

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mira Abderrahmane de Bejaïa

Faculté des Sciences Exactes

Département de Recherche Opérationnelle

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master

en Mathématiques Appliquées

Option : *Modélisation Mathématique et Techniques de Décision*

Thème

Réapprovisionnement en matières premières :

Cas de la SARL Ramdy



Soutenu devant le jury composé de :

Président : M^r B. Brahmi

Encadré par : P^r D. Aissani

M^{me} Y. Djabali

Examinatrices : M^{elle} K. Bouchama

M^{elle} N. Aiane

Présenté par :

M^{elle} S. Oubraham

M^{elle} S. Toufouti

Promotion 2015/2016

Remerciements

Louange A Dieu, le miséricordieux, sans Lui rien de tout cela n'aurait pu être.

Nous adressons nos plus vifs remerciements à nos promoteurs *P^r* Aissani Djamil et *M^{me}* Djabali Yasmina pour avoir proposé et dirigé ce travail et les conseils qui nous ont été très précieux.

Nous remercions également le directeur du service commercial de l'entreprise Ramdy pour son accueil et son aide effective ainsi tout le personnel des différents services au sein de l'entreprise.

Que le président et les membres du jury trouve ici nos vifs remerciements pour avoir accepté de jury notre travail.

Notre reconnaissance va également à nos familles pour leur soutien moral et financier et de nous avoir suivis durant tout notre cursus.

Enfin, nos remerciements et gratitude vont aussi à tous ceux qui ont participé de près ou de loin, à l'élaboration de ce mémoire.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

A mes très chers parents qui sont la source de mon éducation, mon savoir et mes principes.

A mon très cher frère Brahim et cher sœurs (Lamia, Ferroudja, Celia, Yasmine)

pour leur soutien, qui m'ont aidé à tracer un tel chemin de réussite.

Je le dédie à mes grands parents maternel et paternelle, Mes cousins et cousines .

Je dédie également ce travail à mes chers amis (es).

A mon mari Nabil particulièrement je le remercie de son amour.

A ma binôme Saadia qu'elle a tant donné pour l'achèvement de ce mémoire.

A tous ceux qui m'aiment.

Oubraham Sabrina

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

A mes très chers parents qui sont la source de mon éducation, mon savoir et mes principes, ce travail est à vous c'est le fruit de votre dur labeur.

A mes très chers frères et sœurs.

A tous les enfants de la famille.

A ma grande mère paternelle.

A la mémoire de mon grand père paternel.

A mon oncle paternel et sa femme.

A mes grands parents maternels, mes tantes, mes oncles maternels, mes cousins et cousines.

A tous mes chères amies Sabrina, Fazia et Hakima...

A ma binôme Sabrina qu'elle a tant donné pour l'achèvement de ce mémoire.

A tous ceux qui m'aiment.

Toufouti. Saadia

Table des matières

Table des matières	4
Table des figures	6
Introduction générale	9
1 Présentation de l'entreprise	11
1.1 Introduction	11
1.2 Présentation la SARL Ramdy	11
1.2.1 Historique de l'entreprise Ramdy	11
1.2.2 Situation géographique	12
1.2.3 Les moyens	12
1.2.4 Organigramme de l'entreprise	15
1.3 Position du problème	18
1.4 Conclusion	19
2 Notions fondamentales sur la gestion de stocks	20
2.1 introduction	20
2.2 Définition d'un stock	20
2.3 Définition de la gestion de stocks	21
2.4 Types de stock	21
2.5 Eléments de la gestion des stocks	22
2.6 Variables de la gestion des stocks	22
2.7 Contraintes de la gestion des stocks	23
2.7.1 Contraintes liées à l'espace de stockage	23
2.7.2 Contraintes liées aux budgets	23
2.7.3 Contraintes liées au nombre d'approvisionnements	24

2.8	Modèles de gestion de stock	24
2.8.1	Modèles déterministes	24
2.8.2	Modèles stochastiques	28
2.9	Classification des stocks	35
2.9.1	Principe du classement ABC	35
2.10	Notions de base sur l'approvisionnement	36
2.10.1	Définition	36
2.10.2	L'objectifs des approvisionnements	36
2.10.3	Politiques d'approvisionnement	37
2.11	Conclusion	39
3	Méthodes statistiques de prévisions	40
3.1	introduction	40
3.2	Séries chronologiques	40
3.3	Séries chronologiques stationnaires	41
3.4	Les composantes d'une série chronologique	41
3.5	Processus bruit blanc	41
3.6	Processus de prévision	42
3.7	Modélisation et prévision	42
3.8	Modélisation d'une série chronologique	42
3.8.1	Les modèles d'ajustement	42
3.8.2	Modèles d'Autoprojectifs	43
3.8.3	Modèles explicatifs	43
3.9	Fonction d'autocorrélation et d'autocorrélation partielle	44
3.10	Description des modèles de prévision	45
3.10.1	Méthode du lissage exponentiel	45
3.10.2	Méthode de Box et Jenkins	46
3.11	Conclusion	49
4	Modélisation et approche de résolution	50
4.1	Introduction	50
4.2	Présentation des données	50
4.3	Classification des produits selon la méthode ABC et interprétation graphique	51
4.4	Etude prévisionnelle	52

4.4.1	Description du langage R	52
4.4.2	Modélisation statistique de la série des achats de la poudre de lait	52
4.5	Test d'ajustement de Kolmogorov-Smirnov	61
4.5.1	Définition	61
4.5.2	Ajustement de la loi de consommation de la poudre de lait	62
4.6	Le choix d'une meilleure politique de gestion des stocks	62
4.7	Détermination des paramètres du modèle (Q, r)	63
4.8	Application et interprétation des résultats	64
4.9	Conclusion	65
	Conclusion générale	66

Table des figures

1.1	Emplacement géographique de la Sarl Ramdy	12
1.2	Chiffre d'affaires des pôles d'activité de la SARL Ramdy	14
1.3	Organigramme de la SARL Ramdy	16
2.1	Evolution du stock dans le modèle de Wilson.	25
2.2	Évolution du stock dans le modèle (Q, r)	28
2.3	Évolution du stock dans le modèle (Q, r, T)	32
2.4	Évolution du stock dans le modèle (R, r, T)	33
2.5	Évolution du stock dans le modèle de Wilson avec demande aléatoire.	34
2.6	Schématisation de l'analyse ABC.	35
4.1	Présentation des achats entre 2012 et 2015.	51
4.2	Diagramme de Pareto des achats des matières premières.	52
4.3	Graphe de la série originale : poudre de lait	53
4.4	Graphe de la série et ses différentes composantes	54
4.5	Corrélogramme de la série originale de la poudre de lait	54
4.6	Corrélogramme partiel de la série originale de la poudre de lait	55
4.7	Graphe de la série filtrée	55
4.8	Corrélogramme de la série filtrée	56
4.9	Corrélogramme partiel de la série filtrée	56
4.10	Corrélogramme des résidus.	59
4.11	Corrélogramme partiel des résidus.	59
4.12	Graphe de la série originale de la poudre de lait et sa prévision.	60
4.13	Graphe comparatif des prévisions des achats de la poudre de lait de l'année 2016	61
4.14	Loi de la consommation de la poudre de lait	62
4.15	Le tableau obtenu avec l'excel	64

Liste des tableaux

3.1	Critères de choix d'un modèle de prévision.	49
4.1	Tableau d'analyse ABC des Achats pour l'année 2015.	51
4.2	Prévisions des achats de la poudre de lait pour 2016 calculées par logiciel R	60
4.3	Les paramètres utilisés.	64
4.4	Les résultats obtenus	65
4.5	Historique des achats mensuels (en tonnes), période de Janvier 2012 à Décembre 2015 de la poudre de lait	69
4.6	Historique des achats mensuels (en tonnes), période de Janvier 2012 à Décembre 2015 de Cheddar	70
4.7	Historique des achats mensuels (en tonnes), période de Janvier 2012 à Décembre 2015 des Aromes	71
4.8	Historique des achats mensuels (en tonnes), période de Janvier 2012 à Décembre 2015 des Amidons	71
4.9	Historique des achats mensuels (en tonnes), période de Janvier 2012 à Décembre 2015 de Sucre	72

Introduction générale

L'entreprise Ramdy est une entité économique financièrement indépendante réunissant des moyens de production en vue de créer des biens et services pour la satisfaction de sa clientèle et la réalisation d'un profit. Elle doit posséder en temps voulu les matières et les produits nécessaires à la production, à la maintenance et à la vente. Pour cela, il faut déterminer quelles quantités commander et à quelles dates, afin que le coût global soit le moins élevé possible. Ce problème est naturellement indissociable de la gestion des stocks.

L'une des principales fonctions dans la SARL Ramdy est la fonction approvisionnement. Cette dernière regroupe les opérations d'achat et de stockage des produits. L'approvisionnement a pour but de répondre aux besoins de l'entreprise en matière de produits ou de services nécessaires à son fonctionnement. Il consiste à acheter, au bon moment et au meilleur prix, les quantités nécessaires de produits de qualité à des fournisseurs qui respecteront les délais. Il comporte donc un élément achat et un élément gestion des stocks.

La gestion des stocks fournit une politique d'approvisionnement qui assure une disponibilité permanente d'articles afin de satisfaire les demandes tout en minimisant les coûts engendrés. Gérer un stock composé d'un nombre important de matières premières, cas de l'entreprise Ramdy, ne permet pas d'accorder le même intérêt pour chaque article. On peut considérer cette gestion comme sélective, en outre, elle ne peut gérer l'ensemble de stock.

L'objectif de ce travail est de construire un modèle de gestion qui consiste à la recherche d'un niveau maximum à avoir en stock et la période de réapprovisionnement afin d'éviter les ruptures de stock. En faisant appel au classement des articles par la méthode ABC, nous avons déterminé la poudre de lait comme la seule matière première appartenant à la classe A. Pour cette dernière, une étude prévisionnelle a été effectuée en utilisant le logiciel R. L'ajustement de la consommation de la poudre de lait par une loi connue nous a permis de valider un modèle stochastique de gestion

Introduction générale

des stocks (modèle (Q,r)), tout en calculant la quantité optimale de commande et le point de commande.

Nous avons structuré ce mémoire en quatre chapitres principaux :

Dans le premier chapitre, nous décrivons l'entreprise Ramdy, ses moyens et ses services. On termine le chapitre par la position du problème rencontré au niveau de l'entreprise.

Dans le deuxième chapitre, nous nous sommes contentés de donner les différentes notions liées à la gestion des stocks et nous avons également donné quelques notions de base sur l'approvisionnement.

Le troisième chapitre est consacré à la présentation des notions de base en prévisions.

Le quatrième chapitre est consacré d'une part à la présentation des résultats obtenus lors du calcul des prévisions des achats des matières premières et d'autre part à la mise en place d'une politique optimale de réapprovisionnement de la poudre de lait et l'interprétation des résultats.

Enfin, on conclut ce manuscrit en établissant un bilan de ce qui a été présenté et cela par une conclusion générale.

Chapitre 1

Présentation de l'entreprise

1.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous présenterons l'organisme d'accueil à savoir la SARL Ramdy, qui nous a aidé lors de notre stage pratique, à recueillir tous les besoins et comprendre le système de gestion actuel de l'entreprise et prendre connaissance dans le détail, des domaines dont celle-ci souhaite améliorer le fonctionnement. De plus, nous allons définir toutes les fonctionnalités attendues de l'application que l'on doit développer, ainsi que les objectifs de notre étude.

1.2 Présentation la SARL Ramdy

1.2.1 Historique de l'entreprise Ramdy

La SARL Ramdy (ex Laiterie Djurdjura) est une entreprise privée spécialisée dans la production des produits agroalimentaires, a été créée le 01/01/1983.

Elle s'est spécialisée dans la production des yaourts, crèmes desserts, et les fromages frais et fondus. Le 15 Octobre 2001, le groupe français Danone s'est associé avec la laiterie Djurdjura pour les activités yaourts, pâtes fraîches et desserts. Depuis, l'activité de la laiterie Durdjura s'est consacrée à la production des fromages fondus, aux pâtes molles (camembert) et au lait pasteurisé.

Deux années plus tard, elle s'est implanté dans une nouvelle unité située en plein cœur de la zone d'activité Taharacht (Akbou) triplant ainsi sa capacité de production en fromage fondus.

Dans le souci de répondre à une demande croissante du consommateur, la laiterie s'est équipée d'un matériel hautement performant dont une nouvelle conditionneuse de 220 ps/mn, et une ligne complète du fromage barre.

En Juin 2004, la SARL laiterie Djurdjura a changé de raison sociale pour devenir SARL Ramdy. Aujourd'hui, les produits laitiers Djurdjura s'affichent sous la nouvelle dénomination "Ramdy".

En Octobre 2009, la SARL Ramdy a repris la production des yaourts et crèmes desserts.

1.2.2 Situation géographique

La société est implantée :

- Dans une zone industrielle, véritable carrefour économique de la wilaya de Béjaïa, de quelques 50 unités de production agroalimentaire et en cours d'extension.
- À 2 Km d'une grande agglomération.
- À quelque centaines de mètre de la voie ferrée.
- À 60 Km de Béjaïa, chef lieu de la région et pôle économique important en Algérie dotée d'un port à fort trafic et d'un aéroport international.
- À 170 Km à l'est de la capitale Alger.



FIGURE 1.1 – Emplacement géographique de la Sarl Ramdy

1.2.3 Les moyens

Assurance qualité

Pour une surveillance de la qualité du produit et une protection optimale du consommateur, la Sarl Ramdy s'est équipée d'un laboratoire d'autocontrôle afin d'effectuer toutes les analyses physico-chimiques et microbiologiques exigées et d'un bloc administratif ainsi que de trois grands magasins de stockage des matières premières, emballages et de deux chambres froides.

Equipement

1. Production :

L'entreprise dispose d'un complexe intégré composé de deux principaux départements de production "Atelier yaourt, crème dessert et Atelier fromage".

A) Ateliers yaourt et crème dessert :

- une salle de poudrage bien équipée ;
- une salle de traitement où se déroule un process de fabrication pour la production des yaourts, crèmes desserts, et brassés.
- **Conditionnement**
 - Deux conditionneuses de capacité de 12 000 ps/h ;
 - Une conditionneuse de capacité de 9 000 ps/h ;
 - Une conditionneuse de capacité de 21 600 ps/h ;
 - Une conditionneuse de capacité 5 000 ps/h ;
 - Deux conditionneuses de capacité de 7 200 ps/h.
- **Stockage**
 - Chambre d'étuvage (chambre chaude) ;
 - Chambre de refroidissement rapide ;
 - Chambres froide pour stockage des produits semi fini ;
 - Trois chambres froides à grande surface (expédition).

B) Atelier fromage

- Une salle de préparation du produit et une pour préparation des moules bien équipée ;
- Deux cuissons (un pour fromage portion, et l'autre pour le fromage barre) ;
- Conditionnement du fromage portion :
 - Kustner 01 (91 ps/mn) de capacité de production de 5500 ps/h ;
 - Kustner 02 (91 ps/mn) de capacité de production de 5500 ps/h ;
 - Kustner 03 (91 ps/mn) de capacité de production de 5500 ps/h ;
 - Kustner 04 de capacité de production de 2400 ps/h ;
 - Kustner 05 (200 ps/mn) de capacité de production de 12 000 ps/h ;
- Deux machines pour conditionnement fromage barre : Kustner et Atia.
- Une machine banderoleuse (Grandi) ;
- Deux salles bien équipées pour la mise en cartons.

2. **Administration** : réseau de micro-ordinateurs.
3. **Services généraux** : transpalettes, clarques, véhicules utilitaires et légers.
4. **Ressources humaines** : l'effectif total est de 365 (cadre, maîtrise, exécutant).

Activités de la SARL Ramdy

La stratégie de la SARL ramdy s'inscrit dans la mission d'apporter la santé par l'alimentation au plus grand nombre. Cette mission est mise en œuvre au travers de trois Pôles d'activité :

- Pôle produits laitiers frais : production et distribution de yaouts, de Crème dessert et autres spécialités laitières représente 70% du chiffre d'affaire.
- Pôle produits fromages fondus : Production et distribution des fromages fondus en portion et barre représente 27% du chiffre d'affaires.
- Pôle d'activité boisson : en sachet comme une activité secondaire représente 3% du chiffre d'affaires.

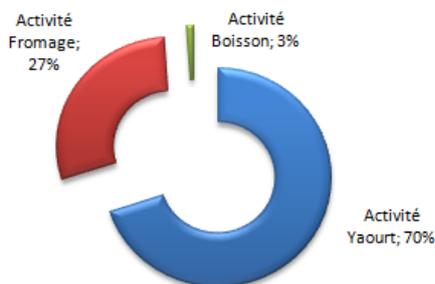


FIGURE 1.2 – Chiffre d'affaires des pôles d'activité de la SARL Ramdy

Les produits de Ramdy disponibles sur le marché sont :

1. Pôle d'activité yaourt et crème dessert :

- Yaourt aromatisé : mono 100 grs (Fraise, Banane, Pêche, fruits des bois, Vanille), Multi aromes 100 grs (pack rouge, pack jaune), multi aromes mini 70 grs.
- Yaourt Nature 100 grs.
- Yaourt aux fruits 95 grs : Fraise, Abricot, Pêche et fruits des bois.
- Brassé aux fruits 95 grs : Fraise, Abricot, Pêche et fruits des bois.
- Crèmes dessert : Flan caramel nappé 90 grs, Caramel (90 grs, 70 grs), Chocolat (90 grs, 70 grs), Cookies 90 grs, Cappuccino 90 grs.
- Brassé aromatisé à boire en sachet 800 grs : Fraise, Citron.

