



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A/Mira de Béjaïa
Faculté des Sciences Exactes
Département de Recherche Opérationnelle

Mémoire de Master en Recherche Opérationnelle
Option : *Modélisation Mathématique et Techniques de Décision*

Thème

Planification des besoins en composants
(MRP) :
Cas de l'entreprise Cevital de Béjaïa



Soutenu devant le jury composé de :

Président : M^r K. Kabyl

Encadré par : P^r D. Aissani

Examinatrices : M^{me} S. Hakmi

M^{elle} K. Hassaini

Invité : M^r K. Ouagllal

Direction Supply Chain
Cevital

Présenté par :

M^{elle} Ait Hellal Djida

M^{elle} Mohammedi Latifa

Promotion 2013/2014

Table des matières

Introduction générale	4
1 Complexe Cevital	8
1.1 Historique	8
1.2 Activités et missions	9
1.3 Principales directions du complexe	10
1.4 Différentes unités de production du pôle corps gras	12
1.4.1 Présentation de l'unité de raffinage	12
1.4.2 Conditionnement des huiles	15
1.4.3 Unité de margarinerie	16
1.4.4 Unités de stockage	17
2 Rappels théoriques des méthodes de planification de la production	18
2.1 Champ de la gestion de la production et des flux	19
2.1.1 Définition	19
2.1.2 Approche retenue	19
2.1.3 Typologies décisionnelles	20
2.1.4 Activités de la gestion de production	20
2.1.5 Principaux modes d'organisation de la production	21
2.2 Concept de la chaîne logistique	21
2.2.1 De la logistique à la supply chain	21
2.2.2 Supply chain	22
2.2.3 Flux d'une chaîne logistique	22
2.2.4 Structure d'une chaîne logistique	23
2.3 Techniques de planification de la production	23
2.3.1 Définition	23
2.3.2 Historique de MRP	24

2.3.3	Principes de MRP	25
2.3.4	Objectifs de MRP	25
2.3.5	Définitions	26
2.3.6	Démarche MRP	26
2.3.7	Résultats attendus avec MRP	29
2.4	Juste-à-temps et la méthode Kanban	31
2.4.1	Philosophie juste-à-temps	31
2.4.2	Système Kanban de gestion des flux	32
2.5	Comparaison du JAT et du MRP	34
2.6	Méthode OPT (Optimized Production Technology) (technologie de production optimisée)	35
2.6.1	Origine	35
2.7	Description du problème étudié	36
3	Quelques méthodes de prévisions	38
3.1	Définitions et généralités	38
3.1.1	Stationnarité	38
3.1.2	Séries chronologiques	39
3.1.3	Objectif de la prévision	39
3.1.4	Qualité de la prévision	39
3.1.5	Composantes d'une série chronologique	39
3.1.6	Modélisation d'une série chronologique	39
3.2	Méthodes de prévision	41
3.2.1	Lissage exponentiel	41
3.2.2	Lissage exponentiel de Holt	41
3.2.3	Lissage exponentiel de Winters	42
3.3	Prévision par Box et Jenkins	42
3.3.1	Fonctions d'autocorrélation	43
3.3.2	Définition du corrélogramme	43
3.3.3	Fonction d'autocorrélation partielle	43
3.3.4	Définition du corrélogramme partiel	43
3.3.5	Processus autorégressifs d'ordre p : $AR(p)$	44
3.3.6	Processus de moyennes mobiles : $MA(q)$	44
3.3.7	Fonction d'autocorrélation d'un processus $MA(q)$	44
3.3.8	Processus autorégressifs et de moyennes mobiles : $ARMA(p,q)$	44
3.3.9	Processus ARIMA	46
3.3.10	Processus SARIMA	46

4	Prévision de la demande	48
4.1	Présentation des produits étudiés	48
4.2	Récolte et analyse des données	49
4.2.1	Classification des produits étudiés selon la méthode ABC	49
4.2.2	Interprétation graphique	50
4.3	Prévision	51
4.3.1	Présentation du logiciel utilisé	51
4.3.2	Modélisation statistique de la série des ventes de l'huile Elio II 1L	52
4.3.3	Etude comparative	56
5	Application de MRP à l'entreprise Cevital	57
5.1	Présentation des données	57
5.2	Conception de l'application MRP-Cevital	58
5.2.1	Environnement de programmation Delphi	58
5.2.2	Base de données de l'application	59
5.2.3	Application MRP-Cevital	62
5.3	Analyse et interprétation des résultats de calcul MRP	63
	Conclusion générale et perspectives	67
	Bibliographie	68
	Annexe A	71
	Annexe B	77

Introduction générale

Depuis la révolution industrielle, le monde connaît un développement et une prospérité dans plusieurs domaines et plusieurs activités, notamment l'industrie. Cette dernière n'a pas cessé d'évoluer et de progresser en matière de production. Grâce à la technologie qui permet aux différentes entreprises de s'ouvrir vers d'autres idées et d'autres perspectives qui leur paraissaient impossibles auparavant (atteindre un plafond très élevé en un temps court), le monde industriel est devenu plus rentable.

Dans le but de contribuer à l'évolution de l'économie, de couvrir les besoins de la société et de répondre à ses exigences, plusieurs pays ont adopté l'économie de marché pour valoriser le marché et le rendre plus rassurant. Par conséquent, le terme concurrence devient un enjeu dans le monde industriel. C'est pour cela que chaque entreprise doit avoir son plan de gestion pour qu'elle soit à la hauteur de ses engagements et espérer monopoliser le marché par ses produits afin d'acquérir le statut de leader.

Pour concrétiser cet objectif (avoir le statut), chaque entreprise industrielle doit exploiter les récentes technologies de ses installations au maximum afin d'améliorer le rendement de sa production et atteindre une production optimale. Elle est appelée donc à adopter une politique de gestion bien étudiée pour élaborer un plan qui lui permet de faire face à tous les problèmes rencontrés d'un côté et d'assurer sa pérennité de l'autre côté.

Pendant les trente glorieuses années (1945-1975), les marchés étaient ouverts. Il fallait produire beaucoup pour satisfaire des besoins nombreux et variés. Les équipements étaient rares et coûteux, il fallait donc les faire travailler au maximum de leur capacité.

Ces dernières années, les exigences de production ont évolué. C'est pourquoi il a fallu définir de nouvelles attentes en termes d'organisation de la production. Ceci a été à l'origine du développement de modèles mieux adaptés à ces attentes, à savoir :

Le "MRP" (Materials Requirements Planning ou planification des besoins en composants), le "JAT" (Juste à Temps)(méthode Kanban) et OPT (Optimized Production Technology) : planification des ordres de fabrication en priorité sur les outils de production à capacité limitée.

Ils en synthétisent tous les aspects d'analyse et de prise de décision.

Depuis le milieu des années soixante, la gestion des stocks s'est fondamentalement transformée : de méthodes simplistes mais encore usitées au MRP, plus complexe mais plus efficient et réaliste. Cette évolution rapide répondait à la nécessité de réduire les coûts liés aux stocks dans un contexte économique où la demande commençait à s'essouffler par rapport à une offre de plus en plus variée et de plus en plus importante. Cependant, la demande restait encore relativement prévisible.

Demain, la problématique va s'orienter vers une amélioration globale, du "fournisseur du fournisseur du fournisseur"... jusqu'au "client du client du client"... en d'autres termes, du premier fournisseur dans le processus de réalisation du produit jusqu'au client ultime : le consommateur du produit. C'est ce qu'on appelle la logique supply chain ou plus précisément chaîne logistique intégrée, chaîne logistique étendue [14].

Cette démarche a pour objectif de travailler non seulement au niveau des maillons de la chaîne mais aussi et surtout au niveau des connexions entre ces divers maillons, pour optimiser la chaîne logistique.

L'objectif de la supply chain est de trouver un moyen de travailler véritablement et efficacement ensemble et, dans cette optique, le développement des techniques de communication s'est révélé un élément clé. La supply chain va imposer la synchronisation des flux physiques, des flux financiers et des flux d'informations, ce qui va entraîner des transformations à tous les niveaux dans les entreprises concernées et cela ne va pas se faire sans difficultés, par exemple refus de transfert de pouvoir d'une entreprise à l'autre, refus de transfert de fonctions d'une entreprise à l'autre, peur d'un changement radical dans l'organisation... [14].

Comme toute autre entreprise, le complexe Cevital de Bejaia n'échappe pas à la nécessité de faire appel aux méthodes de planification pour traiter les problèmes d'optimisation de la chaîne logistique et cela consiste en général à optimiser les trois activités principales qui sont la production, le transport et le stockage afin d'augmenter continuellement les performances de son système de production. Une étude a été déjà réalisée dans ce cadre par D. Medjani en 2011 [19]. A cette époque, la supply chain était en cours de création. Aujourd'hui, la supply chain à Cevital a connu un très grand développement au niveau de ses maillons qui a conçu une réorganisation à ce niveau, par conséquent, un très grand changement de l'organigramme de cette entreprise mais ça reste aussi toujours en cours de modification.

Les méthodes de planification ont été appliquées dans plusieurs projets au niveau de la Wilaya de Béjaia [2], [3], [11], [12], [15], [20].

Le travail présenté dans ce mémoire s'appuie sur une approche de gestion de production et des flux. Notre choix s'est porté sur MRP comme méthode de planification et de gestion des stocks de matières premières tout en prenant en considération les demandes des clients en produits

finis, et la nature du système de production rencontré dans le cas pratique. Ces demandes sont déterminées à base d'une modélisation statistique (prévisions) par la méthode de Box et Jenkins, si nous étions capable d'avoir une demande absolument régulière et pour le même volume, si les prévisions commerciales étaient toujours juste et reflétant par anticipation la demande réelle du client, nous serons alors capable de répondre très exactement à l'ensemble des besoins.

L'objectif de cette étude est d'ordre opérationnel. Il consiste en la résolution du problème rencontré au sein de l'entreprise qui est un problème de planification par la détermination des besoins nets, des ordres de fabrication et des ordres d'achat qui sont indispensables à la bonne satisfaction des demandes, en précisant la limitation des méthodes classiques.

Le complexe agroalimentaire Cevital comme toute entreprise industrielle se trouve confronter à une forte mutation de son environnement se traduisant par une compétition devenue rude, un marché incertain, une clientèle de plus en plus exigeante sur le coût, la qualité du produit et les délais de livraison, et l'instabilité des prix des huiles brutes sur le marché mondial. Ces diverses contraintes imposent automatiquement une amélioration croissante de la productivité tout en recherchant une grande flexibilité des moyens de production afin d'adapter la capacité des systèmes productifs à des modifications de la demande et aux aléas internes du système productif. Pour faire face à cette situation, les responsables de la production accordent un rôle très important à la fonction de gestion de production qui constitue le facteur déterminant pour la survie et le maintien de la compétitivité de leur entreprise.

Pouvons nous alors, installer les bases d'un système MRP afin d'améliorer la gestion des stocks des matières premières dans cette entreprise, d'une manière à avoir le zéro stock à la fin de chaque période (mois) tout en tenant en compte des prévisions de la demande?

Nous avons divisé notre travail en cinq chapitres.

Le premier chapitre est consacré à la présentation générale du complexe Cevital. Il décrit les différentes unités du complexe, leurs missions, leurs fonctions et les processus de production.

Le deuxième chapitre est consacré d'une part, à la présentation des notions sur les processus de production et leur pilotage pour assurer une meilleure cohérence entre les différents éléments de la production. Nous avons également donné quelques notions de base sur la chaîne logistique et sur la méthode MRP (Materiel Requirement Planning), la méthode JAT (juste à temps)(avec Kanban) et la méthode OPT (Optimized Production Technology).

Le troisième chapitre concerne la présentation des outils statistiques nécessaires à l'analyse de nos données.

Le quatrième chapitre est consacré à la prévision de la demande à base de nos données, notamment la méthode Box et Jenkins.

Dans le cinquième chapitre, nous appliquons la méthode MRP à l'entreprise Cevital. Dans la première étape de cette application, nous avons procédé à la modélisation statistique et à partir des modèles retenus, nous avons calculé les prévisions de ventes de produit fini étudié en utilisant le logiciel R. Dans la deuxième étape, nous avons déterminé la nomenclature de produit étudié pour connaître les proportions des composants (matières premières) qui rentrent dans la composition du composé (produit fini).

Dans la troisième étape, nous avons établi notre base de données et nous avons procédé à la programmation de l'application MRP-Cevital. Cette dernière est conçue pour le calcul des besoins en composants sous l'environnement de programmation Delphi7. Les résultats (prévisions) obtenus sont injectés dans l'application MRP-Cevital pour déterminer les besoins nets et les ordres de fabrication.

Les résultats obtenus avec l'application MRP-Cevital sont mensuels et pour un horizon d'une année. Pour cela, nous avons commencé par le tri des résultats, ensuite à leurs interprétations pour terminer avec une conclusion et des perspectives.

Complexe Cevital

Introduction

L'entrée de l'Algérie en économie de marché a incité la création des entreprises privées. Cevital est un complexe d'industrie agroalimentaire spécialisé dans le raffinage des huiles, qui a pour mission principale de développer la production et assurer la qualité du conditionnement. Les systèmes de production présentent des problèmes divers tout au long de leurs cycle de vie. L'apport de l'automatisation et de l'informatique a tout d'abord été une solution efficace dans la recherche de la diminution des délais et l'augmentation de la qualité. Ce chapitre est consacré à la présentation de l'entreprise Cevital, ses activités et ses missions, ainsi que son organisation.

1.1 Historique

Cevital est une entreprise privée spécialisée dans la production des produits agroalimentaires, créée en 1998 avec un capital social de 970000000,00 DA. Le complexe est implanté dans l'enceinte de port de Bejaia et s'étale sur une surface d'environ 45000 m^2 d'installation pour un terrain de concession d'une durée de trente ans avec renouvellement de contrat, il est composé de trois unités de production suivantes :

- la raffinerie d'huile d'une capacité de production 1.800 tonnes/jour, en effet les besoins du marché national sont de 1.200 tonnes/jour, l'équivalent de 12 litres par personne et par an, soit un excédent commercial de 600 tonnes/jour ;
- la raffinerie de sucre d'une capacité de production de 1.600 tonnes/jour ;
- la margarinerie et huiles végétales d'une capacité de production de 600 tonnes/jour .

Les nouvelles données économiques nationales dans le marché de l'agroalimentaire font que les meilleurs sont ceux qui maîtrisent d'une façon efficace et optimale les coûts, les charges et ceux

qui offrent le meilleur rapport qualité/prix. Ceci est nécessaire pour s'imposer sur le marché, que Cevital négocie avec les grandes sociétés commerciales internationales. Actuellement ses produits se vendent dans des différentes villes africaines telles que Lagos, Niamey, Bamako, Tunis, Tripoli...[7].

1.2 Activités et missions

Lancé en Mai 1998, le complexe CEVITAL a débuté son activité par le conditionnement en décembre 1998. En février 1999, les travaux de génie civil de la raffinerie ont débuté, cette dernière est devenue fonctionnelle le 14 Août 1999.

L'ensemble des activités de Cevital est concentré sur la production des huiles végétales et de margarine et se présente comme suit :

- raffinage d'huile ;
- conditionnement d'huile ;
- production de margarine ;
- fabrication d'emballage en P.E.T (Poly-Ethylène-Téréphtalique) ;
- raffinerie de sucre ;
- stockage céréales avec une capacité 120.000tonnes ;
- minoterie et savonnerie.

Les huiles de CEVITAL disponibles sur le marché sont :

- FLEURIAL : 100% tournesol commercialisée depuis août 1999.
- SOYA : 100% soya commercialisée depuis septembre 1999.
- CANOLA : 100% colza commercialisée depuis fin septembre 1999.
- OLEOL : 100% tournesol commercialisée depuis début avril 2000.
- OLIVIA : huile d'olive raffinée.

L'entreprise a pour mission principale de développer la production tout en assurant la qualité et le bon conditionnement des huiles, des margarines et du sucre à des prix nettement plus compétitifs, et cela dans le but de satisfaire le client et de le fidéliser [8].

Les objectifs visés par Cevital peuvent se présenter comme suit :

- L'extension de ses produits sur tout le territoire national.
- L'implantation de graines oléagineuses pour l'extraction directe des huiles brutes.
- L'optimisation de ses offres d'emploi sur le marché du travail.
- L'encouragement des agriculteurs par des aides financières pour la production locale de graines oléagineuses.
- La modernisation de ses équipements industriels et de ses mode de gestion pour augmenter le volume de sa production.
- Le positionnement de ses produits sur le marché étranger par leurs exportations.

1.3 Principales directions du complexe

Comme toute entreprise, Cevital est structurée suivant différents services. Le complexe agroalimentaire est dirigé par un directeur général qui veille à la sécurité et la gestion optimale de ces ressources.

Le directeur général du complexe et ses différentes direction constituent la direction générale du complexe. Elle assure la coordination entre les différentes autres directions.

L'organisation du complexe est présentée selon un organigramme prédéfini par sa direction générale pour mieux répondre à ses exigences. comme l'illustre la figure ci-dessous

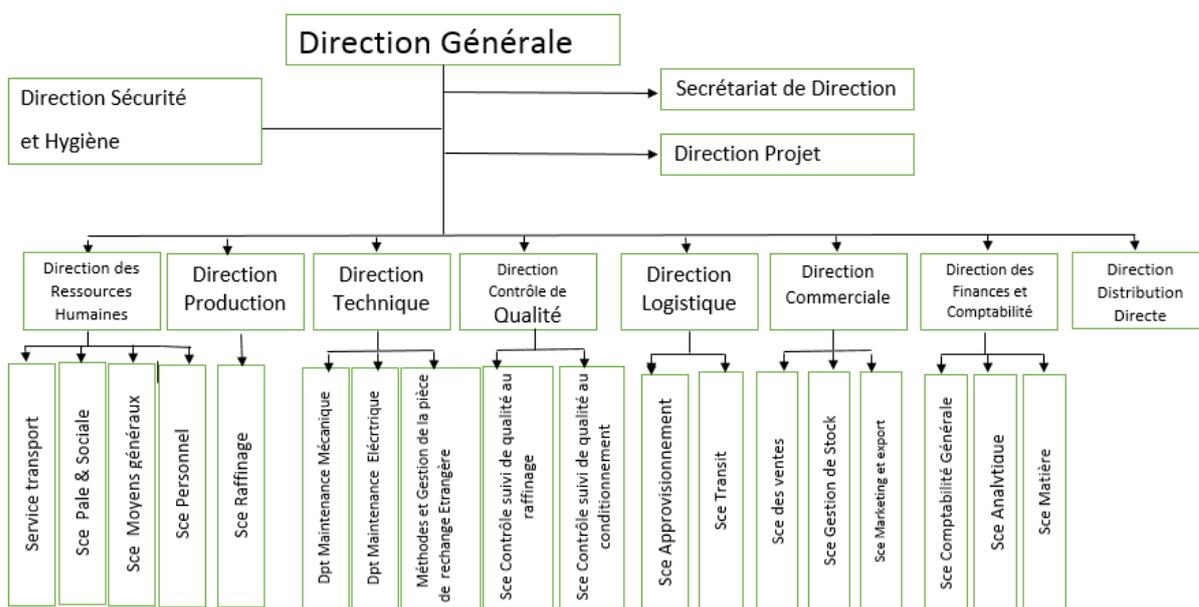


FIGURE 1.1 – Organigramme du complexe Cevital

1. La Direction Générale

La direction générale est présidée par un président directeur général (PDG) qui est l'actionnaire majoritaire. Elle s'occupe de l'établissement des plans stratégiques et des décisions sur les politiques marketings à adopter en collaboration avec la direction du siège d'Alger.

Elle a également pour mission la coordination, l'orientation et la motivation des autres directions.

2. La Direction des Ressources Humaines

La DRH est l'un des piliers de l'organisation structurelle de Cevital, elle a pour mission la gestion administrative du personnel (le règlement des salaires, les dossiers de la sécurité

sociale et les employés, les congés...), la gestion prévisionnelle (le recrutement et le suivi d'effectif, la formation du personnel...) ainsi tous les aspects sociaux et relations humaines dans l'entreprise.

3. La Direction Technique Contrôle de Qualité

Elle est dotée de quatre laboratoires : laboratoire de suivi d'huile, de margarine, de sucre et de conditionnement. Ces laboratoires assurent le contrôle et le suivi de la qualité des produits et tout leurs processus de production par l'élaboration des bilans chaque quart d'heure, est cela sous la supervision d'un laboratoire central qui suit la qualité microbiologique des différents produits.

