcost, blanc, 30mm) ;
98. $3,6 X_{1,3} \leq 6625,00$ (bande commandement, a/bender, bn, 45mm) ;
99. $3,5 X_{1,3} \leq 5992,00$ (lesret bordage, Alcost, bn, 30mm) ;
100. $2 X_{2,1} \leq 1445,55$ (tissu, ogycenter, divers, 1,5) ;
101. $1,7 X_{2,1} \leq 130,70$ (tissus, sekal, divers, 1,5) ;
102. $0,3X_{2,1} \leq 1527,90$ (plastron, lady diff, beige, 0,8) ;
103. $0,3X_{2,1} \leq 3435,00$ (v/ collante, lady diff, blanc, 0,9) ;
104. $1X_{2,1} \leq 8208,00$ (epaulette, lady diff, gris, paire) ;
105. $34X_{2,1} \leq 1$ (fil bâtissage, yervah, 1256, conne 4572) ;
106. $1X_{2,1} + 1 X_{2,2} + 1X_{2,3} + 1X_{5,1} + 1 X_{5,2} + 1X_{5,3} + 1 X_{6,1} + 1 X_{8,1} + 1 X_{9,9} + 1 X_{10,6} + 1X_{11,1} \leq 17189,00$ (housse, meiripas) ;
107. $2X_{2,1} \leq 3644,00$ (bouton, icin,2, 20mm) ;
108. $9X_{2,1} \leq 12479,00$ (bouton, icin,2, 15mm) ;
109. $0,1X_{2,1} \leq 294,00$ (voile collante, saidi hayet, blanc15mm) ;
110. $5,1X_{2,2} + 2,5X_{5,1} + 10,8X_{5,2} + 0,74X_{5,3} + 1,3X_{8,1} \leq 165\ 000,00$ (tissu cachemire, divers, divers, 1,5) ;
111. $2,5 X_{5,1} \leq 3266,37$ (tissu cachemire, divers, marron, 1,5) ;
112. $100X_{2,3} + 100 X_{5,1} + 320X_{6,3} + 40X_{10,1} + 250X_{9,3} + 320X_{9,5} + 150X_{9,9} + 280 X_{9,11} + 120X_{11,1} \leq 1236,00$ (fil, bouгаа, noir, 68/2, conne 4572ml) ;
113. $1,6X_{2,2} + 0,65X_{5,3} \leq 66\ 410,00$ (doublure, Nedroma, vert, 1,5) ;
114. $1,6X_{2,2} \leq 2013,60$ (doublures, fournitex, 515, 1,5) ;
115. $1 X_{2,2} + 1X_{5,1} + 1X_{5,2} + 1X_{11,1} \leq 2366,00$ (epaulette, lady diff, blanc, paire) ;
116. $1 X_{2,2} + 2X_{5,1} \leq 3993,00$ (griffe de marque, jackard) ;
117. $200 X_{2,2} \leq 23,00$ (fil, oussalah, divers, conne 4572ml) ;
118. $0,4 X_{2,2} \leq 33640,00$ (caisse, g/emballage) ;
119. $2,18X_{2,3} \leq 3266,37$ (tissu cachemire, divers, divers, 1,5) ;
120. $1,58X_{2,3} + 1,8X_{5,1} \leq 1007,00$ (doublure, lady diff, 60917, 1,5) ;
121. $0,9X_{2,2} + 0,77X_{2,3} + 0,35X_{5,3} \leq 15500,00$ (t/ collante, lady diff, noir, 1,5) ;
122. $0,8X_{2,3} \leq 8712,00$ (cigarette, lady diff, blanc, ml) ;
123. $1X_{2,3} \leq 2366,00$ (epaulette, lady diff, blanc, paire) ;
124. $1 X_{2,3} + 1X_{5,2} \leq 10259,00$ (griffe de marque, p) ;
125. $11X_{2,3} \leq 129$ (bouton, noir, 15mm) ;
126. $11X_{2,3} \leq 129$ (bouton, noir, 25mm) ;

127. $X_{6,2} \leq 129$ (fil glassage écusson, ait medoure, rouge, 40/2, conne de 4000m) ;
128. $0,6X_{2,3} + 0,16X_{5,1} + 0,1X_{5,3} + 0,1 X_{6,1} + 0,1 X_{8,1} + 1 X_{10,6} + 1X_{11,1} \leq 4820,00$ (caisse p, g/emballage) ;
129. $1,6X_{2,3} \leq 1372,00$ (lisere, Alcost, divers) ;
130. $1,86 X_{2,3} + 3 X_{5,2} \leq 5950,00$ (droit fil, Alcost, noir) ;
131. $0,65X_{5,3} \leq 94\ 000,00$ (doublure, promo griffe, 18, 1,5) ;
132. $0,65X_{5,3} \leq 79\ 000,00$ (doublure, promo griffe, 32, 1,5) ;
133. $0,45X_{5,3} \leq 360\ 000,00$ (tissu, promo griffe, 44, 1,5) ;
134. $1X_{2,4} \leq 28808,00$ (tissu, dgsn, b/dgsn, 1,5) ;
135. $0,75X_{2,4} \leq 4400,00$ (toile thermo, dgsn, noir, 1,48) ;
136. $1 X_{2,4} \leq 9100,00$ (epaulette, dgsn, blanc, paire) ;
137. $0,88X_{2,4} \leq 9000,00$ (cigarette, dgsn, noir) ;
138. $1X_{2,4} + 1 X_{5,2} \leq 5970,00$ (gtmce, dgsn, blanc, 55*25) ;
139. $5X_{2,4} \leq 35316,00$ (baia, dgsn, b/ police, 30mm) ;
140. $500X_{2,4} \leq 1332,00$ (fils, dgsn, b/p) ;
141. $X_{2,4} \leq 384826,00$ (bouton, dgsn, argent21mm) ;
142. $X_{2,4} \leq 449084,00$ (bouton, dgsn, argent 15mm) ;
143. $1 X_{2,4} \leq 4700,00$ (housse, dgsn) ;
144. $2 X_{2,4} \leq 935,00$ (caisse, dgsn) ;
145. $0,4 X_{5,2} \leq 935,00$ (caisse, g/emballage) ;
146. $1,4X_{3,1} \leq 7245,00$ (tissus, Kherrata, 90001, 1,5) ;
147. $0,6X_{3,1} + 0,6X_{6,3} + 0,2X_{9,1} \leq 14329,93$ (élastique, satni, blanc35mm) ;
148. $0,46X_{3,1} \leq 1500,00$ (élastique, assoul, blanc 10mm) ;
149. $15 X_{3,1} + 0,56 X_{9,2} + 5X_{10,2} + 11 X_{9,10} + 11 X_{9,11} \leq 507,00$ (fil, bougaa, rouge) ;
150. $0,3 X_{3,1} \leq 4150,00$ (applix, 25,00) ;
151. $2,4 X_{3,1} \leq 15696,00$ (lizere rouge, bougaa, rouge, 18mm) ;
152. $1,4X_{3,2} \leq 7247,00$ (tissu, dmmt rouiba, 90001, 1,5) ;
153. $1,06X_{3,2} + 0,3X_{9,5} + 0,2X_{10,2} \leq 13329,93$ (élastique, blanc 35mm) ;
154. $120X_{3,2} \leq 21,00$ (fil, bougaa, blanc) ;
155. $1,2 X_{3,3} \leq 1956,60$ (tissus, Biscra, ½, 1,5) ;
156. $0,5 X_{3,3} + 0,72 X_{8,2} \leq 21517,49$ (toile/thermoc, lady diff, noir, 1,5) ;
157. $80X_{3,3} + 80X_{7,1} + 60X_{9,8} \leq 1932,00$ (fil int+surp+bouton, bougaa, noir, 68/2, conne de 4572m) ;
158. $2X_{3,3} + 2X_{7,1} + 1X_{8,2} \leq 446705,00$ (bouton, rayane, 419 bn, 15mm) ;

159. $1X_{3,3} + 1X_{7,1} + 1X_{8,2} \leq 10589,00$ (griff mark, jackard, 02gris, 1,6*7,5) ;
160. $0,2X_{3,3} + 0,2 X_{7,1} + 0,1X_{8,2} \leq 42,00$ (tirette, oussalah, noir, 5mm) ;
161. $1X_{3,3} + 1 X_{6,2} + 1 X_{7,1} + 1 X_{9,8} \leq 11688,00$ (housse, meriplast) ;
162. $450X_{4,1} \leq 4196,00$ (fil, bouгаа, noir, 68/2, conne de 4572ml) ;
163. $0,8X_{4,1} \leq 22850,70$ (cordon, satni, noir, 80cm) ;
164. $1X_{4,1} \leq 977735,00$ (cordon, hassani, noir, 1,6) ;
165. $1X_{4,1} \leq 6578,00$ (fag capuche, matex, 35) ;
166. $11X_{4,1} \leq 554321,00$ (bouton presse, sicam, bronze, 15mm) ;
167. $0,06X_{4,1} \leq 1800,00$ (bord cot, boom, noir, 1,2) ;
168. $4X_{9,10} + 4X_{9,11} \leq 1800,00$ (œillet, sicam, v/bronze) ;
169. $1X_{4,1} \leq 1433,00$ (fag doublure, matex, noir, 1,8) ;
170. $1X_{4,1} \leq 30801,00$ (housse, meriplas) ;
171. $0,1 X_{4,1} \leq 8380,00$ (caisse, g/emballage) ;
172. $0,1 X_{4,1} \leq 8720,00$ (caisse, g/emballage) ;
173. $2,8 X_{4,1} \leq 7240,00$ (tissu/p, soitex/t, noir, 1,5) ;
174. $2 X_{4,1} \leq 3701,85$ (doublures, soitine, noir, 1,5) ;
175. $2 X_{4,1} \leq 7168,00$ (doub mat (2 face), Relizane, 1,5) ;
176. $0,2 X_{4,1} \leq 752,00$ (ouatin, alfaditex, blanc, 2) ;
177. $1,8X_{5,1} \leq 2823,90$ (doublure, memtex, 60838, 1,5) ;
178. $0,89X_{5,1} \leq 15000,00$ (t/collante, lady diff, noir, 1,5) ;
179. $100 X_{5,1} \leq 292,00$ (fil tissu marron, bouгаа, marron, conne 4572ml) ;
180. $100 X_{5,1} \leq 171,00$ (fil tissu gris, bouгаа, gris) ;
181. $11X_{5,1} \leq 26598,00$ (bouton, rayane, noir) ;
182. $2,1X_{5,1} \leq 1300,00$ (lisere, Alcost, divers) ;
183. $2,73 X_{5,1} \leq 15962,00$ (droit fil, Alcost, noir) ;
184. $340X_{5,2} \leq 3,00$ (fil, oussalah, divers, conne 4572ml) ;
185. $0,65X_{5,3} \leq 75\ 000,00$ (doublure, promogriffe, 29, 1,5) ;
186. $0,45 X_{5,3} \leq 56\ 500,00$ (tissu cachemir, tizitex, 168, 1,5) ;
187. $0,65 X_{5,3} \leq 11,85$ (doublures, memtex, 60717, 1,5) ;
188. $1,48 X_{5,3} \leq 93,8$ (tissu veste, alcovel 9099,1,5) ;
189. $0,74 X_{5,3} \leq 90\ 000,00$ (tissu cachemire, tizi/text, 23, 1,5) ;
190. $0,65 X_{5,3} \leq 2984,90$ (doublure, memtex, 60838, 1,5),
191. $0,74 X_{5,3} \leq 4,5$ (tissu, alcovel, 4265, 1,5) ;
192. $1X_{5,3} \leq 90\ 388,00$ (griffe de marques, jackard, 4,5) ;

- 193.** $100X_{5,3} \leq 8,00$ (fil surpique, oussalah, divers, 68/2, connes 4572ml) ;
- 194.** $1X_{5,3} \leq 2100,00$ (cintre, a/bouton, noir, p) ;
- 195.** $1X_{5,3} + 1X_{9,5} + 2X_{6,3} \leq 242208,00$ (bouton, rayene, noir, 15mm) ;
- 196.** $2X_{5,3} + 2X_{8,1} \leq 450,00$ (bouton a couver, divers, 35mm) ;
- 197.** $1,35X_{6,1} \leq 75932,97$ (tissu, dgsn, b/police, 1,5) ;
- 198.** $1,05X_{6,1} \leq 653,45$ (doublure, Nedroma, b/police, 1,48) ;
- 199.** $0,24X_{6,1} \leq 10664,70$ (t/thermo coll, lady diff, blanc, 1,5) ;
- 200.** $0,16X_{6,1} \leq 9122,00$ (crétonnes, Kherrata, b/ pollice, 1,5) ;
- 201.** $0,29X_{6,1} \leq 10015,50$ (plastron, t/meziane, beige, 1,5) ;
- 202.** $75X_{6,1} \leq 1,00$ (fil interne, dgsn, b/p) ;
- 203.** $95X_{6,1} \leq 1050,00$ (fil surpique, bouгаа, b/dgsn) ;
- 204.** $5X_{6,1} \leq 5,00$ (fil de passe, dgsn, b/p) ;
- 205.** $1,5 X_{6,1} \leq 36302,00$ (droit fil, Alcost, blanc, 25mm) ;
- 206.** $1 X_{6,1} + 2X_{9,3} \leq 850,00$ (boucle, sicam, métal) ;
- 207.** $4 X_{6,1} \leq 4826,00$ (bouton, argentés, 21cm) ;
- 208.** $6 X_{6,1} \leq 5273,00$ (bouton argenté15cm) ;
- 209.** $1 X_{6,1} \leq 27380,00$ (bouton rappelle, 20cm) ;
- 210.** $1 X_{6,1} \leq 27380,00$ (cintre, a/ bouton, noir) ;
- 211.** $3 X_{6,1} + 3 X_{9,2} + 3 X_{9,10} + 3 X_{9,11} \leq 835,00$ (ruban adhesive, berri) ;
- 212.** $1,3X_{6,2} \leq 3992,5$ (d/matelasé, boom, orange, 1,5) ;
- 213.** $0,21X_{6,2} \leq 1721,00$ (tissu retro, mpc, g/argent, 1,22) ;
- 214.** $0,12 X_{6,2} \leq 2195,00$ (doub/sp, Alcost, noir, 1,4) ;
- 215.** $3 X_{6,2} \leq 1260,00$ (fag réversible, matex, b/n, 60) ;
- 216.** $1 X_{6,2} \leq 2150,00$ (fag réversible, matex, b/n, 61) ;
- 217.** $3 X_{6,2} \leq 2040,00$ (fag réversible, matex, b/n, 62) ;
- 218.** $3 X_{6,2} \leq 3480,00$ (fag réversible, matex, b/n, 63) ;
- 219.** $2 X_{6,2} \leq 120$ (fag manche réversible, matex, b/n,95) ;
- 220.** $40X_{9,8} \leq 120$ (fil orange, yervah, 145, 40/2, conne de 3656,4ml) ;
- 221.** $2 X_{6,2} \leq 402$ (fag manche réversible, matex, b/n, 64) ;
- 222.** $2 X_{6,2} \leq 520$ (fag manche réversible, matex, b/n, 65) ;
- 223.** $2 X_{6,2} \leq 250$ (fag manche réversible, matex, b/n, 67) ;
- 224.** $2 X_{6,2} \leq 110$ (fag manche réversible, matex, b/n, 68) ;
- 225.** $2 X_{6,2} \leq 60$ (fag manche réversible, matex, b/n, 70) ;
- 226.** $2 X_{6,2} \leq 1450$ (fag poche, matex, b/n, 16) ;

