

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Ecole Nationale Polytechnique



Département de Génie Industriel

Mémoire de projet de fin d'études
pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en Management de l'innovation

Thème

Elaboration d'un modèle d'aide à la décision pour l'amélioration du taux de service
dans les centres de distribution de Fruitall Coca-Cola

Présenté par : M. BOUNAR Madjid Mancef
M. HAMOUNI Mustapha

Sous la direction de : M. EL HADJ KHALEF Redouane (ENP)
M. TAOUZINET Zilassen (Fruitall Coca-Cola)

Présenté et soutenu publiquement le (15/06/2017)

Composition du jury :

Président : Dr. BENHASSINE Wassim , Docteur, ENP
Examinateur : Dr. ZOUAGHI Iskander, Docteur, ENP
Examinatrice : Dr. NIBOUCHE Fatima, Docteur, ENP
Promoteur : Dr. EL HADJ KHALEF Redouane, Docteur, ENP

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Ecole Nationale Polytechnique



Département de Génie Industriel

Mémoire de projet de fin d'études
pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en Management de l'innovation

Thème

Elaboration d'un modèle d'aide à la décision pour l'amélioration du taux de service
dans les centres de distribution de Fruitall Coca-Cola

Présenté par : M. BOUNAR Madjid Mancef
M. HAMOUNI Mustapha

Sous la direction de : M. EL HADJ KHALEF Redouane (ENP)
M. TAOUZINET Zilassen (Fruitall Coca-Cola)

Présenté et soutenu publiquement le (15/06/2017)

Composition du jury :

Président : Dr. BENHASSINE Wassim , Docteur, ENP
Examinateur : Dr. ZOUAGHI Iskander, Docteur, ENP
Examinatrice : Dr. NIBOUCHE Fatima, Docteur, ENP
Promoteur : Dr. EL HADJ KHALEF Redouane, Docteur, ENP

Remerciements

En préambule, nous voulons adresser tous nos remerciements aux personnes avec lesquelles nous avons pu échanger et qui nous ont aidés pour la réalisation de ce mémoire.

En commençant par remercier tout d'abord Monsieur EL HADJ KHALEF pour son aide précieuse et pour le temps qu'il nous a consacré.

Nous tenons également à remercier Monsieur TAOUZINET, responsable Planification de la production à Fruital Coca-Cola pour son implication dans notre travail, et toute l'équipe de la direction Supply Chain.

Merci à tous les enseignants du Département Génie Industriel à l'Ecole Nationale Polytechnique auxquels nous devons notre formation d'ingénieur.

Enfin, nous adressons nos plus sincères remerciements à nos familles, tous nos amis, qui nous ont accompagnés, aidés, soutenus et encouragés tout au long de la réalisation de ce mémoire.

Dédicace

C'est avec un grand plaisir que je dédie ce travail à :

*Mes très chers parents que j'aime et que je remercie tant pour
leur soutien tout au long de mon parcours*

Mes sœurs que j'adore

Toute la famille BOUNAR et BENARBIA

Mon binôme Mustapha

Tous mes amis qui m'ont aidé et soutenu de près ou de loin

Madjid

Dédicace

C'est avec un grand plaisir que je dédie ce travail à :

Mes très chers parents

Mes frères qui m'ont toujours soutenu et inspiré

Mes chères sœurs que j'aime beaucoup

Mes adorables neveux

Toute la famille HAMOUNI et IFLIS

Mon binôme Madjid

Tous mes amis de la chambre A147

Mustapha

ملخص:

الهدف من هذا العمل هو تحسين سلسلة توزيع فرويتال كوكا كولا عن طريق تقليل نقصان وانقطاعات المخزون وتحسين مستوى خدمة الزبائن. لهذا، تم إجراء التشخيص لتحديد العيوب الموجودة في سلسلة التوزيع. لمعالجة هذه العيوب، قمنا بتصميم مخزون الأمان لكل مركز توزيع وتطوير نموذج رياضي لدعم اتخاذ القرارات لحساب الكميات الأمثل نشرها لهذه المراكز للحد من انقطاعات المخزون.

كلمات البحث: سلسلة توزيع، نقصان المخزون، مستوى خدمة الزبائن، نموذج رياضي، مخزون الأمان

Abstract:

The objective of this work is to improve the distribution chain of Fruital Coca Cola by minimizing stock shortages and improving customer service. For this, a diagnosis was made to identify the existing dysfunctions in the distribution chain. To deal with these dysfunctions, we have designed a safety stocks for each distribution center and developed a mathematical model support tool to calculate the optimum quantities to be deployed for these centers in order to minimize shortages.