4. La Direction Projet

Elle colabore 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'extention, et de l'instalation des équipements techniques et mécaniques.

5. La Direction Finance et Comptabilité

Elle constitue l'organe de vision du complexe. Elle s'occupe de :

- ▷ La détermination et la distribution des budgets financiers nécessaires à chaque direction, pour le suivi de leurs patrimoine ;
- ▷ La comptabilisation quotidienne de toutes les entrées et sorties d'argent selon les pièces justificatives signalées ;
- ▷ La satisfaction des besoins aux meilleures conditions d'exactitude, de précision et de délai pour que l'entreprise prenne facilement ses précautions vis avis des tiers.

6. La Direction Commerciale

Elle gère toutes les relations avec l'environnement de l'entreprise, elle assure la commercialisation des produits finis et le suivi de ses clients qui sont repartis principalement à travers le territoire national et quelque pays étrangers ; pour se faire, la direction a adopté la structure suivante :

- ▷ participer à l'élabortion de la politique commerciale de l'enteprise ;
- ▷ orienter, distribuer, développer, organiser la production des huiles ;
- ▷ coordonner les activités de son département.

7. La Direction production

Elle est dotée de trois services de raffinage :

- ▷ *Raffinerie d'Huile* : elle a pour mission de raffiner l'huile brute dans les meilleurs conditions, étant dotée d'une salle de contrôle informatisée qui permet ainsi des paramètres de raffinage basés sur les caractéristiques physico-chimiques des huiles.
- ▷ *La Margarinerie* : elle cherche à rationaliser l'utilisation de ses équipements de production pour obtenir une productivité optimale tout en respectant les avantages comparatifs

que peut offrir les produits finis.

▷ *Raffinerie de Sucre* : Elle s'occupe du raffinage du sucre roux pour le transformer en sucre blanc prêt à être conditionné.

8. La Direction Conditionnement

Organisée en équipe de 3×8 , elle fonctionne 24h/24h. Sa mission est la fabrication des emballages et la mise en bouteille de l'huile raffinée.

9. La Direction Logistique

La direction logistique a été créée en janvier 2003. Elle joue le rôle de support pour les autres directions, en leur fournissant les ressources matérielles, financières et d'informations nécessaires.

10. La Direction "Supply Chain"

Elle figure parmi les services de l'entreprise. Elle est au carrefour de toutes les autres directions. Elle consiste à mettre en œuvre une démarche de gestion globale basée sur l'apport de valeur à un produit depuis la production de matières premières jusqu'à la distribution [7].

1.4 Différentes unités de production du pôle corps gras

Afin de cibler ses objectifs, Cevital a subdivisé sa production en trois unités principales [7] :

1.4.1 Présentation de l'unité de raffinage

Le raffinage constitue une étape clé de la technologie de production des huiles et des margarines. L'opération de raffinage sert à éliminer les composés indésirables dans les huiles brutes. L'unité de raffinage est composée de trois lignes de production :

- La ligne (C) de capacité 1000 tonnes/jour (voir la figure 1.2) ;
- La ligne (A) et la ligne (B) de capacités de 400 tonnes/jour chacune (voir la figure 1.3).

Les différentes huiles brutes raffinées par Cevital sont classées en :

- Huiles fluides ;
- Huiles saturées (concrètes).

Démucilagination : Cette opération concerne les huiles brutes contenant des cires. Elle sert à éliminer les mucilages qui sont responsables de dépôts ultérieurs dans les bouteilles d'huile. on distingue deux modes de dégomme :

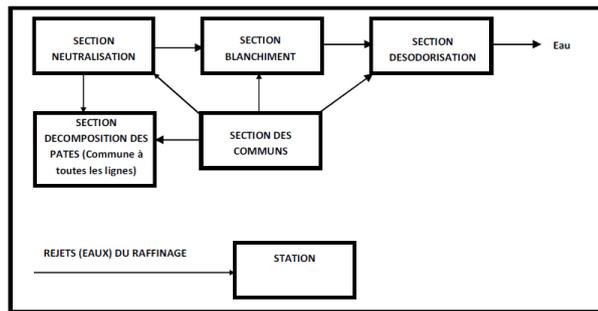


FIGURE 1.2 – Configuration générale de la ligne C

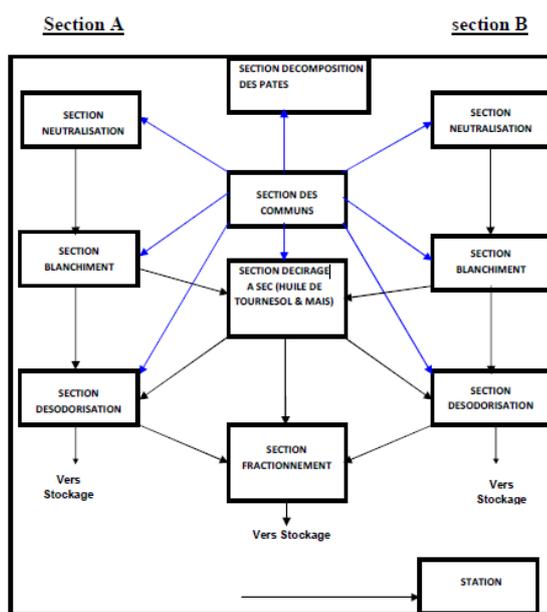


FIGURE 1.3 – Configuration générale de la ligne A et B

– **Procédé classique (chimique) :**

L'élimination de ces mucilages s'effectue par l'injection de l'acide phosphorique (H_3PO_4) sur l'huile chaude entre 80 et 90°C pour les séparer de l'huile chaude, l'opération s'effectue dans une centrifugeuse ou séparateur.

– **Dégommage enzymatique :**

C'est une nouvelle méthode qui utilise des enzymes pour transformer les phospholipides non hydratés et hydratés en lyso-phospholipides pouvant être éliminés par centrifugation.

L'huile brute est pompée vers un échangeur de chaleur pour qu'elle se chauffe, avant de la faire passer par le mélangeur (acide citrique/huile). On chauffe encore une fois le mélange, puis on ajoute de la soude afin d'avoir un PH de 5.5. Par la suite, on ajoute l'enzyme "Lecitase Ultra" et le mélange obtenu sera ensuite pompé vers les réacteurs en cascade, où il est maintenu de 4 à 6 heures. L'huile déémucilaginée doit être chauffée pour être

enfin passée par la centrifugeuse et être ensuite séchée. Une fois l'huile est séchée, elle est envoyée vers la section de décoloration puis vers la section de désodorisation.

La neutralisation : Action de la soude caustique sur les acides gras libres pour réduire l'acidité à 0.05 max^+ élimination des pâtes par centrifugations en séparateur autodébourdeur.

Désacidification : Elle consiste à ajouter de la soude (NaOH) à l'huile chauffée qui se combine aux acides gras libres responsables de l'acidité et de l'oxydation de l'huile pour donner des savons insolubles qu'on élimine par centrifugation.

Le lavage : Son but est d'éliminer les substances alcalines (savon, soude en excès) ainsi que les traces des métaux, phospholipides et autres impuretés, il se fait avec de l'eau chaude à 90°C .

Le séchage : Son objectif est d'éliminer l'humidité présente dans l'huile lavée avant l'opération de décoloration car elle peut provoquer un colmatage rapide des filtres, surtout en présence de savons.

L'huile neutralisée sortante du lavage à une température de 90°C est pulvérisée dans une tour verticale maintenue sous vide de 80 à 90 mbar.

Ce type de neutralisation est dit "neutralisation à chaude", elle conserve essentiellement les huiles fluides tel que l'huile de soja et l'huile de colza. Les huiles contenant des cires subissent une "neutralisation à froid". Elle sert à l'extraction des cires par l'injection des doses d'acide et de soude et le refroidissement de l'huile obtenue dans des cristalliseurs où la température est maintenue entre 4 à 6°C . Après un temps de séjour, l'huile est pompée vers la centrifugeuse après avoir subi un chauffage à une température de 16 à 18°C .

Décoloration : Appellée aussi "section blanchissement", elle vise à éliminer les pigments colorés que la neutralisation n'a que très partiellement détruit et elle fait intervenir un phénomène physique d'adsorption sur des terres décolorantes spécifiques. Cette opération doit s'effectuer à une pression de 60 à 82 mbar et une température de 100 à 110°C avec barbotage.

La séparation de l'huile décolorée de la terre décolorante usée, s'effectue par la filtration qui est menée sous vide par deux types de filtre.

Désodorisation : C'est la dernière étape du raffinage, elle consiste à éliminer les substances qui donnent l'odeur désagréable à l'huile (aldéhydes, cétones) par l'injection de la vapeur dans l'huile sous un vide de 2 à 5 mbar à haute température de (24°C) pendant une durée déterminée. Certaines huiles, comme par exemple l'huile de tournesol, nécessitent une étape de traitement entre la décoloration et la désodorisation dite winterisation ou décirage à sec.

Winterisation : Elle consiste à faire cristalliser à basse température (4 à 6°C) les cires et les séparer de l'huile par filtration pour les empêcher de se cristalliser dans l'huile au cours de l'entreposage. Pour la winterisation, on utilise un adjuvant qui est la célite.

Certaines huiles, telles que l'oléine doublement fractionnée (ODF), l'huile de palme (PO) et l'huile de palme hydrogénée (HPO), ne nécessitent pas la neutralisation car elles sont déjà traitées. Ces huiles subissent un traitement physique (décoloration et désodorisation).

Le complexe Cevital est connu pour son importante gamme de produits corps gras. Or elle ne possède que trois lignes de raffinage, ce qui oblige à alterner la fabrication sur chaque ligne. Pour ce faire, elle procède à la vidange et au soufflage des circuits des lignes, ce qui engendre des pertes de temps considérables. Par conséquent, un arrêt temporaire de la production sur ces lignes.

La procédure de changement de produit au niveau de cette unité s'effectue de la manière suivante :

- vidange des bacs ;
- arrêt des pompes ;
- arrêt des dosages ;
- désactivation des séparateurs ;
- rinçage des circuits à l'eau chaude ;
- soufflage des conduites par vapeur ou par azote ;
- remplissage des bacs avec la nouvelle huile ;
- redémarrage successif des pompes ;
- remplissage et redémarrage des réacteurs.

Voici un tableau résumant la liste des huiles brutes les plus utilisées au niveau de l'entreprise et les modes de raffinages qui leurs sont appliqués :

Les huiles	Type de raffinage
Soja	Raffinage chimique à chaud ou bien dégomme enzymatique.
Tournesol	Raffinage chimique à froid ou bien dégomme enzymique et décirage à sec.
ODF	Raffinage physique
PO	Raffinage physique
HPO	Raffinage physique
HBO	Raffinage physique

TABLE 1.1 – La liste des huiles brutes

1.4.2 Conditionnement des huiles

L'unité de conditionnement d'huile de Cevital est constituée actuellement de six lignes de production : deux (02) pour la production des bouteilles de 5 litres, une pour les bouteilles de 1 litre, une ligne pour la production des bouteilles de 2 litres, une pour les bouteilles de 1,8 litre et enfin une pour celle de 4 litres [7].

Le tableau suivant indique la capacité de production moyenne par heure pour chaque ligne :

Formes	Production/Heure
5 litre A	9000
5 litre S	5000
4 litre	3000
2 litre	11000
1.8 litre	2700
1 litre	12000

La mise en bouteilles sur chaque ligne des huiles raffinées s'effectue de la manière suivante :

▷ Transformation du PET en préforme pour bouteilles de 1 litre, 2 litres, 4 ou 5 litres, à l'aide des presses de capacités respectives, 210000, 180000 et 105000 bouteilles par jour.

▷ Après transformation, les bouteilles passent par la souffleuse. Cette unité est composée de 4 souffleuses :

1. Deux (02) souffleuses pour les bouteilles de 5 litres de capacités respectives 3000 et 6000 bouteilles/heure.
2. Une (01) souffleuse pour les bouteilles de 2 litres de capacité 10000 bouteilles/heure.
3. Une (01) souffleuse pour les bouteilles de 1 litre de capacité de 1200 bouteilles/heure.

A l'aide des remplisseurs, on procède à la mise en bouteilles des huiles. Cette opération s'effectue en parallèle avec le soufflage.

▷ Les bouteilles ainsi remplies d'huile, passent par l'étiquetteuse, bouchonneuse puis par la dateuse.

▷ Regroupement des bouteilles de 2 et 1 litres au niveau de la fardeuse en lots de 10 et 6 bouteilles respectivement. Par contre, les bouteilles de 5 litres sont posées et regroupées manuellement.

▷ Regroupement des lots en palettes qui sont composées de 4 à 5 étages chacun pouvant contenir 850 bouteilles d'un litre, 300 bouteilles de 2 litres et 168 bouteilles de 5 litres. Les capacités des palettiseurs sont de 14, 24 et 170 palettes par heure et de 36 palettes par heure pour une ligne de 5 litres.

▷ Enveloppement des palettes par un film à l'aide de la banderoleuse.

Après l'opération de conditionnement, l'huile ainsi raffinée est complètement disponible à la livraison.

1.4.3 Unité de margarinerie

Cette unité est spécialisée dans la production de la margarine et les graisses finies ou semi finies. Elle produit essentiellement **Matina**, **Fleurial**, **Elio II**, Margarine de Feuilletage, **Smen**.

1.4.4 Unités de stockage

- Huile brute 45 000 Tonnes.
- Huile raffinée 20 000 Tonnes.
- Huile conditionnée 1200 Tonnes, correspondant à deux jours de production de la raffinerie.
- Stock pour pièces de rechange

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les différentes structures de l'entreprise Cevital. dans le chapitre suivant nous allons présenter quelques éléments théoriques concernant la gestion de production.

Rappels théoriques des méthodes de planification de la production

Introduction

Les nécessaires reconstructions économiques des pays industrialisés à l'issue des deux guerres mondiales, et plus récemment le développement des technologies de communication et d'information, ont induit de profondes modifications comportementales des systèmes de production et des marchés. Il apparaît aujourd'hui que l'entreprise industrielle performante nécessite un effort permanent d'adaptation de l'outil de production, de la structure des organisations et corrélativement des outils de gestion correspondants.

La modélisation, l'évaluation et l'analyse de performances des systèmes de production, les systèmes de stockage et plus particulièrement les chaînes logistiques restent une préoccupation principale des différentes communautés scientifiques. Les progrès techniques et économiques et par conséquent la complexité croissante de ces systèmes soulèvent de plus en plus de nouveaux défis et de nouvelles problématiques.

La planification de la production vise, pour un horizon de planification en général de quelques mois, à optimiser l'utilisation des facteurs productifs disponibles pour la production d'un ou plusieurs produits répondant à des caractéristiques précises. Il s'agit d'un processus de traitement d'informations aboutissant à une programmation prévisionnelle s'appuyant sur une démarche d'optimisation [17].

En d'autres termes, la planification de la production permet d'une part d'anticiper pour satisfaire la demande, de prévoir les approvisionnements, et de planifier l'utilisation des moyens de production. D'autre part, elle peut aussi être utilisée comme un moyen d'optimiser la production en cherchant, par exemple, à minimiser les coûts tout en respectant les délais.

Dans ce chapitre, nous traitons l'aspect théorique du sujet. Après avoir rappelé l'historique

ayant mené au contexte moderne de production, nous présentons des concepts liés à la conduite des processus de production (MRP, JAT avec Kanban et OPT) et leur pilotage pour assurer une meilleure cohérence entre les différents éléments de la production.

2.1 Champ de la gestion de la production et des flux

Avant de définir ce qu'est la gestion de production et des flux, il faut définir ce qu'est la production et comment elle s'intègre dans un enchaînement de processus.

2.1.1 Définition

La production est une transformation de ressources appartenant à un système productif et conduisant à la création de biens ou de services. D'une manière générale, les ressources mobilisées dans le processus de production peuvent être de quatre types :

- des équipements (bâtiments, machines, outillage, etc) ;
- des hommes (opérateurs intervenant soit directement dans le processus de transformation, soit indirectement pour en permettre le bon déroulement ou même l'existence, ce qui correspond à des activités dites de support) ;
- des matières (matières premières, composants, etc) ;
- des informations techniques ou procédurales (gammes, nomenclatures, consignes, procédures, etc) ou relatives à l'état et à l'utilisation du système productif (ce qui permet de programmer la production et de réagir aux perturbations observées).

La production d'un bien s'effectue par une succession d'opérations consommant des ressources et transformant les caractéristiques morphologiques de "matières" (au sens large du terme) ou leur localisation (manutention/transport).

La production d'un service s'effectue elle aussi par une succession d'opérations consommant ces ressources sans qu'il y ait nécessairement transformation de matières.

2.1.2 Approche retenue

La gestion de production a pour objet la recherche d'une organisation efficace de la production de biens et de services. En situant la production dans la perspective plus large de la chaîne logistique, la définition de cette organisation doit aussi impérativement prendre en compte la maîtrise des flux entrants (approvisionnements) et celle des flux sortants (distribution) pour assurer le niveau de satisfaction globalement attendu par les clients. L'interdépendance des problèmes conduit à porter autant d'attention à la définition des interfaces qui conditionnent les problèmes à résoudre qu'à la résolution de ces problèmes.

Cette gestion de la production et des flux s'appuie sur un ensemble d'outils d'analyse et de

résolution des problèmes qui visent à limiter les ressources nécessaires à l'obtention d'une production dont les caractéristiques techniques et commerciales sont connues.

2.1.3 Typologies décisionnelles

Pour mieux situer les différents problèmes rencontrés en gestion de la production, il est utile de rappeler que l'on classe habituellement les décisions de gestion en trois catégories : les décisions stratégiques, tactiques et opérationnelles [14].

▷ **Les décisions stratégiques** : se traduisent par la formulation de la politique à long terme de l'entreprise (vision à plus de deux ans, en général), ce qui implique une définition volontariste et cohérente du portefeuille d'activités qu'elle entend avoir à terme et des ressources stables qu'elle entend mettre en oeuvre pour parvenir à ses fins.

▷ **Les décisions tactiques** : correspondent à un ensemble de décisions à moyen terme. Parmi les décisions tactiques concernant la gestion de la production, on trouve : **la planification de la production**, la préparation du **plan de transport**.

▷ **Les décisions opérationnelles** : assurent la flexibilité quotidienne nécessaire pour faire face aux fluctuations prévues de la demande et des disponibilités de ressources (mode prévisionnel) et réagir aux aléas (mode correctif), dans le respect des décisions tactiques. Parmi les décisions opérationnelles concernant la gestion de la production, on trouve : la **gestion des stocks**, et **l'ordonnancement**.

2.1.4 Activités de la gestion de production

▷ **gestion des données techniques**

- description des produits et des familles de produits (nomenclatures) ;
- description des processus de réalisation (gammes).

▷ **gestion des données commerciales**

Reçoit les commandes et établit les calendriers de livraison souhaités.

▷ **gestion des matières**

- assurer l'approvisionnement en matières premières ou composants ;
- assurer le stockage de produits fabriqués.

▷ **gestion du travail**

Organiser dans le temps la réalisation des tâches en leur attribuant les ressources nécessaires. Prend en compte les données techniques et commerciales et celles du suivi de fabrication (quantités déjà fabriquées, état des ressources...).

2.1.5 Principaux modes d'organisation de la production

On peut classer les modes d'organisation de la production en quatre grandes classes : [10]

▷ **Organisation en série unitaire** : la production de type série unitaire est une production mobilisant sur une période assez longue l'essentiel des ressources d'une entreprise pour réaliser un nombre très limité de projets.

Exemple : la construction de navires de grande taille (qui se font, le plus souvent, en quelques exemplaires), les grands travaux publics (tel que le creusement d'un tunnel ou la construction d'un pont suspendu, . . .).

Ressources mobilisées : l'entreprise fait le plus souvent appel à un personnel hautement qualifié vu le caractère non répétitif des tâches.

▷ **Organisation en ateliers spécialisés** : on parle d'organisation en ateliers spécialisés lorsque tous les équipements assurant une fonction spécialisée sont réunis en un même lieu.

Exemple : un atelier d'emboutissage des tôles de voitures ou un atelier de peinture dans une usine d'assemblage automobile.

Ressources mobilisées : la main d'oeuvre est plutôt qualifiée et les équipements sont polyvalents.