2. Pôle d'activité Fromage :

- Fromage portion : 16 portions Ramdy, 08 portions Ramdy, 16 portions huile d'olive, 08 portions huile d'olive, 16 portions tartin, 08 portions tartin.
- Fromage barre : barre Ramdy 1700 grs, barre Ramdy 900 grs, barre Ramdy 600 grs, barre Ramdy 300 grs.

3. Pôle d'activité boisson : Citronnade en sachet un litre, orangeade en sachet un litre.

Au plan de développement, la société prévoit le lancement de nouveaux produits sur le marché en 2016 comme les yaourts à boire et la mousse au chocolat ...

1.2.4 Organigramme de l'entreprise

Ramdy emploie 365 personnes, 46 d'entre eux sont des cadres, 139 des agents de maîtrise et le reste (173) sont des agents d'exécution. Ce personnel qualifié est réparti dans les différents services de l'entreprise (voir organigramme figure 1.3)

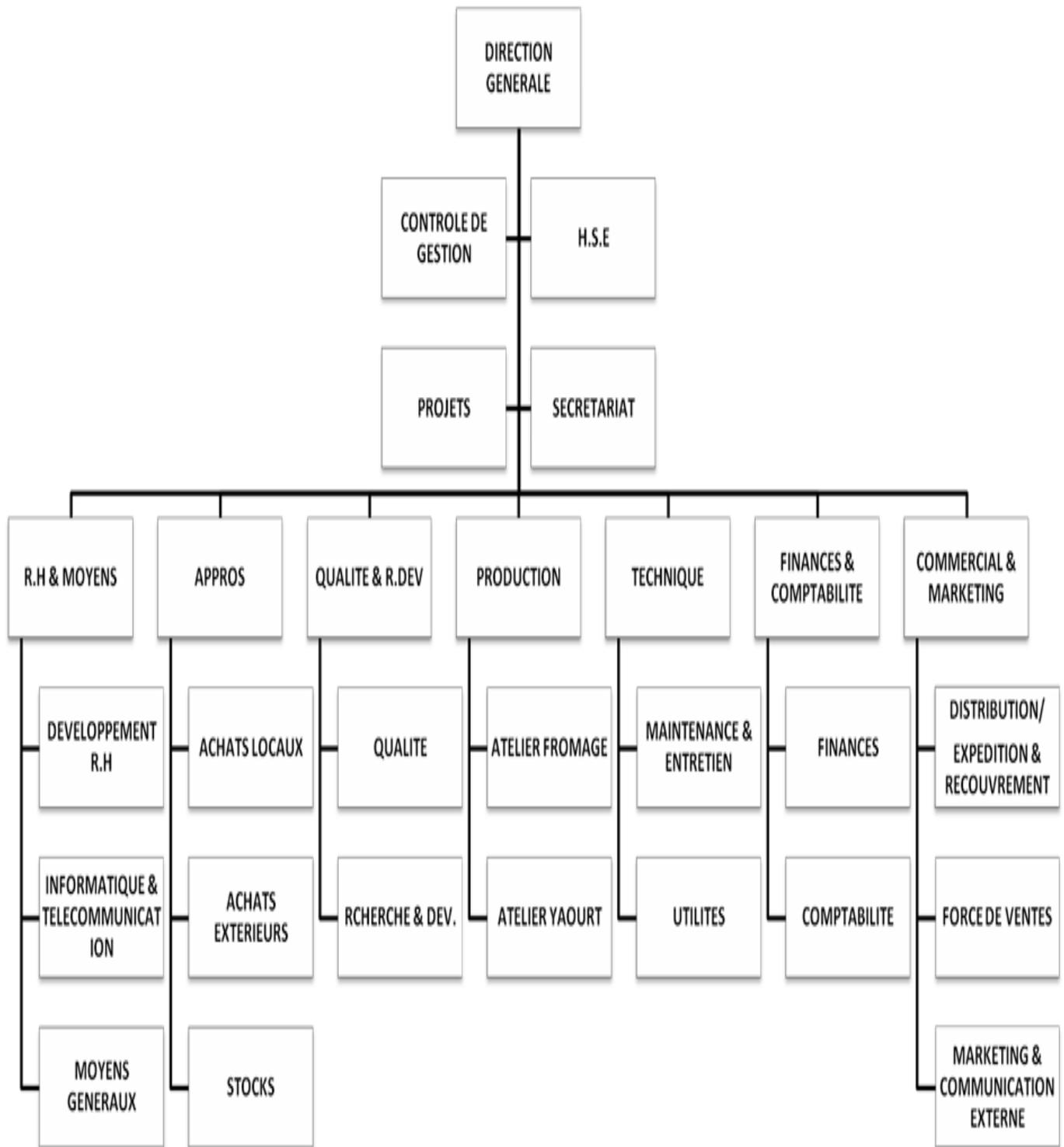


FIGURE 1.3 – Organigramme de la SARL Ramdy

Principales directions de l'entreprise

1. Direction générale :

Dirigée par un D.G (Directeur Général) qui assure et applique les décisions dans les différents conseils administration, coordonne les travaux entre les différents services[21].

2. Direction Projet :

Elle collabore avec la direction générale. Elle a pour mission la réalisation et le suivi des projets. Elle se charge de la réalisation de tous les travaux de construction ou d'extension, et de l'installation des équipements techniques et mécaniques.

3. Service ressources humaines et moyens :

son rôle est :

- la gestion des ressources humaines ;
- la gestion du service hygiène et sécurité ;
- la gestion du parc roulant.

4. Service approvisionnement :

Il s'occupe de l'achat des matières premières et de tout autre produits nécessaires pour l'activité de l'entreprise, ainsi que leur stockage dans le magasin.

Notre travail s'intéresse à ce service qui est subdivisé en deux sections essentielles :

● Section achats :

Elle s'occupe de tout les achats locaux et étrangers, selon les besoins exprimés par l'entreprise, elle s'occupe aussi de :

- L'établissement des bons de commandes ;
- Le suivi des commandes ;
- La prise de contact avec les fournisseurs.

● Section gestion des stocks :

Cette section s'occupe de la réception des marchandises et des matières premières en bon état, elle s'occupe aussi de :

- Calcule de l'autonomie des stocks ;
- Le suivi des sections ;
- La réparation des articles selon la nature ;
- La création des nouveaux articles ;
- La singalisation d'éventuelles ruptures.

5. Service qualité et recherche, développement :

Il joue un rôle important, il est chargé des différentes analyses de qualités effectués sur les produits fabriqués et veiller sur le contrôle et l'amélioration de la qualité du produit destiné à la vente.

6. Service production :

Celui-ci étant le service le plus important dans la société, il s'occupe de la production du yaourt, crèmes desserts et du fromage.

7. Service technique :

Il veille à ce que les équipements de productions, outils et matériaux annexes soient en bon état de marche et aient l'entretien qui assure une durée de vie maximale de ces machines.

8. Service comptabilité et finance :

Ce service s'occupe de l'enregistrement de toute les opérations financières et comptables de l'entreprise.

9. Service commercial et marketing :

Il est chargé de la commercialisation des produits finis et couvre l'ensemble des activités de l'entreprise depuis la prise en charge de la commande jusqu'à la livraison et il est souvent en relation avec les autres services, et aussi s'occupe des encaissements.

1.3 Position du problème

La matière première est un élément fondamental sur lequel se base la production, elle a une grande importance dans une entreprise industrielle, ce qui rend sa gestion extrêmement difficile. La difficulté réside dans le fait qu'une erreur d'estimation commise dans les quantités ou bien les dates de lancement des commandes peut coûter énormément.

La constitution des stocks de matières premières, malgré leur utilité, est conditionnée par la contrainte du temps qui concerne la durée de validité des articles. Pour cette raison, la gestion demande une attention bien particulière.

Pour des raisons économiques bien claires, budgétaires notamment, il est plus que nécessaire pour une entreprise de production telle que Ramdy d'établir une politique optimale de gestion des stocks dont le problème est de savoir quel article stocker, quelle est la manière de le traiter et quel doit être son volume en stock ?

La problématique de la gestion des stocks se résume en ces deux points :

- Diminution du volume des stocks des matières premières impliquant des pertes de gains possibles et des pertes probables de clients pour cause de non satisfaits.
- Augmentation du volume des stocks des matières premières impliquant une immobilisation gratuite de fonds et plus des frais d'entretien, l'augmentation des coûts de stockage et les risques probables de péremption ou de dépréciations des matières premières.

Donc l'objectif initial de ce travail consiste à trouver un équilibre entre ces deux points antagonistes et cela en construisant un modèle de gestion des stocks qui reflète le mieux les caractéristiques du système étudié, qui est basé sur la gestion des stocks de matières premières.

Notre approche consiste à la recherche d'un niveau maximum à avoir en stock de chaque article et la période de réapprovisionnement afin d'éviter les ruptures de stock. Sachant que le modèle de gestion des stocks doit satisfaire les contraintes sur la limitation des espaces de stockage et d'approvisionnement, et d'assurer un niveau de service contre la pénurie.

Il doit offrir une aide à la prise de décision quelle que soit la nature de la demande.

1.4 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les différents moyens et structures de la SARL Ramdy, ainsi que la position du problème traité dans ce mémoire. Le chapitre suivant sera dédié à la présentation des notions de base de la gestion des stocks.

Chapitre 2

Notions fondamentales sur la gestion de stocks

2.1 introduction

Pour pouvoir illustrer la nécessité d'existence des stocks dans les entreprises en général et en particulier les stocks des matières premières au sein de l'entreprise Ramdy, nous avons jugé important de commencer par présenter les notions de base de la gestion des stocks, puis on présentera dans la deuxième partie, les différents modèles de la gestion des stocks et on termine ce chapitre par la présentation des notions de base sur l'approvisionnement.

2.2 Définition d'un stock

Un stock peut se définir comme la constitution d'une réserve d'articles destinée à satisfaire un besoin ultérieur.

Dans une entreprise, on trouve des stocks à différents niveau du processus de production[11] :

- **Les stocks de matières premières** : articles qui ne sont pas encore entrée dans le processus de fabrication.
- **Le stock de pièces de rechange, de maintenance et de fournitures diverses** : ensemble d'articles utilisées en production mais qui ne font pas partie des produits et leur nomenclature.
- **Le stock en cours de fabrication** : produits entrés dans le processus de fabrication et en cours de transformation.
- **Le stock de distribution** : produits finis qui se trouvent dans les dépôts du distributeur.

2.3 Définition de la gestion de stocks

La gestion des stocks est l'ensemble des techniques et méthodes scientifiques qui permettent d'assurer un approvisionnement optimal et de satisfaire les besoins des utilisateurs en temps opportun, dans les meilleures conditions économiques[17].

2.4 Types de stock

Les différents types de stock sont les suivants[11] :

– **Stock de sécurité**

Comme son nom l'indique, il est destiné à pallier le risque dû au caractère aléatoire de l'approvisionnement et de la demande et aux fluctuations des délais de productions et de livraisons. Il est appelé aussi **stock de protection**.

– **Stock d'alerte**

Supérieur au stock de protection, le seuil d'alerte déclenche le processus de commande. Il est calculé pour recouvrir la consommation d'articles entre le moment où l'on constate le besoin de réapprovisionnement jusqu'à la mise à disposition de la nouvelle livraison.

– **Stock maximum**

Il est en fonction de l'espace de stockage disponible, mais aussi du coût que représente l'achat par avance de stock.

$$\text{Stock maximum} = \text{quantité commandé} + \text{stock de sécurité}$$

– **Stock minimum**

C'est la quantité correspondant à la consommation pendant le délai de réapprovisionnement, donc :

$$\text{Stock minimum} = \text{stock d'alerte} - \text{stock de sécurité}$$

– **Stock moyen**

C'est le stock que doit posséder l'entreprise pour pouvoir travailler en sécurité avec un minimum d'investissement en stock du volume des commandes et leurs cadences de livraison, il se calcule à partir de la connaissance d'un stock minimum et maximum.

$$\text{Stock moyen} = (\text{stock minimum} + \text{Stock maximum})/2$$

– **Stock tampon :**

C'est le stock destiné à la consommation courante.

– **Stock final**

C'est le stock initial augmenté des mouvements des stocks (entrées et sorties de stock) durant

une période déterminée.

2.5 Eléments de la gestion des stocks

Les différents éléments de la gestion des stocks sont [5] :

– **Structure de stockage :**

C'est la manière dont les magasins de stockages sont organisés.

– **Horizon de la planification (période de gestion) :**

C'est la durée de temps durant laquelle le niveau des stocks est contrôlé.

– **Articles :**

Le terme article désigne l'ensemble d'une marchandise, ou d'une façon générale n'importe quel objet se trouvant en stock.

– **Pénurie :**

Une pénurie apparaît lorsqu'il y a demande et non-disponibilité d'articles en stock pour la satisfaire.

– **Qualité de service :**

C'est l'indicateur de la performance du modèle de gestion de stock.

2.6 Variables de la gestion des stocks

Les différentes variables à prendre en considération lors de l'étude de la gestion des stocks sont [14][7] :

1. **Délai de livraison**

C'est le temps qui s'écoule entre l'instant où la commande est lancée et la date de disponibilité physique des produits sur le lieu de stockage. Il dépend du fournisseur et du moyen de transport.

2. **La demande**

C'est la somme des produits que les consommateurs sont disposés à acquérir en un temps et un prix donné.

3. **L'approvisionnement**

L'approvisionnement est le flux de produits entrant dans le stock. Il peut être d'origine interne à l'entreprise ou bien externe (achats et commandes chez des fournisseurs).

4. **Les coûts de stockage**

Toute activité économique engendre un coût. Il existe plusieurs coûts engendrés par la consti-

tution d'un stock, qui peuvent être répartis en trois catégories [18] :

- **Le coût d'acquisition de produit**

C'est toutes les dépenses nécessaires à l'acquisition d'un produit donné, il comporte trois coûts essentiels : le coût de passation de commande, les frais d'achat, les frais de transport.

- **Coût lié au stockage de produit.**

- **Coût lié à l'absence des produits en stock.**

2.7 Contraintes de la gestion des stocks

Lorsqu'une entreprise gère en stock différents produits, plusieurs contraintes peuvent apparaître et créer des dépendances entre les modes de gestion des différents articles.

Ces contraintes sont généralement des contraintes budgétaires ou bien relatives à la capacité de stockage ou à des limitations sur le nombre de commandes [6].

2.7.1 Contraintes liées à l'espace de stockage

Cette contrainte apparaît lorsque l'espace de stockage est limité. Elle se traduit mathématiquement par la formule suivante :

$$\sum_{i=1}^n f_i \times Q_i = F,$$

avec :

n : Nombre d'articles.

f_i : Volume (ou surface) occupé par l'article i .

F : Volume (ou surface) de stockage disponible.

Q_i : Quantité à commander de l'article i .

2.7.2 Contraintes liées aux budgets

Il se peut que le capital à investir en stock soit limité pendant une période. Soit S sa borne supérieure. Cette contrainte se traduit par :

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p C_i \times Q_{ij} \leq S,$$

avec

C_i : Coût unitaire de l'objet i .

Q_{ij} : Quantité à commander de l'article i pendant la période j .

p : La période totale de la gestion de stocks.

2.7.3 Contraintes liées au nombre d'approvisionnements

Supposons que pour des raisons financières ou bien organisationnelles, le gestionnaire ne peut dépasser L commandes pendant une période de gestion. Cette contrainte peut être écrite sous la forme suivante :

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p \frac{Q_i}{Q_{ij}} \leq L,$$

avec

Q_{ij} : Quantité de commande de l'article i pendant la période j .

Q_i : Quantité à commander de l'article i .

$\frac{Q_i}{Q_{ij}}$: Nombre d'approvisionnements de l'article i pendant la période j .

2.8 Modèles de gestion de stock

La détermination d'un bon modèle de gestion des stocks fait souvent appel à plusieurs méthodes scientifiques, telles que la statistique (analyse des données, prévisions, estimation des paramètres, . . .), la recherche opérationnelle (modélisation, optimisation, . . .), l'informatique (groupage de données dans des bases de données) et la simulation (modèles complexes à variables aléatoires, . . .).

2.8.1 Modèles déterministes

Un modèle déterministe est un système de gestion dans lequel les éléments sont supposés non soumis au hasard [18].

Modèle de Wilson

Il part du principe de minimisation des coûts de gestions, en déterminant une quantité optimale de commande fixe qui permettra de faire un compromis entre les coûts de possession du stock et les coûts d'approvisionnement.

Dans ce modèle, notée que :

- La demande notée D est connue et constante ;
- Il n'existe pas de rupture de stock ;
- Le délai de livraison est indépendant de la demande D et de la quantité de commande Q .