Key words: Supply Chain, Shortages, customer service, mathematical model, safety stock

Résumé :

L'objectif de ce travail est d'améliorer la chaîne de distribution de Fruital Coca Cola par la minimisation des ruptures de stocks et l'amélioration de taux de service client. Pour cela, un diagnostic a été fait pour repérer les dysfonctionnements existants dans la chaîne de distribution. Pour remédier à ces dysfonctionnements, nous avons dimensionné des stocks de sécurité pour chaque centre de distribution, et élaboré un modèle mathématique d'aide à la décision permettant de calculer les quantités optimales à déployer pour ces centres de manière à minimiser les ruptures de stocks.

Mots clés : Chaîne logistique, Rupture stocks, taux de service, modèle mathématique, stock de sécurité

Table des matières

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction Générale	13
Chapitre I : Etat de l'art	15
I.1 Partie I : L'évolution de la logistique.....	16
I.1.1 La logistique.....	16
I.1.2 Chaîne logistique.....	17
I.1.3 Gestion de la chaîne logistique (Supply Chain Management).....	19
I.2 Partie II : Concepts étudiés.....	21
I.2.1 La distribution.....	21
I.2.2 Gestion des stocks.....	23
I.2.3 La recherche opérationnelle.....	32
I.3 Conclusion.....	34
Chapitre II : Entreprise d'accueil et Problématique	35
II.1 Présentation de l'entreprise.....	36
II.1.1 Historique.....	37
II.1.2 Organigramme de Fruital Coca Cola.....	37
II.2 Etat des lieux.....	39
II.2.1 Partie 1 : Présentation des processus.....	39
II.2.2 Partie 2 : Identification & Diagnostic.....	43
II.3 Problématique & Cadre de Travail.....	52
II.4 Conclusion.....	52
Chapitre III : Solutions Proposées	53
III.1 Solution 1 : Dimensionnement de stock de sécurité.....	54
III.1.1 Taux de service.....	54
III.1.2 Ecart type.....	55
III.1.3 Stocks de sécurité.....	56
III.1.4 Taux de couverture.....	57
III.1.5 Conclusion.....	57
III.2 Solution 2 : Elaboration d'un modèle mathématique.....	58
III.2.1 Modélisation de la chaîne de distribution directe de Fruital.....	58
III.2.2 Elaboration du modèle mathématique.....	59
III.2.3 Présentation et analyse des résultats du modèle.....	66
III.3 Conclusion.....	80
Conclusion Générale	81

Bibliographie.....	84
Annexes.....	87
Annexe 1 : Présentation du logiciel CPLEX	88
Annexe 2 : Code utilisé sur CPLEX.....	89
Annexe 3 : Classification ABC des produits dans les centres	94
Annexe 4 : Paramètres des centres de distributions	95
Annexe 5 : Coûts de ruptures des produits.....	95
Annexe 6 : Plan de production de la semaine du 14 mai 2017.....	96
Annexe 7 : Stock disponible dans les centres de la semaine du 14 mai 2017	97
Annexe 8 : Résultats des stocks de sécurité pour les centres	98
Annexe 9 : Résultats des quantités déployées par le modèle	99

Liste des Figures

Figure I-1 : Chaîne logistique (HAMMAMI, 2003) p30	18
Figure I-2 : Les différents types des chaînes logistiques (MENTZER, DEWITT, & KEEBLER, 2001).....	18
Figure I-3 : Les niveaux de décisions dans la gestion de la chaîne logistique (Stadtler, 2000)20	
Figure I-4 : Structures de réseaux de distribution	22
Figure I-5 : Principe de fonctionnement d'un stock (LASNIER, 2004) p42.	24
Figure I-6 : Schéma synoptique d'un système de tenue et de gestion de stock (Labidi, 2005) p20.....	27
Figure I-7 : Représentation de l'évolution de stock avec le modèle de Wilson	28
Figure I-8 : Evolution du coût total en fonction de la quantité	29
Figure II-1 : Zone géographique couverte par SPA Fruital	37
Figure II-2 : Organigramme de Fruital Coca Cola.....	37
Figure II-3 : Cartographie niveau 1 de Fruital	39
Figure II-4 : Etapes du processus Approvisionnement	40
Figure II-5 : Etapes du processus Production.....	41
Figure II-6 : Etapes du processus Distribution.....	42
Figure II-7 : Cartographie niveau 2 du processus Planification.....	43
Figure II-8 : Organigramme de Processus Planification	44
Figure II-9 : Echelle de cotation selon le modèle de maturité SPICE.....	46
Figure II-10 : Cartographie niveau 3 de processus Planification des prévisions	49
Figure II-11 : Cartographie niveau 3 de processus Planification de Déploiement.....	50
Figure III-1 : Chaîne de distribution directe de Fruital Coca Cola	59
Figure III-2 : Demande et Ruptures globale pour Fruital.....	71
Figure III-3 : Rupture de stock par centre	72
Figure III-4 : Production en tenant compte des ruptures.....	73
Figure III-5 : Demande et ruptures globales après intégration du SS	77
Figure III-6 : Ruptures avec et sans SS	78
Figure III-7 : La production après ajout des ruptures.....	79