▷ **Organisation en lignes de production** : on parle d'organisation en lignes de production lorsque qu'un flux régulier de produits passe d'un poste à l'autre, l'ordre de passage étant fixé.

Exemple : on peut citer les lignes d'assemblage d'automobiles.

Ressources mobilisées : les équipements sont généralement très spécialisés.

▷ **Organisation en industries de process** : on parle d'industries de process lorsque le mode d'organisation est caractérisé par un flux régulier et important de matières premières destinées à être transformées en matières plus élaborées.

Exemple : on peut citer la sidérurgie, la pétrochimie, le secteur de la chimie lourde, le secteur agroalimentaire.

2.2 Concept de la chaîne logistique

2.2.1 De la logistique à la supply chain

Pour bien comprendre ce qu'est la chaîne logistique, il nous semble important de bien comprendre tout d'abord ce qu'est la logistique. Le mot de logistique a quelque connotation militaire, du type : "Mettre à disposition des unités opérationnelles l'ensemble des produits dont elles ont besoin". Pour l'entreprise, la logistique représente d'abord la gestion des moyens de transport pour mettre à disposition des ressources les stocks nécessaires afin d'éviter toute situation de rupture.

Dans cette logique de base, la solution la plus simple consiste à mettre des stocks un peu par-

tout afin de garantir un taux de service satisfaisant.

Dans une relation entre un fournisseur et un client, le client souhaite que le stock soit présent chez le fournisseur. Cependant, lorsqu'on regarde le problème de façon globale, peu importe que le stock se trouve chez l'un ou chez l'autre (ou chez les deux) de toutes les façons, il va falloir payer ce stock et celui qui va le payer en fin de compte, ce sera le client final, le client de la "chaîne logistique".

2.2.2 Supply chain

la supply chain est le processus global de satisfaction des clients par la création d'une chaîne de valeur qui intègre de façon optimale l'ensemble des acteurs à l'origine de la réalisation d'un produit ou une famille de produits. On a coutume de dire que la supply chain crée une chaîne de valeur qui commence chez le "fournisseur du fournisseur du fournisseur" et qui se termine chez le "client du client du client".

La démarche consiste donc à mettre en oeuvre une gestion globale basée sur l'apport de valeur à un produit depuis la production des matières premières jusqu'à la distribution chez le client final.

Le but recherché est une meilleure maîtrise des fournisseurs (et des fournisseurs des fournisseurs) et des clients (et des clients des clients) afin d'améliorer la qualité de la prestation globale proposée au consommateur final.

2.2.3 Flux d'une chaîne logistique

On distingue trois types de flux échangés entre les membres d'une même chaîne logistique : le flux d'information, financier et physique.

▷ **Flux d'information** : ce flux est composé d'un flux de donnée et d'un flux de décision qui sont essentiels au bon fonctionnement d'une chaîne logistique. En effet, c'est par la connaissance du fonctionnement des autres maillons de la chaîne qu'un gestionnaire peut prendre les meilleures décisions pour le fonctionnement de sa propre entreprise ou service.

▷ **Flux financier** : les flux financiers constituent les échanges des valeurs monétaires.

Ces flux sont créés avec les différentes activités que subissent les flux physiques, tel que la production, le transport, le stockage, le recyclage..., ils sont également utilisés comme un indicateur de performance du fonctionnement de ces activités.

▷ **Flux physique** : appelés également flux de produit, les flux physiques décrivent les matières qui circulent entre les différents maillons de la chaîne. Ces matières peuvent être des composants des produits semi-finis, des produits finis, ou des pièces de rechange. Ces flux constituent le coeur d'une chaîne logistique, sans lesquels les autres flux n'existeraient pas. Ils peuvent être regroupés en trois étapes : produire, stocker et transporter [22].

2.2.4 Structure d'une chaîne logistique

La structure d'une chaîne logistique dépend évidemment de sa nature et des objectifs souhaités lors de sa conception. Plusieurs architectures ont ainsi été développées. Du point de vue flux physique, elles peuvent être classifiées comme suit [22] :

- ▷ **Divergente** : une chaîne est dite divergente si un fournisseur alimente plusieurs clients ou un réseau de magasin.
- ▷ **Convergente** : une chaîne est dite convergente si un client est alimenté par plusieurs fournisseurs de différents réseaux de distribution. Cette structure est également présente dans les réseaux d'assemblage.
- ▷ **Séquentielle (linéaire)** : chaque quantité de la chaîne alimente une seule autre entité en aval.

2.3 Techniques de planification de la production

La production dans une entreprise est organisée, planifiée de façon à produire les produits demandés en quantité voulue et en temps voulu. Mais il faut aussi gérer la main d'oeuvre, la maintenance des machines, les approvisionnements en composants, les livraisons,... Tout ceci demande une organisation hiérarchisée (multi-niveaux) et répartie en processus opérationnels. Ensuite, nous rappellerons brièvement trois types d'approches classiques en planification de la production : la planification des besoins en composants qui vise à établir une programmation prévisionnelle des composants, la planification juste à temps dont le principe fondamental est de produire la quantité strictement nécessaire aux besoins immédiats du client, ainsi la méthode OPT.

2.3.1 Définition

La planification de la production est une décision tactique qui répond à un souci de régulation à moyen terme de la production et qu'elle constitue un lien entre les décisions opérationnelles du court terme et les décisions stratégiques du long terme. Cette problématique se retrouve principalement dans les systèmes productifs produisant pour stock ou assemblant à la commande. La principale technique disponible, très empirique dans ses fondements, est celle de la MRP, et il existe une autre approche en planification de la production qui s'agit de la planification juste à temps qui est utilisée à la place de celle de la MRP dans des environnements bien particuliers et en complément de la MRP dans beaucoup d'autres.

2.3.2 Historique de MRP

La méthode MRP (Material Requirement Planning / Planification des besoins en composants) développée aux Etats-Unis vers 1995 par Joseph Orlicky qui a mis en évidence deux types des besoins :

- **Indépendants** : qui ne peuvent être (la plus part des cas), qu'estimés par prévision.
- **Dépendants** : peuvent et doivent être calculés.

Au départ ces méthodes étaient très simples, elles ont continué à évoluer jusqu'à atteindre un haut niveau de fonctionnalités et d'intégration dans le système d'information de l'entreprise. Aujourd'hui, on classe les MRP en trois catégories selon leur niveau de fonctionnalités [9].

- **MRP0 (Material Requirement Planning / Planification des besoins en composants 1965) :**

Elle représente un système qui, à partir des demandes fermes et estimées de produits finis et des niveaux de stock courants, calcule les besoins en composants (Quel produit ? Pour quand ? Et combien ?) permettant de répondre à la demande. Les capacités de production ne sont pas prises en compte.

- **MRP1 (Méthode de Régulation de la Production 1971) :**

La technique MRP0 s'est enrichie et a progressivement intégré la validation des délais et la détermination des charges de production. MRP1 permet de répondre : est ce que j'ai la capacité de le faire ? Avec quel délai ?

- **MRP2 (Manufacturing Resource Planning 1979) :**

C'est l'intégration de la planification financière et comptable grâce à une boucle de validation des priorités de fabrication. MRP2 permet de répondre à : Avec quelle priorité ? A quel prix ? [13]

MRP2 s'est encore évoluée d'après Thomas et Lamouri (2000) pour donner :

- **MRP2 à délai court 1986** : La technique MRP2 s'associe aux techniques "juste à temps" [16].
- **ERP (Enterprise Resource Planning 1995) :** Les systèmes ERP proposent souvent une solution complète recouvrant la gestion des données techniques, la production, la logistique ainsi que la gestion comptable et financière. Qui est l'approche utilisée par Le complexe Cevital.
- **SCM (Supply Chain Management 1997 / Gestion des chaînes logistiques) :** C'est l'optimisation de l'ensemble de la chaîne logistique, depuis la prévision de la demande jusqu'à la distribution, en prenant en compte la planification de la production et des approvisionnements.

Hypothèses

- Planification à moyen terme dans une production à flux poussés ;

- Production répétitive (grande série).

2.3.3 Principes de MRP

La méthode MRP comprend un certain nombre d'étapes qui, dans un premier temps, détermine la quantité de produits finis nécessaires pour satisfaire la demande du client par période de temps, et dans un second temps, calcule les besoins en composants pour assembler les produits finis pour la période de temps considérée. Elle vise à planifier conjointement, à partir des demandes fermes des clients ou de leurs prévisions : les besoins en composants et les ordres de fabrication. Les besoins sont identifiés par des dates et des quantités de composants que l'on détermine à l'aide des nomenclatures et des gammes des produits ainsi que par les niveaux de stock des matières premières et des produits semi-finis nécessaires à l'élaboration des produits. En prenant en compte les divers délais (de production, d'approvisionnement), le MRP permet de proposer les ordres d'achats (commandes) envers les fournisseurs et les ordres de fabrications pour lancer la production. Néanmoins, la méthode MRP ne prend pas en compte la capacité de production du système dont on cherche à planifier l'activité. Or, dans le cas où le cumul des charges demandées à une unité de production est supérieur à sa capacité (plan de charge incompatible avec les capacités de production), il faut procéder par un lissage de la production, c'est-à-dire redistribuer une partie de la charge dans le temps de façon à ce que le plan de production proposé soit réalisable. La méthode a pour ce faire été complétée par la vérification de l'adéquation charge/capacité des postes de charge : c'est la deuxième version de la méthode, ou MRP2 Management des Ressources de Production (Manufacturing Resources Planing). Aujourd'hui, dans la plupart des entreprises manufacturières, les décisions sont hiérarchisées et s'appuient sur la méthode MRP2, qui modélise les relations nécessaires entre les données techniques, les décisions de planification et la gestion des capacités.

2.3.4 Objectifs de MRP

La méthode MRP permet de :

- Calculer les quantités et les dates d'approvisionnement de tous les articles achetés ou réalisés par l'entreprise, afin de couvrir ses différents besoins.
- Connaître pour tous les articles autres que les produits finis, les approvisionnements ou lesancements à effectuer dans les périodes à venir. Elle permet aussi de vérifier pour chaque article la cohérence des dates de livraison avec les dates des besoins.
- Coordonner les approvisionnements et la fabrication, dans un plan global de production.
- Synchroniser les différents stocks de produits finis, de sous-ensembles, de composants, de matières premières en quantité et dans le temps sur la base d'une demande commerciale réelle et prévisionnelle. Ainsi, mettre en évidence le besoin de synchronisation des matières.

- Définir les besoins en composants pour satisfaire la consommation sur une période donnée, de produits finis assemblant ces composants.

2.3.5 Définitions

1. **Besoin brut** : total des demandes dépendantes et indépendantes d'un même article. Le besoin brut sur un article composant est la quantité nécessaire pour le montage des produits composés utilisant ce composant. Elle correspond donc au besoin sur le produit composé transformé par le ou les coefficients du lien dans la nomenclature. De manière générale, le besoin brut sera donc la somme des besoins induits (par les besoins des produits dont cet article est composant) et des besoins dits externes.
Besoin brut = Besoins induits + Besoins externes sur un article
2. **Besoin net** : quantité obtenue en déduisant des besoins bruts le stock disponible, les réceptions prévues et en y ajoutant le stock de sécurité. Le besoin net est calculé à partir des besoins bruts en prenant en compte les stocks et en-cours de fabrication (ou en-commande à fournisseur), échéancés sur les semaines à venir.
3. **Nomenclature** : liste de tous les sous-ensembles, pièces intermédiaires et matières premières entrant dans la composition d'un ensemble "parent" avec indication, pour chacun d'eux, de la quantité nécessaire.
4. **Ordre de fabrication (O.F)** : document, ensemble de documents ou programme donnant ordre de fabriquer des produits spécifiés dans des quantités données.
5. **Ordre d'achat (O.A)** : aussi appelé Ordre d'Approvisionnement, c'est un document utilisé par l'acheteur pour formalisé une transaction d'achat ou d'approvisionnement.
6. **Ordre prévisionnel (O.P)** : ordre de fabrication ou ordre d'approvisionnement prévu lors de la planification. Bien sûr, l'entreprise a pour but d'avoir des O.P. aussi proches que possible de ceux qui permettent de satisfaire les clients sans pour autant fabriquer trop de produits.

2.3.6 Démarche MRP

MRP comprend cinq niveaux de décision et de planification qui sont illustrés sur la figure (2.2) [16] :

1. **Le Plan Stratégique (PS)**
Plan présentant la stratégie à long terme ainsi que les objectifs de recettes, dépenses et profits. Bien que souvent établi en des termes différents de ceux du plan industriel et commercial il doit être en accord avec lui .

2. Le Plan Industriel et Commercial (PIC)

Niveau global prévu des ventes. Il présente habituellement le volume mensuel des ventes par famille de produits, groupe de produits, articles, options, accessoires, etc.

Il doit être exprimé dans la même unité (quantité et valeur) que le programme de production pour faciliter la planification.

3. Le Plan Directeur de Production (PDP)

Le plan directeur de production est le plan de mise à disposition de produits finaux. Il peut également comporter le plan de mise à disposition de sous-ensembles ou de composants vendus comme pièces détachées.

Le PDP est un programme de fabrication prévu pour les articles dont un agent de planification a la charge. Ce programme pilote le calcul des besoins. Il représente ce que l'entreprise a décidé de produire, exprimé en termes de configuration précise, quantités et dates. Il n'est pas une prévision de ventes qui n'est qu'une expression de la demande. Le P.D.P. doit prendre en compte les prévisions, le plan industriel et commercial ainsi que d'autres considérations importantes telles que le portefeuille de commandes, les disponibilités des matières et des ressources, la politique et les objectifs de la direction, etc.

4. Planification des besoins en composants (calcul des besoins nets)

Le calcul des besoins nets permet de générer les ordres de fabrication (O.F) et les ordres d'approvisionnement (O.A) à tous les stades du processus. Cela permet de déterminer la charge de travail des postes pour une période donnée et d'équilibrer les charges en fonction des capacités.

Pour calculer les besoins nets, il faut :

- connaître les besoins bruts ;
- connaître l'état des stocks au début de la période de prévision ;
- posséder les nomenclatures (avec coefficients) ;
- posséder les données de productions (stocks de sécurité, quantités économiques, délai, etc).

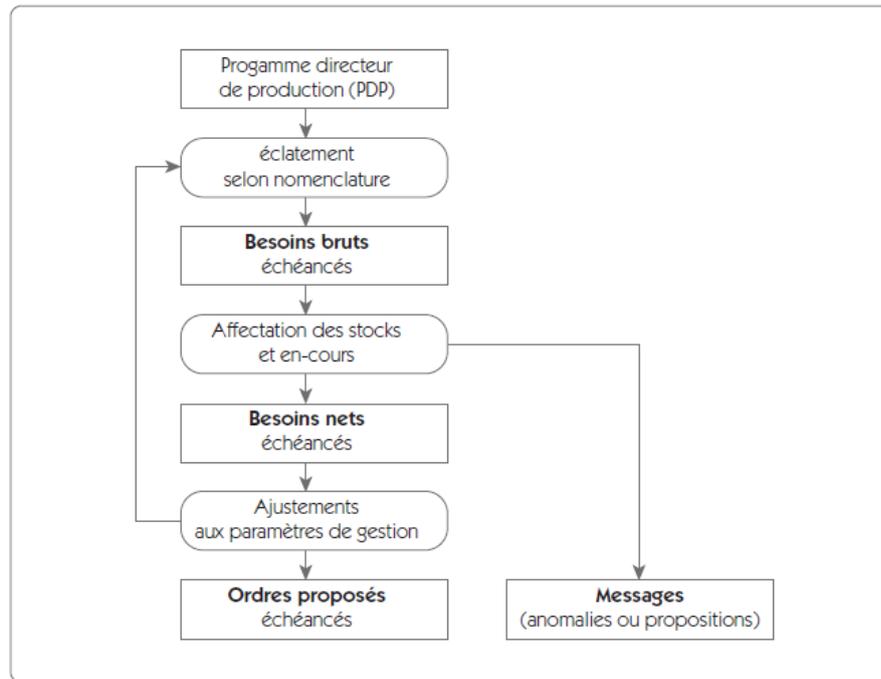


FIGURE 2.1 – Logique du calcul des besoins nets

5. Pilotage de l'atelier

Il permet la planification de l'atelier à court terme. Il est mis à jour hebdomadairement et se compose des objectifs suivants :

- lancer et suivre les ordres de fabrication et d'achats ;
- l'ordonnancement ;
- le suivi de la fabrication ;
- le contrôle des entrées et des sorties.

Ce sont les planificateurs qui gèrent le système MRP, ils sont responsables des décisions de pilotage. Leurs responsabilités sont de :

- lancer les ordres d'achat ou de fabrication ;
- reprogrammer les dates d'exigibilité des ordres fermes ;
- résoudre les erreurs et essayer d'en trouver les causes ;
- résoudre les problèmes de ruptures d'approvisionnements par des mises en urgences ou des replanifications ;
- se coordonner avec les autres planificateurs, PDP, ordonnancements et achats pour résoudre les problèmes.

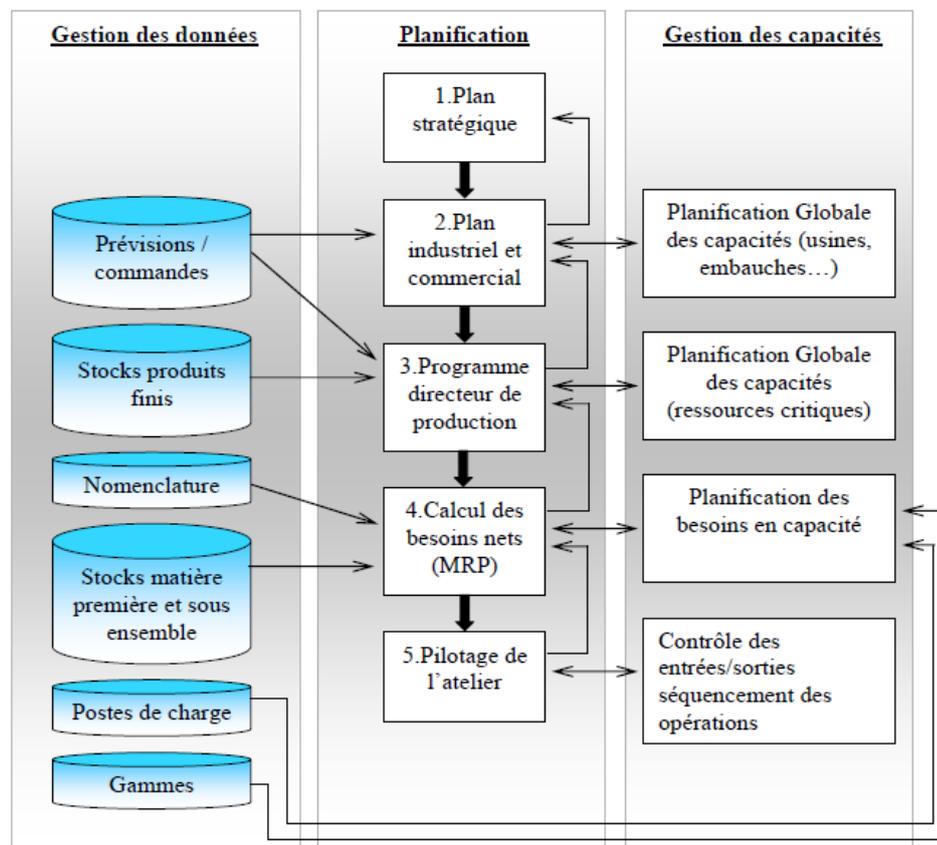


FIGURE 2.2 – Phases de la méthode MRP, (Thomas et Lamouri, 2000)

2.3.7 Résultats attendus avec MRP

Avantages de MRP

- L'expérience a démontré que la technique est plus sûre que les autres.
- Permet d'arrêter la fabrication d'un sous ensemble si le retard sur un autre ne permet pas de faire le produit fini (diminution des en-cours et utilisation des moyens pour d'autres produits).
- Le stock est constamment réajusté. C'est un vrai système à stock zéro car celui-ci ne replanifiera pas de nouveaux ordres de réapprovisionnement tant qu'un besoin ne se représentera pas dans le futur.
- N'exige pas une réorganisation de la production. Cette technique permet d'utiliser les données technologiques du moment (délais, stocks, taille des lots).
- Gains obtenus sur stocks et sur fabrication.
- Elimination des ordres "super prioritaires" entraînant des bouleversements de planning (Javel, 2001).