227. $0,19 X_{6,2} \leq 16729$ (aplix male, a/France, b/n, 50mm) ;
228. $0,19 X_{6,2} \leq 16654,56$ (aplix femmel, a/France, b/n, 50mm) ;
229. $X_{6,2} \leq 42030,4$ (aplix male, a/France, b/n, 25mm) ;
230. $X_{6,2} \leq 51035$ (aplix femmel, a/France, b/n, 25mm) ;
231. $X_{6,2} \leq 27630$ (emblème manche pc, socolux, vbr, p) ;
232. $4 X_{6,2} \leq 22483$ (écussone poitrine pc, socolux, bm, p) ;
233. $X_{6,2} \leq 6515,75$ (tirette, zergui, noir) ;
234. $68 X_{6,2} \leq 519$ (fil maintient, guterman, b/n, conne de 7000) ;
235. $31 X_{6,2} \leq 372$ (fil band refi, guterman, 4231, conne de 7000) ;
236. $29 X_{6,2} \leq 33$ (fil maintien, lurxior, orange, 40/2) ;
237. $0,125 X_{6,2} \leq 5315$ (caisse plate, g/emballage) ;
238. $1,7X_{6,3} \leq 109,99$ (tissu, alcovel, 9999 noir, 1,5) ;
239. $1X_{6,3} + 1 X_{9,1} + 1X_{9,2} \leq 24448,00$ (fag devant, matex, noir, 65cm) ;
240. $0,1 X_{6,3} + 0,1 X_{9,1} + 1 X_{9,2} + 0,1 X_{9,3} + 0,1 X_{9,4} + 0,066 X_{9,5} + 0,1 X_{9,6} + 0,1 X_{9,9} + 0,11 X_{9,10} + 0,11 X_{9,11} + 0,1 X_{10,2} + 0,05 X_{10,5} \leq 16590,00$ (caisse cube, g/emballage, marron) ;
241. $0,5 X_{6,3} + 1X_{9,4} + 0,5 X_{9,5} + 0,5 X_{10,5} + 1 X_{9,2} \leq 12250,00$ (hausse, meriplast) ;
242. $1X_{9,3} + 0,5X_{9,6} \leq 12250,00$ (gaine plastique, meriplast) ;
243. $0,8X_{7,1} \leq 1959,60$ (tissu, Biskra, 0,5, 1,5) ;
244. $1X_{8,1} \leq 5072,00$ (cintre, a/bouton, noir, p) ;
245. $3,3X_{8,2} \leq 9524,25$ (tissu, biskra, b/n, 1,5) ;
246. $2X_{8,2} \leq 98,8$ (renfor vest, Alcost, blanc, 30mm) ;
247. $1X_{8,2} \leq 93,00$ (fag, matex, noir, 20mm) ;
248. $1X_{8,2} \leq 9924,00$ (étiquette, jackard, gris 2, 3,3*8) ;
249. $300X_{8,2} \leq 73,00$ (fil, ait meddour, 651bn, conne 4572) ;
250. $1X_{8,2} \leq 481372,00$ (bouton, rayene, 419bn20mm) ;
251. $3,2X_{9,1} \leq 729,74$ (tissu, sebdou, beige, 1,5) ;
252. $4X_{9,1} + 13X_{9,9} + 4X_{10,2} \leq 160661,00$ (bouton à pression, sicam, bronze 15mm) ;
253. $1X_{9,1} + 0,5 X_{9,10} + 0,5 X_{9,11} + 1X_{10,2} \leq 2123,80$ (gaine plastique, meriplast) ;
254. $300 X_{9,1} \leq 87,00$ (fil, asoul, 336, conne 4572),
255. $3,5X_{9,2} + 3,65X_{9,10} \leq 170705,10$ (tissu, Khenchela, b/dgpc, 1,5) ;
256. $8X_{9,2} \leq 30452,00$ (fag poche, matex, noir, 18) ;
257. $0,49 X_{9,2} + 0,48X_{9,6} \leq 972,00$ (élastique, oussalah, blanc, 50mm) ;
258. $6X_{9,2} + 2 X_{9,10} + 2X_{9,11} \leq 250000,00$ (bouton à pression, sicam, noir, 15mm) ;

259. $12X_{9,2} \leq 17049,00$ (œillet, sicam bronze, 1,3) ;
260. $0,39 X_{9,2} \leq 69949,59$ (applixe male, a/bender, bm, 25mm) ;
261. $0,56 X_{9,2} + 0,71X_{9,10} \leq 46700,90$ (applixe femelle, a/bender bm, 25mm) ;
262. $0,20 X_{9,2} + 0,25 X_{9,10} \leq 34952,01$ (applixe femelle, a/bender bm, 50mm) ;
263. $280X_{9,10} \leq 19,00$ (fil maintien, schappe, 339bm 78/3) ;
264. $350X_{9,2} \leq 19,00$ (fil, cobba, bm) ;
265. $4X_{9,2} + 5X_{9,10} \leq 373,00$ (fil bande rétro, guterman, 4231) ;
266. $1 X_{9,2} + 1X_{9,11} + 1 X_{9,10} \leq 113646,00$ (écusson devant, Alcost, bm) ;
267. $1 X_{9,2} + 1 X_{9,10} + 1X_{9,11} \leq 60559,00$ (écusson manche, brodrose, bm) ;
268. $X_{10,5} + 1 X_{9,10} + 1 X_{9,2} + 1X_{9,11} \leq 69060,00$ (écusson emblème, brod rose, bm) ;
269. $2,1 X_{9,2} + 2X_{9,10} + 2,2X_{9,11} \leq 181213,00$ (bande rétro, a/bender, g/argent, 30mm) ;
270. $2,7X_{9,3} \leq 647,05$ (tissu, Kherrata, b/dgpc, 1,5) ;
271. $1X_{9,3} \leq 27052,00$ (fag, matex, noir, 20cm) ;
272. $1X_{9,3} + 2X_{9,5} \leq 26297,00$ (fag dvt, poche et émanchure, matex, noir, 18cm) ;
273. $0,22X_{9,3} + 0,6X_{9,10} + 0,6X_{9,11} \leq 38896,40$ (élastique, satni, noir, 20cm) ;
274. $8X_{9,3} \leq 648,00$ (bouton jeans, sicam, bronze, 18mm) ;
275. $0,7X_{9,3} \leq 17875,00$ (applix mâle et femelle, technitex, noir, 25mm) ;
276. $4,1X_{9,4} \leq 719,30$ (tissu, sebdou, vert bouteille, 1,5) ;
277. $1X_{9,4} + 1X_{9,5} \leq 116,00$ (fag dvt, poche et émanchure, matex, noir, 60cm) ;
278. $1X_{9,4} \leq 5000,00$ (fag braguette, matex, noir, 22cm) ;
279. $2,28 X_{9,11} \leq 5000,00$ (applix, technitex, noir, 25mm) ;
280. $2X_{9,4} \leq 41,00$ (boucle, oussalah, métal) ;
281. $2X_{9,4} \leq 262,00$ (bouton jeans, sicam, argent, 14mm) ;
282. $0,9X_{9,4} \leq 1200,00$ (élastique, satni, blanc, 35mm) ;
283. $9X_{9,4} + 6X_{9,5} \leq 1200,00$ (bouton a pression, sicam, bronze, 15mm) ;
284. $6 X_{9,4} \leq 291659,00$ (bouton, mavipros, vert, 16mm) ;
285. $350X_{9,4} \leq 34,00$ (fil, lurexor, vert 4572) ;
286. $3,59X_{9,5} + 1,18X_{9,9} \leq 6905,90$ (tissu, alcovel, bn 5471, 1,5) ;
287. $0,06X_{9,10} + 0,06X_{9,11} \leq 2848,64$ (triplure, tissage-m, beige/gris, 1,40) ;
288. $X_{9,5} \leq 300,00$ (tissu secondaire, yervah, vert, 0,4) ;
289. $119X_{9,5} \leq 150,00$ (fil surpique, yervah, noir, 40/2, conne de 3200,4ml) ;
290. $1 X_{10,1} \leq 150,00$ (sachet, meriplast) ;
291. $300X_{10,2} \leq 150,00$ (fil, yervah, noir, conne 300) ;
292. $2X_{9,5} \leq 2,00$ (fag dvt, poche et émanchure, matex, noir, 75cm) ;

293. $0,48X_{9,5} \leq 1000,00$ (élastique ceinture pa, satni, blanc20mm) ;
294. $2,3X_{9,6} \leq 635,00$ (tissus, yervah, blanc,1,5) ;
295. $6X_{9,6} \leq 18000,00$ (bouton a pression, oussalah, blanc, 14mm) ;
296. $1 X_{9,6} \leq 16680,00$ (griffe de marque, varmys, vert) ;
297. $0,84 X_{9,7} \leq 122390,00$ (tissus, Khenchela, b/dgpc, 1,5) ;
298. $0,15 X_{9,7} \leq 89,00$ (tissu secondaire, vert, 1,5) ;
299. $5X_{9,7} \leq 34800,00$ (bouton a pression, sicam, noir 15mm) ;
300. $0,07 X_{9,7} \leq 46898,13$ (aplix, a/bendre, bm 50mm) ;
301. $0,21 X_{9,7} \leq 62264,00$ (aplix, a/bendre, bm, 25mm) ;
302. $0,21 X_{9,7} \leq 61174,70$ (aplix, a/bendre, bm 25mm) ;
303. $600 X_{9,7} \leq 420$ (fil a coudre, chappe, 4231, conne de 5000) ;
304. $0,83X_{9,8} \leq 62357$ (tissu, Kherrata, b/dgpc, 1,5) ;
305. $0,66X_{9,8} \leq 3622,33$ (tissu secondaire, eurl mpc, orange, 1,5) ;
306. $0,42X_{9,8} \leq 3914,8$ (velcro femelle, textile diff, noir25mm) ;
307. $3X_{9,8} \leq 9176,00$ (fag, matex, noir, 18) ;
308. $1X_{9,8} \leq 2271,00$ (fag réversible, matex, bn, 35) ;
309. $2 X_{9,8} \leq 23402$ (écusson emblème) ;
310. $2 X_{9,8} \leq 22684$ (écusson poitrine) ;
311. $2 X_{9,8} \leq 11204$ (caisse, g emballage) ;
312. $0,1X_{9,10} \leq 3780,72$ (vlisel col, blanc 0,90) ;
313. $0,1X_{9,10} + 0,1X_{9,11} \leq 24,05$ (toile, lady-diff, 25286, 1,50) ;
314. $1X_{9,10} + 1X_{9,11} \leq 12375,00$ (croissant, Alcost, g/argent, 0,03) ;
315. $1X_{9,10} \leq 46880,00$ (fag braguette, noirs, 18cm) ;
316. $2X_{9,10} \leq 147260,00$ (fag poche dvt, noirs, 17cm) ;
317. $1X_{9,10} + 1X_{9,11} \leq 46400,00$ (cordon lacets, hasani, noir 1,6cm) ;
318. $2X_{9,10} \leq 32000,00$ (tresse/cur, hasani, noir p) ;
319. $0,57X_{9,10} \leq 50515,65$ (aplix, a/bender, bm 25mm) ;
320. $0,25 X_{9,10} \leq 19433,94$ (Ap/ecu/emb, a/bender, bm50mm) ;
321. $1 X_{10,5} + 1 X_{9,10} + 1X_{9,11} \leq 75498,00$ (écusson casque, brode rose, bm, bm, p) ;
322. $0,7 X_{9,10} \leq 400,10$ (Bordage bavette, Alcost, b/dgpc26mm) ;
323. $2,4 X_{9,10} \leq 11034,51$ (Lisere pantalon, Alcost, rouge18mm) ;
324. $1,04 X_{9,10} \leq 786,00$ (Bordage-cas, Alcost, b/dgpc36mm) ;
325. $0,7 X_{9,10} + 0,7 X_{9,11} \leq 5364,00$ (scerseau casquette, Alcost, 25286, 80mm) ;
326. $1 X_{9,10} \leq 4013,00$ (Visière, Alcost, noirs) ;