Liste des tableaux

Tableau II-1 : Grille Organisation-Processus	47
Tableau II-2 : Grille alignement stratégique	47
Tableau II-3 : Grille Processus moteurs	48
Tableau II-4 : Grille de synthèse	48
Tableau III-1 : Pourcentage des centres selon le mois	55
Tableau III-2 : Pourcentage des centres pour Mai	55
Tableau III-3 : Ecart-type des ventes selon le centre	56
Tableau III-4 : Résultats des stocks de sécurité par centres	56
Tableau III-5 : Taux de couverture des stocks de sécurité selon le centre	57
Tableau III-6 : Les centres de distribution de Fruital Coca Cola	58
Tableau III-7 : Demande de Coca Cola Zéro Cannelle	66
Tableau III-8 : Plan de déploiement pour Coca Cola Zéro Cannelle	66
Tableau III-9 : Ruptures de stocks de KEK	67
Tableau III-10 : Ruptures de stocks du centre Tizi Ouzou	68
Tableau III-11 : Ruptures de stocks pour le centre de Tipaza	68
Tableau III-12 : Ruptures de stocks pour le centre Blida	69
Tableau III-13 : Résultat des ruptures du centre BBA	69
Tableau III-14 : Ruptures globales pour Fruital	70
Tableau III-15 : Répartition des ruptures selon les centres	72
Tableau III-16 : Quantités de H relaxées par le modèle	74
Tableau III-17 : Plan de déploiement du produit Coca Zéro Cannelle avec stock de sécurité	75
Tableau III-18 : Tableau comparatif des plans de déploiement avec et sans stock de sécurité	75
Tableau III-19 : Ruptures de stocks par centre de distribution	76
Tableau III-20 : Tableau synthétique des résultats obtenus par le modèle	79
Tableau VI- 1 : Classification ABC	94
Tableau VI- 2 : Caractéristiques des centres	95
Tableau VI- 3 : Coûts de ruptures	95
Tableau VI- 4 : Stocks initiaux	98
Tableau VI- 5 : Stocks de sécurité	99
Tableau VI- 6 : Plan de déploiement du 14-20 mai 2017	101

Liste des abréviations

APO : Advanced Planning Optimization
BBA : Bordj Bou Arreridj
CAN : Cannette
CFR : Case Fill Rate
CL : Centi litre
Comm : Commercial
CP : Caisse Physique
DA : Dinars Algérien
DD : Distribution Directe
DI : Distribution Indirecte
Dispo : Disponibilité
DP : Demand Planner
GDS : Gestion Des Stocks
IBM : International Business Machine
KEK : Khemis El Khechna
MRH : Management des Ressources Humaines
MRP : Manufacturing Resources Planning
MP : Matière Première
PDP : Plan Directeur de Production
PET : Plastique
PF : Produit Fini
PIC : Plan Industriel et Commercial
PL : Programme Linéaire
PLNE : Programme Linéaire en Nombres Entiers
PP : Production Planner
PSL : Prestataire de Service Logistique
Qte : Quantité
Reg : Reghaïa

Roui : Rouiba

RO : Recherche Opérationnelle

SAP : Systems, Application and Products for data processing

SC : Supply Chain

SCM : Supply Chain Management

SKU : Stock Keeping Unit

SS : Stock de Sécurité

Sw : Schweppes

VER : Verre

Introduction Générale

Durant les années 1950 et 1960, la production de masse a été généralisée dans les entreprises avec pour objectif la réduction des coûts unitaires de production. Les nouveaux produits étaient développés en internes et en nombre limité. Les opérations d'optimisation se limitaient à la réduction des goulets d'étranglement en mettant en place des stocks assurant le maintien d'un débit de ligne équilibré. « Dans la plupart des entreprises, les responsables de chaque domaine ou service ont tenté de minimiser les coûts liés à leurs activités sans se soucier de l'impact de leurs décisions sur les autres parties de la société » (Cheaitou 2008).