Contraintes d'application de MRP

- Nécessite d'avoir un PDP le plus exacte possible (difficulté de maîtriser une demande

aléatoire, perturbations dues aux pannes, retards, fournisseurs...etc.).

- Le système bouclé impose à long terme de s'assurer que le PDP est compatible avec les ressources critiques de l'entreprise, et à court terme de comparer les charges avec les capacités de tous les postes.
- Nécessite une précision de données (PDP, nomenclatures, gammes de fabrication, stocks, en-cours).

Inconvénients de MRP

- Technique qui nécessite des moyens importants.
- C'est une production qui pousse, chaque processus n'est en relation qu'avec le planning central.
- La centralisation des calculs avec intervalle de temps peut conduire à constituer des stocks, et allonger les délais.
- La diversité de la production entraîne la détérioration des précisions.
- Les décisions de production sont de plus en plus fondées sur la consommation et non sur les prévisions du MRP (Javel, 2001).

D'une manière générale, la procédure de calcul MRP est plus lourde et plus coûteuse que les méthodes de gestion de stocks. Or, les entreprises industrielles ont souvent à gérer de très nombreux articles (souvent plusieurs dizaines de milliers). Dans ces conditions, il n'est pas certain qu'il faille appliquer MRP à la totalité des articles. On pourra utiliser les autres méthodes de gestion des stocks d'articles à demande indépendante pour ceux qui possèdent les caractéristiques suivantes :

- les articles de faible valeur qu'il est donc peu coûteux de maintenir en stock sous la réserve que ces articles ne concernent qu'une commande très spécifique ;
- les articles utilisés dans de très nombreux composés, dont la demande est donc relativement régulière, et dont il ne servirait à rien d'effectuer des calculs compliqués pour passer des commandes régulières ;
- les articles dont le délai de livraison est très court et qui peuvent être réapprovisionnés sans difficulté ;
- les consommables qui ne figurent pas explicitement dans les nomenclatures de produits.

Ainsi, répondre au mieux à la demande client n'est pas uniquement un problème de production. Si une part de la réponse tient dans les modes de management des flux, l'autre part tient dans la gestion des stocks. Après des années de reconstruction pendant lesquelles tous les stocks industriels étaient pléthoriques, on a vu apparaître des slogans, tel le fameux "zéro stock", qui tendent à induire une production sans stock. Globalement, on s'accorde à penser aujourd'hui que les stocks peuvent être des "gaspillages nécessaires". Le sain débat est alors de savoir comment les gérer au mieux au cas par cas pour une économie globale au niveau de l'entreprise [16].

2.4 Juste-à-temps et la méthode Kanban

2.4.1 Philosophie juste-à-temps

Ce concept développé au Japon est un nouveau mode d'organisation industrielle visant à augmenter la réactivité d'une entreprise.

L'APICS (American Production and Inventory Control Society) définit le JAT comme "une philosophie basée sur l'élimination de tous les gaspillages et sur la mise en oeuvre d'une stratégie de progrès permanent en terme de productivité". Le juste-à-temps est donc très différent de la production de masse, qui a pour objectif de fabriquer plusieurs gros lots d'un même produit, lesquels sont par la suite entreposés jusqu'à ce qu'un client passe une commande. La philosophie du JAT repose plutôt sur la fabrication de plusieurs produits en petites quantités afin de mieux répondre aux besoins des clients. Cette philosophie, en fait, s'appuie sur l'amélioration continue de la qualité et de la productivité dans toutes les activités de l'entreprise et est soutenue par deux grands principes, l'élimination du gaspillage, partout dans l'entreprise, et le respect de la personne. L'objectif est donc que le client reçoive le bon produit, en bon état, au bon moment, au bon endroit, en quantité suffisante et à un juste prix [6].

Hypothèses :

- planification à court terme dans une production à flux tirés ;
- flux tirés : relancer de nouvelles phases de fabrication pour remplacer des produits ou des composants sortis des stocks ;
- production de masse.

But :

- fournir le produit exactement au moment du besoin et exactement dans la quantité désirée ;
- minimiser les en-cours ;
- tendre vers un flux de produits continu, approcher les quatre zéros (0 stock / 0 retard / 0 défaut / 0 panne).

Le JAT s'attaque à sept types de gaspillage

1. La surproduction : c'est-à-dire en fabriquant plus de produits qui dépassent la demande, car cela entraîne un surplus de marchandise, de main d'oeuvre, de machines, d'espace, de manutention sans compter l'augmentation des probabilités de casse des produits finis. Il est donc préférable de produire selon une méthode synchrone, suivant la demande.

2. L'attente : c'est-à-dire en éliminant les pauses et les arrêts non voulus. En produisant selon la méthode JAT, donc en évitant de produire pour stocker, les arrêts non désirés de la chaîne de production deviennent extrêmement critiques pour le respect des délais de livraison. Au moment où ils surviennent, la recherche de la cause devient prioritaire, ce qui n'est pas le cas

avec la méthode traditionnelle.

3. Le transport et la manutention : représentent aussi une source possible de gaspillage. De fait, un aménagement non fonctionnel augmente les distances lors de déplacements obligatoires. Afin d'éliminer ces pertes, il est nécessaire de s'assurer un aménagement optimal ainsi que de conserver les lieux de travail propre et en ordre.

4. Les transformations inutiles du produit : autrement dit, il faut éliminer toute transformation qui n'ajoute aucune valeur au produit et qui est, en fait, reliée au processus lui-même.

5. Les stocks de surplus : c'est-à-dire les produits qui ne font pas encore l'objet d'une commande d'un client. Il est primordial d'éliminer ce genre de stocks, car ils font augmenter les frais de stockage, les besoins en espace d'entreposage, les primes d'assurance, etc. De plus, l'élimination de cette source de gaspillage permet de diminuer le stock de matières premières et de produits en cours.

6. Les mouvements inutiles : ainsi, tout mouvement qui n'ajoute aucune valeur doit être éliminé.

7. Les défauts de fabrication : de fait, tout produit défectueux doit être, soit mis aux ordures, soit réusiné, ce qui peut entraîner des retards de livraison ou encore nécessiter le rapatriement de produits déjà vendus. En éliminant le plus possible les rejets de produits, on augmente la satisfaction des clients mais aussi les profits de l'entreprise.

On comprendra donc que ces sept sources de gaspillage peuvent engendrer d'énormes coûts pour l'entreprise, sans ajouter de valeur au produit.

Le JAT est donc un mode de gestion flexible qui s'appuie sur le long terme.

2.4.2 Système Kanban de gestion des flux

Le JAT est très souvent confondu avec le Kanban. En réalité, le Kanban est un mode de gestion décentralisé des flux d'information et des flux de production qui n'est que l'une des composantes du JAT.

Kanban, en japonais, signifie étiquette (ou carte ou ticket), nous retiendrons ici le terme français étiquette. A chaque référence utilisée est associé un nombre fixe d'étiquettes qui mentionnent notamment le numéro de la référence et la quantité que contient le conteneur. Celles-ci sont nécessairement :

- soit accrochées à des conteneurs pleins ;
- soit accrochées à un tableau situé dans le centre de fabrication de la référence ou à un tableau situé dans le centre de consommation de cette référence ;
- soit, enfin, en transit entre le centre de consommation de la référence et celui de sa fabrication (sans être accrochées à des conteneurs pleins) [6].

Trois principaux types de Kanban :

1. **Le Kanban de déplacement**, qui autorise un poste de travail à obtenir la production du poste précédent ;
2. **Le Kanban de production**, qui autorise le poste précédent à produire plus de composants ;
3. **Le Kanban de fournisseurs**, qui autorise un fournisseur à livrer plus de matières premières.

Calcul du nombre de Kanban

La formule la plus couramment référencée dans les ouvrages s'exprime de la manière suivante :

$$n = \frac{(D*L+G)}{C}$$

- D : demande moyenne par unité de temps.
- L : délai de mise à disposition d'un container de pièces.
- C : capacité d'un container.
- G : facteur de gestion ou marge de sécurité permettant de pallier à l'irrégularité plus ou moins importante de la fabrication (souvent égal à 10% de D *L).

Résultats attendus avec Kanban

Avantages :

- véritable maîtrise des flux par visualisation évidente avec un principe simple collant à la réalité physique ;
- permet le transfert de certaines tâches d'ordonnancement dans l'atelier entraînant une plus grande motivation du personnel ;
- permet de profiter au maximum de la flexibilité des moyens de production ;
- cette technique ne demande pas l'aide de l'informatique ;
- établit un lien direct entre les postes successifs favorisant la diminution des délais de transmission de l'information et de circulation des pièces ;
- diminution des stocks ;
- favorise une production plus proche de la demande sans stock diversifié entraînant un coût plus faible de production (Javel, 2001).

Contraintes :

Le système exige :

- un outil capable de passer rapidement d'une fabrication à une autre ;
- une production avec des cycles les plus courts ;
- un outil de production sans défaillance avec des pièces sans défaut (contrôle de qualité 100%) ;

-un système de pilotage maîtrisant l'écoulement des produits et les changements de fabrication.

La mise en flux exige :

- le regroupement et l'affectation des machines à une production ;

- la synchronisation des transferts de pièces (stock 0) ;

- des moyens de manutention adaptés.

Il est indispensable alors de mettre en place un contrôle qualité à 100% (toute pièce défectueuse entraîne une rupture de flux) et d'organiser l'outil de production par ligne de produit et non pas par atelier technologique, ainsi ne mettre en place un système Kanban qu'après avoir amélioré l'outil de production.

Inconvénients :

- Cette technique ne s'applique qu'à une production en flot continu se rapprochant d'une industrie de type process (les produits doivent s'écouler régulièrement).

- Le Kanban n'est pas une technique de stock 0 mais un système à stock minime et qui re-complète les stocks simplement parce qu'il y aura eu consommation. Le stock se trouve dans la ligne de production à différents états de fabrication.

- L'entreprise est très fragilisée en cas de perturbation d'approvisionnement des matières premières ou composants de base.

Conséquences :

- Rechercher à fabriquer au maximum par petits lots par diminution des temps de changement et de réglage de l'outil.

- Pour gagner du temps lors d'un changement de référence, il ne faut pas écarter une conception des produits.

- Le Kanban demande une grande discipline qui peut aller à l'encontre des habitudes occidentales (ne pas produire au risque de sous-utilisation des machines).

- Dans ce système, la circulation des informations est aussi importante que la circulation des pièces. Il sera donc nécessaire de mettre en place un système efficace de transmission des Kanbans (manuel, pneumatique, informatique, etc).

- Il faut également penser à la circulation des containers vides qui est un élément capital dans la bonne circulation des pièces.

- C'est un système à production tirée, c'est-à-dire que le processus aval se fournit directement au processus amont pour renouveler les pièces qu'il consomme [13].

2.5 Comparaison du JAT et du MRP

On a vu que la pertinence de l'usage du JAT est conditionnée par le respect de certaines conditions. Celui de la MRP ne l'est pas mais il implique un système de gestion sophistiqué et présente l'inconvénient de moins pousser à l'amélioration continue. Dans la pratique, ces deux

Système intégralement planifié (modèle MRP)	Système idéal type du "Juste-à-Temps"
Production sur stock et gestion en flux poussés pour l'intégralité du flux (gestion par anticipation)	Production en flux tirés et tendus pour l'intégralité du flux (production à la commande dans un délai court)
Hypothèses environnementales et organisationnelles : délai client très court, demande prévisible, production de masse de produits standards	Hypothèses environnementales et organisationnelles : Délai client supérieur au cycle de production, délai de production court, demande peu prévisible, production en petites et moyennes séries de produits personnalisés
Critère de performance dominant : Coût exclusivement	Critères de performance dominants : Coût, qualité, délai

TABLE 2.1 – Comparaison du JAT et du MRP

systèmes de gestion sont plus complémentaires qu'opposés.

2.6 Méthode OPT (Optimized Production Technology) (technologie de production optimisée)

2.6.1 Origine

Cette méthode de gestion, apparue à la fin des années 70, est due aux frères Goldratt. Elle est fondée sur une gestion de l'entreprise par ses goulets d'étranglements. Dans une entreprise on distingue deux types de ressources [21] :

- **les goulets** : ressources dont la capacité est inférieure ou égale à la demande du marché ;
- **les non-goulets** : ressources dont la capacité est supérieure à la demande du marché.

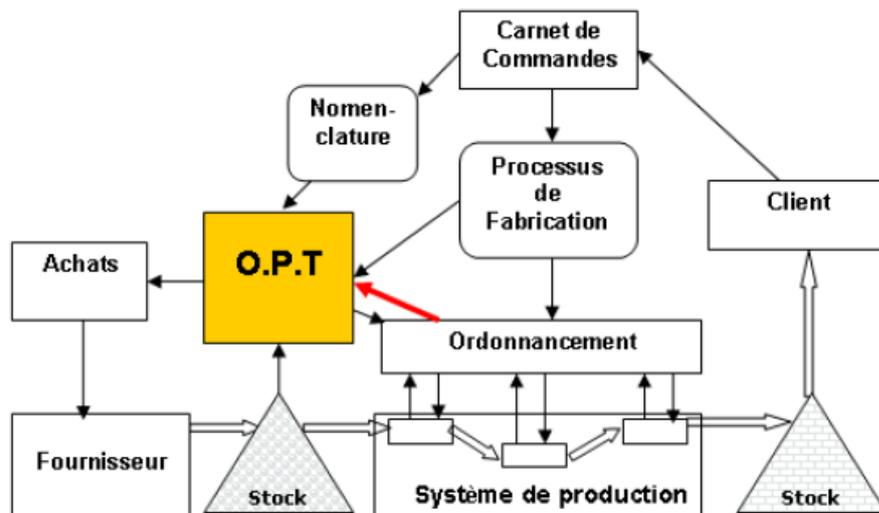


FIGURE 2.3 – Système de production avec OPT, (Javel, 2001)

2.7 Description du problème étudié

Quel que soit le secteur d'activité (mécanique, plastique, alimentaire, bois,...), l'entreprise a besoin d'une gestion de production résolument moderne et efficace qui se traduit tant par la mise en oeuvre de nouveaux principes de gestion de production, l'implication, la formation des acteurs de l'entreprise que par la mise en oeuvre de technologies.

Quand on parle de gestion de production dans les entreprises, on fait constamment référence à des notions de flux : implantation en flux, flux poussés, flux tirés, flux tendus, flux logistiques.... La notion de flux est synonyme de mouvement, de circulation, d'évolution, de rapidité et donc d'efficacité.

L'optimisation des activités de production, de transport et de stockage simultanément est devenue un facteur clé dans la réussite d'une entreprise d'une manière particulière, et de toute la chaîne logistique d'une manière plus générale.

L'entreprise Cevital, comme toute autre entreprise, est confrontée aux différents problèmes liés à l'optimisation, à l'économie, à la gestion et à une concurrence accrue. Les enjeux stratégiques et financiers sont tels que la planification et la gestion de production ne sont plus un luxe, mais une nécessité et un outil de survie. Il faut faire face à une demande de plus en plus variable et fortement influencée par de nombreux facteurs conjonctuels.

Notre étude a d'abord porté sur l'amélioration de la gestion des stocks des matières premières, produits semi-finis et produits finis dans cette entreprise, en se basant sur le système MRP d'une manière à avoir le zéro stock à la fin de chaque période, en tenant compte des prévisions de la demande. Une fois cette étape réalisée, il s'agit de déterminer à quel moment et en quelle quantité chaque composant doit être disponible.

Conclusion

Après avoir donné quelques concepts généraux relatifs aux systèmes de production, nous avons présenté un panorama des politiques de planification et de gestion de la production étudiées dans la littérature en expliquant le principe de fonctionnement de chacune d'elles. En outre, nous avons présenté les avantages et inconvénients liés à leur application dans les entreprises et par la suite nous avons dégagé notre problématique.

Quelques méthodes de prévisions

Introduction

L'idéal pour une entreprise serait évidemment de produire exactement les produits que ses clients vont acheter mais, sauf dans le cas très spécial où l'entreprise commence à approvisionner et à fabriquer à partir de la réception de la commande du client, ce n'est pas du domaine du possible. Il faut qu'elle anticipe un minimum les futures commandes de ses clients. Ainsi, afin de prendre les décisions relatives à son bon fonctionnement et à sa pérennité, toute entreprise, quelles que soient sa nature et sa typologie commerciale, doit s'appuyer sur un système de prévisions fiables. Selon le type de décisions à prendre, ce dernier devra être à long, moyen ou court terme.

Une prévision est l'interprétation dans le futur d'une série d'observations effectuée à des dates fixes. Ces observations correspondent aux enregistrements des quantités de consommation ou de commandes de certains produits et sont généralement exprimées en effectifs ou en unités de mesures quelconques. On les appelle séries temporelles ou chronologiques.

L'objectif de ce chapitre est de présenter les éléments théoriques utilisés pour l'élaboration d'un modèle de prévision, les modèles autorégressif AR(p), moyenne mobile MA(q), mixte ARMA(p, q), ARIMA, SARIMA et particulièrement, la méthode de Box et Jenkins.

3.1 Définitions et généralités

3.1.1 Stationnarité

Un processus (y_t) , $t \in \mathbf{Z}$, est stationnaire (au second ordre) si

- (i) pour tout $t \in \mathbf{Z}$, $\mathbb{E}(y_t) = \mu$, constante indépendante du temps, $\mathbb{E}(y_t^2) = \mu_2$ constante indépendante du temps ;
- (ii) pour tout $t \in \mathbf{Z}$, $V(y_t) = \gamma_0 < \infty$, constante finie indépendante du temps ;

(iii) pour tout $t \in \mathbf{Z}$, $cov(y_t, y_{t-\tau}) = \gamma_\tau$, constante indépendante du temps.

3.1.2 Séries chronologiques

Une série chronologique est une suite de variables aléatoires (observations) indiquée par un ensemble ordonné dans le temps $1, 2, \dots, T$ on note la série chronologique : Y_1, Y_2, \dots, Y_T .

3.1.3 Objectif de la prévision

Consiste à évaluer les valeurs futures de la série en se basant exclusivement sur le passé et le présent : $Y_1, Y_2, \dots, Y_{T-1}, Y_T$ on détermine alors Y_{T+k} , $k \geq 1$.

3.1.4 Qualité de la prévision

Dépend de l'horizon k , la prévision est meilleure quand k est petit.

3.1.5 Composantes d'une série chronologique

Dans un premier temps, l'examen du graphe d'une série permet de dégager les différentes composantes de la série et les dissocier les unes des autres.

▷ **Tendance** : Elle représente l'évolution de la série étudiée. Elle traduit le comportement "Moyen" de la série.

▷ **Saisonnalité** : Noté S_t correspond à un phénomène qui se répète à un intervalle de temps régulier (périodique). En générale c'est un phénomène saisonnier, la composante saisonnière est périodique de période p et on a : $S_{t+p} = S_t, \forall t$.

▷ **Composante irrégulière** : Cette composante contient tout ce qui n'est pas expliqué par les deux composantes (tendance et saisonnalité).

3.1.6 Modélisation d'une série chronologique

Il s'agit de déterminer les modèles décrivent la façon dont la série évolue.

Il y a trois types de modèles [1] :

- Modèles d'ajustement.
- Modèles autoprojectifs.
- Modèles explicatifs.

1. Modèles d'ajustement :

Modèle additif et multiplicatif :

Ce sont des modèles qui contiennent les différentes composantes de la série : deux modèles sont généralement retenus : Modèle d'ajustement additif du type

$$Y_t = a_t + S_t + \varepsilon_t$$

Ou modèle d'ajustement multiplicatif du type

$$Y_t = a_t * S_t * \varepsilon_t$$

où,

$a_t, t=1, \dots, T$ est une fonction à variation lente supposée déterministe dans cette approche.

Elle sera estimée sous forme paramétrique (droite, polynôme, exponentielle...);

S_t est une fonction périodique du temps qu'on appellera mouvement saisonnier;

ε_t appelé partie irrégulière aura le statut d'une variable aléatoire centrée.

Modèle de régression :

C'est la méthode la plus simple pour analyser et modéliser une série chronologique, le modèle s'écrit :

$$Y_t = g(t, \theta) + \varepsilon_t, t=1, \dots, T$$

où,

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

$\theta = (\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k)$ et $\varepsilon_t, t=1, \dots, T$ est une suite de variables centrées.