327. $3,65X_{9,11} \leq 175,90$ (tissu, Khenchela, bn, 1,49) ;
328. $0,2X_{10,1} \leq 175,90$ (tissu, sebdou, bn, 1,5) ;
329. $0,1X_{9,11} \leq 3780,72$ (vliseline collante, lady diff, 0,90) ;
330. $5 X_{9,11} \leq 28,00$ (fil de rétro, assoul) ;
331. $1X_{9,11} \leq 27036,00$ (fag braguette, matex, noir,20cm) ;
332. $2X_{9,11} \leq 26263,00$ (fag poche dvt, matex, noir, 18cm) ;
333. $2X_{9,11} \leq 68218,00$ (tresse curseur, hassani, bn, p) ;
334. $0,36X_{9,11} \leq 3326,25$ (ap/ecu/emb, yervah, noir 50mm) ;
335. $0,05 X_{10,1} \leq 3326,25$ (applix, yervah, 25mm) ;
336. $1X_{10,2} \leq 3326,25$ (fag dvt, yerveh, noir, 70cm) ;
337. $0,7 X_{9,11} \leq 400,1$ (bordage bavette, Alcost, b/dgpc, 26mm) ;
338. $2,4 X_{9,11} \leq 10944,71$ (liseré pantalon, Alcost, rouge, 18mm) ;
339. $1,04 X_{9,11} \leq 374,10$ (bordage casquette, Alcost, b gdpc, 36mm) ;
340. $0,2X_{10,1} \leq 4,45$ (tissu, sebdou, noir, 1,5) ;
341. $0,2X_{10,1} \leq 5028,90$ (tissu, Kherrata, blanc, 1,5) ;
342. $0,06 X_{10,1} + 0,06X_{10,5} \leq 3876,63$ (triplure, lady diff, blanc, 0,9) ;
343. $0,2 X_{10,2} \leq 162,40$ (tissu, madi, Bourdaux, 1,5) ;
344. $0,06X_{10,3} \leq 1035,80$ (feutre, Ain el hamam, noir, 1,00) ;
345. $0,085X_{10,4} + 1,8X_{10,5} \leq 1326,50$ (tissu Kherrata, jaune, 1,5) ;
346. $160X_{10,5} \leq 24,00$ (fil, assoul, jaune) ;
347. $0,75X_{10,5} \leq 2075,00$ (applix, blanc, 25,00) ;
348. $0,6 X_{10,5} \leq 468,00$ (cerceaux cas, Alcost, blanc, 80mm) ;
349. $0,2 X_{10,5} \leq 312,00$ (biais cas, Alcost, blanc, 26mm) ;
350. $X_{10,5} \leq 797,00$ (visière, Alcost, noir) ;
351. $3,5X_{10,6} \leq 4604,65$ (tissu, Biscra, ¼ blanc, 1,50) ;
352. $2X_{10,6} \leq 699546,00$ (bouton, mavipros, blanc, 20mm) ;
353. $4X_{10,6} \leq 230,25$ (soutege, divers fb, blanc casse, 15mm) ;
354. $3 X_{10,6} \leq 96,00$ (cloche, blanc casse) ;
355. $1,3X_{11,1} \leq 159,2$ (tissus, p-olviera, 82, 1,50) ;
356. $1,3X_{11,1} \leq 1561,00$ (doublure, lady diff, 60519, 1,50) ;
357. $1 X_{1,3} + 0,1X_{3,3} + 1 X_{7,1} + 1X_{8,2} \leq 450,00$ (caisse, g/emballage) ;
358. $1 X_{1,3} + 0,1X_{3,3} + 1 X_{7,1} + 1X_{8,2} \leq 450,00$ (caisse, g/emballage) ;
359. $2,82 X_{9,8} \leq 7427,00$ (bande retrof, Alcost, g/argent, 65mm) ;

Annexe N°05 : Tableau récapitulatif des quantités disponibles de chaque matière première ainsi que les consommations unitaires.

Les produits Désignation des matières premières	La consommation unitaire (aij)																			Les quantités disponibles de matières premières														
	Costume homme (X _{1,1}).	Costume tenue hiver H « officier-supérieur » (X _{1,2}).	Costume femme « vareuse+pantalon+jupe » (X _{1,3}).	Veste homme (X _{2,1}).	Veste femme (X _{2,2}).	Surveste homme (X _{2,3}).	Pantalon homme « jacket's club-saïdal→ » (X _{3,2}).	Pantalon femme (X _{3,3}).	Parka homme (X _{4,1}).	Manteau homme (X _{5,1}).	Manteau femme (X _{5,2}).	Manteau enfant (X _{5,3}).	Blouson de travail (X _{6,1}).	Blouson réversible (X _{6,2}).	Jupe (X _{7,1}).	Ensemble fillette (X _{8,1}).	Tailleur femme (X _{8,2}).	Combinaison pilote (X _{9,2}).	Tenue de sécurité (X _{9,3}).		Gilet formateur (X _{9,7}).	Gilet ambulancier (X _{9,8}).	Gilet de sécurité (X _{9,9}).	Trellis ignifuge (X _{9,10}).	Trellis satin (X _{9,11}).	Casquette homme (X _{10,1}).	Galon manche chef de cabinet (X _{10,3}).	Dossard (X _{10,4}).	Kimono hadji (X _{10,5}).	Bumous (X _{10,6}).	Robe femme (X _{11,1}).			
Tissu Biskra de colleur bleu nuit d'une laize de 1,5	3																																1,3	3135,6
Tissu cachemire importé, de colleur beige et d'une laize de 1,5											0,7																							75 500
Toile thermocollante importée, de colleur noir et d'une laize de 1,5	0,9			1												0,4																	0,2	15 500
Plastron, fournie par un seul fournisseur, de colleur beige et d'une laize de 0,8	0,7																																	1 527,90
Feutrine importée, de colleur 050 et d'une laize de 0,9				0,3																														2085,34
Crochet importé de liguria, de colleur métal et d'une laize de p	1																																	10 000
Tissu réversible pour DGPC fournis par le fournisseur de Khenchela, de colleur bleu nuit et d'une laize de 1,5														1,4																				10 000
Tissu importé Paulo Doliveira, d'une laize de 1,5		3																																8611,7
Feutrine importée, de colleur 50 blancs et d'une laize de 0,9		0,4	0,2																															4755,1
Feutrine collante importée, de colleur 416 et d'une laize de 0,9		0,4	0,1																															1277,8
Griffe de marque importée pour chaque article, de colleur 3*3 et d'une laize de 9cm		1	1																															9407
Cigarette importée, de colleur blanc et d'une laize de 10mm		1	0,8																															18025,6
Griffe de marque fournie par un seul fournisseur, d'une laize de p							1																											16179
Griffe de marque fournie par un seul fournisseur, de couleur grise et d'une laize de 4,5															1																			16179

Annexe N°06 : Le modèle de l'optimisation du coût variable.

La fonction économique à minimiser est comme suit :

$$\begin{aligned} \text{Min(CV)} = & 4992.92X_{1,1} + 6056.50X_{1,2} + 9474.66X_{1,3} + 2512.2X_{2,1} + 2097.00X_{2,2} + \\ & 2661.08X_{2,3} + 2675.15X_{2,4} + 599.88X_{3,1} + 398.29X_{3,2} + 914.08X_{3,3} + 3351.28X_{4,1} + \\ & 2916.01X_{5,1} + 2917.64X_{5,2} + 1090.40X_{5,3} + 2520.21X_{6,1} + 5096.62X_{6,2} + 1179.47X_{6,3} + \\ & 707.96X_{7,1} + 1090.40X_{8,1} + 3475.44X_{8,2} + 1762.18X_{9,1} + 7496.14X_{9,2} + 1690.85X_{9,3} + \\ & 2556.55X_{9,4} + 2651.10X_{9,5} + 747.82X_{9,6} + 1110.82X_{9,7} + 1794.31X_{9,8} + 993.57X_{9,9} + \\ & 7132.94X_{9,10} + 2774.49X_{9,11} + 142.20X_{10,1} + 106.57X_{10,2} + 25.85X_{10,3} + 60.85X_{10,4} + \\ & 1066.80X_{10,5} + 1582.59X_{10,6} + 1888.88X_{11,1} \end{aligned}$$

Le programme linéaire formulé est le suivant:

$\begin{aligned} \text{Min(CV)} = & 4992.92X_{1,1} + 6056.50X_{1,2} + 9474.66X_{1,3} + 2512.2X_{2,1} + 2097.00X_{2,2} + \\ & 2661.08X_{2,3} + 2675.15X_{2,4} + 599.88X_{3,1} + 398.29X_{3,2} + 914.08X_{3,3} + 3351.28X_{4,1} + \\ & 2916.01X_{5,1} + 2917.64X_{5,2} + 1090.40X_{5,3} + 2520.21X_{6,1} + 5096.62X_{6,2} + 1179.47X_{6,3} + \\ & 707.96X_{7,1} + 1090.40X_{8,1} + 3475.44X_{8,2} + 1762.18X_{9,1} + 7496.14X_{9,2} + 1690.85X_{9,3} + \\ & 2556.55X_{9,4} + 2651.10X_{9,5} + 747.82X_{9,6} + 1110.82X_{9,7} + 1794.31X_{9,8} + 993.57X_{9,9} + \\ & 7132.94X_{9,10} + 2774.49X_{9,11} + 142.20X_{10,1} + 106.57X_{10,2} + 25.85X_{10,3} + 60.85X_{10,4} + \\ & 1066.80X_{10,5} + 1582.59X_{10,6} + 1888.88X_{11,1}. \end{aligned}$
Sous contraintes
$X_{1,2} \leq 11\ 200$
$X_{1,3} \leq 900$
$X_{6,1} \leq 7000$
$X_{9,1} + X_{9,2} \leq 15000$
$X_{9,5} \leq 10000$
$X_{9,11} \leq 8000$
$X_{9,10} \geq 50\ 000$
$3X_{1,1} + 1,3X_{11,1} \leq 3\ 135,60$
$0,74 X_{5,3} \leq 75500$
$0,88 X_{1,1} + 1,04 X_{2,1} + 1X_{5,2} + 0,35X_{8,1} + 0,15X_{11,1} \leq 15500,00$
$0,72 X_{1,1} \leq 1527,90$
$0,3X_{2,1} \leq 2085,34$
$1X_{1,1} \leq 10000,00$
$1,4X_{6,2} \leq 10000,00$

$$3X_{1,2} \leq 8611,70$$

$$0,35X_{1,2} + 0,2X_{1,3} \leq 4755,10$$

$$0,35X_{1,2} + 0,05X_{1,3} \leq 1277,80$$

$$1 X_{1,2} + 1X_{1,3} \leq 9407,00$$

$$1X_{1,2} + 0,8X_{1,3} + 0,6X_{8,2} \leq 18025,60$$

$$1 X_{2,3} \leq 16179,00$$

$$1 X_{8,1} \leq 16179,00$$

$$1X_{1,2} + 1X_{1,3} \leq 13664,00$$

$$3,4 X_{1,3} \leq 8222,$$

$$3,6 X_{1,3} \leq 6625,00$$

$$1,7 X_{2,1} \leq 130,70$$

$$0,3X_{2,1} \leq 1527,90$$

$$5,1X_{2,2} + 2,18X_{2,3} + 2,5X_{5,1} + 10,8X_{5,2} + 0,74X_{5,3} + 1,3X_{8,1} \leq 165000$$

$$2,5 X_{5,1} \leq 3266,37$$

$$1,6X_{2,2} + 0,65X_{5,3} \leq 66410$$

$$1 X_{2,2} + 2X_{5,1} \leq 3993,00$$

$$0,8X_{2,3} \leq 8712,00$$

$$1 X_{2,3} + 1X_{5,2} \leq 10259,00$$

$$0,65X_{5,3} \leq 94\ 000$$

$$0,65X_{5,3} \leq 79\ 000$$

$$0,45X_{5,3} \leq 360\ 000$$

$$1,4X_{3,2} \leq 7247,00$$

$$1,2 X_{3,3} \leq 1956,60$$

$$1X_{3,3} + 1X_{7,1} + 1X_{8,2} \leq 10589,00$$

$$4X_{9,10} + 4X_{9,11} \leq 440\ 000,00$$

$$0,65X_{5,3} \leq 75\ 000$$

$$0,45 X_{5,3} \leq 56\ 500$$

$$0,74 X_{5,3} \leq 90\ 000$$

$$1X_{5,3} \leq 90\ 388$$

$$1,05X_{6,1} \leq 653,45$$

$$0,24X_{6,1} \leq 10664,70$$

$$0,29X_{6,1} \leq 10015,50$$

$$0,21X_{6,2} \leq 1721,00$$

$$0,19 X_{6,2} \leq 16729$$

$$0,19 X_{6,2} \leq 16654,56$$

$$\begin{aligned}0,1 X_{6,2} &\leq 42030,4 \\0,1 X_{6,2} &\leq 51035 \\2 X_{6,2} &\leq 27630 \\4 X_{6,2} &\leq 22483 \\0,8 X_{7,1} &\leq 1959,60 \\3,3 X_{8,2} &\leq 9524,25 \\3,5 X_{9,2} + 3,65 X_{9,10} &\leq 441\,000,00 \\12 X_{9,2} &\leq 17049,00 \\0,39 X_{9,2} &\leq 69949,59 \\0,56 X_{9,2} + 0,71 X_{9,10} &\leq 78\,000,00 \\0,20 X_{9,2} + 0,25 X_{9,10} &\leq 34952,01 \\28 X_{9,10} &\leq 3\,040\,000,00 \\1 X_{9,2} + 1 X_{9,10} + 1 X_{9,11} &\leq 120\,000,00 \\1 X_{10,5} + 1 X_{9,10} + 1 X_{9,2} + 1 X_{9,11} &\leq 115\,000,00 \\2,1 X_{9,2} + 2 X_{9,10} + 2,2 X_{9,11} &\leq 221\,000,00 \\3,59 X_{9,5} + 1,18 X_{9,9} &\leq 6905,90 \\1 X_{9,6} &\leq 16680,00 \\0,84 X_{9,7} &\leq 122390,00 \\5 X_{9,7} &\leq 34800,00 \\0,07 X_{9,7} &\leq 46898,13 \\0,21 X_{9,7} &\leq 62264,00 \\0,21 X_{9,7} &\leq 61174,70 \\600 X_{9,7} &\leq 2100000,00 \\0,66 X_{9,8} &\leq 3622,33 \\0,57 X_{9,10} &\leq 65000,00 \\0,25 X_{9,10} &\leq 27150,00 \\3,65 X_{9,11} &\leq 175,90 \\0,2 X_{10,1} &\leq 5028,90 \\0,06 X_{10,3} &\leq 1035,80 \\0,085 X_{10,4} + 1,8 X_{10,5} &\leq 1326,50 \\3,5 X_{10,6} &\leq 4604,65 \\1,3 X_{11,1} &\leq 159,2 \\1,3 X_{11,1} &\leq 1561,00 \\2500 X_{1,1} + 2200 X_{1,2} + 230 X_{1,3} + 1900 X_{2,1} + 1150 X_{2,2} + 1200 X_{2,3} + 600 X_{3,2} + 450\end{aligned}$$