Le principe de ce système est schématisé dans la figure (2.1) :

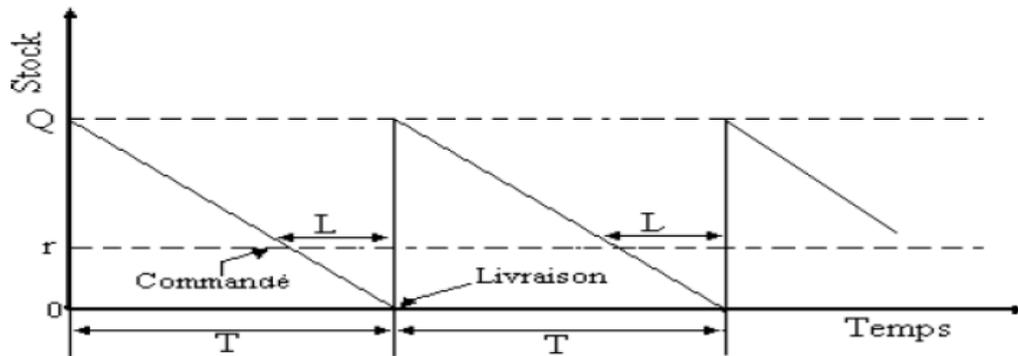


FIGURE 2.1 – Evolution du stock dans le modèle de Wilson.

avec

Q : la quantité de commande fixe ;

T : la période de commande (reapprovisionnement) ;

r : le seuil d'alerte ;

L : le délai de livraison.

Détermination de la quantité Q^*

Dans ce modèle, la quantité de commande Q^* est invariable, sa détermination se fait en minimisant le coût total de gestion (coût de stockage + coût de réapprovisionnement).

Si on note :

C : prix d'achat de l'article ;

C_s : coût de maintien d'un article en stock pendant une année ;

C_a : coût d'approvisionnement par commande ;

D : La demande annuelle.

Le coût d'achat est donné par la formule suivante :

$$C_{achat} = DC.$$

Le nombre de commandes sera : $\frac{D}{Q}$.

Le coût associé aux réapprovisionnement est donné par :

$$C_{app} = C_a \frac{D}{Q} + DC.$$

Le niveau moyen de stock à entretenir est : $\frac{Q}{2}$.

Donc le coût de stockage est :

$$C_{stock} = C_s \frac{Q}{2}.$$

Le coût total de gestion est donné par :

$$C_{Gestion} = C_{app} + C_{stock} = DC + C_a \frac{D}{Q} + C_s \frac{Q}{2}.$$

La quantité optimale Q^* est donnée par la formule de (Wilson-Harris) :

$$Q^* = \sqrt{\frac{2DC_a}{C_s}}.$$

Le coût minimal de gestion est :

$$C_{Gestion}^* = \sqrt{2DC_s C_a}.$$

Le point de commande r sera déterminé de manière à satisfaire la demande durant la durée du délai de livraison, c'est-à-dire : $r = D * L, L < T$

Modèle de Wilson avec pénurie

En réalité, la demande n'est jamais constante et se sont les ruptures de stock qui inquiètent les gestionnaires. La demande peut varier durant les sous-périodes.

Notons par :

θ : période de gestion divisée en sous-périodes ;

T : longueur d'une sous-période ;

s : le niveau maximal de stock ;

T_1 : la durée dans chaque période T dans laquelle la demande est satisfaite ;

T_2 : la période de T durant laquelle il y a rupture de stock ;

q : la quantité de demandes durant la période T ;

D : demande totale pour une période de gestion θ .

Les variables du modèle

C_c : coût de lancement d'une commande.

C_s : coût de possession d'une unité de stock.

C_p : coût de pénurie par unité non livrée et par unité de temps.

L'objectif du modèle est de déterminer

- La quantité économique Q^* à commander pour chaque sous-période T ;
- Le stock en début de période S_0 , tel que S_0 est le stock initial ;
- La période économique T^* ;

– $C(Q^*)$ Coût global minimum de gestion pendant la période de gestion T .

À la fin de chaque sous-période T , on lance une commande de quantité q destinée, d'une part, à livrer la demande $S' = (q - s)$ qui n'a pas pu être livrée pendant T_2 et d'autre part à reconstituer le stock S .

Le coût global de gestion sera donc :

Coût global de gestion = Coût global de stockage + Coût global de lancement de commandes + Coût global de pénuries.

Le coût de stockage est :

$$C_S = \frac{1}{2}S \times T_1 \times C_s.$$

Le coût de pénurie est :

$$C_P = \frac{1}{2}(q - S) \times T_2 \times C_p.$$

Le coût de gestion est donc :

$$C(q, s) = \left(\frac{1}{2}(S \times T_1 \times C_s) + C_c + \frac{1}{2}(q - S) \times T_2 \times C_p\right)n.$$

où :

$$\begin{cases} n = \frac{\theta}{T}. \\ T_1 = \frac{S}{q} \times T. \\ T_2 = \frac{q-S}{q} \times T. \end{cases}$$

En remplaçant T_1, T_2 dans l'expression du coût global, il devient :

$$C(q, S) = \left(\frac{1}{2q} \times S^2 \times C_s + \frac{Q}{q} \times C_c + \frac{1}{2q} \times (q - S)^2 \times \theta \times C_p\right).$$

L'expression du coût total dépend de q et T . Le minimum est calculé en annulant les dérivées partielles par rapport à T et q . En tenant compte des relations qui existent entre q et T .

On définit ρ comme étant le taux de pénurie ou de défaillance avec ($0 \leq \rho \leq 1$);

$$\rho = \frac{S}{q} = \frac{C_p}{C_p + C_s}.$$

Le stock optimal en début de période est donné par :

$$S_0 = \rho \sqrt{\frac{2 \times Q \times C_c}{\theta \times C_s}}.$$

La période d'approvisionnement est donnée par :

$$T^* = \frac{1}{\sqrt{\rho}} \sqrt{\frac{2 \times C_c \times \theta}{Q \times C_s}}.$$

Le coût global minimal de gestion durant une période θ est :

$$C(Q^*) = \sqrt{\rho} \sqrt{2 \times Q \times \theta \times C_s \times C_c}.$$

2.8.2 Modèles stochastiques

Un modèle stochastique est un modèle où les variables sont soumises au hasard. Dans ces modèles, il n'est pas envisagé de satisfaire l'intégralité de la demande. Il a pour but d'atteindre un niveau de service donné tout en minimisant le coût total de gestion.

Il nous faut donc déterminer, pour un niveau de service donné [12] :

- La quantité à commander.
- Le moment de lancement de la commande.

Modèle (Q, r)

Appelé encore système à point de commande fixe. Dans ce modèle, on passe des commandes de quantité Q fixe chaque fois que les stocks baissent à un point critique r dit point de commande ou niveau de réapprovisionnement.

Cette méthode impose une comparaison très fréquente entre le disponible en stock et le point de commande, elle permet de réduire le stock de sécurité et se prête aisément à la gestion intégrée sur ordinateur.

Le principe de ce système est schématisé dans la figure (2.2) :

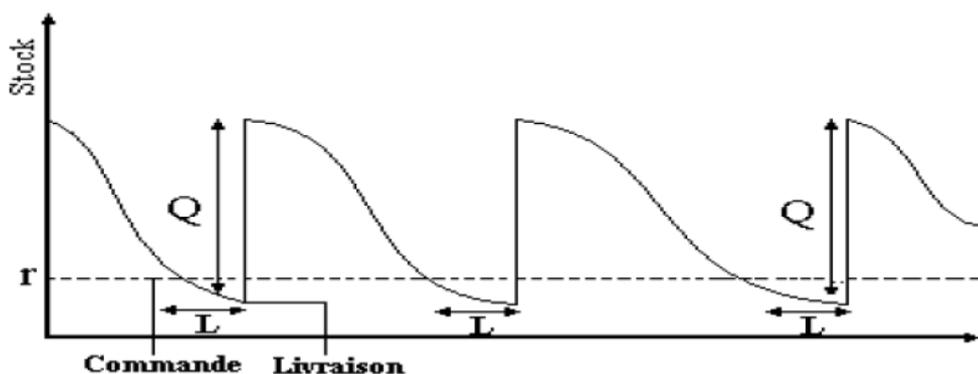


FIGURE 2.2 – Évolution du stock dans le modèle (Q, r) .

Deux paramètres définissent ce modèle :

- la quantité économique Q ;

- le point de commande r (niveau de réapprovisionnement, niveau d'alerte) qui désigne le niveau de stock qui déclenche la procédure de passation de commande.

La quantité à commander Q est déterminée à base des conditions économiques qui consistent à minimiser le coût total de gestion. Le point de commande est aussi le niveau de stock qui permettra de satisfaire la demande pendant le délai de livraison. Ainsi, il sera calculé de telle manière que le système puisse faire face à la consommation pendant ce délai.

Il serait aussi très utile de définir un stock de sécurité S_s . Ce stock supplémentaire permettra de se protéger contre un éventuel prolongement du délai de livraison ou une augmentation de la demande.

Détermination de la quantité Q indépendamment de r :

Soient :

L : délai de livraison ;

$h(x)$: fonction densité de la demande durant le délai L ;

μ : demande moyenne durant la période L ;

S_s : stock de sécurité ;

$1 - \alpha$: niveau de service ;

X : demande moyenne durant la période d'attente ;

q : demande moyenne par période.

On s'intéresse au coût total de gestion, c'est à dire :

$$C(Q, r) = \text{Coût d'approvisionnement} + \text{Coût d'entretien de stock} + \text{Coût de pénurie}$$

Le coût total est donné par la formule suivante :

$$C(Q, r) = \frac{q \times C_c}{Q} + C_s \left(\frac{Q}{2} + r - \mu \right) + C_p \times \frac{q}{Q} \int_r^\infty (x - r) h(x) dx.$$

Si on considère une qualité de service à la place du coût de rupture le coût total sera :

$$C(Q, r) = \frac{q * C_c}{Q} + C_s \left(\frac{Q}{2} + r - \mu \right).$$

La quantité de commande Q peut être déterminée par plusieurs méthodes, on peut citer :

- la formule de Wilson ;
- méthode markovienne.

Le niveau de réapprovisionnement r doit couvrir les fluctuations de la demande à partir du moment où la commande a été lancée jusqu'à sa réception qui est L . La connaissance de la distribution

de la demande pendant le temps d'attente est nécessaire afin de pouvoir déterminer r .

Donc r sera choisi tel que :

$$\alpha = \int_r^{\infty} f(x)dx.$$

Le stock de sécurité sera :

$$S_s = r - \mu.$$

Détermination simultanée de Q et de r :

On a supposé précédemment que Q est déterminée. On vise comme objectif à minimiser le coût total de gestion. On supposera le non chevauchement des commandes, c'est-à-dire qu'au cours du délai d'approvisionnement L aucune commande n'est lancée.

Le nombre probable de pénurie est donné par la formule suivante :

$$N_p = \int_r^{\infty} (x - r)h(x)dx.$$

Comme le coût de gestion est :

$$C(Q, r) = \frac{q * C_c}{Q} + C_s \left(\frac{Q}{2} + r - \mu \right) + C_p * \frac{q}{Q} \int_r^{\infty} (x - r)h(x)dx.$$

On minimise le coût total par rapport à Q et r , on obtient :

$$Q = \sqrt{\frac{2 * q * (C_p + C_p * N_p)}{C_s}},$$

$$\int_r^{\infty} h(x)dx = \frac{C_s * Q}{q * C_p}.$$

Système à révision périodique (R, T)

Dans ce système, selon une périodicité fixe, on passe pour un même article des commandes variables relevant du disponible en stock à un niveau qui satisfait les sorties de la prochaine période et réserve le stock de sécurité ou de protection.

Dans un tel système, tout en disposant de contrôler les stocks en permanence, ce qui réduit le travail administratif, on est confronté à des risques de rupture de stock très importants comparés à ceux du système (Q, r) .

Deux paramètres définissent ce modèle :

T : la périodicité fixe de la commande. Sa détermination se fera en faisant un équilibre entre les coûts de passation de commandes et les coûts de possession de stock [19]. Ceci nous entraîne à la désigner comme période économique de la commande.

R : le niveau de renouvellement (rétablissement). En effet, à une date de révision $T_i, i = 1, 2, \dots$ le volume de la commande lancée sera égal à la différence entre le niveau R et celui du stock à cette date.

R doit être déterminé de manière à couvrir la demande durant une durée de longueur $T + L$.

Avec :

L : est le délai de livraison.

Pour estimer R dans ce cas, on utilise la même méthode que pour la détermination du seuil de commande r dans le système (Q, r) , sauf qu'on doit remplacer la densité de probabilité de la demande pendant la période d'attente par la densité de la demande durant la période de révision et la durée d'attente, c'est à dire $(T + L)$.

Si on considère :

L : délai de livraison ;

T : période de révision ;

$g(x)$: fonction densité de la demande durant une période de $(T + L)$;

μ : demande moyenne par unité de temps ;

S : stock de sécurité ;

θ : longueur de la période de gestion ;

x : la variable aléatoire représentant la demande pendant la période de révision et le temps d'attente ;

q : demande moyenne durant une période θ .

Expression du coût total :

$$C(R, T) = \text{Coût d'approvisionnement} + \text{Coût d'entretien de stock} + \text{Coût de pénurie}$$

Si on considère une période de gestion de longueur θ , alors l'expression du coût total est :

$$C(R, T) = \frac{\theta \times C_a}{T} + C_s \left(\frac{T \times \mu}{2 \times \theta} + (R - \mu(T + L)) \right) + \frac{\theta \times C_p}{T} \times \int_R^\infty (x - R)g(x)dx.$$

Détermination de T indépendamment de R :

Dans plusieurs cas pratiques, T est dicté par le système d'approvisionnement (exemples : dates des passages du fournisseur).

S'il n'est pas connu, on le calcule par la formule de Wilson, c'est-à-dire :

$$T = \sqrt{\frac{2 \times C_a}{q \times C_s}}.$$

Pour calculer le niveau de rétablissement R , on utilise la même méthode que celle qui a permis de déterminer r dans le modèle (Q, r) mais en considérant cette fois-ci la fonction densité de la

demande pendant la période $T + L$ au lieu de L uniquement.

Détermination simultanée de T et de R :

Comme pour le système (Q, r) , on se propose de minimiser le coût total de gestion. Le minimum est atteint en annulant les dérivées partielles du coût total par rapport à T et R .

On obtient :

$$T = \sqrt{\frac{(2 \times C_a + 2 \times C_p \int_R^\infty (x - R)g(x)dx) \times \theta}{\mu \times C_s}}$$

$$P(D > R) = \alpha = \int_R^{+\infty} g(x)dx = \frac{C_s \times T}{C_p \times \bar{T}}$$

La détermination de ces deux paramètres se fait en initialisant d'abord la valeur de T par le temps de Wilson.

Système mixte (Q, r, T)

Ce modèle résulte de la combinaison entre les modèles (Q, r) et (R, T) .

Son principe est que à chaque période de longueur $T(t, t + T, t + 2T, \dots)$ on contrôle l'état du stock S .

on aura donc :

Soit : $S \leq r$: dans ce cas, on lance une commande de volume Q .

Soit : $S > r$: on ne lance pas de commande et la gestion est suivie jusqu'à la prochaine date d'inventaire.

Dans ce modèle les quantité Q et r seront calculées comme pour le modèle (Q, r) , par contre la période T sera calculée en minimisant le coût total de gestion.

Le principe de ce système est schématisé dans la figure (2.3) :

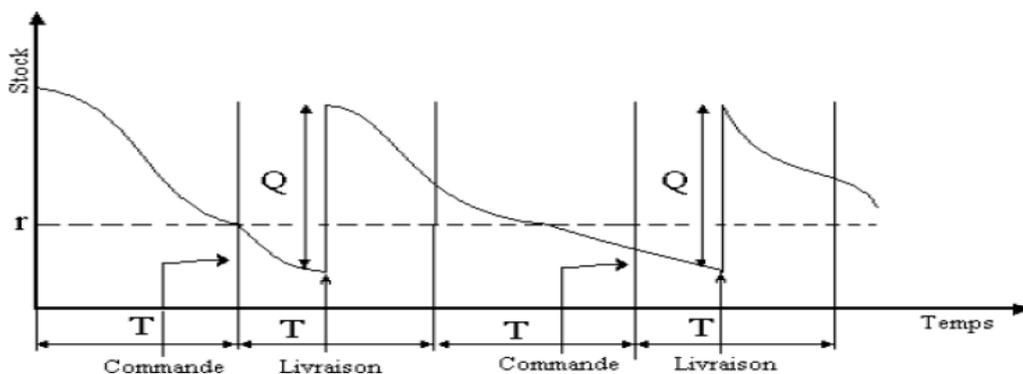


FIGURE 2.3 – Évolution du stock dans le modèle (Q, r, T) .