Ainsi, la partie structurée de la grandeur étudiée est entièrement située dans la moyenne

$g(t, \theta) = \mathbb{E}(Y_t)$. La particularité en série chronologiques est que le temps est la seule variable externe utilisée dans la description de la moyenne.

Le modèle le plus utilisé est celui de BUYD-BALIOT qui fournit un schéma additif simple.

La tendance est représentée par une droite, l'effet saisonnier est rigoureusement périodique de période p connue et la partie résiduelle est une suite de variables indépendantes identiquement distribuées de loi normale centrée et de variance σ^2 . Le modèle s'écrit :

$$Y_t = \alpha t + \beta + S_t + \varepsilon_t, t = 1, \dots, T, S_t = S_{t+p} \text{ et } \varepsilon_t \rightarrow \mathcal{N}(0, \sigma^2)$$

2. Modèle Autoprojectif :

On suppose dans ce type de modèle que Y_t s'écrit en fonction de ses valeurs passés et d'une composante irrégulière. il existe deux types de modèles autoprojectif :

Modèle de lissage exponentiel.

Modèle de Box et Jenkins.

3. Modèle explicatif :

Dans cette catégorie de modèles, la variable aléatoire Y_t est exprimée en fonction d'un vecteur de variables aléatoires observable X_t dites exogènes et d'une perturbation aléatoire ε_t .

$$Y_t = f(X_t) + \varepsilon_t$$

où,

f est une fonction déterministe, soit aléatoire, dans ce dernier cas, les processus X_t et ε_t ont certaines propriétés d'indépendance ou de non corrélation.

3.2 Méthodes de prévision

3.2.1 Lissage exponentiel

On regroupe sous le nombre de lissage exponentiel un ensemble de méthodes empiriques qui ont pour caractéristiques de donner un poids important aux récentes observations, leur domaine d'application est la prévision à court terme. Ces méthodes ont été développées dans les années 60 par "Brown, Holt et Winters" [1].

Lissage exponentiel simple

Cette méthode (Brown) s'adapte dans le cas où la série chronologique peut être ajustée par une droite autour de T , c-à-d que la série ne présente ni tendance ni saisonnalité. Dans ce cas le modèle s'écrit :

$$Y_T = a_t + \varepsilon_t, t= 1, \dots, T$$

telque : a_t est le niveau de la série ;

ε_t est le résidu (reste).

Lissage exponentiel double

Le lissage exponentiel double s'applique dans le cas de présence d'une tendance linéaire. On suppose alors que la série peut être ajustée par une droite, le modèle s'écrit :

$$Y_T = a_0 + a_1 t + \varepsilon_t$$

Au voisinage de T le modèle s'écrit :

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

3.2.2 Lissage exponentiel de Holt

La méthode s'applique quand la série présente une tendance et pas une saisonnalité

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

3.2.3 Lissage exponentiel de Winters

C'est une généralisation de la méthode de Holt dans le cas de présence d'une tendance et d'une saisonnalité.

3.3 Prédiction par Box et Jenkins

Le modèle de Box et Jenkins permet en plusieurs étapes de modéliser une série chronologique par un modèle ARMA, ARIMA et SARIMA [5].

différentes étapes :

- ▷ Analyse préliminaire.
- ▷ Identification du modèle.
- ▷ Estimation des paramètres du modèle.
- ▷ Validation du modèle.
- ▷ Calcul des prévisions.
- ▷ Interprétation des résultats.

L'idée de Box et Jenkins est de ne tenir compte que des observations qui sont fortement corrélés avec le présent.

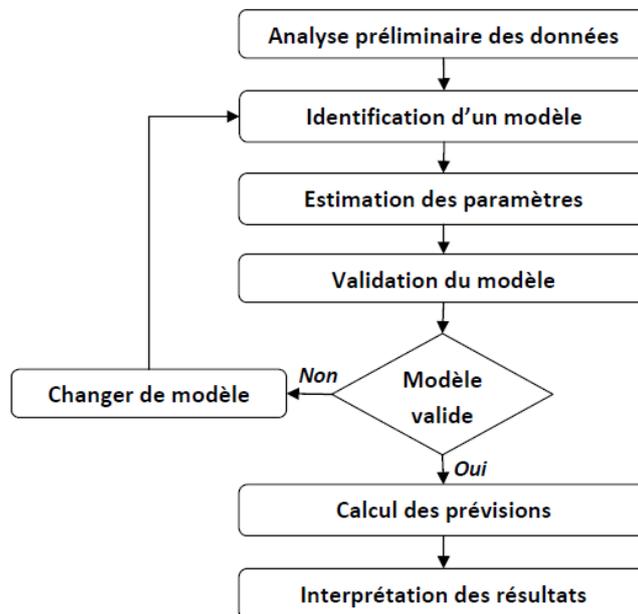


FIGURE 3.1 – Organigramme de la démarche Box et Jenkins

Bruit blanc :

Un processus bruit blanc est une suite de variables aléatoires indépendantes ε_t telque :

$\mathbb{E}(\varepsilon_t) = 0 \quad \forall t;$
 $V(\varepsilon_t) = \sigma^2$ minimale $\forall t;$
 $\text{COV}(\varepsilon_t, \varepsilon_s) = \mathbb{E}(\varepsilon_t, \varepsilon_s) = 0, t \neq s.$

3.3.1 Fonctions d'autocorrélation

On appelle fonction d'autocorrélation et on note

$$\rho_k = \frac{\text{cov}(Y_t, Y_{t-k})}{V(Y_t)}$$

ρ_k représente le lien linéaire entre le présent Y_t et le passé de retard Y_{t-k} .

Si ρ_k est proche de 1, cela signifie que Y_t et Y_{t-k} sont fortement liés de plus une grande (respectivement petite) valeur au temps $(t-k)$ est suivie le plus souvent d'une petite (respectivement grande) valeur du temps t .

Si ρ_k est proche de 0 cela signifie que Y_t et Y_{t-k} ne sont pas liés linéairement et une valeur grande ou petite au temps $(t-k)$ est suivi d'une valeur quelconque à l'instant t .

3.3.2 Définition du corrélogramme

Le graphique de la suite des ρ_τ constitue le corrélogramme.

3.3.3 Fonction d'autocorrélation partielle

Pour une série (y_t) , on définit la fonction d'autocorrélation partielle, pour tout $t \in \mathbf{Z}$, par

$$\tau \mapsto r_\tau = \frac{\text{cov}(y_t - y_t^*, y_{t-\tau} - y_{t-\tau}^*)}{\text{Var}(y_t - y_t^*)}$$

où,

y_t^* désigne l'observation estimée de la variable à expliquer y_t par la régression linéaire multiple, $y_t = a_1 y_{t-1} + a_2 y_{t-2} + \dots + a_{\tau-1} y_{t-(\tau-1)} + v_t$ et $y_{t-\tau}^*$ désigne l'observation estimée de la variable à expliquer $y_{t-\tau}$ par le modèle de régression linéaire multiple, $y_{t-\tau} = b_1 y_{t-1} + b_2 y_{t-2} + \dots + b_{\tau-1} y_{t-(\tau-1)} + u_t$. Il s'agit du coefficient de corrélation entre y_t et $y_{t-\tau}$, l'influence des autres variables $y_{t-1}, y_{t-2}, \dots, y_{t-(\tau-1)}$, ayant été retirées.

3.3.4 Définition du corrélogramme partiel

Le graphique de la suite des ρ_τ constitue le corrélogramme partiel. L'intérêt pratique des fonctions d'autocovariance, d'autocorrélation et d'autocorrélation partielle se retrouve dans l'étude des processus stationnaires tels que les processus autorégressifs (notés AR), les processus de moyenne mobile (notés MA) et les processus mixtes autorégressifs et de moyenne mobile (notés ARMA).

3.3.5 Processus autorégressifs d'ordre p : AR(p)

Un processus autorégressif (autoregressive model) d'ordre p retrace la façon dont est générée l'observation présente y_t à partir de ses observations passées $y_{t-1}, y_{t-2}, \dots, y_{t-p}$.

Il est dit autorégressif d'ordre p, et on le note AR(p), s'il vérifie une relation de la forme :

$$Y_t = \phi_1 y_{t-1} + \phi_2 y_{t-2} + \dots + \phi_p y_{t-p} + \varepsilon_t; \text{ pour tout } t \in \mathbf{Z}$$

ou encore, en introduisant l'opérateur de décalage D tel que $D^j y_t = y_{t-j}$;

$$\begin{aligned} y_t - \phi_1 y_{t-1} - \phi_2 y_{t-2} - \dots - \phi_p y_{t-p} &= \varepsilon_t \iff \\ y_t - \phi_1 D^1 y_t - \phi_2 D^2 y_t - \dots - \phi_p D^p y_t &= \varepsilon_t \iff \\ (1 - \phi_1 D^1 - \phi_2 D^2 - \dots - \phi_p D^p) y_t &= \varepsilon_t \iff \\ \Phi(D) y_t &= \varepsilon_t \end{aligned}$$

où, $\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_p$ désignent les paramètres du modèle, (ε_t) est un bruit blanc et $\Phi(D) = (1 - \phi_1 D - \phi_2 D^2 - \dots - \phi_p D^p)$. Un processus AR(p) peut aussi comporter un terme constant.

3.3.6 Processus de moyennes mobiles : MA(q)

On appelle processus moyenne mobile (moving average) d'ordre q, noté MA(q), un processus vérifiant la relation :

$$y_t = \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q}; \text{ pour tout } t \in \mathbf{Z}$$

3.3.7 Fonction d'autocorrélation d'un processus MA(q)

La fonction d'autocorrélation d'un processus MA(q) est de la forme générale :

$$\rho_\tau = \begin{cases} \frac{(-\theta_\tau + \theta_1 \theta_{\tau+1} + \dots + \theta_{q-\tau} \theta_q)}{1 + \theta_1^2 + \dots + \theta_q^2} & \text{si } \tau = 1, \dots, q \\ 0 & \text{si } \tau > q. \end{cases}$$

3.3.8 Processus autorégressifs et de moyennes mobiles : ARMA(p,q)

Un processus (y_t) , $t \in \mathbf{Z}$, est dit autorégressif d'ordre p et de moyennes mobiles d'ordre q, s'il peut être représenté sous la forme :

$$Y_t - \phi_1 y_{t-1} - \phi_2 y_{t-2} - \dots - \phi_p y_{t-p} = \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q} \iff \Phi(D) y_t = \Theta(D) \varepsilon_t$$

où,

$$\Phi(D) = (1 - \phi_1 D - \phi_2 D^2 - \dots - \phi_p D^p) \text{ et } \Theta(D) = (1 - \theta_1 D - \theta_2 D^2 - \dots - \theta_q D^q).$$

Les coefficients $\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_p; \theta_1, \theta_2, \dots, \theta_q$ sont les paramètres du modèle et (ε_t) est un bruit blanc.

Pour obtenir un processus ARMA(p,q) stationnaire, il est nécessaire que les racines de $\Phi(D)y_t = 0$ se situent à l'extérieur du disque unité.

Pour que le processus ARMA(p,q) soit inversible, il faut que les racines de $\Theta(D)\varepsilon_t = 0$ soient à l'extérieur du disque unité.

Les corrélogrammes et les corrélogrammes partiels sont par voie de conséquence un mélange des deux corrélogrammes des processus AR et MA purs.

Dans le tableau suivant, Bourbonnais et Terraza (2004) propose un récapitulatif sur les formes des fonctions d'autocorrélation et d'autocorrélation partielles théoriques des processus AR(p), MA(q) et ARMA(p, q).

Modèle	Autocorrélation	Autocorrélation partielle
Bruit blanc	Nulle pour $k > 0$	Nulle pour $k > 0$
AR(p) : $\phi_p(B)X_t = \varepsilon_t$	Décroissance exponentielle et/ou sinusoidale	Pics significatifs pour les p premiers retards, les autres coefficients sont nuls pour des retards $> p$
MA(q) $X_t = \theta_q(B)\varepsilon_t$	Pics significatifs pour les q premiers retards, les autres coefficients sont nuls pour des retards $> q$	Décroissance exponentielle et/ou sinusoidale
ARMA(p,q) $\phi_p(B)X_t = \theta_q\varepsilon_t$	Décroissance exponentielle ou sinusoidale amortie	Décroissance exponentielle ou sinusoidale amortie

TABLE 3.1 – Résumé des propriétés des fonctions d'autocorrélation simple et partielle

L'estimation des paramètres dans un modèle ARMA(p, q), si l'hypothèse de normalité des erreurs est réalisée, se fait par la méthode du maximum de vraisemblance. Lorsque les paramètres du modèle sont estimés, il faut vérifier si les conditions de stationnarité et d'inversibilité sont satisfaites. Les coefficients peuvent être testés individuellement à l'aide du test de Student et le modèle peut être testé globalement à l'aide du test de Box et Pierce ou à partir du test de Ljung et Box.

3.3.9 Processus ARIMA

Les modèles AR, MA et ARMA ne sont représentatifs que des processus stationnaires en tendance et corrigés des variations saisonnières. Si le processus étudié n'est pas stationnaire en tendance, il convient de le stationnariser par passage aux différences selon l'ordre d'intégration d (c'est-à-dire le nombre de fois qu'il faut différencier le processus pour le rendre stationnaire) par la transformation :

$$\Phi(D)\Delta^d y_t = \Theta(D)\varepsilon_t$$

avec :

$$\begin{aligned} \Delta y_t &= y_t - y_{t-1} = (1 - D)y_t \\ \Delta^2 y_t &= \Delta(\Delta y_t) = \Delta(y_t - y_{t-1}) = (y_t - y_{t-1}) - (y_{t-1} - y_{t-2}) \\ &= y_t - 2y_{t-1} + y_{t-2} = (1 - 2D + D^2)y_t = (1 - D)^2 y_t \\ &\dots \\ \Delta^d y_t &= (1 - D)^d y_t. \end{aligned}$$

Δ^d est appelé l'opérateur de différenciation à l'ordre d (le but de cet opérateur est donc d'éliminer la tendance).

Par définition, on appelle modèle ARIMA (autoregressive integrated moving average model) de paramètres p, d, q , un modèle de la forme :

$$\Phi(D)\Delta^d y_t = \Theta(D)\varepsilon_t$$

où,

$$\Phi(D) = (1 - \phi_1 D - \phi_2 D^2) - \dots - \phi_p D^p \text{ et } \Theta(D) = (1 - \theta_1 D - \theta_2 D^2 - \dots - \theta_q D^q)$$

3.3.10 Processus SARIMA

Si le processus étudié comporte une saisonnalité (une valeur élevée du coefficient de corrélation ρ_s entre y_t et y_{t-s}), alors il s'agit d'un processus à variation saisonnières (donc non stationnaire), il convient de le stationnariser (en éliminant la saisonnalité) en utilisant l'opérateur de différenciation saisonnière Δ_s défini par :

$$\Delta_s y_t = y_t - y_{t-s} = y_t - \Delta^s y_t = (1 - D^s)y_t$$

On se ramène alors un modèle

$$\phi(D)\Delta_s y_t = \Theta(D)\varepsilon_t \iff \phi(D)(1 - D^s)y_t = \Theta(D)\varepsilon_t$$

Lorsque l'opérateur de différenciation saisonnière est d'ordre S (c'est-à-dire que y_t est différencié S fois d'une période s), on utilise l'opérateur de différenciation d'ordre S défini par :

$$\Delta_s^S y_t = (1 - D^s)^S y_t$$

Par exemple, pour $s = 2$, on vérifie bien que

$$\Delta_s^2 y_t = (1 - D^s)^2 y_t$$

En effet,

$$\begin{aligned} \Delta_s^2 y_t &= \Delta_s(\Delta_s y_t) = \Delta_s(y_t - y_{t-s}) = (y_t - y_{t-s}) - (y_{t-s} - y_{t-s-s}) = \\ &(y_t - y_{t-s}) - (y_{t-s} - y_{t-2s}) = y_t - 2y_{t-s} + y_{t-2s} = (1 - 2D^s + D^{2s})y_t = (1 - D^s)^2 \end{aligned}$$

Dans ce cas, le modèle transformé par l'opérateur de différenciation saisonnière d'ordre S s'écrit :

$$\phi(D)\Delta_s^S y_t = \Theta(D)\varepsilon_t \iff \phi(D)(1 - \Delta^s)^S y_t = \Theta(D)\varepsilon_t$$

Il s'agit d'un cas particulier d'un modèle général mixte multiplicatif saisonnier SARIMA qui s'écrit sous la forme :

$$\phi(D)\Psi(D^s)\Delta^d y_t \Delta_s^S y_t = \Theta(D) \wedge (D^s)\varepsilon_t$$

avec :

$$\Psi(D^s) = (1 - \alpha_s D^s) - \alpha_{2s} D^{2s} - \dots - \alpha_{ps} D^{ps}$$

et

$$\wedge(D^s) = (1 - \beta_s D^s - \beta_{2s} D^{2s} - \dots - \beta_{Qs} D^{Qs})$$

où (ε_t) est un bruit blanc, Φ et Ψ des opérateurs autorégressifs de degrés respectifs p et P , Θ et \wedge des opérateurs de moyennes mobiles de degrés respectifs q et Q .

Un tel modèle est un modèle SARIMA(p, d, q)(P, S, Q) $_s$.

Conclusion

Les méthodes de prévision sont nombreuses et leur diversité repose sur l'impossibilité de jeter un regard unique sur une série temporelle. Le choix dépend des hypothèses et de l'objectif poursuivi.

Dans ce chapitre, nous avons donné quelques méthodes de prévision qui seront utiles pour la prévision de la demande qui sera l'objet de prochain chapitre.

Prévision de la demande

Introduction

En vue de l'importance d'une bonne gestion de production dans l'entreprise Cevital et la nécessité d'une optimisation de cette gestion, nous nous sommes attelés à améliorer la gestion de la production, notamment par le calcul des besoins en matières premières en prenant en considération les particularités du système de production de l'entreprise.

Pour ce faire, il est essentiel d'utiliser des prévisions pour estimer la variable demande, qui est un facteur indispensable dans notre étude.

Ce chapitre concerne la prévision des ventes en produits finis (les huiles). En utilisant la méthodologie de Box et Jenkins, nous avons déterminé les prévisions de ventes pour chaque produit sur une durée de douze mois. Notre choix est porté sur l'approche de Box et Jenkins, car d'après Bresson et Pirotte (1995), est qu'une modélisation ARMA conduit à des prévisions optimales puisque la variance d'erreur de prévision est minimale. Autrement dit, aucun autre modèle standard ne peut délivrer des prévisions avec une erreur de prévision aussi faible.

4.1 Présentation des produits étudiés

L'entreprise Cevital fabrique une variété des huiles. Dans notre travail, nous nous sommes intéressés essentiellement aux huiles finies (Elio II, Fleurial plus). Ces produits peuvent être répartis en plusieurs formats :

- Huile Elio II : cette huile est présentée dans des bouteilles de 1L, 2L et 5L.
- Huile Fleurial plus : cette huile est présentée dans des bouteilles 1.8L et 4L Boxée.

4.2 Récolte et analyse des données

L'idéal pour une entreprise serait évidemment de produire exactement les produits et les quantités que ses clients vont acheter, alors il faut qu'elle anticipe les futures demandes de ses clients. L'activité de prévision est le point de départ de la planification, cette prévision a pour objet de définir ce qu'il faudra produire et quand il faudra le produire. A Cevital, la demande est confondue avec les ventes.

Les données relatives aux ventes des huiles sont indiquées en annexe A (voir les tableaux (5.3), (5.4) et (5.5)). Ces dernières étaient recueillies au niveau de direction commerciale de l'entreprise. Ces séries chronologiques représentent les quantités mensuelles vendues pour chaque huile de janvier 2011 jusqu'à décembre 2013, l'unité de mesure considérée est la tonne.

L'activité commerciale de l'entreprise ainsi que sa production durant chaque année peuvent être scindées en deux périodes : la première période correspond au premier semestre de l'année et la deuxième période correspond au deuxième semestre de la même année.

Les niveaux des ventes des produits progressent fortement au début de la deuxième période, ainsi qu'elles sont relativement faibles lors de la première période. Cet aspect alterné peut être expliqué par la nature de ces produits d'abord et, ensuite, celle du marché.