$$X_{3,3} + 1800 X_{5,1} + 1800 X_{5,2} + 1800 X_{5,3} + 910 X_{6,1} + 700 X_{7,1} + 1900 X_{8,2} + 750 X_{9,1} + 750 X_{9,2} + 1250 X_{9,5} + 1530 X_{9,10} + 1200 X_{9,11} + 200 X_{10,1} \geq 30\,950\text{DA.}$$

$$5625X_{1,1} + 10,4X_{1,2} + 10,81X_{1,3} + 4000X_{2,1} + 3500X_{2,2} + 3000X_{2,3} + 1500X_{3,2} + 1100X_{3,3} + 3500X_{5,1} + 3500X_{5,2} + 3500X_{5,3} + 2850X_{6,1} + 350X_{7,1} + 4200X_{8,2} + 2000X_{9,1} + 2000X_{9,2} + 2950X_{9,5} + 7430X_{9,10} + 3000X_{9,11} + 300X_{10,1} \geq 842\,360\,000,00.$$

$$3,83X_{1,1} + 3,66X_{1,2} + 3,66X_{1,3} + 3,66X_{2,1} + 2,5X_{2,2} + 1,83X_{2,3} + 2,41X_{2,4} + 0,53X_{3,1} + 0,95X_{3,2} + 0,66X_{3,3} + 2,33X_{4,1} + 3X_{5,1} + 2,5X_{5,2} + 1,5X_{5,3} + 2,33X_{6,1} + 3,66X_{6,2} + 1,13X_{6,3} + 0,66X_{7,1} + 1,33X_{8,1} + 3,16X_{8,2} + 1,1X_{9,1} + 2,33X_{9,2} + 1,1X_{9,3} + 2X_{9,4} + 2,56X_{9,5} + 0,75X_{9,6} + 0,98X_{9,7} + 1,33X_{9,8} + 0,98X_{9,9} + 2,5X_{9,10} + 2,5X_{9,11} + 0,41X_{10,1} + 0,16X_{10,2} + 0,083X_{10,3} + 0,05X_{10,4} + 1,25X_{10,5} + 0,083X_{10,6} + 1,33X_{11,1} \leq 426\,405,03.$$

$$4,46X_{1,1} + 4,29X_{1,2} + 4,29X_{1,3} + 4,29X_{2,1} + 3,13X_{2,2} + 2,46X_{2,3} + 3,04X_{2,4} + 1,16X_{3,1} + 0,58X_{3,2} + 1,29X_{3,3} + 2,96X_{4,1} + 3,63X_{5,1} + 3,13X_{5,2} + 2,13X_{5,3} + 2,96X_{6,1} + 4,29X_{6,2} + 1,76X_{6,3} + 1,29X_{7,1} + 1,96X_{8,1} + 3,79X_{8,2} + 1,73X_{9,1} + 2,96X_{9,2} + 1,73X_{9,3} + 2,63X_{9,4} + 3,19X_{9,5} + 1,38X_{9,6} + 1,61X_{9,7} + 1,96X_{9,8} + 1,61X_{9,9} + 3,13X_{9,10} + 3,13X_{9,11} + 1,04X_{10,1} + 0,79X_{10,2} + 0,713X_{10,3} + 0,68X_{10,4} + 1,88X_{10,5} + 0,713X_{10,6} + 1,96X_{11,1} \leq 513\,741\text{ H.}$$

$$X_{1,1}, X_{1,2}, X_{1,3}, X_{2,1}, X_{2,2}, X_{2,3}, X_{2,4}, X_{3,1}, X_{3,2}, X_{3,3}, X_{4,1}, X_{5,1}, X_{5,2}, X_{5,3}, X_{6,1}, X_{6,2}, X_{6,3}, X_{7,1}, X_{8,1}, X_{8,2}, X_{9,1}, X_{9,2}, X_{9,3}, X_{9,4}, X_{9,5}, X_{9,6}, X_{9,7}, X_{9,8}, X_{9,9}, X_{9,10}, X_{9,11}, X_{10,1}, X_{10,2}, X_{10,3}, X_{10,4}, X_{10,5}, X_{10,6}, X_{11,1} \geq 0.$$

Annexe N° 07: La solution du programme de minimisation des charges variables.

Fiche01 : le programme linéaire.

Fiche02 : tableau 01.

The screenshot shows the vprog software interface. The left window displays the linear programming model with the following data:

R1	C1	VAR 1	VAR 2	VAR 3	VAR 4	VAR 5	VAR 6
OBJ COEFF		4992.92	6056.5	9474.66	2512.2	2097.	2661.08
CONSTR 1		0.	1.	0.	0.	0.	0.
CONSTR 2		0.	0.	1.	0.	0.	0.
CONSTR 3		0.	0.	0.	0.	0.	0.
CONSTR 4		0.	0.	0.	0.	0.	0.
CONSTR 5		0.	0.	0.	0.	0.	0.
CONSTR 6		0.	0.	0.	0.	0.	0.
CONSTR 7		0.	0.	0.	0.	0.	0.
CONSTR 8		3.	0.	0.	0.	0.	0.
CONSTR 9		0.	0.	0.	0.	0.	0.
CONSTR 10		0.88	0.	0.	1.04	0.	0.
CONSTR 11		0.72	0.	0.	0.	0.	0.
CONSTR 12		0.	0.	0.	0.3	0.	0.
CONSTR 13		1.	0.	0.	0.	0.	0.
CONSTR 14		0.	0.	0.	0.	0.	0.

The right window displays the optimal solution summary report for non-zero variables:

Variable	Value	Cost
1 VAR 1	1045.2000	4992.9200
4 VAR 4	76.8823	2512.2000
5 VAR 5	3993.0000	2097.0000
6 VAR 6	3833.9470	2661.0800
9 VAR 9	5176.4290	398.2900
10 VAR 10	1630.5000	914.0800
13 VAR 13	6425.0530	2917.6400
14 VAR 14	90388.0000	1890.4000
15 VAR 15	622.3334	2520.2100
20 VAR 20	2886.1360	3475.4400
21 VAR 21	15000.0000	1762.1800
25 VAR 25	1923.6490	2651.1000
30 VAR 30	55205.5500	7132.9400
31 VAR 31	48.1918	2774.4900
32 VAR 32	8000.0000	142.2000

Slack Variables:

CONSTR	Value	Cost
39 CONSTR 1	11200.0000	0.0000
40 CONSTR 2	900.0000	0.0000
41 CONSTR 3	6377.6670	0.0000
43 CONSTR 5	8076.3510	0.0000

Fiche 03 : tableau 02.

Fiche 04 : tableau 03.

The first screenshot shows the optimal solution summary report for non-zero variables (tableau 02):

Variable	Value	Cost
45 CONSTR 7	5205.5500	0.0000
47 CONSTR 9	8612.8790	0.0000
48 CONSTR 10	8075.2130	0.0000
49 CONSTR 11	775.3560	0.0000
50 CONSTR 12	2062.2750	0.0000
51 CONSTR 13	8954.8000	0.0000
52 CONSTR 14	10000.0000	0.0000
53 CONSTR 15	8611.7000	0.0000
54 CONSTR 16	4755.1000	0.0000
55 CONSTR 17	1277.8000	0.0000
56 CONSTR 18	9407.0000	0.0000
57 CONSTR 19	16293.9200	0.0000
58 CONSTR 20	12345.0500	0.0000
59 CONSTR 21	16179.0000	0.0000
60 CONSTR 22	13664.0000	0.0000
61 CONSTR 23	8222.0000	0.0000
62 CONSTR 24	6625.0000	0.0000
64 CONSTR 26	1504.8350	0.0000
66 CONSTR 28	3266.3700	0.0000
67 CONSTR 29	1269.0020	0.0000
69 CONSTR 31	5644.8420	0.0000

The second screenshot shows the optimal solution summary report for non-zero variables (tableau 03):

Variable	Value	Cost
71 CONSTR 33	35247.8000	0.0000
72 CONSTR 34	20247.8000	0.0000
73 CONSTR 35	319325.4000	0.0000
76 CONSTR 38	6072.3640	0.0000
77 CONSTR 39	218985.0000	0.0000
78 CONSTR 40	16247.8000	0.0000
79 CONSTR 41	15825.4000	0.0000
80 CONSTR 42	23112.8800	0.0000
83 CONSTR 45	10515.3400	0.0000
84 CONSTR 46	9835.0230	0.0000
85 CONSTR 47	1721.0000	0.0000
86 CONSTR 48	16729.0000	0.0000
87 CONSTR 49	16654.5600	0.0000
88 CONSTR 50	42030.4000	0.0000
89 CONSTR 51	51035.0000	0.0000
90 CONSTR 52	27630.0000	0.0000
91 CONSTR 53	22483.0000	0.0000
92 CONSTR 54	1959.6000	0.0000
94 CONSTR 56	239499.7000	0.0000
95 CONSTR 57	17049.0000	0.0000
96 CONSTR 58	69949.5900	0.0000

Fiche 05 : tableau 04.

Fiche 06 : tableau 05.

The first screenshot shows the optimal solution summary report for non-zero variables (tableau 04):

Variable	Value	Cost
97 CONSTR 59	38804.0600	0.0000
98 CONSTR 60	21150.6200	0.0000
99 CONSTR 61	1494245.0000	0.0000
100 CONSTR 62	64746.2600	0.0000
101 CONSTR 63	59746.2600	0.0000
102 CONSTR 64	110482.9000	0.0000
104 CONSTR 66	16680.0000	0.0000
105 CONSTR 67	122390.0000	0.0000
106 CONSTR 68	34800.0000	0.0000
107 CONSTR 69	46898.1300	0.0000
108 CONSTR 70	62264.0000	0.0000
109 CONSTR 71	61174.7000	0.0000
110 CONSTR 72	2100000.0000	0.0000
111 CONSTR 73	3622.3300	0.0000
112 CONSTR 74	33532.8400	0.0000
113 CONSTR 75	13348.6100	0.0000
115 CONSTR 77	3428.9000	0.0000
116 CONSTR 78	1035.8000	0.0000
117 CONSTR 79	1326.5000	0.0000
118 CONSTR 80	4604.6500	0.0000
119 CONSTR 81	159.2000	0.0000

The second screenshot shows the optimal solution summary report for non-zero variables (tableau 05):

Variable	Value	Cost
104 CONSTR 66	16680.0000	0.0000
105 CONSTR 67	122390.0000	0.0000
106 CONSTR 68	34800.0000	0.0000
107 CONSTR 69	46898.1300	0.0000
108 CONSTR 70	62264.0000	0.0000
109 CONSTR 71	61174.7000	0.0000
110 CONSTR 72	2100000.0000	0.0000
111 CONSTR 73	3622.3300	0.0000
112 CONSTR 74	33532.8400	0.0000
113 CONSTR 75	13348.6100	0.0000
115 CONSTR 77	3428.9000	0.0000
116 CONSTR 78	1035.8000	0.0000
117 CONSTR 79	1326.5000	0.0000
118 CONSTR 80	4604.6500	0.0000
119 CONSTR 81	159.2000	0.0000
120 CONSTR 82	1561.0000	0.0000
121 CONSTR 83	295850800.0000	0.0000
123 CONSTR 85	74074.3800	0.0000
124 CONSTR 86	42946.2200	0.0000