A la fin des années 1970, il devenait nécessaire de prendre en compte toutes les activités industrielles à savoir l'approvisionnement, la distribution et les autres activités liées au processus de production. Cela se justifie par l'augmentation de l'offre qui a accru la concurrence entre les entreprises. Le but de ce changement était d'accroître le niveau de service clientèle. Ceci a conduit à la naissance de la « chaîne logistique ». Toute entreprise se doit d'avoir une chaîne logistique efficace pour atteindre ses objectifs en termes de taux de service.

« Le stock un mal nécessaire » : sa gestion est un aspect important de la Gestion de la Chaîne Logistique. Il s'agit de mieux gérer le stock partout dans la chaîne par une meilleure circulation de l'information afin d'améliorer le service client, tout en offrant une plus grande variété de produits et réduisant les coûts car aujourd'hui, la gestion de stock représente un investissement colossal dans l'économie des entreprises, pour lesquelles il devient primordial de disposer de politiques de contrôle et d'optimisation efficaces. C'est dans ce contexte que la gestion de stocks vise à proposer des outils d'aide à la décision et des réponses opérationnelles concrètes aux situations rencontrées en pratique dans l'industrie.

Etant leader du marché algérien des boissons non alcoolisées, l'entreprise Fruital Coca Cola se doit de disposer d'une politique de gestion de stock qui lui permettra d'assurer la disponibilité de ses produits sur son territoire afin de minimiser les ruptures de stocks voire les éviter.

En effet, Fruital rencontre un problème de ruptures de stocks dans ses centres de distribution qui lui valent des pertes en termes de gains de parts de marché. Ceci est dû à l'absence des stocks de sécurité dans les centres de distribution, et à la méthode de calcul des quantités économiques à approvisionner de chaque produit pour chaque centre. De plus, les quantités acheminées vers les centres de distribution sont calculées actuellement en tenant compte de la demande d'une seule période, ce qui provoque des ruptures assez fréquentes. Dès lors, il est important d'élaborer un modèle permettant de considérer tous les paramètres de la chaîne logistique de l'entreprise afin d'identifier la meilleure stratégie de distribution.

C'est dans ce cadre de travail que le présent document s'inscrit. Et il sera présenté de la manière suivante :

Le premier chapitre est consacré aux notions théoriques qui nous permettront de cerner la problématique traitée dans ce travail. Il sera présenté en deux parties :

- **Partie I : L'évolution de la logistique**

Dans le cadre général de notre étude, nous allons donner quelques définitions liées au terme « logistique » et nous les présenterons selon l'évolution des besoins dans le temps : logistique, chaîne logistique, gestion de la chaîne logistique.

- **Partie II : Concepts étudiés**

Nous allons traiter les aspects relatifs à notre problématique à savoir la logistique aval (distribution), la recherche opérationnelle et la gestion des stocks.

Le deuxième chapitre abordera la présentation de l'entreprise Fruital Coca Cola, son mode de fonctionnement, ainsi qu'un diagnostic pour pouvoir ressortir les dysfonctionnements existants.

Le dernier chapitre présentera les solutions proposées pour faire face aux dysfonctionnements repérés dans le deuxième chapitre. Ces solutions sont les suivantes :

- Dimensionnement d'un stock de sécurité pour chaque produit dans chaque centre de distribution dans le but de pallier aux ruptures de stock causées par les aléas de la demande. Ces stocks intègrent un taux de service que l'entreprise désire atteindre dans leur dimensionnement.
- Un modèle mathématique afin de modéliser la chaîne de distribution logistique de l'entreprise pour minimiser les ruptures de stocks sur les différents centres. Ce modèle prend en considération l'ensemble des contraintes auxquelles Fruital fait face. Le modèle obtenu sera résolu par la suite par le logiciel CPLEX afin d'identifier la politique de distribution optimale.

Une conclusion générale où sera résumé le présent travail ainsi que les perspectives futures relatives aux solutions proposées.

Chapitre I : Etat de l'art

Dans ce chapitre, nous introduisons quelques notions qui nous permettront de bien cerner le travail effectué dans le cadre de notre projet de fin d'études. Il sera présenté en deux sections :

- ***Partie I : L'évolution de la logistique***

Dans le cadre général de notre étude, nous allons donner quelques définitions liées au terme « logistique » et nous les présenterons selon l'évolution des besoins dans le temps : logistique, chaîne logistique, gestion de la chaîne logistique.