Systeme mixte (R, r, T)

Dans ce système, la gestion est effectuée au calendrier. La révision de l'état du stock se fait en des dates établies par un calendrier $t, t + T, t + 2T, \dots$

Le principe de ce système est schématisé dans la figure (2.4) :

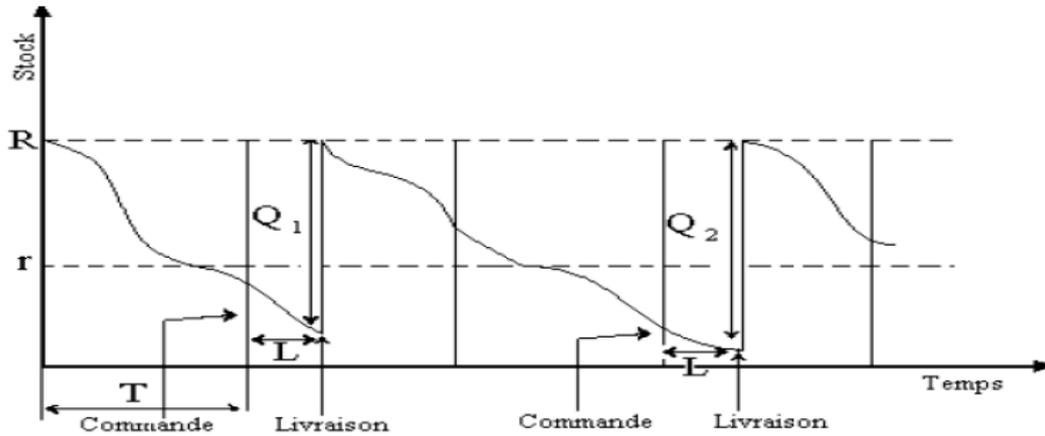


FIGURE 2.4 – Évolution du stock dans le modèle (R, r, T) .

À chaque inventaire, le stock S disponible au magasin est comparé à un stock de commandes r .

Deux cas se présentent :

$S > r$: on ne lance pas de commande, la gestion est suivie jusqu'à la prochaine période.

$S < r$: une commande de volume $Q = R - s$ est lancée.

Pour la détermination des paramètres R, r, T , on suppose R fixe, r et T inconnus.

R est égal à la quantité commandée plus le stock actuel, alors que r, T seront donnés par les mêmes formules que dans les systèmes (Q, r) et (R, T) .

Modèle de Wilson avec demande aléatoire

Supposons que la demande est sujette à certaines fluctuations qui peuvent provoquer des cas de rupture de stock.

Elle peut varier durant des sous-périodes, mais constante durant une période.

Le principe de ce système est schématisé dans la figure (2.5) :

Soient :

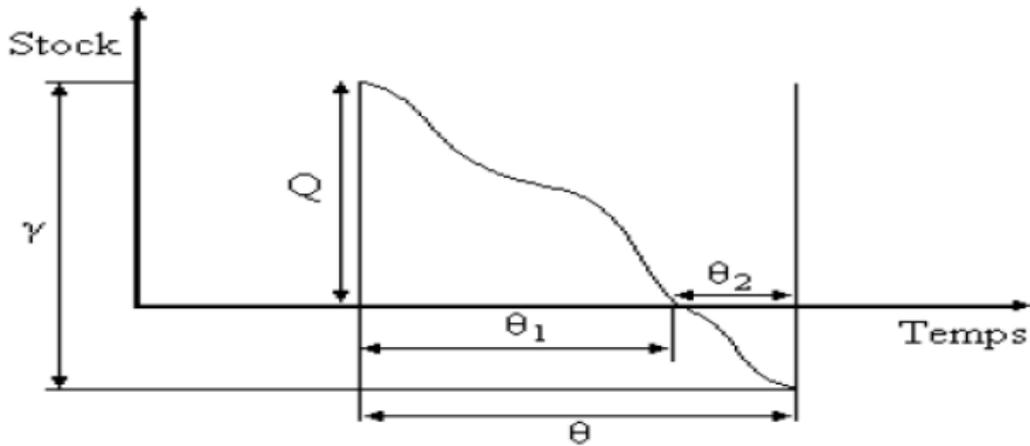


FIGURE 2.5 – Évolution du stock dans le modèle de Wilson avec demande aléatoire.

θ : période de gestion divisée en sous-périodes ;

γ : quantité demandée durant une sous-période, pouvant augmenter de manière à provoquer une rupture de stock ;

θ_1 : la partie de θ durant la quelle les demandes sont satisfaites ;

θ_2 : la partie de θ où on est en rupture de stock ;

C_p : coût de rupture.

Le coût total durant une période est :

$$K(Q) = n\left(\frac{Q}{2} \times \theta_1 \times C_s + \frac{\gamma - Q}{2} \times \theta_2 \times C_p + C_a\right).$$

Comme :

$$\theta_1 = \frac{Q \times \theta}{\gamma}, \quad \theta_2 = \theta \times \frac{\gamma - Q}{\gamma},$$

on aura :

$$K(Q) = n\left(\frac{Q^2}{2} \times \theta \times C_s + \frac{(\gamma - Q)^2}{2 \times \gamma} \times \theta \times C_p + C_a\right).$$

L'expression du coût total est en fonction de γ et θ , le minimum est atteint pour :

$$\gamma^* = \sqrt{\frac{2 \times \lambda \times C_a}{C_s}} \times \frac{C_p + C_s}{C_p}.$$

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \times \lambda \times C_a}{C_s}} \times \frac{C_p}{C_p + C_s}.$$

Si on désigne le taux de pénurie par ρ avec :

$$\rho = \frac{C_p}{C_p + C_s}.$$

On déduit :

$$K(Q^*) = T\sqrt{2 \times \lambda \times C_s \times C_a \times \rho},$$

$$\theta^* = \sqrt{\frac{2 \times C_a}{\lambda \times C_s \times \rho}}.$$

2.9 Classification des stocks

Si les stocks sont composés d'une grande variété de produits, il est nécessaire de limiter la gestion ou donner la priorité, à certaines catégories d'articles (celles qui ont les mouvements les plus importants ou celles qui réalisent une grande partie du chiffre d'affaires).

Pour cela on utilise la méthode ABC[19].

2.9.1 Principe du classement ABC

Cette méthode nous permet de classer les articles à gérer selon un seul critère . Son principe est de classer les articles en stock dans l'ordre des valeurs décroissantes de consommation avec les montants des consommations des articles prétendants.

Son principe est schématisé dans la figure(2.6) :

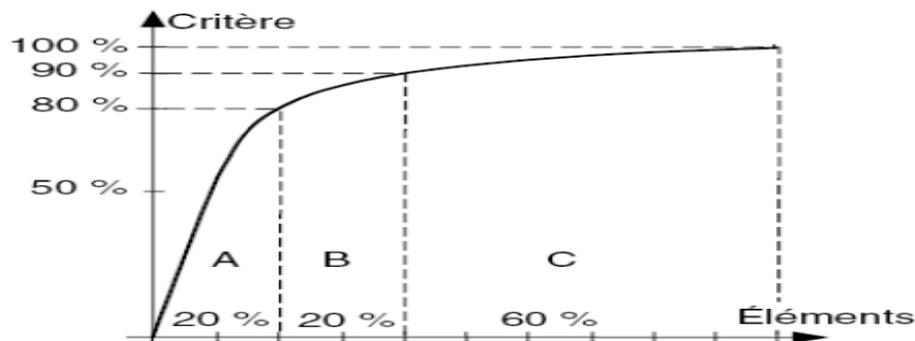


FIGURE 2.6 – Schématisation de l'analyse ABC.

La description des classes se fera comme suit :

1. **La classe A** : Elle comporte 5 à 10% des articles les plus utilisés et qui engendrent plus de 75% du coût total de consommation. Ces articles nécessitent une attention particulière du point de vue gestion et doivent être contrôlés par des modèles très précis.

2. **La classe B** : Elle compte à peu près 50% des articles, présente la seconde importance de l'organisation et peut être contrôlée en choisissant un modèle probabiliste adéquat.
3. **La classe C** : Elle comporte les articles restants qui ont une valeur de consommation assez faible par rapport aux deux premières classes.

2.10 Notions de base sur l'approvisionnement

Avant de fabriquer un produit, l'entreprise a besoin de s'ouvrir sur ses marchés situés en amont, les fournisseurs, pour pouvoir s'approvisionner.

2.10.1 Définition

L'approvisionnement a pour but de répondre aux besoins de l'entreprise en matière de produits ou de services nécessaires à son fonctionnement. Il consiste à acheter, au bon moment et au meilleur prix, les quantités nécessaires de produits de qualité à des fournisseurs qui respecteront les délais.

Il comporte donc un élément achat et un élément gestion des stocks.

Cette fonction est d'autant plus importante pour la compétitivité de l'entreprise que le rapport qualité-coût des approvisionnements aura une incidence sur le rapport qualité-coût de la production.

La valeur des achats représente de 30% à 85% du chiffre d'affaires des entreprises selon leur secteur d'activité. Une bonne politique d'achat peut donc permettre à une entreprise de réduire de manière significative ses coûts de production et d'améliorer en conséquence sa marge commerciale. Bien acheter permet à l'entreprise d'accroître sa rentabilité.

2.10.2 L'objectifs des approvisionnements

L'approvisionnement a deux grands objectifs :

- **Des objectifs de coûts** : Réduire les coûts d'achat et les coûts de stockage. Les moyens utilisés par le service achat sont variés : pression sur les fournisseurs pour obtenir les meilleurs prix et des délais de paiement importants, l'achat en grande quantité mais une gestion très fine des stocks car une rupture de stock est souvent préjudiciable.
- **Des objectifs de qualité** : Privilégier la qualité de l'approvisionnement, c'est réduire les malfaçons, les déchets et donc améliorer la qualité finale des produits.

Approvisionner une entreprise en matières et produits intermédiaires consiste à répondre à quatre questions :

- Quels produits faut-il commander ? Cela suppose une bonne connaissance des besoins de la production pour une entreprise (besoins en matières premières, matières consommables, fournitures...) et de ses clients pour un distributeur.
- À quel producteur faut-il commander ? Il s'agit de se procurer des informations sur les différents fournisseurs qui peuvent satisfaire les besoins de l'entreprise et d'opérer une sélection en fonction de certains critères.
- À quel prix ?
- Selon quelles conditions ? Ce sont les conditions de vente que l'acheteur négocie.

Le choix des fournisseurs s'effectue selon plusieurs critères parmi lesquels :

- Le prix ;
- La qualité (respect du cahier des charges fixant les exigences techniques) ;
- Les délais de livraison et leur respect ;
- Le service après-vente (maintenance des biens de production : machines, ordinateurs...);
- Les facilités de paiement ;
- La sécurité (régularité et sûreté des approvisionnements) ;
- La garantie ;
- La localisation.

La sélection des fournisseurs se fait au moyen :

- **Des appels d'offre :** effectués par voie de presse ou par circulaire ;
- **De la négociation directe :** mise en concurrence des fournisseurs habituels et négociation des conditions ;
- **Des centrales d'achat :** qui sont chargées de trouver les fournisseurs et de négocier les conditions de vente pour les entreprises de distribution ;
- **Des contrats :** annuels renouvelé au début de chaque année qui se font souvent avec des fournisseurs étrangers comme elle fait l'entreprise Ramdy pour l'achat par exemple de la poudre de lait.

2.10.3 Politiques d'approvisionnement

De nombreux concepts ont été inventés pour gérer l'approvisionnement, les principaux concepts sont [2][9] :

Réapprovisionnement à date fixe et en quantité fixe

Suivant cette méthode, on prévoit des livraisons de produits à dates fixes. Les quantités livrées sont égales et peuvent se rapprocher de la quantité économique ou correspondre à une livraison

partielle d'un contrat annuel.

Cette méthode peut s'appliquer aux produits :

- Dont la consommation est régulière ;
- De faible valeur ;
- De classe C.

● **Avantages :**

- Simplicité de la gestion des stocks ;
- Gains d'échelle négociables par les acheteurs.

● **Inconvénients :**

- Si la quantité de réapprovisionnement est mal calculée ou si la consommation n'est pas régulière, il y a risque d'inflation (surstockage) ou de rupture de stock ;
- Les livraisons urgentes ou hors contrat, peuvent être très coûteuses (recours au frais aérien, lancement spécial chez le fournisseur, etc.).

Réapprovisionnement à date fixe et en quantité variable

Selon cette méthode, appelée également méthode de recombplètement, on définit pour chaque produit un niveau de stock optimum. À période fixe, le magasinier analyse son stock et commande une quantité permettant de retrouver le niveau voulu. Cette méthode s'applique essentiellement à des produits :

- Dont la consommation est régulière ;
- Coûteux, périssables ou encombrants.

● **Avantages :**

- Gestion des stocks simple ;
- Immobilisation financière faible ou maîtrisée.

● **Inconvénients :**

- Possibilité de rupture de stock ;
- Risque d'inflation.

Réapprovisionnement à date variable et en quantité fixe

Cette méthode, plus connue sous le nom de méthode du point de commande, consiste à définir dans un concept de juste à temps, un seuil d'alerte qui doit permettre de déclencher la commande d'achat de façon que les produits soit livrés juste au moment de l'utilisation de la dernière unité en stock. Ce seuil est égal au niveau de stock égal à la somme du stock de sécurité et de la demande moyenne pendant le délai de livraison.

Ce niveau de stock doit permettre de satisfaire les besoins durant le délai allant de la date de connaissance de ce niveau à la date de livraison.

Cette technique est utilisée essentiellement pour les articles de classe A, car elle demande un suivi permanent des stocks, ce qui peut entraîner un coût de gestion élevé.

• **Avantages :**

- Permet d'éviter des ruptures de stocks ;
- Adapté aux produits dont la consommation est partiellement irrégulière.

• **Inconvénients :**

- Impose un suivi permanent des stocks pouvant entraîner des frais administratifs importants ;
- Peut encourager à faire des stocks de sécurité.

Réapprovisionnement à date et en quantité variable

Cette méthode est principalement utilisée pour les produits de classe A dont les prix de revient varient fortement ou dont la disponibilité n'est pas permanente.

• **Avantages :**

- Permet, éventuellement de profiter de tarifs très intéressants.

• **Inconvénients :**

- Il peut favoriser la spéculation ;
- Il est préférable de ne l'utiliser que pour un nombre réduit d'articles, sinon l'entreprise risque de se fragiliser.

2.11 Conclusion

Dans ce chapitre, on a présenté les notions de base de la gestion des stocks, les différents modèles de gestion classiques ainsi que la méthode ABC et on a terminé par des notions de base sur l'approvisionnement. Le chapitre suivant sera dédié à la présentation des notions de base sur les prévisions.

Chapitre 3

Méthodes statistiques de prévisions

3.1 introduction

La prévision peut être définie comme étant « une appréciation sur les valeurs futures d'une variable quantitative ». Nous partons d'une série d'observations à travers le temps portant sur une variable y quelconque, de l'instant 1 jusqu'à l'instant T ; il s'agit d'une série chronologique ou encore d'une série temporelle. Nous cherchons à prévoir la valeur qui sera atteinte par y à un instant futur $T + h$, ou encore à l'horizon h .

Dans ce chapitre, nous donnons quelques notions sur les prévisions, afin d'avoir une idée sur le choix des modèles appropriés pour nos séries chronologiques et calculer ainsi les prévisions.

3.2 Séries chronologiques

Une série chronologique est un ensemble de données historiques recueillies dans l'ordre chronologique croissant du temps.

Son analyse repose sur[1] :

- L'observation des valeurs dans le passé à des dates fixées et équidistantes ;
- La suggestion d'hypothèses de travail permettant de justifier l'emploi de certaines méthodes de prévision.

On distingue deux types de séries chronologiques :

1. **Série continue** : C'est une série où l'observation est faite d'une manière continue ;
2. **Série discrète** : C'est une série où l'observation est faite sur des intervalles de temps fixés à priori : heure, jour, mois, années,...

3.3 Séries chronologiques stationnaires

Une série chronologique est stationnaire si elle est la réalisation d'un processus stationnaire, ceci implique que la série ne possède ni tendance ni saisonnalité et plus généralement aucun facteur n'évolue avec le temps.

Un processus $\{y_t; t \in T\}$ est dite stationnaire si les moments du premier ordre et du second ordre sont invariant par translation du temps, c'est-à-dire que[9] :

1. $E(y_t) = \mu < \infty, \forall t \in T$
2. $E(y_t^2) < \infty, \forall t \in T \implies Var(y_t) = \sigma^2 < \infty, \forall t \in T$
3. $Cov(y_t, y_{t-k}) = E[(y_t - \mu)(y_{t-k} - \mu)] = \gamma_k, \forall t \in T, \forall k \in T$

3.4 Les composantes d'une série chronologique

L'étude de la série chronologique peut mettre en évidence quatre types de composantes [15] :

1. **La tendance** : cette composante exprime le comportement général de la variable Y_t sur une très longue période de temps.
2. **Les composantes saisonnières** : souvent notées S_t , elles décrivent la variation de nature périodique de la variable Y_t , c'est-à-dire, les mouvements de Y_t se répètent d'une manière périodique avec approximativement la même intensité.
3. **Les composantes irrégulières ou aléatoires** : la composante aléatoire dite aussi résiduelle, est une suite de petits mouvements qui ne suivent aucun modèle reconnaissable, elle regroupe tout ce qui n'est pas pris en charge par la composante saisonnière et tendancielle.
4. **Les composantes cycliques** : Désignées par C_t , elles expriment les mouvements irréguliers de déviation de la variable Y_t autour de la tendance de la série sur des périodes de temps relativement longues (en général des dizaines d'années si ce n'est des siècles).