Objective Function Value = 583025400

Fiche 07 : tableau 06.

```

vprog
OPTIMAL SOLUTION - DETAILED REPORT
Constraint Type RHS Slack Shadow price
1 CONSTR 1 <= 11200.0000 11200.0000 0.0000
2 CONSTR 2 <= 900.0000 900.0000 0.0000
3 CONSTR 3 <= 7000.0000 6377.6670 0.0000
4 CONSTR 4 <= 15000.0000 0.0000 -157.8576
5 CONSTR 5 <= 10000.0000 8076.3510 0.0000
6 CONSTR 6 <= 8000.0000 0.0000 -145.8057
7 CONSTR 7 >= 50000.0000 5205.5500 0.0000
8 CONSTR 8 <= 3135.6000 0.0000 -195.7287
9 CONSTR 9 <= 75500.0000 8612.8790 0.0000
10 CONSTR 10 <= 15500.0000 8075.2130 0.0000
11 CONSTR 11 <= 1527.9000 775.3560 0.0000
12 CONSTR 12 <= 2085.3400 2062.2750 0.0000
13 CONSTR 13 <= 10000.0000 8954.8000 0.0000
14 CONSTR 14 <= 10000.0000 10000.0000 0.0000
15 CONSTR 15 <= 8611.7000 8611.7000 0.0000
16 CONSTR 16 <= 4755.1000 4755.1000 0.0000
17 CONSTR 17 <= 1277.8000 1277.8000 0.0000
18 CONSTR 18 <= 9407.0000 9407.0000 0.0000
19 CONSTR 19 <= 18025.6000 16293.9200 0.0000
20 CONSTR 20 <= 16179.0000 12345.0500 0.0000
21 CONSTR 21 <= 16179.0000 16179.0000 0.0000
    
```

Fiche 08 : tableau 07.

```

vprog
OPTIMAL SOLUTION - DETAILED REPORT
Constraint Type RHS Slack Shadow price
22 CONSTR 22 <= 13664.0000 13664.0000 0.0000
23 CONSTR 23 <= 8222.0000 8222.0000 0.0000
24 CONSTR 24 <= 6625.0000 6625.0000 0.0000
25 CONSTR 25 <= 130.7000 0.0000 -781.1031
26 CONSTR 26 <= 1527.9000 1504.8350 0.0000
27 CONSTR 27 <= 165000.0000 0.0000 -25.9222
28 CONSTR 28 <= 3266.3700 3266.3700 0.0000
29 CONSTR 29 <= 66410.0000 1269.0020 0.0000
30 CONSTR 30 <= 3993.0000 0.0000 -1130.8630
31 CONSTR 31 <= 8712.0000 5644.8420 0.0000
32 CONSTR 32 <= 10259.0000 0.0000 -162.4660
33 CONSTR 33 <= 94000.0000 35247.8000 0.0000
34 CONSTR 34 <= 79000.0000 20247.8000 0.0000
35 CONSTR 35 <= 360000.0000 319325.4000 0.0000
36 CONSTR 36 <= 7247.0000 0.0000 -744.0988
37 CONSTR 37 <= 1956.6000 0.0000 -118.2839
38 CONSTR 38 <= 10589.0000 6072.3640 0.0000
39 CONSTR 39 <= 440000.0000 218985.0000 0.0000
40 CONSTR 40 <= 75000.0000 16247.8000 0.0000
41 CONSTR 41 <= 56500.0000 15825.4000 0.0000
42 CONSTR 42 <= 90000.0000 23112.8800 0.0000
    
```

Fiche 09 : tableau 08.

```

vprog
OPTIMAL SOLUTION - DETAILED REPORT
Constraint Type RHS Slack Shadow price
43 CONSTR 43 <= 90388.0000 0.0000 -2250.4830
44 CONSTR 44 <= 653.4500 0.0000 -205.5655
45 CONSTR 45 <= 10664.7000 10515.3400 0.0000
46 CONSTR 46 <= 10015.5000 9835.0230 0.0000
47 CONSTR 47 <= 1721.0000 1721.0000 0.0000
48 CONSTR 48 <= 16729.0000 16729.0000 0.0000
49 CONSTR 49 <= 16654.5600 16654.5600 0.0000
50 CONSTR 50 <= 42030.4000 42030.4000 0.0000
51 CONSTR 51 <= 51035.0000 51035.0000 0.0000
52 CONSTR 52 <= 27630.0000 27630.0000 0.0000
53 CONSTR 53 <= 22483.0000 22483.0000 0.0000
54 CONSTR 54 <= 1959.6000 1959.6000 0.0000
55 CONSTR 55 <= 9524.2500 0.0000 -168.6785
56 CONSTR 56 <= 441000.0000 239499.7000 0.0000
57 CONSTR 57 <= 17049.0000 17049.0000 0.0000
58 CONSTR 58 <= 69949.5900 69949.5900 0.0000
59 CONSTR 59 <= 78000.0000 38804.0600 0.0000
60 CONSTR 60 <= 34952.0100 21150.6200 0.0000
61 CONSTR 61 <= 3040000.0000 1494245.0000 0.0000
62 CONSTR 62 <= 120000.0000 64746.2600 0.0000
63 CONSTR 63 <= 115000.0000 59746.2600 0.0000
    
```

Fiche 10 : tableau 09.

```

vprog
OPTIMAL SOLUTION - DETAILED REPORT
Constraint Type RHS Slack Shadow price
64 CONSTR 64 <= 221000.0000 110482.9000 0.0000
65 CONSTR 65 <= 6905.9000 0.0000 -50.4054
66 CONSTR 66 <= 16680.0000 16680.0000 0.0000
67 CONSTR 67 <= 122390.0000 122390.0000 0.0000
68 CONSTR 68 <= 34800.0000 34800.0000 0.0000
69 CONSTR 69 <= 46898.1300 46898.1300 0.0000
70 CONSTR 70 <= 62264.0000 62264.0000 0.0000
71 CONSTR 71 <= 61174.7000 61174.7000 0.0000
72 CONSTR 72 <= 2100000.0000 2100000.0000 0.0000
73 CONSTR 73 <= 3622.3300 3622.3300 0.0000
74 CONSTR 74 <= 65000.0000 33532.8400 0.0000
75 CONSTR 75 <= 27150.0000 13348.6100 0.0000
76 CONSTR 76 <= 175.9000 0.0000 -28.9223
77 CONSTR 77 <= 5028.9000 3428.9000 0.0000
78 CONSTR 78 <= 1035.8000 1035.8000 0.0000
79 CONSTR 79 <= 1326.5000 1326.5000 0.0000
80 CONSTR 80 <= 4604.6500 4604.6500 0.0000
81 CONSTR 81 <= 159.2000 159.2000 0.0000
82 CONSTR 82 <= 1561.0000 1561.0000 0.0000
83 CONSTR 83 >= 30950.0000 2.9585E+08 0.0000
84 CONSTR 84 >= 8.4236E+08 0.0000 0.9600
    
```

Fiche 11 : tableau 10.

```

vprog
OPTIMAL SOLUTION - DETAILED REPORT
Constraint Type RHS Slack Shadow price
85 CONSTR 85 <= 426405.0000 74074.3800 0.0000
86 CONSTR 86 <= 513741.0000 42946.2200 0.0000

Objective Function Value = 583025400
    
```

Annexe N° 08 : L'optimisation du coût fixe unitaire.

La fonction économique à maximiser est comme suit :

$$\text{Max (Q)} = X_{1,1} + X_{1,2} + X_{1,3} + X_{2,1} + X_{2,2} + X_{2,3} + X_{2,4} + X_{3,1} + X_{3,2} + X_{3,3} + X_{4,1} + X_{5,1} + X_{5,2} + X_{5,3} + X_{6,1} + X_{6,2} + X_{6,3} + X_{7,1} + X_{8,1} + X_{8,2} + X_{9,1} + X_{9,2} + X_{9,3} + X_{9,4} + X_{9,5} + X_{9,6} + X_{9,7} + X_{9,8} + X_{9,9} + X_{9,10} + X_{9,11} + X_{10,1} + X_{10,2} + X_{10,3} + X_{10,4} + X_{10,5} + X_{10,6} + X_{11,1}$$

Le programme linéaire formulé est le suivant:

$\text{Max (Q)} = X_{1,1} + X_{1,2} + X_{1,3} + X_{2,1} + X_{2,2} + X_{2,3} + X_{2,4} + X_{3,1} + X_{3,2} + X_{3,3} + X_{4,1} + X_{5,1} + X_{5,2} + X_{5,3} + X_{6,1} + X_{6,2} + X_{6,3} + X_{7,1} + X_{8,1} + X_{8,2} + X_{9,1} + X_{9,2} + X_{9,3} + X_{9,4} + X_{9,5} + X_{9,6} + X_{9,7} + X_{9,8} + X_{9,9} + X_{9,10} + X_{9,11} + X_{10,1} + X_{10,2} + X_{10,3} + X_{10,4} + X_{10,5} + X_{10,6} + X_{11,1}$

Sous contraintes

$X_{1,2} \leq 11\,200$

$X_{1,3} \leq 900$

$X_{6,1} \leq 7000$

$X_{9,1} + X_{9,2} \leq 15000$

$X_{9,5} \leq 10000$

$X_{9,11} \leq 8000$

$X_{9,10} \geq 50\,000$

$3X_{1,1} + 1,3X_{11,1} \leq 3\,135,60$

$0,74 X_{5,3} \leq 75500$

$0,88 X_{1,1} + 1,04 X_{2,1} + 1X_{5,2} + 0,35X_{8,1} + 0,15X_{11,1} \leq 15500,00$

$0,72 X_{1,1} \leq 1527,90$

$0,3X_{2,1} \leq 2085,34$

$1X_{1,1} \leq 10000,00$

$1,4X_{6,2} \leq 10000,00$

$3X_{1,2} \leq 8611,70$

$0,35X_{1,2} + 0,2X_{1,3} \leq 4755,10$

$0,35X_{1,2} + 0,05X_{1,3} \leq 1277,80$
--

$1 X_{1,2} + 1X_{1,3} \leq 9407,00$

$1X_{1,2} + 0,8X_{1,3} + 0,6X_{8,2} \leq 18025,60$
--

$1 X_{2,3} \leq 16179,00$

$1 X_{8,1} \leq 16179,00$

$$1X_{1,2} + 1X_{1,3} \leq 13664,00$$

$$3,4 X_{1,3} \leq 8222,$$

$$3,6 X_{1,3} \leq 6625,00$$

$$1,7 X_{2,1} \leq 130,70$$

$$0,3X_{2,1} \leq 1527,90$$

$$5,1X_{2,2} + 2,18X_{2,3} + 2,5X_{5,1} + 10,8X_{5,2} + 0,74X_{5,3} + 1,3X_{8,1} \leq 165000$$

$$2,5 X_{5,1} \leq 3266,37$$

$$1,6X_{2,2} + 0,65X_{5,3} \leq 66410$$

$$1 X_{2,2} + 2X_{5,1} \leq 3993,00$$

$$0,8X_{2,3} \leq 8712,00$$

$$1 X_{2,3} + 1X_{5,2} \leq 10259,00$$

$$0,65X_{5,3} \leq 94\ 000$$

$$0,65X_{5,3} \leq 79\ 000$$

$$0,45X_{5,3} \leq 360\ 000$$

$$1,4X_{3,2} \leq 7247,00$$

$$1,2 X_{3,3} \leq 1956,60$$

$$1X_{3,3} + 1X_{7,1} + 1X_{8,2} \leq 10589,00$$

$$4X_{9,10} + 4X_{9,11} \leq 440\ 000,00$$

$$0,65X_{5,3} \leq 75\ 000$$

$$0,45 X_{5,3} \leq 56\ 500$$

$$0,74 X_{5,3} \leq 90\ 000$$

$$1X_{5,3} \leq 90\ 388$$

$$1,05X_{6,1} \leq 653,45$$

$$0,24X_{6,1} \leq 10664,70$$

$$0,29X_{6,1} \leq 10015,50$$

$$0,21X_{6,2} \leq 1721,00$$

$$0,19 X_{6,2} \leq 16729$$

$$0,19 X_{6,2} \leq 16654,56$$

$$0,1 X_{6,2} \leq 42030,4$$

$$0,1 X_{6,2} \leq 51035$$

$$2 X_{6,2} \leq 27630$$

$$4 X_{6,2} \leq 22483$$

$$0,8X_{7,1} \leq 1959,60$$

$$\begin{aligned}
&3,3X_{8,2} \leq 9524,25 \\
&3,5X_{9,2} + 3,65X_{9,10} \leq 441\,000,00 \\
&12X_{9,2} \leq 17049,00 \\
&0,39 X_{9,2} \leq 69949,59 \\
&0,56 X_{9,2} + 0,71X_{9,10} \leq 78\,000,00 \\
&0,20 X_{9,2} + 0,25 X_{9,10} \leq 34952,01 \\
&28X_{9,10} \leq 3\,040\,000,00 \\
&1X_{9,2} + 1X_{9,10} + 1X_{9,11} \leq 120\,000,00 \\
&1X_{10,5} + 1X_{9,10} + 1X_{9,2} + 1X_{9,11} \leq 115\,000,00 \\
&2,1 X_{9,2} + 2X_{9,10} + 2,2X_{9,11} \leq 221\,000,00 \\
&3,59X_{9,5} + 1,18X_{9,9} \leq 6905,90 \\
&1 X_{9,6} \leq 16680,00 \\
&0,84 X_{9,7} \leq 122390,00 \\
&5X_{9,7} \leq 34800,00 \\
&0,07 X_{9,7} \leq 46898,13 \\
&0,21 X_{9,7} \leq 62264,00 \\
&0,21 X_{9,7} \leq 61174,70 \\
&600 X_{9,7} \leq 2100000,00 \\
&0,66X_{9,8} \leq 3622,33 \\
&0,57X_{9,10} \leq 65000,00 \\
&0,25 X_{9,10} \leq 27150,00 \\
&3,65X_{9,11} \leq 175,90 \\
&0,2X_{10,1} \leq 5028,90 \\
&0,06X_{10,3} \leq 1035,80 \\
&0,085X_{10,4} + 1,8X_{10,5} \leq 1326,50 \\
&3,5X_{10,6} \leq 4604,65 \\
&1,3X_{11,1} \leq 159,2 \\
&1,3X_{11,1} \leq 1561,00 \\
&2500 X_{1,1} + 2200 X_{1,2} + 230 X_{1,3} + 1900 X_{2,1} + 1150 X_{2,2} + 1200 X_{2,3} + 600 X_{3,2} + 450 \\
&X_{3,3} + \quad \quad \quad 1800 X_{5,1} + 1800 X_{5,2} + 1800 X_{5,3} + 910 X_{6,1} + 700 X_{7,1} + 1900 X_{8,2} + 750 \\
&X_{9,1} + 750 X_{9,2} + 1250 X_{9,5} + 1530 X_{9,10} + 1200 X_{9,11} + 200 X_{10,1} \geq 30\,950\text{DA.} \\
&5625X_{1,1} + 10,4X_{1,2} + 10,81X_{1,3} + 4000X_{2,1} + 3500X_{2,2} + 3000X_{2,3} + 1500X_{3,2} + 1100X_{3,3} +
\end{aligned}$$