Ces produits connaissent des meilleures ventes durant l'été et surtout durant les périodes de Ramadhan qui correspondent aux mois juillet, août et septembre.

4.2.1 Classification des produits étudiés selon la méthode ABC

L'analyse ABC (Activity Based Costing ou Comptabilité à Base d'Activités) consiste à reclasser dans un tableau les éléments étudiés en 3 groupes distincts :

- **Le groupe A** : les produits les plus importants (souvent environ 20 % du nombre total des produits) ;
- **Le groupe B** : les produits de la classe "intermédiaire" (souvent entre 20 et 40 % du nombre total des produits) ;
- **Le groupe C** : reste des produits étudiés.

D'après le tableau (4.1), on constate que le produit Elio 5L appartient à la classe A, et que Elio 2L et Elio 1L appartiennent à la classe B, et Fleurial 4L et Fleurial 1.8L appartiennent à la classe C.

N° d'ordre	Référence des produits	Ventes par ordre décroissant	ventes cumulées croissantes	Ventes cumulées en pourcentage	Références cumulées en pourcentage
1	Elio 5L	221 619 T	221 619 T	52.40 %	20 %
2	Elio 2L	106 572 T	328 191 T	77.59 %	40 %
3	Elio 1L	78 299 T	406 487 T	96.11 %	60 %
4	Fleurial 4L	12 233 T	418 720 T	99.00 %	80 %
5	Fleurial 1.8L	4 208 T	422 928 T	100 %	100 %
Total	5		422 928		

TABLE 4.1 – Tableau d'analyse ABC des ventes d'huile Elio II 1L pour l'année 2013

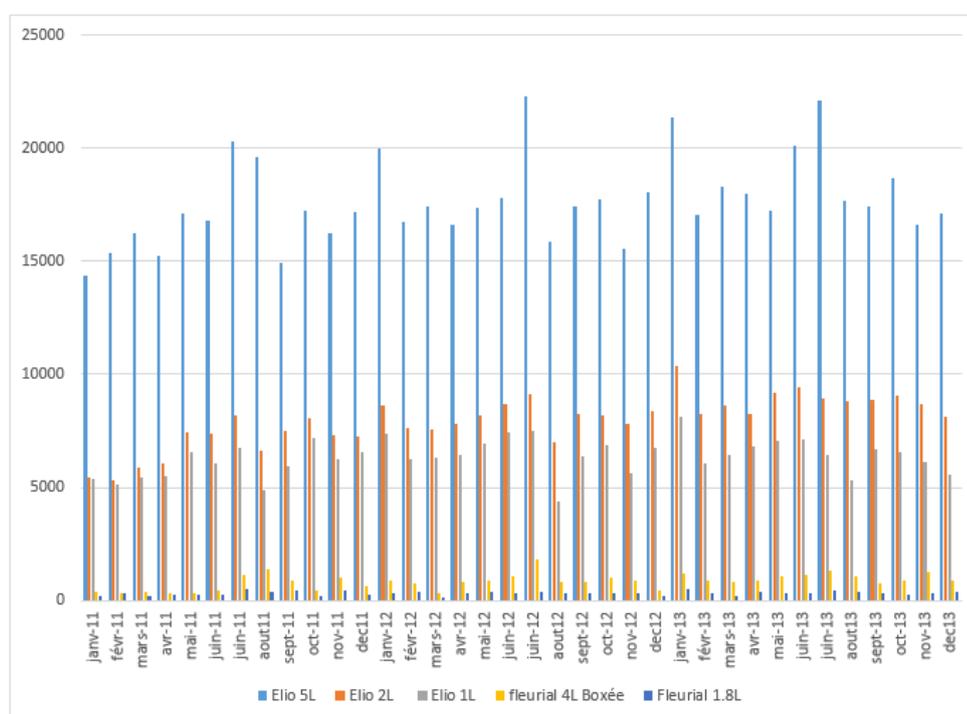


FIGURE 4.1 – La représentation des ventes entre 2011 et 2013

4.2.2 Interprétation graphique

L'histogramme donné dans la figure (4.1), représente les ventes de l'entreprise Cevital pour la période allant de 2011 à 2013. Nous constatons que :

- L'entreprise produit et commercialise en grandes quantités les huiles de type Elio II (1L, 2L, 5L) qui représentent ses produits de base, ses ventes ont connu une augmentation durant la période allant de 2011 jusqu'à 2013, soit 354 783 tonnes en 2011, 388 446 tonnes en 2012, et 406 486 tonnes en 2013, et elle a enregistré des ventes en petites quantités pour les huiles de type Fleurial plus, soit 11 471 en 2011, 14 419 en 2012 et 16 441 en

2013, et cela peut être justifié premièrement par la nature et la qualité des produits et deuxièmement par le volume de production des huiles de type Elio II engendre environ 95 % et seulement 5 % de volume de production pour l'huile de type Fleurial plus.

- L'huile Elio 5L est l'un des produits importants pour l'entreprise Cevital. Cette dernière a réalisé des ventes très élevées tout au long de la période comprise entre 2011 et 2013.
- Au vu des quantités produites et vendues chaque année par Cevital, l'huile Elio 2L est aussi importante pour cette entreprise.

Les ventes de ce produit ont augmenté significativement dès l'année 2011 jusqu'à 2013.

- Après l'huile Elio 5L et Elio 2L, l'huile Elio 1L représente le troisième produit de base de l'entreprise. Concernant les ventes de ce produit, on peut distinguer une stabilité des ventes de janvier 2011 jusqu'à décembre 2013 sauf en signalant au mois d'août une mauvaise vente et cela peut être expliqué par le fait d'avoir une consommation élevée des produits de type Elio II, les consommateurs préfèrent d'acheter les bouteilles de grandes formats (5L ou 2L).
- L'huile Fleurial plus est le produit le moins vendu par Cevital.

D'après l'analyse des données relatives aux ventes des huiles Elio 5L, et Fleurial 4L, nous constatons qu'elles ne sont pas des fonctions régulières du temps, ce qui ne nous permet pas de construire un système prévisionnel fiable. Par contre, pour les données de ventes des huiles Elio 1L, Elio 2L et fleurial 1.8L, nous avons remarqué que les valeurs de chaque huile sont proches les unes des autres, ce qui nous a permis de choisir d'étudier l'un de ces trois huiles et notre choix s'est porté sur l'huile Elio 1L.

4.3 Prévision

4.3.1 Présentation du logiciel utilisé

R est un système d'analyse statistique et graphique créé par Ross Ihaka et Robert Gentleman. R est à la fois un logiciel et un langage qualifié de dialecte du langage S créé par AT et T Bell Laboratories basé sur le langage de programmation orienté.

R est distribué librement sous les termes de la GNU General Public Licence, son développement et sa distribution sont assurés par plusieurs statisticiens rassemblés dans le R Development Core Team [18].

En effet R possède :

- un système efficace de manipulation et de stockage des données ;
- différents opérateurs pour le calcul sur tableaux, en particulier les matrices ;
- un grand nombre d'outils pour l'analyse des données et les méthodes statistiques ;
- des moyens graphiques pour visualiser les analyses ;

– un langage de programmation simple et performant comportant : conditions, boucles, moyens d’entrées sorties, possibilité de définir des fonctions récursives.

4.3.2 Modélisation statistique de la série des ventes de l’huile Elio II 1L

Identification du modèle

D’après la figure (4.2), l’évolution des ventes y_t d’huile Elio II 1L entre 2010 et 2013, soit 48 observations (voir en Annexe A le tableau (5.5)) la moyenne et la variance de la série sont respectivement égale à $\bar{y} = 6141.604$ et $\sigma_y^2 = 869.4135$.

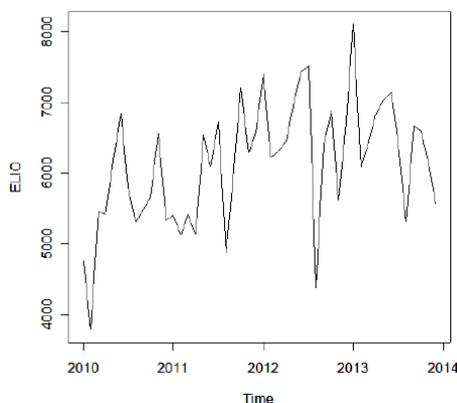


FIGURE 4.2 – Graphe de la série originale : Elio II 1L

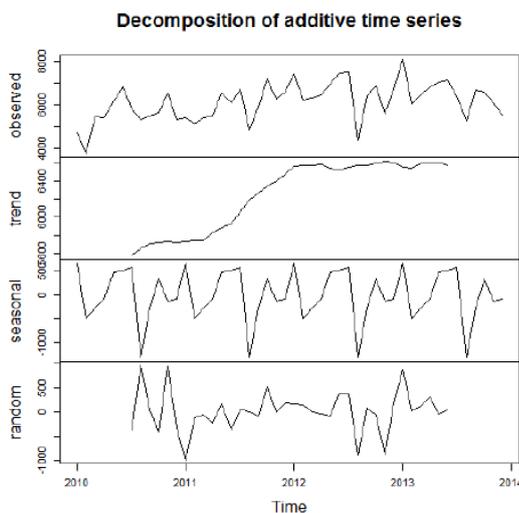


FIGURE 4.3 – Graphe de la série ainsi que ses différentes composantes

L'examen graphique montre l'existence d'une tendance en moyenne. Il faut donc utiliser la transformation logarithme¹, pour rendre la variance faible. Nous avons calculé les logarithmes de la série originale : $\log y_t$ (voir la figure 4.4) et par la suite nous avons déterminé les autocorrélations et les autocorrélations partielles pour cette série (voir la figure 4.5).

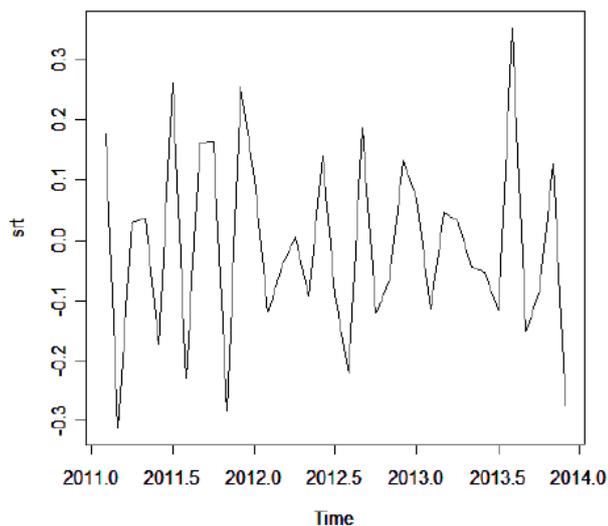


FIGURE 4.4 – Graphe de la série filtrée

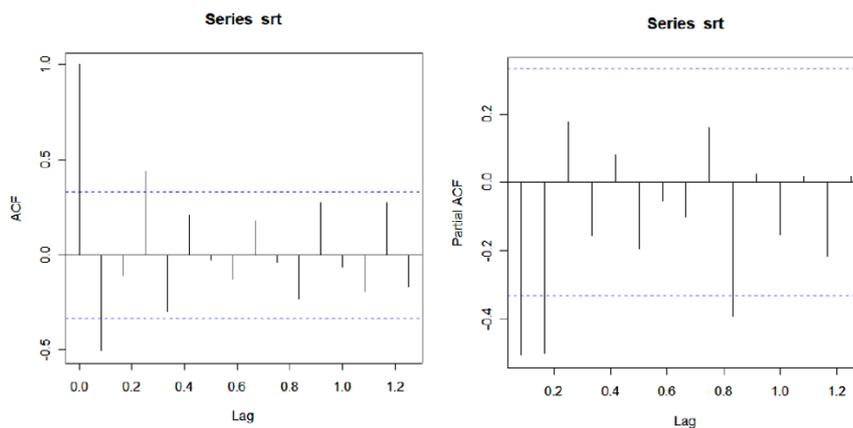


FIGURE 4.5 – Corrélogramme et corrélogramme partiel de la série filtrée

La faible décroissance des autocorrélations sur les premiers retards confirme la non stationnarité de la moyenne. Les autocorrélations et les autocorrélations partielles des différences

1. Nous avons utilisé le logarithme népérien et nous l'avons noté "log" et c'est valable pour la suite de l'étude.

premières (1-D) $\log y_t$ (voir la figure (4.5)) confirment que la part non stationnaire de la série est maintenant stationnaire puisque l'autocorrélation s'annule à partir du premier retard. Pour cette nouvelle variable, on constate une saisonnalité annuelle marquée avec de faibles valeurs aux mois de décembre. Ainsi, cette part saisonnière peut être non stationnaire. Il faut donc différencier saisonnièrement. Les fonctions d'autocorrélation des différences premières non saisonnières et saisonnières (1-D)(1-D¹²) $\log y_t$ montrent que le pic au retard 1 suggère un processus MA(1) non saisonnier et celui du retard 2, un processus AR(2) non saisonnier. La fonction d'autocorrélation partielle confirme la nature ARMA(2,1) du processus. Ainsi, la série en logarithmes semble suivre un processus SARIMA(2, 1, 1)(0, 1, 0)₁₂ : On estime donc le modèle :

$$(1 - \phi_1 D - \phi_2 D^2)(1 - D)(1 - D^{12})\log y_t = (1 - \theta_1 D)(1 - \beta_{12} D^{12})\varepsilon_t$$

et à l'aide du logiciel R, on obtient les résultats suivants :

$$(1 + 0.8784D + 0.5664D^2)(1 - D)(1 - D^{12})\log y_t = (1 + 0.9351D)(1 + 0.6874D^{12})\varepsilon_t$$

et

$$Q^*=21.17, \hat{\sigma}(\hat{\phi}_1) = 0.2000, \hat{\sigma}(\hat{\phi}_2) = 0.1975 \hat{\sigma}(\hat{\theta}_1) = 0.3206$$

où $\hat{\sigma}$ désigne l'écart type estimé et Q^* la statistique de Ljung-Box. Le t théorique de Student au niveau de signification $\alpha = 0.05$, lu dans la table de Student à n-k degrés de liberté où n = 48 désigne le nombre d'observations et k = 3 le nombre de paramètres, est égal à

$$t_{n-k}(\frac{\alpha}{2}) = t_{48-3}(0.025)$$

les coefficients estimés :

$$\hat{\phi}_1 = -0.8748, \hat{\phi}_2 = -0.5664 \text{ et } \hat{\theta}_1 = -0.9351$$

Et les écarts types associés à $\hat{\phi}_1$, $\hat{\phi}_2$ et $\hat{\theta}_1$ sont :

$$\hat{\sigma}(\hat{\phi}_1) = 0.2000, \hat{\sigma}(\hat{\phi}_2) = 0.1975 \text{ et } \hat{\sigma}(\hat{\theta}_1) = 0.3206$$

respectent les conditions d'inversibilité $|\hat{\phi}_1| < 1, |\hat{\phi}_2| < 1$ et $|\hat{\theta}_1| < 1$. Ils sont significatifs au seuil de signification $\alpha = 0.05$ car leurs ratios de Student :

$$t_{\hat{\phi}_1}^* = \frac{|\hat{\phi}_1|}{\hat{\sigma}(\hat{\phi}_1)} = 4.374, t_{\hat{\phi}_2}^* = \frac{|\hat{\phi}_2|}{\hat{\sigma}(\hat{\phi}_2)} = 2.8678 \text{ et } t_{\hat{\theta}_1}^* = \frac{|\hat{\theta}_1|}{\hat{\sigma}(\hat{\theta}_1)} = 2.9167$$

sont supérieurs au t théorique de Student. Comme la statistique de Ljung-Box $Q^* = 21.17$ est inférieure à la valeur théorique du Chi-deux $\chi_{(17,0.05)} = 27.587$, alors les résidus peuvent être considérés comme un bruit blanc. Cette hypothèse est confirmée par le calcul de l'autocorrélation et l'autocorrélation partiel des résidus qui ne fait apparaître aucun pic significatif au niveau de signification $\alpha = 0.05$ (figure (4.6)).

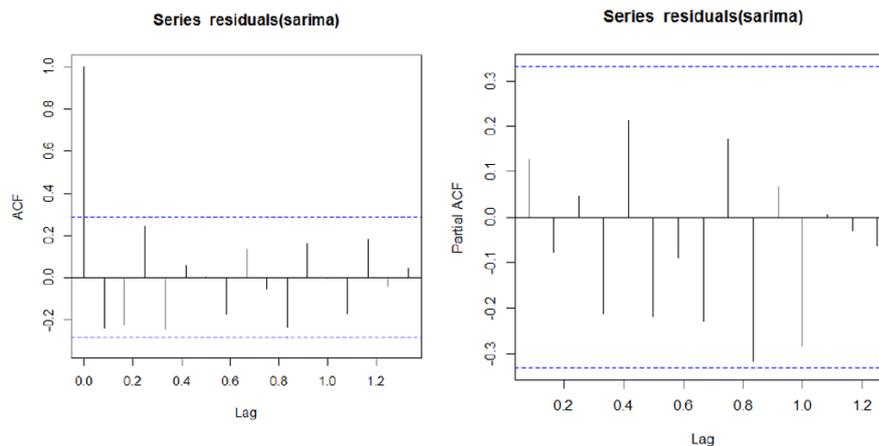


FIGURE 4.6 – Corrélogramme et corrélogramme partiel des résidus

Comme le modèle est correctement estimé, on calcule les prévisions de la série corrigée jusqu'à l'horizon 2014 en prenant des exponentielles puisque on a transformé la série corrigée en logarithmes.

Prévision

Les valeurs prévues sont données par :

$$\widehat{y}_T = \exp(\widehat{Z}_T(\tau)), T=2014, \tau = 1, \dots, 12$$

avec $Z_T = \log y_t$. Ces prévisions sont calculées à l'aide du logiciel R. Elles sont données dans le tableau (5.6) dans l'annexe A et elles sont représentées sur la figure (4.7).

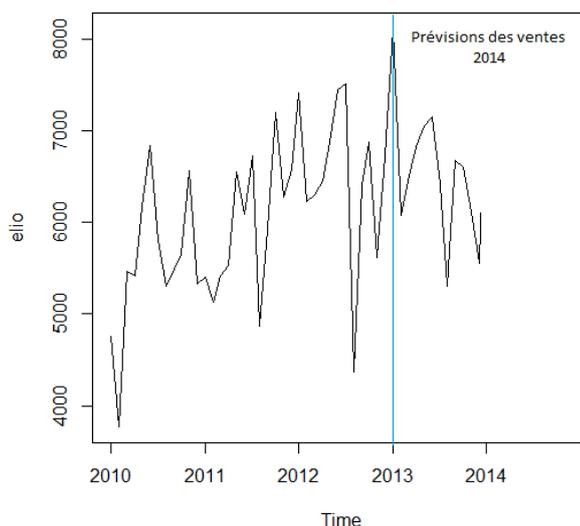


FIGURE 4.7 – Graphe de la série originale et les prévisions des ventes de l'année 2014

4.3.3 Etude comparative

En dehors des validations fondamentales des modèles de la demande, il est justifié aussi de comparer les résultats donnés par le modèle, les prévisions dans notre cas, avec les données réelles des ventes collectées (Voir les tableaux (5.6), (5.7) et (5.8) dans l'annexe A). On dispose comme données utiles les quatre premiers mois de l'année 2014 dont les ventes réelles, les prévisions conçues par Cevital et nos propres prévisions.

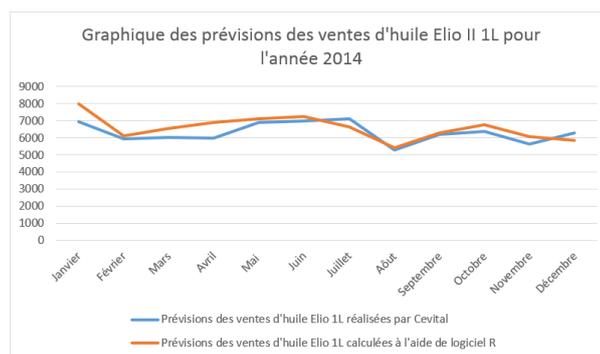


FIGURE 4.8 – Graphe des prévisions des ventes d'huile Elio II 1L de l'année 2014

Commentaire

A partir de la figure (4.8), on constate :

des écarts importants au début de l'année 2014, entre nos prévisions et les ventes réelles enregistrées au niveau de Cevital et elles ont le même comportement décroissant.

les importants écarts enregistrés au mois d'avril, sont bien justifiés par les élections observées durant ce dernier.