3.5 Processus bruit blanc

Un processus bruit blanc est une suite de variables aléatoires ϵ_t de même distribution et mutuellement indépendantes.

1. $E[\epsilon_t] = 0, \forall t \in T;$
2. $Var(\epsilon_t) = E[\epsilon_t^2] = \sigma^2, \forall t \in T;$
3. $E[\epsilon_t, \epsilon_k] = 0, \forall t \neq k.$

3.6 Processus de prévision

Le processus de prévision consiste à [4] :

- Etablir le but des prévisions ;
- Définir l’horizon de prévision ;
- Recueillir les données pertinentes ;
- Modélisation : Choisir une technique (modèle) de prévision ;
- Etablir les prévisions ;
- Validation : Calculer les pourcentages d’erreur en se basant sur les données disponibles ;
- Procéder à l’implantation et suivre l’évolution des prévisions.

3.7 Modélisation et prévision

La modélisation est une représentation d’une série chronologique par un modèle qui décrit son évolution dans le temps. Plusieurs méthodes de modélisation ont été établit, citons en particulier, les méthodes du lissage exponentiel et la méthode de Box et Jenkins. La prévision d’une série consiste à déterminer son évolution sur les périodes non observées.

On distingue généralement trois types de prévisions [4] :

- La prévision à court terme : elle a un horizon de 6 à 18 mois ;
- La prévision à moyen terme : elle a un horizon de 2 à 5 ans ;
- La prévision à long terme : elle a un horizon de 6 à 20 ans.

3.8 Modélisation d’une série chronologique

Il s’agit de trouver des modèles décrivant la façon dont laquelle la série évolue.

On distingue trois types de modèles :

1. Les modèles d’ajustement ;
2. Les Modèles d’autoprojectifs ;
3. Modèles explicatifs.

3.8.1 Les modèles d’ajustement

Modèle additif et multiplicatif

Ce sont des modèles, qui permettent de combiner les différentes composantes d’une série chronologique. On distingue deux modèles d’ajustement qui sont [4][10][15] :

a. Le modèle additif :

Dans un modèle additif, on suppose que les trois composantes : tendance a_t , variations saisonnières s_t , variations accidentelles ϵ_t , sont indépendantes les unes des autres. On considère que la série y_t s'écrit comme somme de ces trois composantes :

$$y_t = a_t + s_t + \epsilon_t.$$

b. Le modèle multiplicatif :

On suppose que les variations saisonnières et les variations accidentelles dépendent de la tendance. On a alors :

$$y_t = a_t \times s_t \times \epsilon_t.$$

Modèle de régression

la modélisation permet de déterminer les prévisions à court terme, le modèle s'écrit :

$$y_t = g(t, \theta) + \epsilon_t,$$

où

$g(t, \theta)$ est une fonction déterministe connue en fonction du temps à travers le paramètre vectoriel :

$$\theta = (\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k).$$

3.8.2 Modèles d'Autoprojectifs

On suppose dans ce type de modèle que la série chronologique (y_t) s'écrit en fonction de ses valeurs passées et d'une perturbation aléatoire :

$$y_t = f(y_{t-1}, y_{t-2}, \dots) + \epsilon_t.$$

Parmi les méthodes mises en évidence, on trouve les modèles de lissage exponentiel et les modèles de Box et Jenkins.

3.8.3 Modèles explicatifs

Ce sont des modèles dans lesquels la variable $y_t, t \in T$ est exprimée en fonction d'un vecteur de variables aléatoires observées x_t dites exogènes et d'une perturbation aléatoire, le modèle s'écrit :

$$y_t = f(x_t) + \epsilon_t,$$

où :

y_t peut être déterministe ou aléatoire, il existe deux types des Modèles explicatifs :

Modèle explicatif statique

Dont les variables x_t ne contiennent pas des valeurs passées de y_t et les ϵ_t sont indépendantes entre elles.

Modèle explicatif dynamique

Ce modèle peut être dynamique soit par ce que les t sont autocorrélées(dépendantes), soit par ce que les x_t contiennent des valeurs passées de y_t .

3.9 Fonction d'autocorrélation et d'autocorrélation partielle

Soit $\{Y_t, t \in Z\}$ un processus stationnaire [9].

1. La fonction d'autocorrélation (ACF)

On appelle autocorrélation de retard h , l'expression suivante :

$$\rho_K = \frac{Cov(Y_t, Y_{t-K})}{Var(Y_t)} = \frac{\gamma(K)}{\gamma(0)}, k \in Z,$$

avec

$$\gamma(h) = Cov(Y_t, Y_{t-K}), \gamma(0) = Var(Y_t) > 0.$$

La représentation graphique de la fonction d'autocorrélation en fonction de k est appelée corrélogramme.

2. La fonction d'autocorrélation partielle (PACF)

L'autocorrélation partielle d'ordre k , est un coefficient de corrélation partielle entre les deux processus $\{Y_t, t \in Z\}$ et $\{Y_{t-K}, K \in Z\}$ dont on a éliminé l'influence des variables aléatoires : $Y_{t-1}, \dots, Y_{t-K+1}$. Elle est donnée par l'expression suivante :

$$\pi_K = \frac{Cov(Y_t - Y_t^*, Y_{t-K} - Y_{t-K}^*)}{Var(Y_t, Y_t^*)}.$$

avec Y_t^* et Y_{t-K}^* sont les variables aléatoires obtenues par régression linéaire sur $Y_{t-1}, \dots, Y_{t-K+1}$.

La représentation graphique de la fonction d'autocorrélation partielle en fonction de k est appelée corrélogramme partiel.

3.10 Description des modèles de prévision

3.10.1 Méthode du lissage exponentiel

Les méthodes de lissage exponentiel ont été proposées à la fin des années 60. Leur principe se base sur le fait que pour le calcul des prévisions, on accorde plus de poids (plus d'importance) aux valeurs de l'historique par ordre décroissant d'une façon exponentielle au fur et à mesure qu'on remonte dans le passé. En d'autres termes, les informations récentes sont jugées plus indispensables pour le calcul des prévisions [2].

Lissage exponentiel simple

Cette méthode de lissage exponentiel a été proposée par Brown en 1959. Elle s'adapte au cas où la série peut être ajustée à une droite au voisinage de T , c'est-à-dire que la série originale ne présente pas de saisonnalité et sa tendance est constante.

Si on dispose d'une série chronologique Y_1, Y_2, \dots, Y_T , le modèle s'écrira sous la forme suivante :

$$Y_t = a_t + \varepsilon_t, t = 1 \dots T.$$

où :

a_t : est le niveau de la série,

ε_t : est la composante irrégulière.

Lissage exponentiel double

Quand la courbe de la série présente une tendance, le lissage simple n'est plus adapté.

Alors, on utilise le lissage double de Brown pour modéliser cette série.

On suppose que la série peut être ajustée localement à une droite au voisinage de T . L'équation de la série sera alors :

$$Y_t = a_0 + (t - T)a_1 + \varepsilon_t.$$

La prévision proposée par Brown s'écrit sous la forme :

$$\hat{Y}_T(h) = \hat{a}_0(T) + h\hat{a}_1(T),$$

où

h représente l'horizon de la prévision,

$\hat{a}_0(T)$ et $\hat{a}_1(T)$ représentent les estimateurs de a_0 et de a_1 .

Lissage exponentiel de Holt

La méthode de lissage de Holt est applicable à une série qui admet une tendance linéaire mais pas une saisonnalité.

$$Y_t = a_0 + (t - T)a_1 + \varepsilon_t.$$

Lissage exponentiel de Winters

La méthode de lissage de Winters est une généralisation de la méthode de Holt. Cette méthode est adaptée aux séries présentant une tendance et une saisonnalité. Il existe deux types de modèles de Winters :

- **Modèle additif de Winters**

Le modèle additif de Winters est obtenu en ajoutant une composante saisonnière au modèle de Holt. La série peut être ajustée au voisinage de T par :

$$Y_t = a_0 + a_1(t - T) + S_t + \varepsilon_t.$$

- **Modèle multiplicatif de Winters**

Le modèle multiplicatif de Winters est obtenu en multipliant la composante saisonnière au modèle de Holt. On aura :

$$Y_t = [a_0 + a_1(t - T)]S_t \times \varepsilon_t.$$

3.10.2 Méthode de Box et Jenkins

Dans la méthodologie d'analyse des séries chronologiques synthétisée par Box et Jenkins, on utilise trois types de processus ARMA, ARIMA ou SARIMA pour construire un modèle restituant le mieux possible le comportement d'une série temporelle.

Modèles stationnaires

- **Processus moyenne mobile d'ordre q , MA(q)**

Le processus utilisant plus d'une erreur passée est appelé un processus moyenne mobile d'ordre q , où q est le plus grand retard utilisé. Il est défini par l'équation suivante [3]

$$Y_t = \varepsilon_t - \theta_1\varepsilon_{t-1} - \theta_2\varepsilon_{t-2} - \dots - \theta_q\varepsilon_{t-q},$$

$$Y_t = (1 - \theta_1\beta - \theta_2\beta^2 - \dots - \theta_q\beta^q)\varepsilon_t,$$

$$Y_t = \Theta(\beta)\varepsilon_t,$$

où

$\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_q$, q paramètres réels indépendants de t , $\Theta(\beta)$ l'opérateur moyenne mobile d'ordre q et ε_t : Processus bruit blanc.

• **Processus autorégressif d'ordre p , $AR(p)$**

Il s'agit d'un processus utilisant plusieurs variables du passé. p est le plus grand retard utilisé dans l'autorégression. Il s'écrit :

$$Y_t = \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + \varepsilon_t,$$

ϕ est appelé paramètre du processus.

• **Processus mixte $ARMA(p, q)$**

Il s'agit de processus utilisant plus d'une variable du passé ou plus d'une innovation, tel que p est le retard maximum des variables du passé et q le retard maximum des innovations du passé. Il s'écrit :

$$Y_t = \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} = \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q},$$

équivalent à :

$$\Phi_\beta X_t = \Theta(\beta)\varepsilon_t,$$

où les innovations ε_t constituent un processus bruit blanc de variance σ^2 ;

$\phi(B)$: s'appelle le polynôme autorégressif de degré p ;

$\Theta(B)$: s'appelle le polynôme moyenne mobile de degré q .

Modèles non stationnaires

Les processus AR, MA et ARMA sont introduit pour des processus stationnaires. Or, en général les séries chronologiques ont une tendance et aussi une saisonnalité. Par conséquent l'utilisation de ces modèles est limité. Une différence première d'une série non stationnaire peut être stationnaire. Il est donc possible de rendre stationnaire une série non stationnaire [3].

• **Processus $ARIMA(p, d, q)$**

Une série suit un processus $ARIMA(p, d, q)$ si elle suit un processus $ARMA(p + d, q)$ défini par :

$$\omega(\beta)x_t = \Theta(\beta)\varepsilon_t,$$

où $\beta = 1$ est la racine d'ordre d du polynôme $\omega(\beta)$, alors devient :

$$\Phi(\beta)(1 - \beta)^d X_t = \Theta(\beta)\varepsilon_t,$$

$$\Phi(\beta)\nabla^d X_t = \Theta(\beta)\varepsilon_t,$$

où $\Phi(\beta)$ est un polynôme de degré p et $\Theta(\beta)$ est un polynôme de degré q .

• Processus $SARIMA(p, d, q)(P, D, Q)_s$

Une série X_t suit un processus $SARIMA(p, d, q)(P, D, Q)_s$, si cette série a une saisonnalité de période s . On peut l'écrire de la manière suivante :

$$\Phi_1(\beta)\Phi_2(\beta^s)(1 - \beta)^d(1 - \beta^s)^D X_t = \Theta_1(\beta)\Theta_2(\beta^s)\varepsilon_t,$$

où :

Φ_1 est un polynôme de degré p ;

Φ_2 est un polynôme de degré P ;

Θ_1 est un polynôme de degré q ;

Θ_2 est un polynôme de degré Q .

Remarque :

Les modèles *ARIMA* et *SARIMA* permettent de représenter des séries non stationnaires puisqu'il faut leurs appliquer les opérations de différentiation pour avoir un bruit blanc.

Les étapes de la méthode de Box et Jenkins

• **Analyse préliminaire**

Après avoir examiné la présentation graphique de la série, on doit d'abord résoudre les difficultés qui se présentent telles que les observations suspectes. Ces difficultés peuvent être résolues comme suit [7][16] :

- Corriger les données aberrantes ;
- Supprimer une partie des données au début de la série ;
- Procéder à une transformation de la série (transformation logarithmique, différenciation, inverse,...) ;
- Ajouter les données manquantes.

• **Identification du modèle**

Elle se base sur la forme des autocorrélations et des autocorrélations partielles, pour spécifier le modèle. On peut résumer les critères de choix d'un modèle dans le tableau (3.1) :

• **Estimation des paramètres**

Les paramètres à estimer sont les coefficients des polynômes AR et MA, ainsi que des polynômes saisonniers SA et SMA et en minimisant certains critères tels que l'erreur moyenne carré ou l'erreur moyenne absolue.

Modèle	Autocorrélation	Autocorrélation partielle
Bruit blanc	nulle pour $k > 0$	nulle pour $k > 0$
$AR(p)$	fonction amortie incluse dans l'enveloppe	nulle pour $k > p$
$MA(q)$	nulle pour $k > p$	fonction amortie incluse dans l'enveloppe
$ARMA(p, q)$	fonction amortie $k > q - p$ incluse dans l'enveloppe	comportement général $k > q - p$ incluse dans l'enveloppe

TABLE 3.1 – Critères de choix d'un modèle de prévision.

- **Validation du modèle**

Une fois les paramètres sont estimés, on vérifie s'ils répondent aux conditions de stationnarité et d'inversibilité. Ensuite, il s'agit de tester si ces paramètres sont considérés comme significatifs (acceptables) ou sont à rejeter grâce au test de Student.

- **Prévision**

Découle immédiatement du modèle retenu, on obtient aussi les variances des erreurs de prévision d'horizon 1,2,...

- **Interprétation des résultats**

L'interprétation des résultats n'est pas toujours simple. Les éléments les plus importants sont les opérateurs de différence et la constante puisqu'ils déterminent à long terme le comportement de la fonction prévision.

3.11 Conclusion

Dans ce chapitre on a donné un bref aperçu sur quelques méthodes de prévision.

La méthode de Box et Jenkins est adaptée au cas des prévisions à long, moyen et court terme tandis que les méthodes du lissage exponentiel se limitent aux prévisions à court et moyens terme. En effet la méthode de Box et Jenkins possède une base mathématique plus solide que les méthodes de lissage exponentiel c'est pour cela que pour nos prévisions que nous allons faire dans le chapitre qui suit, on fait appel à la méthode de Box et Jenkins.

Chapitre 4

Modélisation et approche de résolution

4.1 Introduction

Ce chapitre concerne en premier temps la modélisation statistique des achats des matières premières au niveau de l'entreprise Ramdy. En utilisant les modèles de Box et Jenkins, nous avons déterminé les prévisions des achats de la poudre de lait sur une durée de douze mois et cela pour l'année 2016. En second temps nous avons choisi le modèle de gestion des stocks le plus adéquat, qui reflète au mieux les caractéristiques du système étudié pour calculer la quantité optimale de commande, le point de commande, le stock de sécurité et le coût total.

4.2 Présentation des données

Les données relatives aux achats des matières premières sont indiquées en Annexe A (voir les tableaux) et représentées par l'histogramme de la figure (4.1). Ces dernières étaient recueillies au niveau de la direction commerciale de l'entreprise. Ces séries chronologiques représentent les quantités mensuelles achetées de chaque matière première de Janvier 2012 jusqu'à Décembre 2015. L'unité de mesure considérée est le tonne.

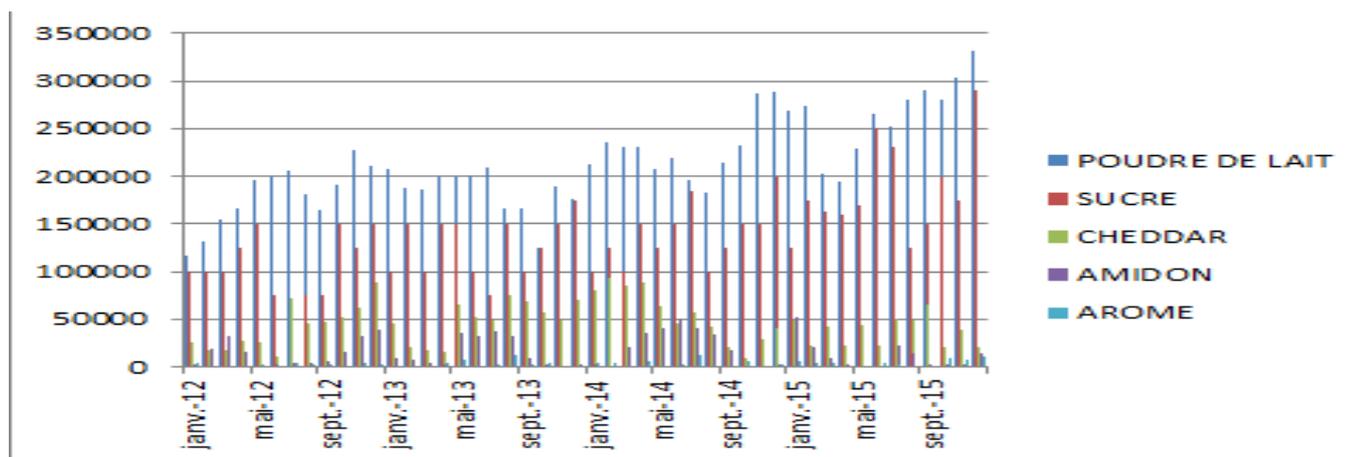


FIGURE 4.1 – Présentation des achats entre 2012 et 2015.