$$3500X_{5.1} + 3500X_{5.2} + 3500X_{5.3} + 2850X_{6.1} + 350X_{7.1} + 4200X_{8.2} + 2000X_{9.1} + 2000X_{9.2} + 2950X_{9.5} + 7430X_{9.10} + 3000X_{9.11} + 300X_{10.1} \geq 842\,360\,000,00.$$

$$3,83X_{1.1} + 3,66X_{1.2} + 3,66X_{1.3} + 3,66X_{2.1} + 2,5X_{2.2} + 1,83X_{2.3} + 2,41X_{2.4} + 0,53X_{3.1} + 0,95X_{3.2} + 0,66X_{3.3} + 2,33X_{4.1} + 3X_{5.1} + 2,5X_{5.2} + 1,5X_{5.3} + 2,33X_{6.1} + 3,66X_{6.2} + 1,13X_{6.3} + 0,66X_{7.1} + 1,33X_{8.1} + 3,16X_{8.2} + 1,1X_{9.1} + 2,33X_{9.2} + 1,1X_{9.3} + 2X_{9.4} + 2,56X_{9.5} + 0,75X_{9.6} + 0,98X_{9.7} + 1,33X_{9.8} + 0,98X_{9.9} + 2,5X_{9.10} + 2,5X_{9.11} + 0,41X_{10.1} + 0,16X_{10.2} + 0,083X_{10.3} + 0,05X_{10.4} + 1,25X_{10.5} + 0,083X_{10.6} + 1,33X_{11.1} \leq 426\,405,03.$$

$$4,46X_{1.1} + 4,29X_{1.2} + 4,29X_{1.3} + 4,29X_{2.1} + 3,13X_{2.2} + 2,46X_{2.3} + 3,04X_{2.4} + 1,16X_{3.1} + 0,58X_{3.2} + 1,29X_{3.3} + 2,96X_{4.1} + 3,63X_{5.1} + 3,13X_{5.2} + 2,13X_{5.3} + 2,96X_{6.1} + 4,29X_{6.2} + 1,76X_{6.3} + 1,29X_{7.1} + 1,96X_{8.1} + 3,79X_{8.2} + 1,73X_{9.1} + 2,96X_{9.2} + 1,73X_{9.3} + 2,63X_{9.4} + 3,19X_{9.5} + 1,38X_{9.6} + 1,61X_{9.7} + 1,96X_{9.8} + 1,61X_{9.9} + 3,13X_{9.10} + 3,13X_{9.11} + 1,04X_{10.1} + 0,79X_{10.2} + 0,713X_{10.3} + 0,68X_{10.4} + 1,88X_{10.5} + 0,713X_{10.6} + 1,96X_{11.1} \leq 513\,741\text{ H.}$$

$$X_{1.1}, X_{1.2}, X_{1.3}, X_{2.1}, X_{2.2}, X_{2.3}, X_{2.4}, X_{3.1}, X_{3.2}, X_{3.3}, X_{4.1}, X_{5.1}, X_{5.2}, X_{5.3}, X_{6.1}, X_{6.2}, X_{6.3}, X_{7.1}, X_{8.1}, X_{8.2}, X_{9.1}, X_{9.2}, X_{9.3}, X_{9.4}, X_{9.5}, X_{9.6}, X_{9.7}, X_{9.8}, X_{9.9}, X_{9.10}, X_{9.11}, X_{10.1}, X_{10.2}, X_{10.3}, X_{10.4}, X_{10.5}, X_{10.6}, X_{11.1} \geq 0.$$

Annexe N°09 : La solution du programme de maximisation des quantités produites.

Fiche01 : le programme linéaire.

Fiche 02 : tableau 01.

STORM EDITOR : Linear & Integer Programming Module

Title : vprog
 Number of variables : 38
 Number of constraints : 86
 Starting solution given : YES
 Objective type (MAX/MIN) : MAX

RI	C1	VAR 1	VAR 2	VAR 3	VAR 4	VAR 5	VAR 6
OBJ COEFF		1.	1.	1.	1.	1.	1.
CONSTR 1		0.	1.	0.	0.	0.	0.
CONSTR 2		0.	0.	1.	0.	0.	0.
CONSTR 3		0.	0.	0.	0.	0.	0.
CONSTR 4		0.	0.	0.	0.	0.	0.
CONSTR 5		0.	0.	0.	0.	0.	0.
CONSTR 6		0.	0.	0.	0.	0.	0.
CONSTR 7		0.	0.	0.	0.	0.	0.
CONSTR 8		3.	0.	0.	0.	0.	0.
CONSTR 9		0.	0.	0.	0.	0.	0.
CONSTR 10		0.88	0.	0.	1.04	0.	0.
CONSTR 11		0.72	0.	0.	0.	0.	0.
CONSTR 12		0.	0.	0.	0.3	0.	0.
CONSTR 13		1.	0.	0.	0.	0.	0.
CONSTR 14		0.	0.	0.	0.	0.	0.

vprog
 OPTIMAL SOLUTION - SUMMARY REPORT (NONZERO VARIABLES)

Variable	Value	Cost
9 VAR 9	5176.4290	1.0000
14 VAR 14	7974.1840	1.0000
30 VAR 30	108571.4000	1.0000
33 VAR 33	164640.9000	1.0000
34 VAR 34	17263.3300	1.0000
35 VAR 35	15605.8800	1.0000
37 VAR 37	1315.6140	1.0000

Slack Variables

CONSTR	Value	Cost
39 CONSTR 1	11200.0000	0.0000
40 CONSTR 2	900.0000	0.0000
41 CONSTR 3	7000.0000	0.0000
42 CONSTR 4	15000.0000	0.0000
43 CONSTR 5	10000.0000	0.0000
44 CONSTR 6	8000.0000	0.0000
45 CONSTR 7	58571.4300	0.0000
46 CONSTR 8	3135.6000	0.0000
47 CONSTR 9	69599.1000	0.0000
48 CONSTR 10	15500.0000	0.0000
49 CONSTR 11	1527.9000	0.0000
50 CONSTR 12	2085.3400	0.0000

Fiche 03 : tableau 02.

Fiche 04 : tableau 03.

vprog
 OPTIMAL SOLUTION - SUMMARY REPORT (NONZERO VARIABLES)

Variable	Value	Cost
51 CONSTR 13	10000.0000	0.0000
52 CONSTR 14	10000.0000	0.0000
53 CONSTR 15	8611.7000	0.0000
54 CONSTR 16	4755.1000	0.0000
55 CONSTR 17	1277.8000	0.0000
56 CONSTR 18	9407.0000	0.0000
57 CONSTR 19	18025.6000	0.0000
58 CONSTR 20	16179.0000	0.0000
59 CONSTR 21	16179.0000	0.0000
60 CONSTR 22	13664.0000	0.0000
61 CONSTR 23	8222.0000	0.0000
62 CONSTR 24	6625.0000	0.0000
63 CONSTR 25	130.7000	0.0000
64 CONSTR 26	1527.9000	0.0000
65 CONSTR 27	159099.1000	0.0000
66 CONSTR 28	3266.3700	0.0000
67 CONSTR 29	61226.7800	0.0000
68 CONSTR 30	3993.0000	0.0000
69 CONSTR 31	8712.0000	0.0000
70 CONSTR 32	10259.0000	0.0000
71 CONSTR 33	88816.7800	0.0000

vprog
 OPTIMAL SOLUTION - SUMMARY REPORT (NONZERO VARIABLES)

Variable	Value	Cost
72 CONSTR 34	73816.7800	0.0000
73 CONSTR 35	356411.6000	0.0000
75 CONSTR 37	1956.6000	0.0000
76 CONSTR 38	10589.0000	0.0000
77 CONSTR 39	5714.2860	0.0000
78 CONSTR 40	69816.7800	0.0000
79 CONSTR 41	52911.6200	0.0000
80 CONSTR 42	84099.1000	0.0000
81 CONSTR 43	82413.8200	0.0000
82 CONSTR 44	653.4500	0.0000
83 CONSTR 45	10664.7000	0.0000
84 CONSTR 46	10015.5000	0.0000
85 CONSTR 47	1721.0000	0.0000
86 CONSTR 48	16729.0000	0.0000
87 CONSTR 49	16654.5600	0.0000
88 CONSTR 50	42030.4000	0.0000
89 CONSTR 51	51035.0000	0.0000
90 CONSTR 52	27630.0000	0.0000
91 CONSTR 53	22483.0000	0.0000
92 CONSTR 54	1959.6000	0.0000
93 CONSTR 55	9524.2500	0.0000

Fiche 05 : tableau 04.

Fiche 06 : tableau 05.

vprog
 OPTIMAL SOLUTION - SUMMARY REPORT (NONZERO VARIABLES)

Variable	Value	Cost
94 CONSTR 56	44714.2800	0.0000
95 CONSTR 57	17049.0000	0.0000
96 CONSTR 58	69949.5900	0.0000
97 CONSTR 59	914.2880	0.0000
98 CONSTR 60	7809.1550	0.0000
100 CONSTR 62	11428.5700	0.0000
101 CONSTR 63	6428.5710	0.0000
102 CONSTR 64	3857.1430	0.0000
103 CONSTR 65	6905.9000	0.0000
104 CONSTR 66	16680.0000	0.0000
105 CONSTR 67	122390.0000	0.0000
106 CONSTR 68	34800.0000	0.0000
107 CONSTR 69	46898.1300	0.0000
108 CONSTR 70	62264.0000	0.0000
109 CONSTR 71	61174.7000	0.0000
110 CONSTR 72	2100000.0000	0.0000
111 CONSTR 73	3622.3300	0.0000
112 CONSTR 74	3114.2860	0.0000
113 CONSTR 75	7.1429	0.0000
114 CONSTR 76	175.9000	0.0000
115 CONSTR 77	5028.9000	0.0000

vprog
 OPTIMAL SOLUTION - SUMMARY REPORT (NONZERO VARIABLES)

Variable	Value	Cost
101 CONSTR 63	6428.5710	0.0000
102 CONSTR 64	3857.1430	0.0000
103 CONSTR 65	6905.9000	0.0000
104 CONSTR 66	16680.0000	0.0000
105 CONSTR 67	122390.0000	0.0000
106 CONSTR 68	34800.0000	0.0000
107 CONSTR 69	46898.1300	0.0000
108 CONSTR 70	62264.0000	0.0000
109 CONSTR 71	61174.7000	0.0000
110 CONSTR 72	2100000.0000	0.0000
111 CONSTR 73	3622.3300	0.0000
112 CONSTR 74	3114.2860	0.0000
113 CONSTR 75	7.1429	0.0000
114 CONSTR 76	175.9000	0.0000
115 CONSTR 77	5028.9000	0.0000
119 CONSTR 81	159.2000	0.0000
120 CONSTR 82	1561.0000	0.0000
121 CONSTR 83	183542700.0000	0.0000
123 CONSTR 85	109432.7000	0.0000

Objective Function Value = 320547.7

Fiche 07 : tableau 06.

vprog					
OPTIMAL SOLUTION - DETAILED REPORT					
Constraint	Type	RHS	Slack	Shadow price	
1	CONSTR	1	<= 11200.0000	11200.0000	0.0000
2	CONSTR	2	<= 900.0000	900.0000	0.0000
3	CONSTR	3	<= 7000.0000	7000.0000	0.0000
4	CONSTR	4	<= 15000.0000	15000.0000	0.0000
5	CONSTR	5	<= 10000.0000	10000.0000	0.0000
6	CONSTR	6	<= 8000.0000	8000.0000	0.0000
7	CONSTR	7	>= 50000.0000	58571.4300	0.0000
8	CONSTR	8	<= 3135.6000	3135.6000	0.0000
9	CONSTR	9	<= 75500.0000	69599.1000	0.0000
10	CONSTR	10	<= 15500.0000	15500.0000	0.0000
11	CONSTR	11	<= 1527.9000	1527.9000	0.0000
12	CONSTR	12	<= 2085.3400	2085.3400	0.0000
13	CONSTR	13	<= 10000.0000	10000.0000	0.0000
14	CONSTR	14	<= 10000.0000	10000.0000	0.0000
15	CONSTR	15	<= 8611.7000	8611.7000	0.0000
16	CONSTR	16	<= 4755.1000	4755.1000	0.0000
17	CONSTR	17	<= 1277.8000	1277.8000	0.0000
18	CONSTR	18	<= 9407.0000	9407.0000	0.0000
19	CONSTR	19	<= 18025.6000	18025.6000	0.0000
20	CONSTR	20	<= 16179.0000	16179.0000	0.0000
21	CONSTR	21	<= 16179.0000	16179.0000	0.0000

Fiche 08 : tableau 07.