A partir de mois de mai, on remarque que nos prévisions des ventes sont proches des prévisions déterminées par la Direction de conditionnement d'huile de l'entreprise Cevital.

Conclusion

Un facteur essentiel dans la planification de la production est la demande. Son estimation repose sur son historique. Au complexe agroalimentaire Cevital, elle est confondue avec les ventes. Une étude statistique était primordiale afin de prévoir son évolution futur.

Dans cette section, nous avons procédé à la modélisation statistique des données étalées sur 48 mois relatives aux ventes d'huile ElioII 1L. A partir des modèles retenus, nous avons calculé les prévisions des ventes de produit fini étudié pour une période de 12 mois en utilisant le logiciel R.

Application de MRP à l'entreprise Cevital

Introduction

Dans ce chapitre, nous avons consacré la première partie à la présentation de l'application MRP-Cevital, conçue pour le calcul des besoins en composants par la méthode MRP réalisée sous l'environnement de programmation DELPHI 7. La seconde partie est consacrée à l'analyse et à l'interprétation des résultats obtenus.

5.1 Présentation des données

La MRP repose sur l'exploitation d'un système informatisé d'information, l'entreprise Cevital envisage d'implanter cette approche afin de limiter au maximum les surplus et ruptures de stocks. L'application de la méthode MRP au sein de l'entreprise Cevital pour l'huile Elio II 1L nécessite trois types de données :

Données commerciales :

Pour établir le plan directeur de production, et vu l'absence de commandes fermes, on utilisera les prévisions de ventes de chaque composant sur une durée de douze mois calculées précédemment.

Données technique :

Il est nécessaire de connaître la description détaillée des éléments constituant l'huile fini Elio II 1L. Ainsi, la fabrication d'une bouteille de cette dernière comporte des dizaines de composants. En utilisant les données de l'entreprise, nous avons construit, sa nomenclature adéquate sous forme arborescente.

Pour chaque nomenclature, on a introduit tous les éléments qui la constituent : composés,

composants, coefficients, le niveau de chaque composant ou composé et l'unité de mesure du composant. Une nomenclature comprend plusieurs niveaux. Par convention, on attribue aux produits finis le niveau 0. A chaque décomposition, on passe du niveau n au niveau $n + 1$.

La construction que nous proposons pour la nomenclature d'une palette de bouteilles 1L Elio II est représentée par la figure (5.5) dans l'annexe A. La nomenclature proposée possède cinq niveaux (niveau 0, 1, 2, 3 et 4). Le niveau 0 présente le produit fini en question, c'est à dire une palette de bouteilles 1L Elio II.

Une palette à son tour est fabriquée en utilisant 5 intercalaires, 850 bouteilles pleines de 1L et 0.5 Kg de film étirable.

La fabrication d'une bouteille 1L Elio II pleine nécessite une bouteille vide qui sera remplie avec 0.918 kg d'huile finie. Cette bouteille possède aussi un bouchon et une étiquette. L'étiquette est marquée à l'aide de 0.00001500 FLC d'encre et collée à l'aide de 0.000793 Kg de colle (articles du niveau 2), et 0.00000004 Kg de nettoyeur de colle et pour fabriquer un bouchon il faut 67.5% PEHD et 30 % PEBD 0.00001500 FLC de solvant.

Pour fabriquer une bouteille 1L vide, on utilise une préforme 0.00004 Kg de PET (article du niveau 3). Pour fabriquer 1L d'huile Elio II, on utilise 0.907 Kg d'huile brute tournesol et 0.9967 Kg de soja, 0.008 Kg de soude liquide, 0.00653 Kg de terre décolorante et 0.01089 Kg d'acide citrique (articles du niveau 3), 0.1089 acide sulfurique.

Données de flux :

Elles caractérisent l'état du système physique à un instant précis. Nous avons relevé les données concernant chaque composant et/ou composé, son niveau de stock, son délai de fabrication et son délai d'approvisionnement (voir en annexe A le tableau (5.9)).

5.2 Conception de l'application MRP-Cevital

L'environnement de développement visuel de **Delphi**, basé sur le langage de programmation PASCAL Objet, procure tous les outils dont le programmeur a besoin pour concevoir, développer, tester, améliorer, déboguer et déployer des applications.

5.2.1 Environnement de programmation Delphi

Delphi offre à la fois les avantages d'une programmation orientée objet (POO) avec une exploitation efficace de la réutilisation du code en offrant toute une bibliothèque de composants. Il offre aussi les avantages d'une programmation visuelle permettant de gagner du temps, en aidant le programmeur avec un mode conception d'applications et une génération automatique du code. Enfin, il offre aussi, un environnement de programmation et de mise au point de programmes très efficaces.

Bases de données :

Une base de données peut être définie comme :

- Un outil de passage d'un univers réel sur lequel on a une certaine connaissance à un ensemble de données répertoriées en machine.
- Un ensemble d'informations enregistrées dans les tables.
- Un ensemble des données gérées par un SGBD et associé à une même application.

Système de gestion de base de données

Un SGBD est un logiciel/matériel permettant de gérer et de manipuler une base de données. On entend création par gestion, la maintenance des données et le maintien de la cohérence des données en cas d'erreurs de pannes ou de malveillance, et on entend par manipulation l'accès en lecture, la mise à jour, la modification, l'insertion, et la recherche efficace des données dans une grande masse d'informations. Donc, un SGBD peut apparaître comme un outil de rangement, de recherche, d'assemblage et de conversion des données. Ce sont les fonctions élémentaires qu'un SGBD peut effectuer, il s'ajoute à celles des fonctions plus complexes comme la protection des données contre tout accident (Matthey et Meister, 1997).

Delphi et les bases de données

Delphi permet de gérer les applications de base de données relationnelles. Ces dernières organisent les informations en tables, qui contiennent des lignes (enregistrements) et des colonnes (champs). Ces tables peuvent être manipulées par des opérations simples appelées calculs relationnels.

Lors de la conception de l'application de bases de données, on doit comprendre comment les données sont structurées. A partir de cette structure, on peut concevoir une interface utilisateur pour afficher les données et permettre à l'utilisateur d'entrer de nouvelles informations et de modifier les données existantes.

Les composants de la page Accès BD de la palette des composants, permettent à une application de lire les bases de données et d'y écrire. Ces composants utilisent le moteur de bases de données Borland pour accéder aux informations de la base de données et pour rendre ces dernières accessibles aux contrôles orientés données dans l'interface utilisateur. Pour la conception de la base de notre application, notre choix s'est porté sur le SGBD ACCESS pour Microsoft WINDOWS.

5.2.2 Base de données de l'application

Base de données sous Access

a) Les tables

Notre base de données se compose de quatre tables principales : table Besoin, table Composant, table Mois et table Année . La description détaillée de toutes ces tables est la suivante :

1. Table besoin :

Afin de pouvoir visualiser les résultats obtenus par MRP-Cevital, nous avons créé une table "Besoin" qui contient les informations suivantes : identifiant de composant (ID-comp), le besoin brut (Bbrut) qui est la quantité nécessaire pour fabriquer le produit, les prévisions de la demande (PREV) qui sont calculées par le logiciel **R**, livraison attendue (LivATT), stock final (STKFNL) qui est la quantité en stock à la fin de chaque période, besoin net (BesNET) qui est calculé à partir des besoins bruts en prenant en compte les stocks et la livraison attendue, la date de lancement de production (LANCPROD), la date de livraison (DATEB), délai d'approvisionnement (Delaiapp).

Ces principaux champs et leurs types sont décrits dans le tableau suivant :

Champ	Type	Champ	Type
ID-Besoin	Numérique	LivATT	Numérique
ID-comp	texte	STKFNL	Numérique
Mois	texte	BesNET	Numérique
Année	Numérique	LANCPROD	Numérique
Bbrut	Numérique	DATEB	Numérique
PREV	Numérique	Delaiapp	Numérique

2. Table composant :

Ces champs et leurs types sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Champ	Type
ID-comp	texte
Des-comp	texte
Niveau	Numérique
Coefficient	Numérique
Unit	texte

3. Table mois :

Elle contient deux champs .

4. Table année :

Elle contient un seul champ.

b) Relations entre les tables : Les relations entre les différentes tables sont présentées sur la figure (5.1) suivante :

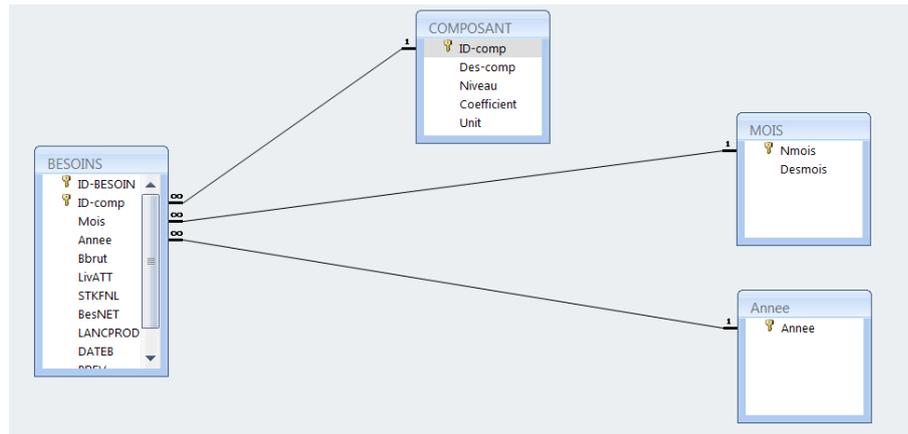


FIGURE 5.1 – Relations entre les tables de la base de données

Procédure MRP

Le temps est découpé en périodes de longueur fixe (taille paramétrable) de 1 jour, 1 semaine, 1 mois,..., et dans le cas de notre étude ça sera un découpage mensuel.

Les quantités nécessaires en produits à besoins indépendants sont déterminées pour une date ou période.

Pour le produit Elio II 1L, nous adoptons les conventions suivantes :

LA : Livraison attendue ;

BBRT : besoin brute pour la période T ;

SFTm1 : la quantité en stock à la période T-1 ;

BNT : besoin net à la période T ;

SF : la quantité en stock à la fin de chaque période ;

PREVISION : les prévisions déjà calculées ;

Coef : coefficient de chaque composant.

Le programme utilisé :

Le programme du calcul des besoins utilisé dans notre application. On le présente comme suit :

Programme :

Var :LA, BBRT, SFTm1, BNT, SF, PREVISION, Coef :Real ;

begin

BBRT :=(prevision*coef) ;

if(SFTm1+LA)>=BBRT then

begin

BNT :=0 ;

SF :=(SFTm1+LA)-BBRT ;

end

```
else  
begin  
BNT :=BBRT-(LA+SFTm1);  
SF :=0;  
end;  
end.
```

5.2.3 Application MRP-Cevital

L'application MRP-Cevital est conçue afin de calculer les besoins en composants pour les produits finis de l'entreprise Cevital.

Si l'entreprise Cevital lance un nouveau produit sur le marché, il suffit juste de construire et d'insérer sa nomenclature, son état de stock et ses prévisions de ventes dans la base de données. MRP-Cevital est composée d'une interface qui comporte un menu principal qui donne accès au deux sous menus : base de donnée et calcul des besoins.

a) Menu Base de donnée

Ce menu est chargé de toutes les manipulations possibles sur les tables : Naviguer, Recherche, Ajout, Modification et Suppression.

b) Menu calcul des besoins

Ce menu comporte trois sous menus :

Nomenclature :

Dans cette fiche, nous présentons les nomenclatures de chaque article selon le niveau.

Calcul des besoins bruts :

Qui est calculé à partir les résultats des prévisions obtenues avec le logiciel R multipliés par le coefficient de chaque composant.

Calcul des besoins nets :

C'est le menu le plus important et le moteur de notre application. Il nous permet de calculer les besoins en quantité de chaque composant. Ce menu nous permet aussi de choisir la date de début et la date de fin du calcul des besoins, ainsi de calculer la quantité en stock à la fin de chaque période.

L'interface de notre application est donnée par la figure (5.2) suivante :

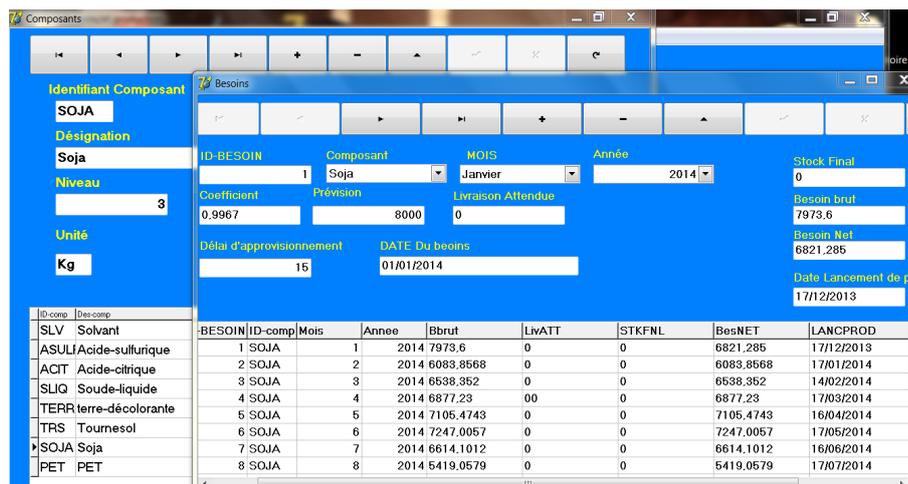


FIGURE 5.2 – Application MRP-Cevital

5.3 Analyse et interprétation des résultats de calcul MRP

En utilisant l'application MRP-Cevital, nous avons calculé les besoins nets pour chaque composant durant une période de douze mois, cela en utilisant les prévisions de ventes de chaque composant, déjà calculées. L'exécution de l'application MRP-Cevital pour l'horizon 01/01/2014 jusqu'à 01/12/2014. On se restreint à présenter dans les tableau (5.1) et (5.2) suivant les résultats correspondant aux demandes de Soja et Tournesol pour la période allant de janvier 2014 jusqu'à décembre 2014. Le reste des résultats est présenté dans l'annexe B.

Période	Besoin net Soja	Unité	Stock	Lancement de production ou ordre d'achat
Janvier 2014	6821.258	Tonnes	0	17/12/2013
Février 2014	6083.85	Tonnes	0	17/01/2014
Mars 2014	6538.35	Tonnes	0	15/02/2014
Avril 2014	6877.23	Tonnes	0	17/03/2014
Mai 2014	7105.47	Tonnes	0	16/04/2014
Juin 2014	7247.0057	Tonnes	0	17/05/2014
Juillet 2014	6614.10	Tonnes	0	16/06/2014
Août 2014	5419.05	Tonnes	0	17/07/2014
Septembre 2014	6274.22	Tonnes	0	16/08/2014
Octobre 2014	6739.68	Tonnes	0	17/09/2014
Novembre 2014	6041.99	Tonnes	0	16/10/2014
Décembre 2014	5825.71	Tonnes	0	17/11/2014

TABLE 5.1 – Résultats des besoins nets de Soja, stocks en fin de chaque période et lancement de production obtenus par l'application MRP-Cevital

Période	Besoin net Tournesol	Unité	Stock	Lancement de production ou ordre d'achat
Janvier 2014	5491	Tonne	0	17/12/2013
Février 2014	4700	Tonne	0	17/01/2014
Mars 2014	4712	Tonne	0	15/02/2014
Avril 2014	1587	Tonne	0	17/03/2014
Mai 2014	1673	Tonne	0	16/04/2014
juin 2014	1756	Tonne	0	17/05/2014
Juillet 2014	2044	Tonne	0	16/06/2014
Août 2014	1409	Tonne	0	17/07/2014
Septembre 2014	4931	Tonne	0	16/08/2014
Octobre 2014	5057	Tonne	0	17/09/2014
novembre 2014	4477	Tonne	0	16/10/2014
Décembre 2014	4999	Tonne	0	17/11/2014

TABLE 5.2 – Résultats des besoins nets de Tournesol, stocks en fin de chaque période et lancement de production obtenus par l'application MRP-Cevital

Résultats de gestion des huiles brutes :

Les huiles brutes en question sont : le Tournesol et le Soja. L'ensemble des besoins mensuels correspondants à ces huiles brutes sont représentés par les graphes des figures suivantes :

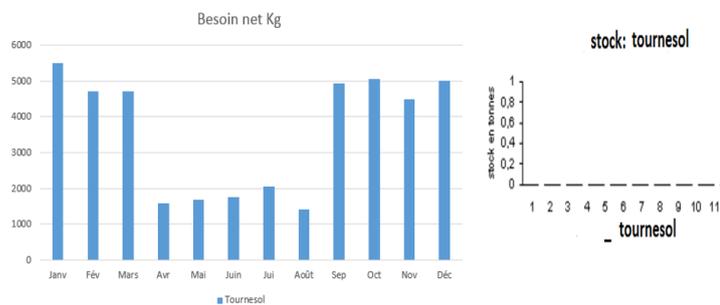


FIGURE 5.3 – Besoins nets, stocks mensuels Tournesol

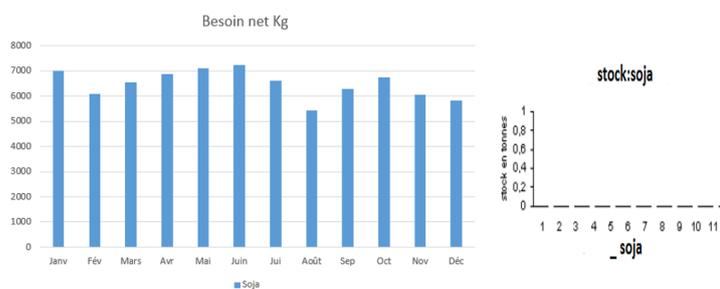


FIGURE 5.4 – Besoins nets, stocks mensuels Soja

Interprétation des résultats :

Les résultats obtenus nous ont permis de constater que certains composants (2 composants) n'ont aucun ordre de fabrication ou ordre d'achat le long de l'année 2014. Les composants concernés sont : la colle et les bouchons. Ceci est justifié par le fait que ces composants possèdent des quantités en stock importantes et suffisantes pour la fabrication de produit fini (huile Elio II 1L) durant toute l'année 2014.

Contrairement à ces composants, il existe certains dont le stock avant la période de gestion (16/12/2013) est relativement nul, à titre d'exemple : tournesol, soja, acide sulfurique et acide citrique. Par conséquent, pour chaque mois de l'année 2014 un ordre de fabrication (ou d'achat) sera impérativement lancé, du moment que toutes les demandes en produit fini sont non nulles. L'huile brute Tournesol possède un stock initial de 1152.315 tonnes, alors que la production d'une tonne de l'huile 1L nécessite 0.907 tonnes de Tournesol. A partir du mois de janvier, le stock sera insuffisant, alors un ordre d'achat sera fortement recommandé pour tous les mois

suivants.

L'huile brute Soja possède un stock initial de 968.881 tonnes, et le besoin brut en ce composant pour le mois de janvier est de 7973.6 tonnes, alors un ordre d'achat de 6821.285 tonnes de Soja sera automatiquement lancé pour le mois de décembre. Ainsi le stock sera nul à partir du mois de janvier, pour chaque mois (01/2014 jusqu'à 11/2014), un ordre d'achat sera obligatoirement lancé.

Pour le composant film étirable, il y aura aucun ordre de fabrication (ou d'achat) jusqu'à la date 24/09/2014. Cela s'explique par le fait que la quantité en stock de film étirable est suffisamment importante et correspond suffisamment aux besoins en huile Elio II 1L durant toute la période janvier 2014 jusqu'à septembre 2014.

Les ordres de fabrication, les ordres d'achat et les besoins nets permettront d'avoir le zéro stock à la fin de chaque période (mois), pour les huiles brutes et certains composant.

Conclusion

La méthode MRP a été appliquée dans le but de gérer et de calculer les besoins nets pour chaque composant d'huile fini Elio II 1L. Ainsi, les prévisions déjà obtenues pour le produit fini étudié sont utilisées dans le calcul des besoins. Pour ce produit fini en palette, une nomenclature adéquate a été élaborée. Cette dernière contient toutes les informations (niveau, coefficient, article et unité) nécessaires pour entamer le calcul des besoins nets. Pour chaque composant, nous avons déterminé, en utilisant l'application MRP-Cevital, les dates de lancement de l'ordre de fabrication pour les composants fabriqués, ainsi que les dates de lancement de l'ordre d'achat pour les composants achetés.