4.3 Classification des produits selon la méthode ABC et interprétation graphique

Afin de déterminer et de choisir les éléments à étudier, on a effectué une analyse ABC.

Les résultats de classification sont représentés dans le tableau(4.1) et la figure(4.2) :

Les matières premières	Achats par ordre décroissant	Achats cumulés décroissante	Achats cumulés en pourcentage	Classe
POUDRE DE LAIT	3172850 T	3172850	53%	A
SUCRE	2212200 T	5385050	89%	B
CHEDDAR	446590 T	5831640	97%	B
AMIDON	147003 T	5978643	99%	C
AROME	52564 T	6031207	100%	C
Total général	6031207 T		100%	

TABLE 4.1 – Tableau d'analyse ABC des Achats pour l'année 2015.

D'après l'analyse *ABC* et le diagramme de Pareto, on remarque que la poudre de lait est l'une des matières premières les plus importantes pour l'entreprise Ramdy. En effet l'achat de cette dernière a connu une augmentation considérable entre l'année 2012 et 2015 et cela peut être justifié par le volume de consommation de la poudre de lait dans la production. Pour cela, nous avons opté pour la modélisation d'un seul type de produit qui est la poudre de lait.

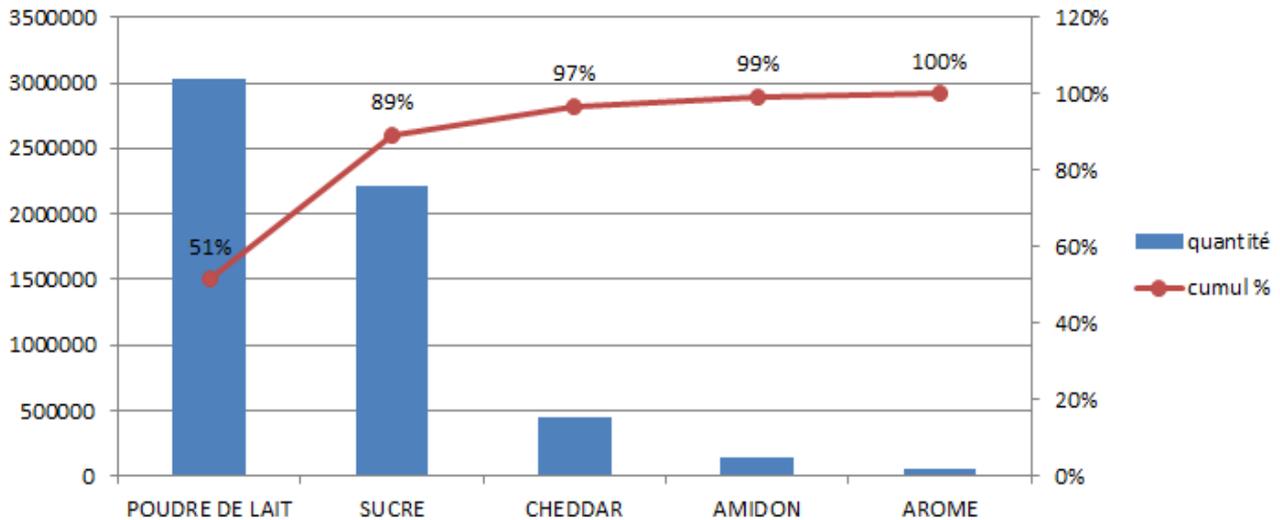


FIGURE 4.2 – Diagramme de Pareto des achats des matières premières.

4.4 Etude prévisionnelle

4.4.1 Description du langage *R*

Le logiciel *R* est un logiciel de statistique créé par Ross Ihaka et Robert Gentleman. Il est à la fois un langage informatique et un environnement de travail ; les commandes sont exécutées grâce à des instructions codées dans un langage relativement simple, les résultats sont affichés sous forme de texte et les graphiques sont visualisés directement dans une fenêtre qui leur est propre. C'est une clone du logiciel *S-plus* qui est fondé sur le langage de programmation orienté objet *S*, développé en 1988. Ce logiciel sert à manipuler des données, à tracer des graphiques et à faire des analyses statistiques sur ces données.

4.4.2 Modélisation statistique de la série des achats de la poudre de lait

A. Analyse préliminaire

Afin d'importer les données depuis Excel et les analyser sous *R*, nous avons enregistré ces données sous forme d'un fichier texte sous le nom : "achats.txt", puis nous avons utilisé les commandes suivantes :

```
> s=read.table("achats.txt",h=T)
> attach(s)
```

```
> names(s)
> serie=ts(poudre de lait,start=c(2013,1),end=c(2015,12),frequency=12)
> plot(serie)
```

La Figure (4,3) représente l'évolution des achats de la poudre de lait entre 2012 et 2015. Nous avons 48 observations (voir le tableau de l'Annexe A). La moyenne et la variance de la série sont respectivement égale à $\bar{y} = 219987.3$ et $\sigma_y^2 = 2740880848$.

Elles ont été calculées par les commandes suivantes :

```
> mean(serie)
> var(serie)
```

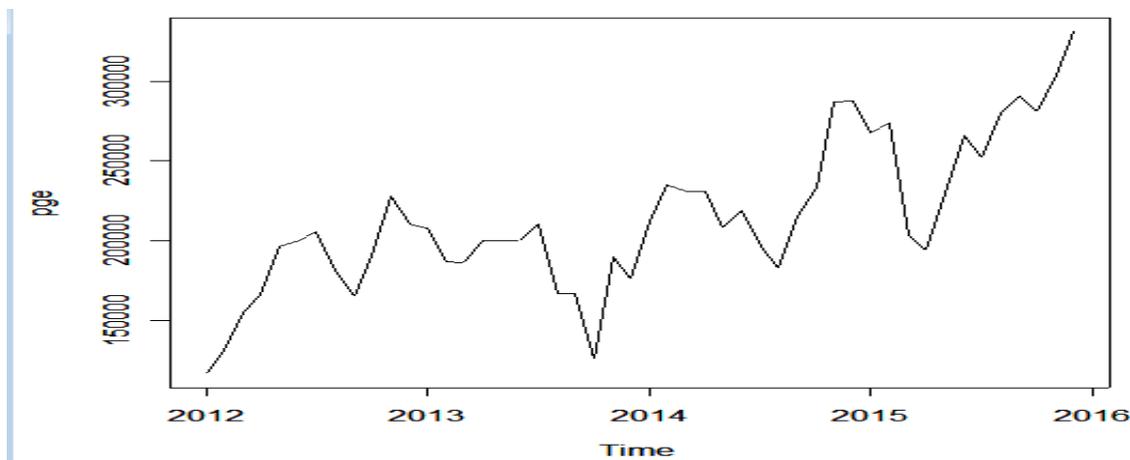


FIGURE 4.3 – Graphe de la série originale : poudre de lait

Le graphe de la série originale (Figure 4.3) nous montre que celle-ci comporte une tendance croissante et une composante saisonnière. Pour illustrer cela, nous allons décomposer notre série originale en ses différentes composantes. Nous utilisons les commandes suivantes :

```
> decom=decompose(serie,type=c("additive","multiplicative"),filter=NULL)
> plot(decom)
```

Le corrélogramme et le corrélogramme partiel de la série original sont illustrés dans les figures(4,5) et (4,6) respectivement. Les commandes qui nous permettent d'établir cette visualisation sont :

```
> acf(serie)
> pacf(serie)
```

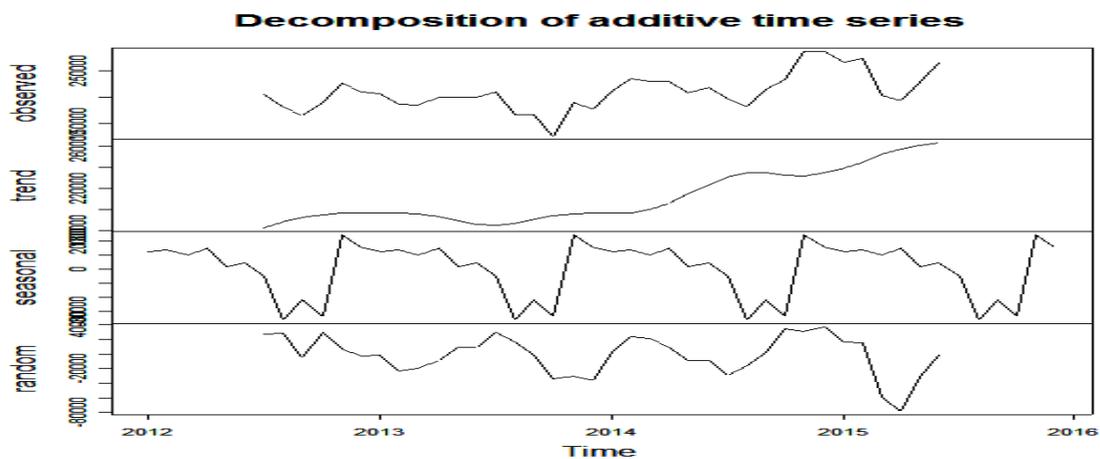


FIGURE 4.4 – Graphe de la série et ses différentes composantes

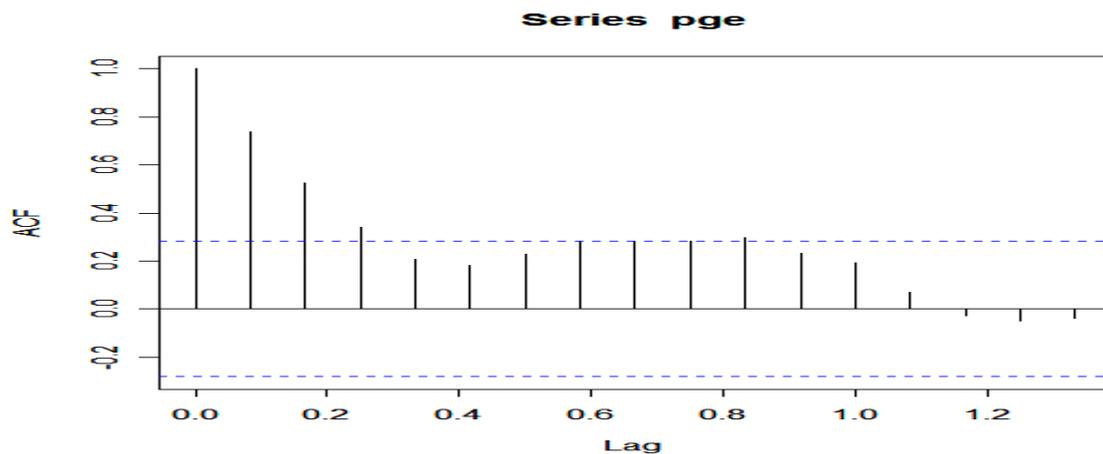


FIGURE 4.5 – Corrélogramme de la série originale de la poudre de lait

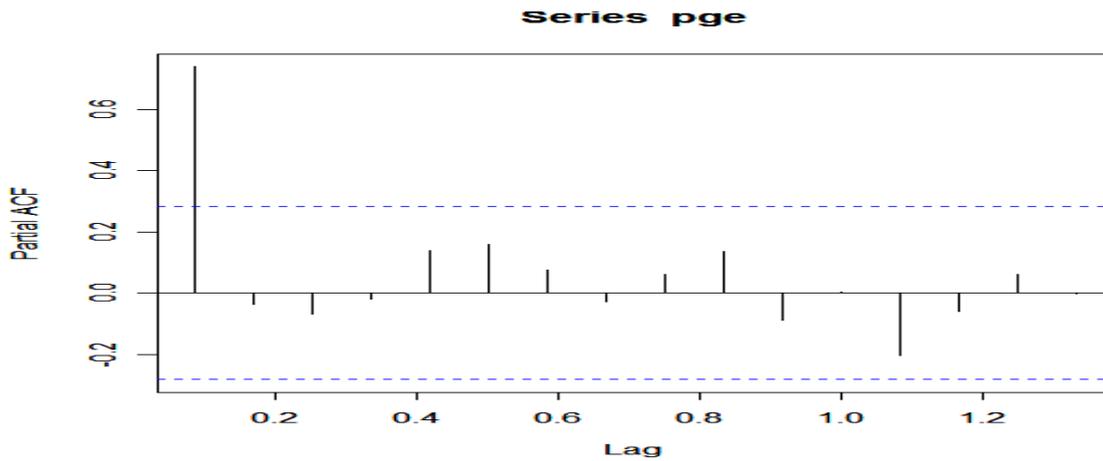


FIGURE 4.6 – Corrélogramme partiel de la série originale de la poudre de lait

L'instruction suivante nous permet d'affaiblir la variance de la série. On utilise la transformation en logarithme pour stationariser la série chronologique en appliquant une différence première ordinaire et une différence première saisonnière d'ordre 12.

```
> s=log(serie)
> differencier=diff(s)
> differencier1=diff(differencier,frequency=12)
> plot(differencier1)
```

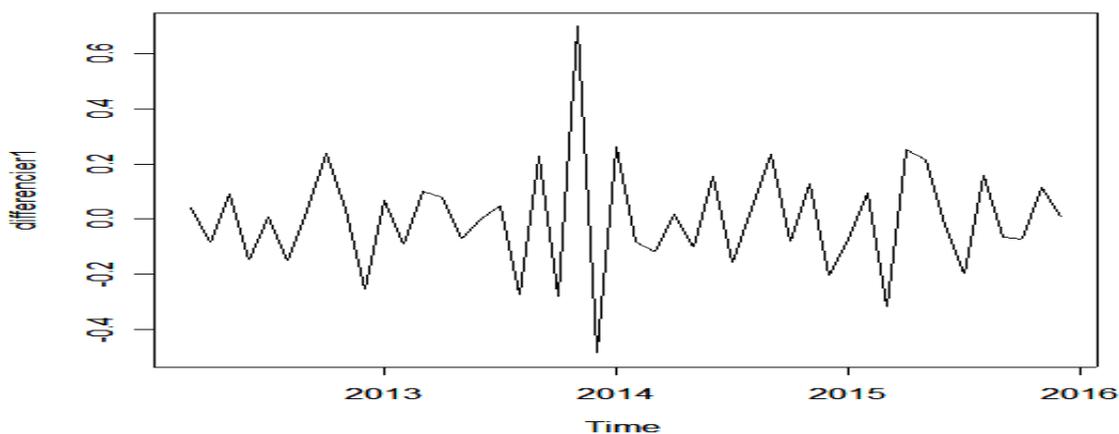


FIGURE 4.7 – Graphe de la série fitrée

B. Identification du modèle

Les commandes qui nous permettent de visualiser respectivement le corrélogramme (figure 4.8) et le corrélogramme partiel (figure 4.9) de la série filtrée sont :

```
> acf(differencier1)
> pacf(differencier1)
```