vprog					
OPTIMAL SOLUTION - DETAILED REPORT					
Constraint	Type	RHS	Slack	Shadow price	
22	CONSTR	22	<= 13664.0000	13664.0000	0.0000
23	CONSTR	23	<= 8222.0000	8222.0000	0.0000
24	CONSTR	24	<= 6625.0000	6625.0000	0.0000
25	CONSTR	25	<= 130.7000	130.7000	0.0000
26	CONSTR	26	<= 1527.9000	1527.9000	0.0000
27	CONSTR	27	<= 165000.0000	159099.1000	0.0000
28	CONSTR	28	<= 3266.3700	3266.3700	0.0000
29	CONSTR	29	<= 66410.0000	61226.7800	0.0000
30	CONSTR	30	<= 3993.0000	3993.0000	0.0000
31	CONSTR	31	<= 8712.0000	8712.0000	0.0000
32	CONSTR	32	<= 10259.0000	10259.0000	0.0000
33	CONSTR	33	<= 94000.0000	88816.7800	0.0000
34	CONSTR	34	<= 79000.0000	73816.7800	0.0000
35	CONSTR	35	<= 360000.0000	356411.6000	0.0000
36	CONSTR	36	<= 7247.0000	0.0000	0.7091
37	CONSTR	37	<= 1956.6000	1956.6000	0.0000
38	CONSTR	38	<= 10589.0000	10589.0000	0.0000
39	CONSTR	39	<= 440000.0000	5714.2860	0.0000
40	CONSTR	40	<= 75000.0000	69816.7800	0.0000
41	CONSTR	41	<= 56500.0000	52911.6200	0.0000
42	CONSTR	42	<= 90000.0000	84099.1000	0.0000

Fiche 09 : tableau 08.

vprog					
OPTIMAL SOLUTION - DETAILED REPORT					
Constraint	Type	RHS	Slack	Shadow price	
43	CONSTR	43	<= 90388.0000	82413.8200	0.0000
44	CONSTR	44	<= 653.4500	653.4500	0.0000
45	CONSTR	45	<= 10664.7000	10664.7000	0.0000
46	CONSTR	46	<= 10015.5000	10015.5000	0.0000
47	CONSTR	47	<= 1721.0000	1721.0000	0.0000
48	CONSTR	48	<= 16729.0000	16729.0000	0.0000
49	CONSTR	49	<= 16654.5600	16654.5600	0.0000
50	CONSTR	50	<= 42030.4000	42030.4000	0.0000
51	CONSTR	51	<= 51035.0000	51035.0000	0.0000
52	CONSTR	52	<= 27630.0000	27630.0000	0.0000
53	CONSTR	53	<= 22483.0000	22483.0000	0.0000
54	CONSTR	54	<= 1959.6000	1959.6000	0.0000
55	CONSTR	55	<= 9524.2500	9524.2500	0.0000
56	CONSTR	56	<= 441000.0000	44714.2800	0.0000
57	CONSTR	57	<= 17049.0000	17049.0000	0.0000
58	CONSTR	58	<= 69949.5900	69949.5900	0.0000
59	CONSTR	59	<= 78000.0000	914.2800	0.0000
60	CONSTR	60	<= 34952.0100	7809.1550	0.0000
61	CONSTR	61	<= 3040000.0000	0.0000	0.0228
62	CONSTR	62	<= 120000.0000	11428.5700	0.0000
63	CONSTR	63	<= 115000.0000	6428.5710	0.0000

Fiche 10 : tableau 09.

vprog					
OPTIMAL SOLUTION - DETAILED REPORT					
Constraint	Type	RHS	Slack	Shadow price	
64	CONSTR	64	<= 221000.0000	3857.1430	0.0000
65	CONSTR	65	<= 6905.9000	6905.9000	0.0000
66	CONSTR	66	<= 16680.0000	16680.0000	0.0000
67	CONSTR	67	<= 122390.0000	122390.0000	0.0000
68	CONSTR	68	<= 34800.0000	34800.0000	0.0000
69	CONSTR	69	<= 46898.1300	46898.1300	0.0000
70	CONSTR	70	<= 62264.0000	62264.0000	0.0000
71	CONSTR	71	<= 61174.7000	61174.7000	0.0000
72	CONSTR	72	<= 2100000.0000	2100000.0000	0.0000
73	CONSTR	73	<= 3622.3300	3622.3300	0.0000
74	CONSTR	74	<= 65000.0000	3114.2860	0.0000
75	CONSTR	75	<= 27150.0000	7.1429	0.0000
76	CONSTR	76	<= 175.9000	175.9000	0.0000
77	CONSTR	77	<= 5028.9000	5028.9000	0.0000
78	CONSTR	78	<= 1035.8000	0.0000	1.6245
79	CONSTR	79	<= 1326.5000	0.0000	1.6381
80	CONSTR	80	<= 4604.6500	0.0000	0.0278
81	CONSTR	81	<= 159.2000	159.2000	0.0000
82	CONSTR	82	<= 1561.0000	1561.0000	0.0000
83	CONSTR	83	>= 30950.0000	1.8354E+08	0.0000
84	CONSTR	84	>= 8.4236E+08	0.0000	-4.8463E-04

Fiche 11 : tableau 10.

vprog					
OPTIMAL SOLUTION - DETAILED REPORT					
Constraint	Type	RHS	Slack	Shadow price	
85	CONSTR	85	<= 426405.0000	109432.7000	0.0000
86	CONSTR	86	<= 513741.0000	0.0000	1.2658

Objective Function Value = 320547.7

Annexe N°10 : Les résultats sur les variables d'écart et la valeur marginale du programme de minimisation du coût variable.

Intitulé des contraintes	ressources disponibles	le reste de stock (variables d'écart)	%des ressources utilisées	prix dual (valeur marginal)
Part de marché costume tenue hiver H « officier supérieur »	11 200	11 200	0	0
Part de marché costume femme « vareuse+pantalon+jupe »	900	900	0	0
Part de marché blouson de travail	7 000	6 377,66	8,89057143	0
Part de marché tenue de sécurité	10 000	8 076,35	19,2365	0
Engagement de l'entreprise treillis ignifuge	50 000	5 205,55	89,5889	0
Tissu cachemire importé, de colleur beige et d'une laize de 1,5	75 500	8 612,87	88,5922252	0
Toile thermocollante importée, de colleur noir et d'une laize de 1,5	15 500	8 075,21	47,901871	0
Plastron, fournie par un seul fournisseur, de colleur beige et d'une laize de 0,8	1 527,9	775,35	49,2538779	0
Feutrine importée, de colleur 050 et d'une laize de 0,9	2 085,34	2 062,27	1,10629442	0
Crochet importé de liguria, de colleur métal et d'une laize de p	10 000	8 954,8	10,452	0
Tissu réversible pour la direction générale de la protection civile (DGPC) fournis par le fournisseur de Khenchela, de colleur bleu nuit et d'une laize de 1,5	10 000	10 000	0	0
Tissu importé de Paulo Doliveira, d'une laize de 1,5	8 611,7	8 611,7	0	0
Feutrine importée, de colleur 50 blancs et d'une laize de 0,9	4 755,1	4 755,1	0	0
Feutrine collante importée, de colleur 416 et d'une laize de 0,9	1 277,8	1 277,8	0	0
Griffe de marque importée pour chaque article, de colleur 3*3 et d'une laize de 9cm	9 407	9 407	0	0
Cigarette importée, de colleur blanc et d'une laize de 10mm	18 025,6	16 293,92	9,60678147	0
Griffe de marque fournie par un seul fournisseur, d'une laize de p	16 179	12 345,05	23,6970765	0

Griffe de marque fournie par un seul fournisseur, de couleur grise et d'une laize de 4,5	16 179	16 179	0	0
Crochet importé pour chaque article, de colleur métal	13 664	13 664	0	0
Tissu Paulo Dolivera importé, de colleur 3608 et d'une laize de 1,5	8 222,6	8 222	0,00729696	0
Bande commandement ignifuge importée de a/ bender, de colleur bleu marin et d'une laize de 45mm	6 625	6 625	0	0
Plastron fourni par un seul fournisseur, de colleur beige et d'une laize de 0,8	1 527,9	15 04,83	1,50991557	0
Tissu cachemire, de colleur marron et d'une laize de 1,5	3 266,37	3 266,37	0	0
Doublure fourni par un seul fournisseur, de colleur vert et d'une laize de 1,5	66 410	1 269,002	98,0891402	0
Cigarette importée, de colleur blanc et d'une laize de 10	8 712	5 644,84	35,2061524	0
Doublure importée, de colleur 18 et d'une laize de 1,5	94 000	35 247,8	62,5023404	0
Doublure importée, de colleur 32 et d'une laize de 1,5	79 000	20 247,8	74,3698734	0
Tissu promo griffe importé, de colleur 44 et d'une laize de 1,5	360 000	319 325,4	11,2985	0
Griffe de marque fournie sur une commande, de colleur 02 gris et d'une laize de 1,6*7,5	10 589	6 072,36	42,654075	0
Œillet pour chaque article fourni par un seul fournisseur, de colleur v/bronze	440 000	218 975	50,2329545	0
Doublure importée, de colleur 29 et d'une laize de 1,5	75 000	16 247,8	78,3362667	0
Tissu cachemire importé, de colleur 168 et d'une laize de 1,5	56 500	15 825,4	71,9904425	0
Tissu importé, de colleur 23 et d'une laize de 1,5	90 000	23 112,88	74,3190222	0
Toile thermocollante importée, de colleur blanc et d'une laize de 1,5	10 664,7	10 515,34	1,40050822	0
Plastron fourni par un seul fournisseur, de colleur beige et d'une laize de 1,5	10 015,5	9 835,023	1,80197694	0
Tissu rétro importé, de colleur g/argent et d'une laize de 1,5	1 721	1 721	0	0

Applixe mâle importée, de a/France, de colleur bleu nuit d'une laize de 50mm	16 729	16 729	0	0
Applixe femelle importée, de a/France, de colleur bleu nuit d'une laize de 50 mm	16 654,56	16 654,56	0	0
Applixe mâle importée, de a/France, de colleur bleu nuit d'une laize de 25mm	42 030,4	42 030,4	0	0
Applixe femelle importée, de a/France, de colleur bleu nuit d'une laize de 25 mm	51 035	51 035	0	0
Emblème manche pc, de colleur vbr et d'une laize de p	27 630	27 630	0	0
Emblème poitrine pc, de colleur bleu marin et d'une laize de p	22 483	22 483	0	0
Tissu pour direction générale de la sûreté nationale (DGSN) ou costume HG fourni par un seul fournisseur, de colleur bleu nuit et d'une laize de 1,5	1 959,6	1 959,6	0	0
Tissu ignifuge pour la direction générale de la protection civile (DGPC) fourni par un seul fournisseur, de colleur bleu/DGPC et d'une laize de 1,5	441 000	239 499,7	45,691678	0
Œillet importée pour les tenus de la direction générale de la protection civile (DGPC), de colleur bronze et d'une laize de 1,3	17 049	17 049	0	0
Applixe mâle importée, de a/bender, de colleur bleu marin et d'une laize de 25 mm	69 949,59	69 949,59	0	0
Applixe femelle importée, de a/bender, de colleur bleu marin et d'une laize de 25 mm	78 000	38 804,06	50,2512051	0
Applixe femelle importée, de a/bender, de colleur bleu marin et d'une laize de 50 mm	34 952,01	21 150,62	39,4866847	0
Fil maintien importé, de schappe, de colleur 339 bleus marins et d'une laize de 78/3, conne de 5000 ml	3 040 000	1 494 245	50,8472039	0
Écusson manche pour chaque article, fourni par un seul fournisseur, de colleur bleu marin	120 000	64 746,26	46,0447833	0

Écusson emblème pour chaque article, fourni par un seul fournisseur, de colleur bleu marin	115 000	59 746,26	48,0467304	0
Bande rétro importée, de a/bender, de colleur g/argent et d'une laize de 30 mm	221 000	110 482,9	50,0077376	0
Griffe de marque, fourni par un seul fournisseur, de colleur vert	16 680	16 680	0	0
Tissu ignifuge fourni par un seul fournisseur, de colleur bleu DGPC et d'une laize de 1,5	122 390	122 390	0	0
Bouton à pression importée pour la direction générale de la protection civile (DGPC), de colleur noir et d'une laize de 15 mm	34 800	34 800	0	0
Applix importée, de a/bender, de colleur bleu marin et d'une laize de 50mm	46 898,13	46 898,13	0	0
Applix mâle importée, de a/bender, de colleur bleu marin et d'une laize de 25mm	62 264	62 264	0	0
Applix femelle importée, de a/bender, de colleur bleu marin et d'une laize de 25mm	61 174,7	61 174,7	0	0
Fil à coudre importé, de chape, de colleur 4231 et d'une conne de 5000	2 100 000	2 100 000	0	0
Tissu secondaire importé de Eurl mpc, de colleur orange et d'une laize de 1,5mm	3 622,33	3 622,33	0	0
Applix importée, de a/bender, de colleur bleu marin et d'une laize de 25mm	65 000	33 532,84	48,4110154	0
Applix importée, de a/bender, de colleur bleu marin et d'une laize de 50mm	27 150	13 348,61	50,833849	0
Tissu fourni par un seul fournisseur, de colleur blanc et d'une laize de 1,5	5 028,9	3 428,9	31,8161029	0
Feutre importé, de colleur noir et d'une laize de 1,00	1 035,8	1 035,8	0	0
Tissu fourni par un seul fournisseur, de colleur jaune et d'une laize de 1,5	1 326,5	1 326,5	0	0
Tissu fourni par un seul fournisseur, de colleur blanc et d'une laize de 1,5	4 604,65	4 604,65	0	0

Tissu importé, de p-olviera, de colleur 82 et d'une laize de 1,50 mm	159,2	159,2	0	0
Tissu importé, de p-olviera, de colleur 60519 et d'une laize de 1,50 mm	1 561	1 561	0	0
Budget prévisionnel de fabrication	30 950	2,95	99,9904685	0
Temps de fonctionnement des machines	426 405,03	74 074,38	82,6281646	0
Nombre d'heures de mains d'œuvres disponibles	513 741	42 946,22	91,640492	0

Annexe N°11: Les résultats sur les variables d'écart et la valeur marginale du programme d'optimisation de la production.