Dans cette étude, nous avons amélioré la gestion de stocks des matières premières en obtenant les ordres de fabrication, les ordres d'achat et les besoins nets permettant d'avoir le zéro stock à la fin de chaque période (mois), pour tous les huiles brutes utilisées par l'entreprise.

Conclusion générale et perspectives

La première partie de ce mémoire, traite l'aspect théorique du sujet, nous avons donné quelques approches de planification de la production à savoir MRP, le JAT et OPT en expliquant le principe de leurs fonctionnement.

La seconde partie de ce mémoire, est consacrée à l'application de la méthode MRP au complexe agroalimentaire "Cevital" de Béjaia. Dans la première étape de cette application, nous avons procédé à la modélisation statistique afin de calculer les prévisions de ventes de produit fini étudié. Dans la deuxième étape, nous avons établi notre base de données et nous avons procédé à la programmation de l'application MRP-Cevital pour le calcul des besoins nets. Ainsi, pour chaque composant, nous avons déterminé les dates de lancement de fabrication.

Nous avons aussi atteint l'objectif de l'amélioration de la gestion du système de production de l'entreprise Cevital, en lui installant les bases d'un système de GPAO (Gestion de Production Assistée par Ordinateur) qui est le MRP. Nous avons ainsi amélioré la gestion des stocks des matières premières en obtenant des ordres de fabrication et des besoins nets permettant d'avoir le zéro stock à la fin de chaque période (mois), pour tous les composants d'huile Elio II 1L utilisés par l'entreprise.

Ce mémoire peut être amélioré par des études permettant d'évaluer au mieux les différentes exigences de l'entreprise Cevital. On peut citer, comme études complémentaires à ce travail :

- Une étude globale engendrant toute la chaîne logistique en incluant le transport de la matière première et la livraison des produits finis.
- Etude de la fiabilité et de la disponibilité des lignes de production, et ceci pour approcher les capacités réelles de conditionnement offrant un meilleur plan de production.
- Analyse et détermination des coûts de production relatifs à chaque ligne. Cet effort doit être complété par l'intégration d'autres techniques comptables.
- Optimisation des ordonnancements et des lancements de la production sur les trois lignes pour une minimisation des temps de conditionnement et de libération du produit fini.

Bibliographie

Bibliographie

- [1] S. Adjabi, *Méthodes statistiques de la prévision*, 3ème année R.O. Notes de cours, Université de Béjaïa, 2011/2012.
- [2] DJ. Baouche et Y. Hidra. *Planification de la production cas de : LA SARL TCHIN-LAIT/ CANDIA Béjaïa*. Mémoire d'Ingénieur en recherche opérationnelle. Département recherche opérationnelle, Université de Béjaïa. Promotion 2006.
- [3] G. Bettar et S. Djouder. *Planification de la production cas du Complexe des Corps Gras de Béjaïa-LaBelle*. Mémoire d'Ingénieur en recherche opérationnelle. Département recherche opérationnelle, Université de Béjaïa. Promotion 2011.
- [4] J.M Bomy. "*Le JAT et le Pilotage en Flux Tiré – Dimensionnement des Boucles Kanban*".
- [5] G. Box and G. Jenkins. *Analyse des séries temporelles*, Prévision et maîtrise. Holden Day, 1976.
- [6] J.P Carillon. *Le Juste-à-temps* – Éditions Hommes et Techniques, 1996.
- [7] Catalogue et documentations techniques du constructeur CEVITAL.
- [8] Documentation commerciales et techniques de CEVITAL.
- [9] L. Dupont. "*La gestion industrielle*", Hermes Science Publications, 1998.
- [10] V. Giard. *Gestion de la production*, Dunod Ed, 2000.
- [11] K. Hassaini et F. Kernou. *Calcul et détermination des besoins en composants des produits CANDIA au niveau de l'entreprise TCHIN-LAIT*. Mémoire d'Ingénieur en recherche opérationnelle. Département recherche opérationnelle, Université de Béjaïa. Promotion 2004.
- [12] Y. Hidra. *Calcul des besoins en composants pour la gestion des stocks des huiles brutes. Cas du complexe agroalimentaire COGB-LaBelle de Béjaïa*. Mémoire de magistère en économie, Option Techniques Quantitaves. Département de Sciences économiques-Université de Béjaïa, Promotion 2010.
- [13] G. Javel. "*Organisation et gestion de la production*" 3ème édition Dunod, 2001.

-
- [14] G. Javel. *"Organisation et la gestion de la production"*, Dunod, 2010.
- [15] M.O. Khemoudj et L. Merrani. *Planification de la production au CCGB (Complexe des Corps Gras de Béjaia)*. Mémoire d'Ingéniorat en recherche opérationnelle. Département recherche opérationnelle, Université de Béjaia. Promotion 2000.
- [16] S. Lamouri et A. Thomas. *"Gestion des stocks dans un contexte de demandes indépendantes"*. Techniques de l'Ingénieur, traité L'entreprise industrielle ISSN 1282-9072, vol. AGL1, n°AG 5 140, pp. AG5140.1-AG5140.14, 2000.
- [17] A. Marchal. *Logistique globale : Supply Chain Management*, Ellipses Edition Marketing S.A., 2006.
- [18] J.M. Marin. *Initiation au logiciel R*. Notes de cours, Université Paris Dauphine, 2005.
- [19] D. Medjani. *Contribution à la modélisation de la chaîne logistique à l'aide du calcul de besoin en composant (MRP). Cas du complexe agroalimentaire Cevital de Béjaia*. Mémoire d'Ingéniorat en recherche Opérationnelle. Département recherche opérationnelle, Université de Béjaia. Promotion 2011.
- [20] M. Medjkoune et Kh. Remila. *Optimisation du Plan de production au niveau de l'entreprise Danone Djurdjura Algérie*. Mémoire de Master en recherche opérationnelle. Département recherche opérationnelle, Université de Béjaia. Promotion 2012.
- [21] M.M. Rahman et B.J. Schroer. *"Optimum production conditions for JIT, MRP and OPT"*. In 29th Annual Meeting of the Decision Sciences Institute, Decision Science Institute, 1158-1162, 1998.
- [22] M.G. Speranza. *Operations Research in Supply Chain Optimization*, University of Brescia, Italy, 2010.

Annexe A

Période	Elio II 5L	Elio II 2L	Fleurial plus 4L	Fleurial plus 1.8L
Janv-11	14 385	5 411	355	226
Févr-11	15 350	5 315	327	338
Mars-11	16 253	5 851	401	179
Avr-11	15 244	6 094	334	266
Mai-11	17 099	7 411	349	276
Juin-11	16 813	7 361	469	246
Juil-11	20 322	8 192	1 127	518
Août-11	19 614	6 613	1 385	394
Sépt-11	14 933	7 476	858	420
Oct-11	17 251	8 085	461	172
Nov-11	16 268	7 306	1 032	434
Déc-11	17 179	7 271	662	242
Janv-12	19 993	8 606	869	317
Févr-12	16 723	7 621	782	373
Mars-12	17 457	7 574	338	166
Avr-12	16 612	7 789	845	298
Mai-12	17 363	8 190	868	355
Juin-12	17 809	8 701	1 058	327

TABLE 5.3 – Historique des ventes mensuelles (en tonnes) Janvier 2011-Juin 2012

Période	Elio II 5L	Elio II 2L	Fleurial plus 4L	Fleurial plus 1.8L
Juil-12	22 297	9 155	1 817	401
Août-12	15 836	7 003	832	334
Sep-12	17 455	8 243	791	349
Oct-12	17 710	8 218	1 040	345
Nov-12	15 570	7 842	902	339
Déc-12	18 020	8 383	472	201
Janv-13	21 376	10 394	1 198	482
Févr-13	17 046	8 236	857	300
Mars-13	18 289	8 614	838	206
Avr-13	17 970	8 232	896	389
Mai-13	17 267	9 162	1 096	353
Juin-13	20 092	9 417	1 151	348
Juil-13	22 131	8 926	1 351	418
Août-13	17 687	8 785	1 053	410
Sep-13	17 404	8 881	767	334
Oct-13	18 658	9 067	882	259
Nov-13	16 586	8 702	1 254	326
Déc-13	17 114	8 156	890	384

TABLE 5.4 – Historique des ventes mensuelles (en tonnes) Juillet 2012-Décembre 2013

Période	Elio II 1L 2010	Elio II 1L 2011	Elio II 1L 2012	Elio II 1L 2013
Janvier	4 757	5 407	7 404	8 106
Février	3 774	5 125	6 222	6 071
Mars	5 461	5 419	6 302	6 444
Avril	5 412	5 527	6 456	6 827
Mai	6 170	6 544	6 954	7 043
Juin	6 839	6 086	7 447	7 152
Juillet	5 803	6 721	7 514	6 409
Août	5 304	4 871	4 363	5 301
Septembre	5 484	5 925	6 399	6 675
Octobre	5 656	7 203	6 875	6 595
Novembre	6 559	6 277	5 614	6 117
Décembre	5 326	6 577	6 724	5 556

TABLE 5.5 – Historique des ventes mensuelles (en tonnes) Janvier 2010-Décembre 2013 d’huile Elio 1L

P/M	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Jui	Août	Sep	Oct	Nov	Déc
Elio 1L	8 000	6 104	6 560	6 900	7 129	7 271	6 636	5 437	6 295	6 762	6 062	5 845

TABLE 5.6 – Prévisions des ventes d’huile Elio II 1L calculées à l’aide de logiciel **R**

Produit/Mois	Mai	Juin	Jui	Août	Sep	Oct	Nov	Déc
Elio II 1L	6 900	7 000	7 689	5 299	6 224	6 384	5 654	6 313

TABLE 5.7 – Prévisions des ventes d’huile Elio II 1L réalisées par Cevital

Produit/Mois	Jan	Fév	Mars	Avril
Elio II 1L	6 932	5 933	6 036	6 000

TABLE 5.8 – Les ventes réelles d’huile Elio II 1L réalisées par Cevital Janvier 2014-Avril 2014

Composants	Stock de Décembre 2013	Délai de fabrication	Délai d'approvisionnement
Palette Elio 1L vide	3900 unités		
Bouteille pleines	42 tonnes	12000 B/H	
Intercalaires	190896 unités		30 jours
Film étirable	19051 Kg		7 jours
Etiquettes	6344000 unités		3 jours
Huile finie	00 tonnes	instantné	
Encre	00 flacons		7 jours
Colle	1400 Kg		7 jours
Nettoyeur de colle	00 Kg		7 jours
Bouteille vide	00 unités	instantané	
Bouchon	61320000 unités	instantané	
préforme	117392 unités	instantané	
PEHD	-		30 jours
PEBD	-		15 jours
Solvant	160 FLC	7 jours	
Acide sulfurique	637.66 tonnes		15 jours
Acide citrique	9.90 tonnes		3 jours
Soude liquide	159.18 tonnes		15 jours
Terre décolorante	60.20 tonnes		30 jours
Tournesol	1152.315 tonnes		15 jours
Soja	968.881 tonnes		15 jours
PET	-	30 jours	

TABLE 5.9 – Délai d'approvisionnement, de fabrication et l'état des stocks

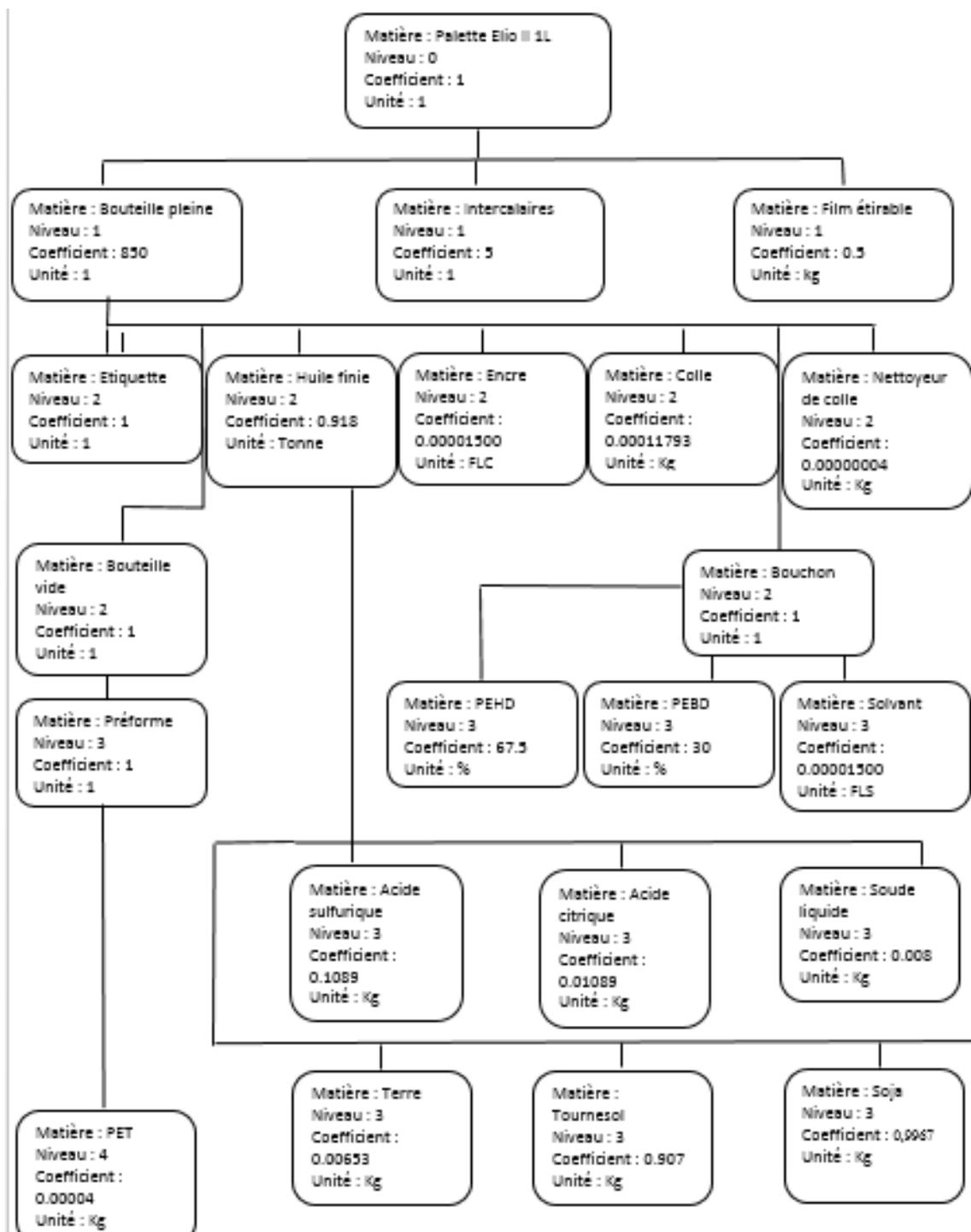


FIGURE 5.5 – Construction de la nomenclature d'une palette Elio II 1L

Annexe B

Période	Besoin net A.citrique	Unité	Stock	Ordre de fabrication ou ordre d'achat
Janvier 2014	10016.57	Kg	0	29/12/2013
Février 2014	8549.71	Kg	0	29/01/2014
Mars 2014	8724.57	Kg	0	26/02/2014
Avril 2014	7901.42	Kg	0	29/03/2014
Mai 2014	7503.71	Kg	0	28/04/2014
juin 2014	6504	Kg	0	29/05/2014
Juillet 2014	7483.42	Kg	0	28/06/2014
Août 2014	5857.28	Kg	0	29/07/2014
Septembre 2014	9002.14	Kg	0	28/08/2014
Octobre 2014	9200	Kg	0	29/09/2014
novembre 2014	8142.71	Kg	0	28/10/2014
Décembre 2014	8995.28	Kg	0	29/11/2014

TABLE 5.10 – Résultats des besoins nets d'acide citrique, stocks en fin de chaque période et lancement de production obtenus par l'application MRP-Cevital

Période	Besoin net Soude liquide	Unité	Stock	Ordre de fabrication ou ordre d'achat
Janvier 2014	37511,4	Kg	0	17/12/2013
Février 2014	32041,85	Kg	0	17/01/2014
Mars 2014	45788,8	Kg	0	15/02/2014
Avril 2014	38483	Kg	0	17/03/2014
Mai 2014	36912,2	Kg	0	16/04/2014
juin 2014	32656,8	Kg	0	17/05/2014
Juillet 2014	37545	Kg	0	16/06/2014
Août 2014	28945,2	Kg	0	17/07/2014
Septembre 2014	47015,4	Kg	0	16/08/2014
Octobre 2014	48246,8	Kg	0	17/09/2014
novembre 2014	42598,2	Kg	0	16/10/2014
Décembre 2014	47087,2	Kg	0	17/11/2014

TABLE 5.11 – Résultats des besoins nets de soude liquide, stocks en fin de chaque période et lancement de production obtenus par l'application MRP-Cevital

Période	Besoin net A.sulfurique	Unité	Stock	Ordre de fabrication ou ordre d'achat
Janvier 2014	36737,6	Kg	0	17/12/2013
Février 2014	31377	Kg	0	17/01/2014
Mars 2014	32088,4	Kg	0	15/02/2014
Avril 2014	27550,2	Kg	0	17/03/2014
Mai 2014	26681,4	Kg	0	16/04/2014
juin 2014	24033	Kg	0	17/05/2014
Juillet 2014	27627	Kg	0	16/06/2014
Août 2014	21023	Kg	0	17/07/2014
Septembre 2014	32868,8	Kg	0	16/08/2014
Octobre 2014	33741,4	Kg	0	17/09/2014
novembre 2014	29777,2	Kg	0	16/10/2014
Décembre 2014	32876,8	Kg	0	17/11/2014

TABLE 5.12 – Résultats des besoins nets d'acide sulfurique, stocks en fin de chaque période et lancement de production obtenus par l'application MRP-Cevital

Période	Besoin net film étirable	Unité	Stock	Ordre de fabrication ou ordre d'achat
Janvier 2014	0	Kg	15051	
Février 2014	0	Kg	11999	
Mars 2014	0	Kg	8719	
Avril 2014	0	Kg	5269 0	
Mai 2014	0	Kg	1704,5	
juin 2014	0	Kg	11780	
Juillet 2014	0	Kg	8144,5	
Août 2014	0	Kg	4826,5	
Septembre 2014	0	Kg	2108	
Octobre 2014	1039,5	Kg	0	24/09/2014
novembre 2014	3031	Kg	0	25/10/2014
Décembre 2014	2922,5	Kg	0	24/11/2014

TABLE 5.13 – Résultats des besoins nets de film étirable, stocks en fin de chaque période et lancement de production obtenus par l'application MRP-Cevital

Période	Besoin net Colle	Unité	Stock	Ordre de fabrication ou ordre d'achat
Janvier 2014	0	Kg	1399.056	
Février 2014	0	Kg	1398.33	
Mars 2014	0	Kg	1397.55	
Avril 2014	0	Kg	1396.74	
Mai 2014	0	Kg	1395.90	
juin 2014	0	Kg	1395.04	
Juillet 2014	0	Kg	1394.25	
Août 2014	0	Kg	1393.61	
Septembre 2014	0	Kg	1392.87	
Octobre 2014	0	Kg	1392.07	
novembre 2014	0	Kg	1391.36	
Décembre 2014	0	Kg	1390.67	

TABLE 5.14 – Résultats des besoins nets de colle, stocks en fin de chaque période et lancement de production obtenus par l'application MRP-Cevital

Période	Besoin net bouchon	Unité	Stock	Ordre de fabrication ou ordre d'achat
Janvier 2014	0	Kg	61312000	
Février 2014	0	Kg	61307792	
Mars 2014	0	Kg	61301232	
Avril 2014	0	Kg	61294332	
Mai 2014	0	Kg	61287203	
juin 2014	0	Kg	61279932	
Juillet 2014	0	Kg	61273296	
Août 2014	0	Kg	61267859	
Septembre 2014	0	Kg	61261564	
Octobre 2014	0	Kg	61254802	
novembre 2014	0	Kg	61248740	
Décembre 2014	0	Kg	61242895	

TABLE 5.15 – Résultats des besoins nets de bouchon, stocks en fin de chaque période et lancement de production obtenus par l'application MRP-Cevital