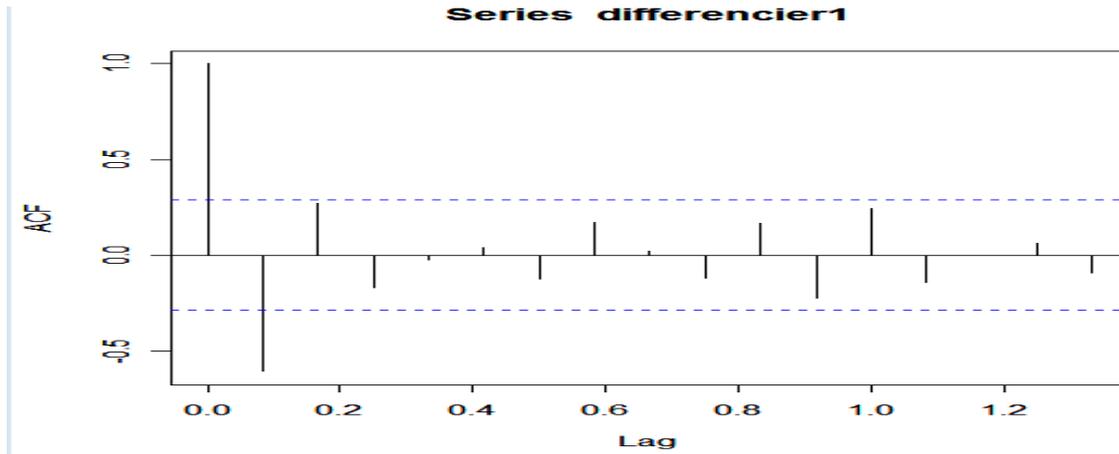


FIGURE 4.8 – Corrélogramme de la série filtrée

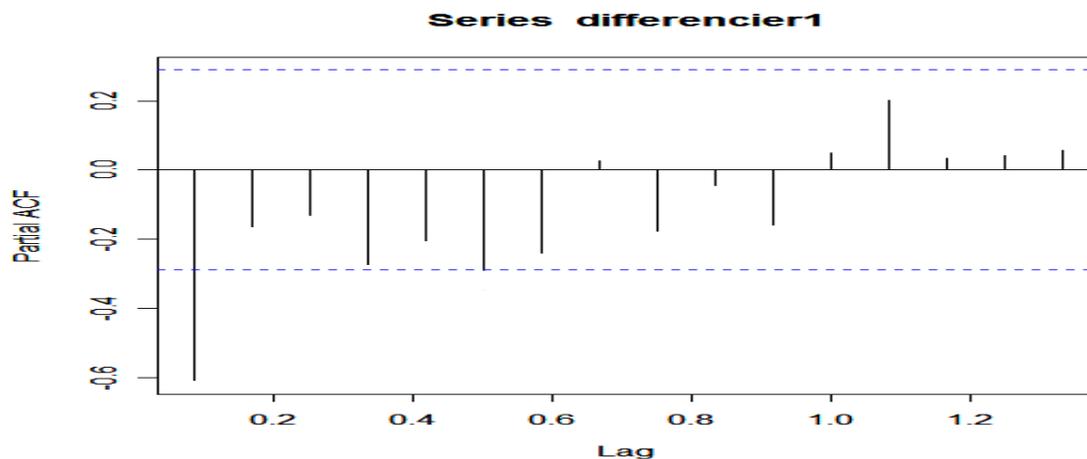


FIGURE 4.9 – Corrélogramme partiel de la série filtrée

On remarque que l'ACF dans la figure(4.8) est en dehors de l'intervalle de confiance à 95% pour les retards 1 et 2. Ce modèle devra comporter une partie $MA(1)$ non saisonnière, et une partie $MA(1)$ saisonnière. Quant à la fonction d'autocorrélation partielle dans la figure(4.9), les valeurs

sont en dehors de l'intervalle de confiance à 95% pour un retard de 1. Donc, on peut penser que le modèle comportera également une partie $AR(1)$ non saisonnière. Alors la série en logarithmes est un processus $SARIMA(1, 1, 2)(0, 1, 0)_{12}$.

C. Estimation des paramètres du modèle

Pour le modèle $SARIMA(1, 1, 2)(0, 1, 0)_{12}$, la commande suivante permet d'effectuer l'ajustement de la série et d'obtenir le résultat qui suit :

```
> sarima=arima(s,order=c(1,1,2),seasonal=list(order=c(0,1,0),period=12))
> sarima
```

Les estimateurs des paramètres du modèle et leur écarts-type, sont :

$$\begin{aligned}\hat{\phi} &= 0.7132, & \hat{\sigma}(\hat{\phi}) &= 0.1688 \\ \hat{\theta} &= -0.8728, & \hat{\sigma}(\hat{\theta}) &= 0.2082 \\ \hat{\theta}_{12} &= -0.2934, & \hat{\sigma}(\hat{\theta}_{12}) &= 0.1271\end{aligned}$$

Nous remarquons que tous les estimateurs vérifient les conditions de stationnarité : $|\hat{\phi}| \leq 1$, et d'inversibilité : $|\hat{\theta}| \leq 1$ et $|\hat{\theta}_{12}| \leq 1$

Le modèle s'écrit :

$$(1 - \hat{\phi}D)(1 - D)(1 - D^{12}) \log(y_t) = (1 - \hat{\theta}D)(1 - \hat{\theta}_{12}D^{12})\epsilon_t.$$

Ce qui nous donne alors :

$$(1 - 0.7132D)(1 - D)(1 - D^{12}) \log(y_t) = (1 + 0.8728D)(1 + 0.1271D^{12})\epsilon_t.$$

D. Validation du modèle

D.1. Tests sur les coefficients du modèle

Suivant le théorème central-limite, la loi de student converge vers la loi Normale centrée réduite lorsque n est assez grand, En prenant $\alpha = 0.05$, la valeur critique lue sur la table de la loi normal $T(n - k - 1, \frac{\alpha}{2})$ est :

$$T(48 - 3 - 1, 0.025) = T(44, 0.025) = \phi^{-1}(1 - 0.025) = 1.96.$$

Avec :

La taille de l'échantillon $n = 48$

Le nombre de paramètres du modèle à estimer $k = 3$

1. Test de $H_0 : \phi = 0$ contre $H_1 : \phi \neq 0$

Ce test est basé sur la statistique : $T = \frac{|\hat{\phi}|}{\hat{\sigma}(\hat{\phi})} \rightarrow t(n-2, \frac{\alpha}{2})$

Sa réalisation : $t_1 = \frac{0.7132}{0.1688} = 4.2251 > 1.96$; Alors on rejette l'hypothèse H_0 ; " $\phi = 0$ ". Par conséquent, on accepte l'hypothèse H_1 , donc le paramètre ϕ est significativement différent de zero.

2. Test de $H_0 : \theta = 0$ contre $H_1 : \theta \neq 0$

Ce test est basé sur la statistique : $T = \frac{|\hat{\theta}|}{\hat{\sigma}(\hat{\theta})} \rightarrow t(n-2, \frac{\alpha}{2})$

Sa réalisation : $t_1 = \frac{0.8728}{0.2082} = 4.1921 > 1.96$; Alors on rejette l'hypothèse H_0 ; " $\theta = 0$ ". Et par conséquent on accepte l'hypothèse H_1 , donc le paramètre θ est significativement différent de zero.

3. Test de $H_0 : \theta_{12} = 0$ contre $H_1 : \theta_{12} \neq 0$

Ce test est basé sur la statistique : $T = \frac{|\hat{\theta}_{12}|}{\hat{\sigma}(\hat{\theta}_{12})} \rightarrow t(n-2, \frac{\alpha}{2})$

Sa réalisation : $t_1 = \frac{0.2934}{0.1271} = 2.3084 > 1.96$; Alors on rejette l'hypothèse H_0 ; " $\theta_{12} = 0$ ". Et par conséquent on accepte l'hypothèse H_1 , donc le paramètre θ_{12} est significativement différent de zero.

D.2. Examen des résidus

Ce test est basé sur la statistique :

$$Q = n(n+2) \sum_{i=1}^M \frac{\rho_i^2}{n-i} \rightarrow \chi_{M-K}^2.$$

Test $H_0 : \rho_1 = \rho_2 = \dots = 0$, $i = \overline{1, M}$ contre $H_1 : \exists i \in \{1, \dots, M\}$ tel que $\rho_i \neq 0$.

Où :

ρ_i : désignent les coefficients d'autocorrélations théoriques.

M : est la partie entière de $\min(\frac{n}{2}, 3\sqrt{n})$, donc $M = 20$ avec $n = 48$.

Les commandes suivantes nous donne la valeur empirique de la statistique de Box et Jenkins :

```
> residu = residuals(sarima)
```

```
> residu1 = ts(residu, start = 2012, frequency = 12)
```

```
> Box.test(residu1, lag = 17, type = "Ljung")
```

La statistique calculée des résidus est : $\chi^{2*} = 15.3989$.

Au niveau de signification $\alpha = 0.05$, la valeur critique lue sur la table de Khi-deux est :

$$\chi_{M-K}^2(\alpha) = \chi_{20-3}^2(0.05) = \chi_{17}^2(0.05) = 27.59.$$

Comme $\chi^{2*} = 15.3989 < \chi_{17}^2(0.05) = 27.59$, alors on accepte l'hypothèse H_0 de nullité des 20 premiers coefficients de corrélation des résidus. Par conséquent, les résidus forment un bruit blanc, le corrélogramme et le corrélogramme partiel des résidus représentés dans les figures(4.10) et (4.11) nous montrent clairement que tous les pics sont à l'intérieur de l'enveloppe.

```
> acf(residu1)
```

```
> pacf(residu1)
```

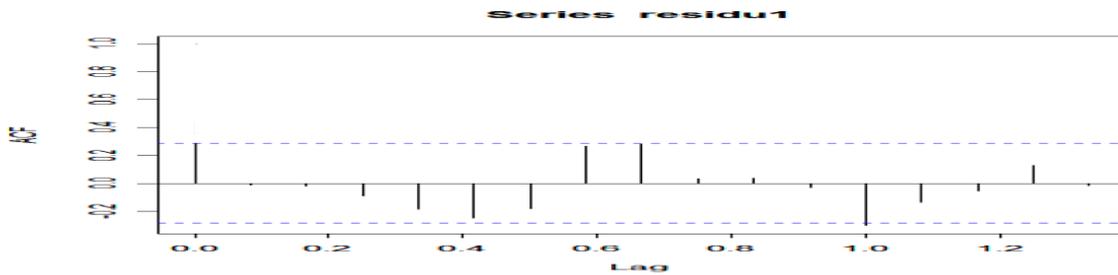


FIGURE 1.10 – Corrélogramme des résidus

FIGURE 4.10 – Corrélogramme des résidus.

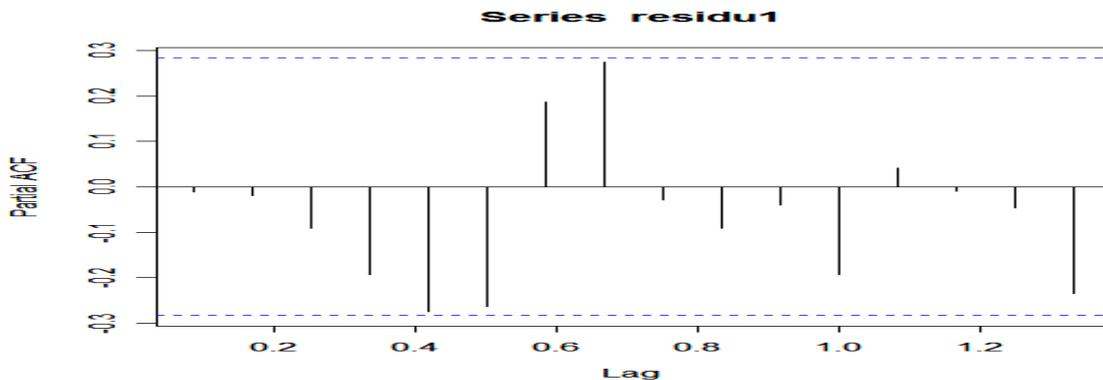


FIGURE 4.11 – Corrélogramme partiel des résidus.

E. Calcul des prévisions

La commande qui nous permet d'obtenir les prévisions est :

```
> previsionf = predict(sarima, 12)
```

> previsionf

Après avoir calculé les prévisions, on effectue une transformation exponentielle pour trouver les valeurs des prévisions de la série originale y_t . Ainsi, les prévisions des achats de poudre de lait pour l'année 2016, suivant le modèle SARIMA(1, 1, 2)(0, 1, 0)₁₂ sont résumées dans le tableau (4.2) :

Mois-2016	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin
prévision	305948	323466	235864	226779	267951	310789
	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc
	294402	326831	339867	328243	355038	386555

TABLE 4.2 – Prévisions des achats de la poudre de lait pour 2016 calculées par logiciel R

Le graphe (4.12) représente les prévisions de la série originale.

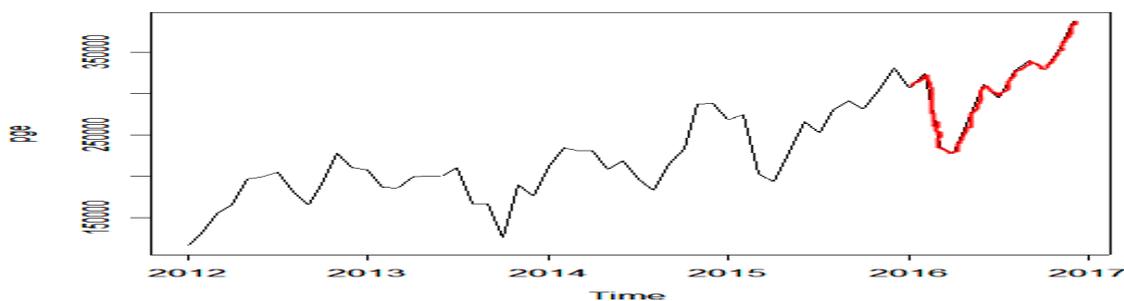


FIGURE 4.12 – Graphe de la série originale de la poudre de lait et sa prévision.

F. Etude comparative

À partir de la figure(4.13), on constate : des écarts importants au début de l'année 2016, entre nos prévisions et les achats réelles enregistrées au niveau de la SARL Ramdy, toutefois, les deux courbes ont les mêmes variations. À partir de mois d'Avril jusqu'à mois de Août, on remarque que nos prévisions des achats sont proches des prévisions déterminées par la direction commerciale de la SARL Ramdy.

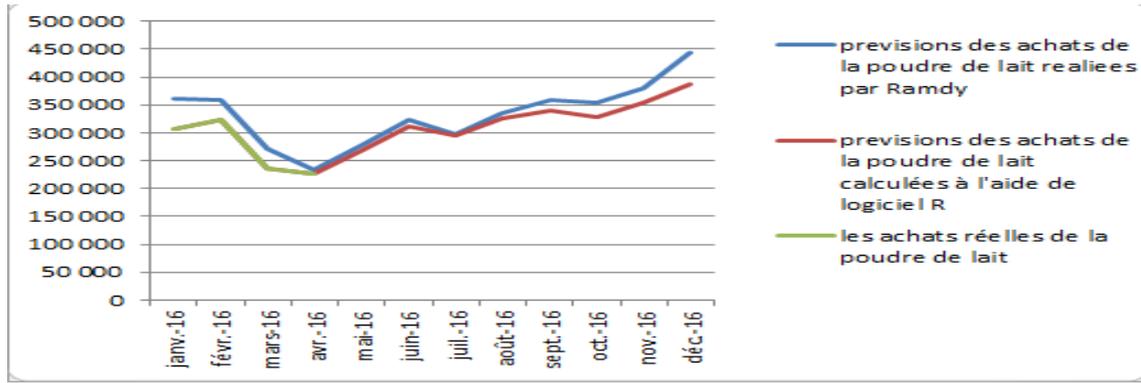


FIGURE 4.13 – Graphe comparatif des prévisions des achats de la poudre de lait de l’année 2016

4.5 Test d’ajustement de Kolmogorov-Smirnov

4.5.1 Définition

Les tests d’ajustement ont pour but de vérifier si un échantillon provient ou pas d’une variable aléatoire de fonction de distribution connue $F_0(x)$. Soit $F(x)$, la fonction de répartition de la variable échantillonnée. Il s’agit de tester[13] :

$$H_0 : "F(x) = F_0(x)" \quad \text{contre} \quad H_1 : "F(x) \neq F_0(x)"$$

Soit x_1, x_2, \dots, x_n un échantillon issu d’une variable aléatoire X que l’on veut ajuster par une loi théorique $F_0(x)$. Soit $F_n(x)$ sa fonction de répartition empirique.

Kolmogorov a démontré que la variable aléatoire :

$$D_n = \max_{x \in R} |F_n(x) - F_0(x)|,$$

suit asymptotiquement une loi indépendante de F_0 :

$$\lim_{n \rightarrow \infty} P(\sqrt{n}D_n < x) = K(x)$$

Avec :

$$\begin{cases} K(x) = 0 & \text{si } x \leq 0; \\ K(x) = \sum_{j=-\infty}^{j=+\infty} (-1)^j \exp^{-2j^2x^2}, & \text{si } x > 0. \end{cases}$$

Cette fonction est tabulée (table de Kolmogorov)

Soit $d(\alpha)$ la valeur tabulée, telle que $P(D_n > d(\alpha)) = \alpha$, la règle de décision est alors :

Si $D_n > d(n, \alpha)$, on rejette l’ajustement de la variable aléatoire X par la loi choisie.

Si $D_n < d(n, \alpha)$, on accepte l’ajustement de la variable aléatoire X par la loi choisie.