Les contraintes	ressources disponibles	le reste de stock (variables d'écart)	% des ressources utilisées	prix dual (valeur marginal)
Part de marché costume tenue hiver H « officier supérieur »	11 200	11 200	0	0
Part de marché costume femme « vareuse+pantalon+jupe »	900	900	0	0
Part de marché blouson de travail	7 000	7 000	0	0
Part de marché combinaison de travail et combinaison pilote	15 000	15 000	0	0
Part de marché tenue de sécurité	10 000	10 000	0	0
Engagement de l'entreprise treillis ignifuge	50 000	58 571,43	-	0
Part de marché casquette homme	8 000	8 000	0	0
Tissu Biskra de colleur bleu nuit d'une laize de 1,5	3 135,6	3 135,6	0	0
Tissu cachemire importé, de colleur beige et d'une laize de 1,5	75 500	69 599,1	7,8157616	0
Toile thermocollante importée, de colleur noir et d'une laize de 1,5	15 500	15 500	0	0
Plastron, fournie par un seul fournisseur, de colleur beige et d'une laize de 0,8	1 527,9	1 527,9	0	0
Feutrine importée, de colleur 050 et d'une laize de 0,9	2 085,34	2 085,34	0	0
Crochet importé de liguria, de colleur métal et d'une laize de p	10 000	10 000	0	0
Tissu réversible pour la direction générale de la protection civile (DGPC) fournis par le fournisseur de Khenchela, de colleur bleu nuit et d'une laize de 1,5	10 000	10 000	0	0
Tissu importé Paulo Doliveira, d'une laize de 1,5	8 611,7	8 611,7	0	0
Feutrine importée, de colleur 50 blancs et d'une laize de 0,9	4 755,1	4 755,1	0	0
Feutrine collante importée, de colleur 416 et d'une laize de 0,9	1 277,8	1 277,8	0	0
Griffe de marque importée pour chaque article, de colleur 3*3 et d'une laize de 9cm	9 407	9 407	0	0

Cigarette importée, de colleur blanc et d'une laize de 10mm	18 025,6	18 025,6	0	0
Griffe de marque fournie par un seul fournisseur, d'une laize de p	16 179	16 179	0	0
Griffe de marque fournie par un seul fournisseur, de couleur grise et d'une laize de 4,5	16 179	16 179	0	0
Crochet importée pour chaque article, de colleur métal	13 664	13 664	0	0
Tissu Paulo Dolivera importé, de colleur 3608 et d'une laize de 1,5	8 222,6	8 222	0,007297	0
Bande commandement ignifuge importée de a/ bender, de colleur bleu marin et d'une laize de 45mm	6 625	6 625	0	0
Tissu sekal importé, de colleurs divers et d'une laize de 1,5	130,7	130,7	0	0
Plastron fourni par un seul fournisseur, de colleur beige et d'une laize de 0,8	1 527,9	1 527,9	0	0
Tissu cachemire importé, de colleurs divers et d'une laize de 1,5	165 000	159 099,1	3,576303	0
Tissu cachemire, de colleur marron et d'une laize de 1,5	3 266,37	3 266,37	0	0
Doublure fournie par un seul fournisseur, de colleur vert et d'une laize de 1,5	66 410	61 226,78	7,8048788	0
Griffe de marque fournie par un seul fournisseur	3 993	3 993	0	0
Cigarette importée, de colleur blanc et d'une laize de 10	8 712	8 712	0	0
Griffe de marque et d'une laize de p	10 259	10 259	0	0
Doublure importée, de colleur 18 et d'une laize de 1,5	94 000	88 816,78	5,5140638	0
Doublure importée, de colleur 32 et d'une laize de 1,5	79 000	73 816,78	6,561038	0
Tissu promo griffe importé, de colleur 44 et d'une laize de 1,5	360 000	356 411,6	0,9967778	0

Tissu (pour DGSN et costume HG) fourni par un seul fournisseur, de colleur 1/2 et d'une laize de 1,5	1 956,6	1 956,6	0	0
Griffe de marque fournie sur une commande, de colleur 02 gris et d'une laize de 1,6*7,5	10 589	10 589	0	0
Œillet fournie par un seul fournisseur, de colleur v/bronze	440 000	5 714,286	98,701299	0
Doublure importée, de colleur 29 et d'une laize de 1,5	75 000	69 816,78	6,91096	0
Tissu cachemire importé, de colleur 168 et d'une laize de 1,5	56 500	52 911,62	6,351115	0
Tissu importé, de colleur 23 et d'une laize de 1,5	90 000	84 099,1	6,5565556	0
Griffe de marque fournie par un seul fournisseur et d'une laize de 1,5	90 388	82 413,82	8,8221667	0
Doublure fournie par un seul fournisseur, de colleur b/police et d'une laize de 1,48	653,45	653,45	0	0
Toile thermocollante importée, de colleur blanc et d'une laize de 1,5	10 664,7	10 664,7	0	0
Plastron fourni par un seul fournisseur, de colleur beige et d'une laize de 1,5	10 015,5	10 015,5	0	0
Tissu rétro importé, de colleur g/argent et d'une laize de 1,5	1 721	1 721	0	0
Applixe mâle importée, de a/France, de colleur bleu nuit d'une laize de 50mm	16 729	16 729	0	0
Applixe femelle importée, de a/France, de colleur bleu nuit d'une laize de 50mm	16 654,56	16 654,56	0	0
Applixe mâle importée, de a/France, de colleur bleu nuit d'une laize de 25mm	42 030,4	42 030,4	0	0
Applixe femelle importée, de a/France, de colleur bleu nuit d'une laize de 25mm	51 035	51 035	0	0
Emblème manche pc, de colleur vbr et d'une laize de p	27 630	27 630	0	0
Emblème poitrine pc, de colleur bleu marin et d'une laize de p	22 483	22 483	0	0

Tissu pour direction générale de la sûreté nationale (DGSN) ou costume HG fourni par un seul fournisseur, de colleur 0,5 et d'une laize de 1,5	1 959,6	1 959,6	0	
Tissu pour direction générale de la sûreté nationale (DGSN) ou costume HG fourni par un seul fournisseur, de colleur bleu nuit et d'une laize de 1,5	9 524,25	9 524,25	0	0
Tissu ignifuge pour la direction générale de la protection civile (DGPC) fourni par un seul fournisseur, de colleur bleu/DGPC et d'une laize de 1,5	441 000	44 714,28	89,860707	0
Œillet importée pour les tenus de la direction générale de la protection civile (DGPC), de colleur bronze et d'une laize de 1,3	17 049	17 049	0	0
Applix mâle importée, de a/bender, de colleur bleu marin et d'une laize de 25mm	69 949,59	69 949,59	0	0
Applix femelle importée, de a/bender, de colleur bleu marin et d'une laize de 25mm	78 000	914,288	98,827836	0
Applix femelle importée, de a/bender, de colleur bleu marin et d'une laize de 50mm	34 952,01	7 809,155	77,657494	0
Écusson manche pour chaque article, fourni par un seul fournisseur, de colleur bleu marin	120 000	11 428,57	90,476192	0
Écusson emblème pour chaque article, fourni par un seul fournisseur, de colleur bleu marin	115 000	6 428,571	94,409938	0
Bande rétro importée, de a/bender de colleur g/argent et d'une laize de 30mm	221 000	3 857,143	98,254686	0
Tissu fourni par un seul fournisseur, de colleur bleu nuit 5471 et d'une laize de 1,5	6 905,9	6 905,9	0	0
Griffe de marque, fournie par un seul fournisseur, de colleur vert	16 680	16 680	0	0
Tissu ignifuge fourni par un seul fournisseur, de colleur bleu DGPC et d'une laize de 1,5 :	122 390	122 390	0	0

Bouton à pression importée pour la direction générale de la protection civile (DGPC), de colleur noir et d'une laize de 15 mm	34 800	34 800	0	0
Applixe importée, de a/bender, de colleur bleu marin et d'une laize de 50mm	46 898,13	46 898,13	0	0
Applixe mâle importée, de a/bender, de colleur bleu marin et d'une laize de 25mm	62 264	62 264	0	0
Applixe femelle importée, de a/bender, de colleur bleu marin et d'une laize de 25mm	61 174,7	61 174,7	0	0
Fil à coudre importé, de chape, de colleur 4231 et d'une conne de 5000	2 100 000	2 100 000	0	0
Tissu secondaire importé de Eurl mpc, de colleur orange et d'une laize de 1,5mm	3 622,33	3 622,33	0	0
Applixe importée, de a/bender, de colleur bleu marin et d'une laize de 25mm	65 000	3 114,286	95,208791	0
Applixe importée, de a/bender, de colleur bleu marin et d'une laize de 50mm	27 150	7,1429	99,973691	0
Tissu ignifuge pour la direction générale de la protection civile (DGPC), fourni par un seul fournisseur, de colleur bleu nuit et d'une laize de 1,49	175,9	175,9	0	0
Tissu fourni par un seul fournisseur, de colleur blanc et d'une laize de 1,5	5 028,9	5 028,9	0	0
Tissu importé, de p-olviera, de colleur 82 et d'une laize de 1,50mm	159,2	159,2	0	0
Tissu importé, de p-olviera, de colleur 60519 et d'une laize de 1,50mm	1 561	1 561	0	0
Budget prévisionnel de fabrication.	30 950	1,8354	99,99407	0
Temps de fonctionnement des machines.	426 405,03	109 432,7	74,335973	0

Annexe N°12 :

Les documents de l'entreprise Alcost

Résumé

L'évolution de l'environnement concurrentielle caractérisée par une forte mutation économique et sociale; de ce fait, les entreprises nationales et dans l'objectif d'être compétitives, des réformes et des mesures d'accompagnement ont été lancées par le ministère de l'industrie dans le cadre de la mise à niveau de ces entreprises afin d'être en mesure de faire face aux entreprises concurrentes. Dans ce contexte, nous avons trouvé particulièrement primordiale de s'intéresser à une entreprise où les gestionnaires de cette organisation ont montré un intérêt pour un travail de recherche les concernant, à savoir l'entreprise Alcost de Béjaia, qui est une entreprise publique spécialisée dans la confection et l'habillement.

Dans ce mémoire, nous avons présenté une approche de formulation d'un modèle qui a pour objet de planifier la production dans une entreprise de production, elle prend pour terrain de recherche une entreprise pluraliste en terme des produits qu'elle fabrique et aussi dans laquelle l'enjeu de performance se fait de plus en plus pressant, on se positionnant ainsi, cette thèse s'inscrit dans la logique « gestion des entreprises», la planification de la production est l'axe principal de la présente recherche, toutefois, au regard de la spécificité de l'organisation, nous avons mobilisé d'autres disciplines telles que la comptabilité analytique et la recherche opérationnelle.

Mots clés : programmation linéaire, planification de la production, coût de revient, coût fixe, le coût variable et Alcost Béjaia.

ملخص

تتميز الشركات الوطنية في شكلها الحالي بالتغير الإقتصادي والإجتماعي القوي، و سعيًا لتحقيق الكفاءة والقدرة التنافسية، بدأت إصلاحات وتدابير الدعم من قبل وزارة الصناعة لرفع مستوى هذه الشركات لتكون قادرة على التعامل مع المتنافسين. في هذا السياق، وجدنا من الضرورة التطرق لهذا الإشكال و بشكل خاص لأحد الشركات الوطنية، حيث أظهر مسؤولو هذه المؤسسة رغبة في إجراء بحث علمي يخصهم. حيث يتعلق الامر بالمؤسسة العمومية الكوست بجاية المتخصصة في صناعة الملابس.

يهدف هذا البحث إلى تخطيط الإنتاج، حيث تتميز هذه المؤسسة بالتعددية من حيث المنتجات التي تصنعها وحيث أن مشاكل الجودة أصبحت ملحة على نحو متزايد، وهذه الفرضية تدخل في منطق إدارة الأعمال، وتخطيط الإنتاج هو المحور الرئيسي لهذا البحث، و لتحقيق هذا الغرض، و نظرا لخصوصية المنظمة، قمنا بالإستعانة بالتخصصات الأخرى مثل محاسبة التكاليف وبحوث العمليات.

كلمات البحث: البرمجة الخطية، تخطيط الإنتاج، التكلفة الاجمالية، التكلفة الثابتة، التكلفة المتغيرة و الكوست بجاية.

Summary

The concurrent evolution of environment is characterized by high economic and social mutation; therefore, the domestic enterprises and in order to be competitive, reforms and support measures were initiated by the Ministry of Industry as part of the upgrade of these companies to be able to deal with competitors enterprises. In this context, we found particularly crucial to be interested in a company where the managers of this organization have shown an interest in research work on, namely Alcost Bejaia company, which is a public enterprise specializing in garment and apparel.

In this paper, we presented a formulation approach of a model that aims to plan production in a production company, it takes to land a pluralistic research company in terms of the products it manufactures and where the performance issue is becoming increasingly urgent, we are positioning as well, this thesis registered in the logic "business management", the production planning is the main axis of this research, however, in look to the specificity of the organization, we mobilized from other disciplines such as cost accounting and operational research.

Keywords: linear programming, production planning, cost price, fixed cost, variable cost and Alcost Bejaia.