4.5.2 Ajustement de la loi de consommation de la poudre de lait

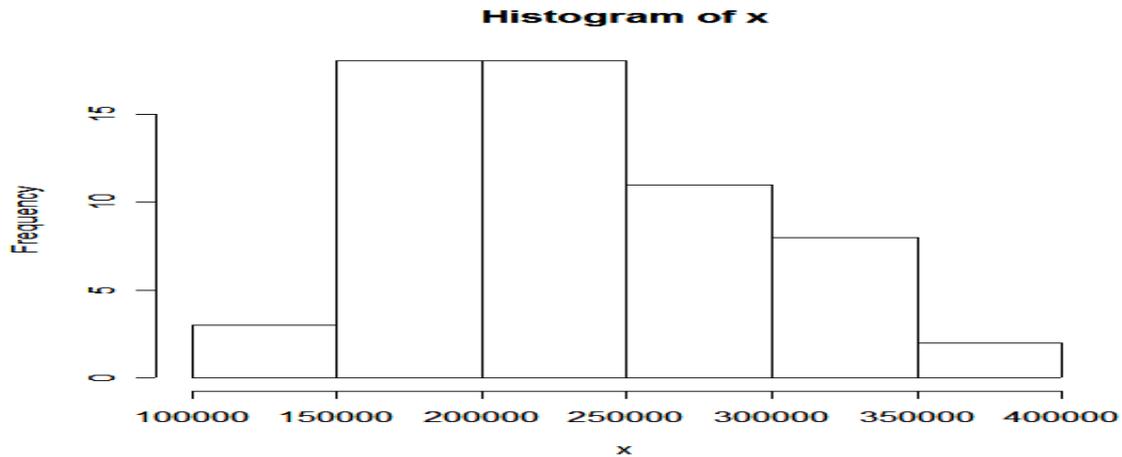


FIGURE 4.14 – Loi de la consommation de la poudre de lait

En utilisant le logiciel *R*, l'ajustement de la loi de consommation de la poudre de lait suit une loi normale de moyenne $\mu = 210226,9$ et de l'écart type $\sigma = 54913,59$.

La valeur $D_n = 0.1009$ est inférieure à la valeur tabulée de la statistique de Kolmogorov-Smirnov au niveau de signification $\alpha = 0,05$ qui est égale à 0.187.

4.6 Le choix d'une meilleure politique de gestion des stocks

En prenant en considération le fait que la demande de la poudre de lait est aléatoire, donc on aura à choisir un modèle de gestion des stocks parmi les modèles stochastiques qui sont déjà décrit et détaillés dans le deuxième chapitre.

C'est à dire un modèle parmi les 04 modèles suivants :

- Le modèle (Q, r) .
- Le modèle (R, T) .
- Le modèle (Q, r, t) .
- Le modèle (R, r, T) .

Notre choix s'est porté sur le modèle (Q, r) pour plusieurs raisons :

- Il permet de réduire le stock de sécurité mais aussi de se protéger contre un éventuel prolongement du délai de livraison ou une augmentation de la demande.
- Permet d'éviter les ruptures de stocks.
- Adapté aux matières premières dont la demande est partiellement irrégulière (demande aléatoire).

- Permet de minimiser le coût total de la gestion (en limitant le nombre de commande et donc le coût de passation de commande globale) et il permet de réagir d'une manière efficace, au bon moment et de faire face aux aléas liés à la demande.
- En prenant en considération le fait que l'achat de la poudre de lait est à l'étranger et le délai de livraison qui est fixé à deux mois au minimum fait exclure automatiquement les politiques de gestion à révision périodique (augmentation des risques de rupture de stock pour une période de temps importante) et cela va engendrer des pertes très importantes et aussi il peut causer même l'arrêt de la production en cas d'une variation importante de la demande.
- Comme la poudre de lait est un produit nécessaire et sur lequel se base la production dans la SARL Ramdy, elle demande un suivi permanent de niveau de stock (d'une manière continue).

4.7 Détermination des paramètres du modèle (Q, r)

Pour déterminer les paramètres du modèle choisi, nous avons choisi l'excel qui est un environnement facile à manipuler. Pour cela nous avons eu besoin de définir les variables d'entrée et les variables de sortie.

1. Entrées :

On introduit les données telles que :

- La demande moyenne annuelle D .
- Le coût de lancement d'une commande C_a .
- Le cout de maintien C_s .
- Le délai de livraison L .
- La demande moyenne durant la période μ .
- La valeur associée au risque de rupture choisi Z .
- La valeur de l'ecart type σ .

2. Sorties :

- La quantité optimale de commande : Q^* .
- Le point de commande : r .
- Le stock de sécurité : S_s .
- Le coût de gestion : C_t .

4.8 Application et interprétation des résultats

Sous l'excel, nous avons eu le tableau suivant :

La demande annuelle D	2522722,8
Coût de lancement Ca	12000
Coût de maintien en stock Cs	1
La demande moyenne μ	21022,6
L'écart type	54913,59
La valeur Z	3,09
Le délai de livraison L	2
La quantité optimale	246059,6416
Le point de commande	282013,1901
Le stock de sécurité	239967,9901
Le coût de gestion	486027,6317

FIGURE 4.15 – Le tableau obtenu avec l'excel

On introduit les paramètres d'entrés dans le tableau suivant :

D	Ca	Cs	μ	σ	Z	L
2522722.8	12000	1	21022.6	54913.59	3.09	2

TABLE 4.3 – Les paramètres utilisés.

Le choix du modèle (Q, r) est motivé par le fait qu'il offre de meilleurs estimations concernant la quantité à commander et le point de commande. La formule de Wilson-Harris nous donne la quantité optimale Q^* qui est :

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 * D * C_a}{C_s}}$$

Le point de commande sera calculé de la manière suivante :

$$r = \mu * l + \sigma * Z * \sqrt{l}$$

Le stock de sécurité sera calculé de la manière suivante :

$$S_s = r - (\mu * L)$$

Dans notre cas on considère une qualité de service à la place du coût de rupture le coût total sera :

$$C_t = ((q * ca)/Q) + cs((Q/2) + r - \mu).$$

Sous l'excel, nous avons obtenu les résultats suivants :

	Quantité optimale	Le point de commande	le stock de sécurité	Le coût de gestion
Résultat	246059,6416	282013,1901	239967,9901	486027,6317

TABLE 4.4 – Les résultats obtenus

D'après les résultat obtenus, on remarque à chaque fois que le niveau de stocks de la poudre de lait atteint 282013,1901 tonnes on lance une commande de quantité égale à 246059,6416 tonnes, cette quantité permet de minimiser le coût total et d'éviter la rupture de stocks et on remarque aussi d'une façon logique qu'un taux de service élevé (99.9) entraine un stock de sécurité important qui égale à 239967,9901 tonnes.

La quantité optimale et le point de commande trouvé sont valable juste pour l'année 2016, mais pour les années qui suivent, on doit refaire le même travail(calcul des prévisions, calcul de la quantité optimale de commande et le point de commande), on doit tenir en compte de toutes les prévisions des années précédentes alors la moyenne et l'écart type de la demande vont changé et automatiquement la quantité optimale et le point de commande vont changé aussi. Nous proposons aux responsables de l'entreprise de revoir leurs politiques de réapprovisionnement afin de pouvoir affronter les nouvelles perspectives économiques, sans oublier de tenir compte de la notion de la quantité optimale de commande qui doit être déterminée avec soin et précision, afin de diminuer les surcoûts de stockage et d'éviter les ruptures.

L'entreprise doit se baser sur l'historique de la demande afin qu'elle puisse prévoir la quantité à approvisionner.

4.9 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons étudié l'évolution des achats en réalisant une étude statistique pour la poudre de lait établies sur 48 mois. À partir des modèles retenus, nous avons calculé les prévisions d'achat pour une période de 12 mois pour l'année en cours, en utilisant le logiciel *R*. En suite nous avons choisi le modèle le plus adéquat, qui permet de nous donner la quantité optimale de commande et le point de commande, tout en minimisant, en une seule fois, le coût total et le risque de rupture de stock.

Conclusion générale

Comme toute entreprise, la SARL Ramdy doit s'adapter aux besoins de ses clients et d'y répondre de la manière la plus rentable possible. Dans ce cadre, nous voyons l'importance de la politique d'approvisionnement dont les choix d'orientation doivent être guidés par les objectifs à atteindre.

Notre étude a pour objectif d'examiner un cas pratique au sein de l'entreprise Ramdy, elle est basée sur les données recueillies à partir des archives de l'entreprise, malgré le manque de données pour certaines articles et l'absence des données pour d'autres.

L'entreprise Ramdy possède un magasin de stockage pour la matière première, la diversité des articles stockés dans ce dernier, nous a obligé à sélectionner les plus importants, ensuite nous avons appliqué la méthode de classification ABC afin de déterminer les articles de la classe A,B et C dans un premier lieu.

Dans un deuxième lieu, nous avons appliqué la méthode de prévision Box et Jenkins pour la classe A en raison de l'importance de cette classe et le choix de cette méthode est motivée par le fait qu'elle offre de meilleures estimations et cela afin de déterminer la quantité optimale de commande et le point de commande pour éviter les ruptures dans les stocks. Par la suite, nous avons procédé à l'ajustement de la consommation de la poudre de lait par une loi connue.

Enfin, nous avons choisi un modèle de gestion qui offre un meilleur service et qui minimise le coût de gestion totale et qui permet d'éviter surtout les pénuries.

Les résultats obtenus dans ce travail nous permettent de dégager quelques perspectives de recherche :

- Modélisation d'une politique de gestion de stock en intégrant des contraintes de capacité de stockage, délai d'approvisionnement et le budget de l'entreprise.
- Nous pourrions également envisager une autre modélisation en faisant introduire d'autres matières premières et d'autres modèles de stocks.

Bibliographie

- [1] S. Adjabi. "*Cours des méthodes statistiques de prévisions*". Département de Recherche Opérationnelle Université de Bejaia, 2013-2014.
- [2] S. Adjabi. "*Cours sur les méthodes statistiques de la prévision*" Université de Bejaia, 2003.
- [3] S. Adjabi, D. Aissani, and M.S. Radjef "*Modèles statistiques de prévisions pour les demandes de branchement à un réseau électrique urbain.*" Lamos-Université de Bejaia, 1996.
- [4] F. Avram. "*Séries temporelles : Régression et modélisation ARIMA (p, d, q)*". Université de Pau, 2012.
- [5] S. Belkacem et N. Bemsalama. "*Gestion des stocks des produits finis au niveau de l'entreprise "les moulins de la Soummam" Sidi Aich / spa : approvisionnement par production.*" Mémoire de fin d'étude, Département de Recherche Opérationnelle, Université de Bejaia 2003.
- [6] A. Bounceur, and M.L Mammasse. "*Gestion optimale des silos à céréales de l'entreprise Cevital.*" Mémoire d'ingénieur Université de Bejaia 2002/2003
- [7] G. Box and G.M. Jenkins. "*Time series analysis : forecasting and control*". 2nd edition, Holden- Day, San Francisco, 1976.
- [8] "*Catalogue. et documentations techniques du constructeur*". SARL Ramdy.
- [9] M. David et J.S. Michaud. "*La prévision approche empirique d'une méthode statistique*". Université de Lyon, Messon, 1983.
- [10] J. Daudin. J. c. duby ; s. robin et p. trécourt. "*Analyse des série chronologiques*". Université de Bordeaux, 1996.
- [11] J.F Dhénin B. Fournier. "*50 thèmes d'initiation à l'économie d'entreprise.*" Edition Bréal 1999.
- [12] B. Foudad et S. Nait Alitouche. "*Gestion de stocks de matières premières : modélisation, simulation et application d'une méthode multicritère d'aide à la décision. Cas Danone Djurdjura, Algérie.*" Mémoire d'Ingénieur en Recherche opérationnelle Université de Bejaia, 2005

- [13] D. Francois. *"50 Dictionnaire probabilités et statistique de A à Z. 500 définitions, formules et tests d'hypothèses."* edition Dunod, 2004
- [14] N. Kherbouche et S. Latreche. *"Gestion de stock de la pharmacie centrale du secteur sanitaire de Bejaia (approche prévisionnelle)."* Mémoire d'Ingéniorat en Recherche Opérationnelle Université de Bejaia, 1999.
- [15] F. Teghbit et Y. Bouiche. *"Modélisation et prévision des quantités totales de pétrole transportées par L. Oleoduc OB1 reliant Hassi Messaoud et Bejaia."* Mémoire de Master en STID, Université de Bejaia, 2013.
- [16] G. Melard. *"Méthodes de prévision à cours terme."* Université de Bruxelles, 1990.
- [17] A Rambeux. *"Gestion économique des stocks"* Édition dunod, 1982
- [18] B. Rapacchi. *"Les séries chronologiques."* Centre interuniversitaire de Grenoble, 1993
- [19] P.Vallin. *"Détermination d'une période économique robuste dans le cadre du modèle de Wilson."* Lamsade Université de Paris Dauphine, 1999.
- [20] P. Zermati. *"Pratique de la gestion des stocks."* Edition Dunod, 1996
- [21] *"Catalogue. et documentations techniques du constructeur."* SARL Ramdy.

Annexes A

Période	2012	2013	2014	2015
Janvier	116225	207700	211975	267978
Février	131325	186980	234950	273950
Mars	154367	186000	230647	202950
Avril	166250	199950	230647	193680
Mai	196375	200000	208000	229650
Juin	199900	200250	219025	265925
Juillet	205270	210000	196325	252100
Août	181125	167000	182550	279767
Septembre	165000	167000	214975	290975
Octobre	190575	125500	233100	281000
Novembre	227654	189900	287300	303950
Décembre	210300	176000	287900	330925

TABLE 4.5 – Historique des achats mensuels (en tonnes), période de Janvier 2012 à Décembre 2015 de la poudre de lait

Période	2012	2013	2014	2015
Janvier	25305	46354	79875	48369
Février	18223	20297	93493	22210
Mars	17664	17863	84763	42286
Avril	27422	15062	88726	22175
Mai	26444	65036	63629	44517
Juin	10151	51644	45718	22957
Juillet	71544	49353	57132	50228
Août	45587	74766	41595	49253
Septembre	47354	68763	20125	64645
Octobre	52812	57635	9648	20040
Novembre	62765	48963	29036	39763
Décembre	89204	69843	41423	20147

TABLE 4.6 – Historique des achats mensuels (en tonnes), période de Janvier 2012 à Décembre 2015 de Cheddar

Période	Arome 2012	Arome 2013	Arome 2014	Arome 2015
Janvier	5020	500	4200	6500
Février	1200	346	4640	3800
Mars	650	250	120	4880
Avril	491	4529	5825	300
Mai	2755	7744	670	500
Juin	1000	1420	2560	5000
Juillet	4133	2365	11760	3200
Août	3100	12056	525	200
Septembre	2534	2540	1305	300
Octobre	1199	3928	5960	9850
Novembre	4095	1765	825	7198
Décembre	3300	950	3265	10836

TABLE 4.7 – Historique des achats mensuels (en tonnes), période de Janvier 2012 à Décembre 2015 des Aromes

Période	Amidon 2012	Amidon 2013	Amidon 2014	Amidon 2015
Janvier	2000	10000	3000	52859
Février	19654	7000	275	20000
Mars	32250	4000	20180	9368
Avril	16100	3000	35613	2950
Mai	1700	36000	40836	1524
Juin	3000	31542	50000	375
Juillet	4000	36654	40154	22675
Août	4653	33150	33250	14712
Septembre	5250	8560	16741	3000
Octobre	16000	2000	1000	3000
Novembre	32975	300	75	2040
Décembre	38754	2800	2346	14500

TABLE 4.8 – Historique des achats mensuels (en tonnes), période de Janvier 2012 à Décembre 2015 des Amidons

Période	Sucre 2012	Sucre 2013	Sucre 2014	Sucre 2015
Janvier	100000	100000	100000	125000
Février	100000	150000	125000	175000
Mars	100000	100000	100000	163500
Avril	125000	150000	150000	159700
Mai	150000	150000	125000	169000
Juin	75000	100000	150000	250000
Juillet	50000	75000	185000	230000
Août	75000	150000	100000	125000
Septembre	75000	100000	125000	150000
Octobre	150000	125000	150000	200000
Novembre	125000	150000	150000	175000
Décembre	150000	175000	200000	290000

TABLE 4.9 – Historique des achats mensuels (en tonnes), période de Janvier 2012 à Décembre 2015 de Sucre

Résumé

L'application des méthodes scientifiques de la recherche opérationnelle au niveau des entreprises est indispensable pour améliorer ces processus de production. En particulier, il est plus que nécessaire pour une entreprise de production d'établir une politique optimale de gestion des stocks.

Dans ce travail, nous avons étudié un problème clé de la gestion des stocks relevé durant notre stage au sein de la SARL Ramdy.

L'objectif de notre étude est de choisir un modèle de gestion qui reflète mieux les caractéristiques du système étudié, qui est basé sur le réapprovisionnement en matières premières (poudre de lait).

Dans un premier temps, nous avons modélisé notre problème en faisant appel au calcul des prévisions des achats de la poudre de lait. Dans un deuxième temps nous avons appliqué le modèle (Q,r) afin de déterminer la quantité optimale de commande et le point de commande afin d'éviter les ruptures dans les stocks.

Mots clés

Entreprise Ramdy, gestion des stocks, prévision, réapprovisionnement.

abstract

The application of scientific methods of research operational at the enterprise level is essential for improve these production processes. In particular, it is more than necessary for a production company to establish optimum inventory management policy.

In this work, we studied a key issue of the inventory management identified during our internship in the SARL Ramdy.

The aim of our study is to choose a model that best reflects the characteristics of the studied system, which is based on the replenishment of raw materials (milk powder).

First, we modeled our problem by appealing to calculate forecasts of purchases of milk powder. Secondly we applied the model (Q, r) to determine the optimal amount of control and the control point to avoid breaks in stocks.

Keywords

Ramdy business, inventory management, forecasting, replenishment.