- ***Partie II : Concepts étudiés***

Nous allons traiter les aspects relatifs à notre problématique à savoir la logistique aval (distribution), la recherche opérationnelle et la gestion des stocks.

I.1 Partie I : L'évolution de la logistique

I.1.1 La logistique

Au début, la logistique qui vient du mot « logis », est apparue pour désigner l'art de gestion de transport, de ravitaillement et de logement des troupes d'une armée. Aujourd'hui, elle fait partie de notre vie quotidienne et elle influence nos activités et nos décisions.

Pourtant, ce n'est qu'à partir des années 60 que le terme logistique prendra de l'ampleur et commencera à être utilisé dans le monde de l'entreprise pour désigner l'ensemble des méthodes utilisées dans la gestion des flux physiques avant, pendant et après une production. Maintenant, elle englobe la chaîne logistique et elle est utilisée même dans les entreprises de prestation de services.

Dans la littérature, plusieurs définitions existent pour définir la logistique, mais nous retenons celle qui est proposée par le Council of Logistics Management¹ qui définit la logistique (2003) comme étant : « (...) *la partie du processus de la chaîne la d'approvisionnement qui planifie, met en œuvre et contrôle le transit et le stockage efficace et efficient des biens et services ainsi que de l'information adjacente, de l'endroit de leurs créations jusqu'à celui de consommation, dans le but de répondre aux exigences des consommateurs* ».

Elle concerne toutes les opérations déterminant le mouvement des produits tels que la localisation des usines, des entrepôts, l'approvisionnement, la gestion des stocks, la manutention et la préparation de commandes, le transport et les tournées de livraison.

Son objectif principal est exprimé sous la notion de « 7 R » : assurer la disposition de :

- Right product : du bon produit
- Right quantity : à la bonne quantité
- Right condition : aux bonnes conditions
- Right place : au bon endroit
- Right time : au bon moment
- Right customer : au bon client
- Right cost : au meilleur coût

On distingue deux types de logistique :

- **La logistique interne** : Organisation et gestion des flux au sein de l'entreprise. Elle traite essentiellement de l'organisation des ateliers et de la gestion de production.
- **La logistique externe** : elle se décompose en :
 - Logistique amont ou d'approvisionnement : Organisation et gestion des flux des fournisseurs vers l'entreprise
 - Logistique aval ou de distribution : Organisation et gestion des flux de l'entreprise jusqu'aux clients.

¹Fondé en 1967 aux Etats-Unis, c'est une association à but non lucratif dont l'objectif est la valorisation et le transfert au savoir sur tout ce qui est en rapport avec la logistique et la supply chain management.

Dans les années 60, la logistique a connu ses débuts dans les activités de transport et d'entreposage des produits. Dans les années 70, les distributeurs se sont focalisés sur le concept de coût total, et la mise en balance des coûts logistique d'une part, du service client d'autre part. A partir des années 80, un nouveau concept est apparu. Il s'agit du concept de la logistique intégrée qui consiste à intégrer les activités de gestion d'approvisionnement (planification et gestion des achats), de gestion de distribution (gestion des commandes clients) et de gestion des stocks. Ceci a permis le développement de plans stratégiques et tactiques de la logistique. Pendant les années 90, la notion de la chaîne logistique est apparue grâce à cette intégration des fonctions logistiques. (CAMPAGNE, 2006)

I.1.2 Chaîne logistique

"La chaîne logistique est un réseau d'installations qui assure les fonctions d'approvisionnement en matières premières, de transformation de ces matières premières en composants puis en produits finis, et de distribution du produit fini vers le client." (Lee et al., 1993)

" Une chaîne logistique est un ensemble de deux ou plusieurs entreprises liées par des flux de marchandises, d'informations et financiers." (Tsay et al., 1999)

"La chaîne logistique d'un produit fini se définit comme l'ensemble des entreprises qui interviennent dans les processus d'approvisionnement en composants, de fabrication, de distribution et de vente du produit, du premier des fournisseurs au client ultime" (Rota-Franz et al., 2001)

A partir de ces définitions, on peut dire qu'une chaîne logistique est :

- Un réseau composé d'entités physiques (usines, ateliers, entrepôts, distributeurs, grossistes, détaillants, etc.) ;
- Un ensemble ouvert traversé par des flux (financier, matériel, informationnel) ;
- Un ensemble d'activités (approvisionnement, production, distribution, vente) regroupées dans un processus logistique intégré dont l'organisation constitue une chaîne de valeur intra et inter-organisationnelle.

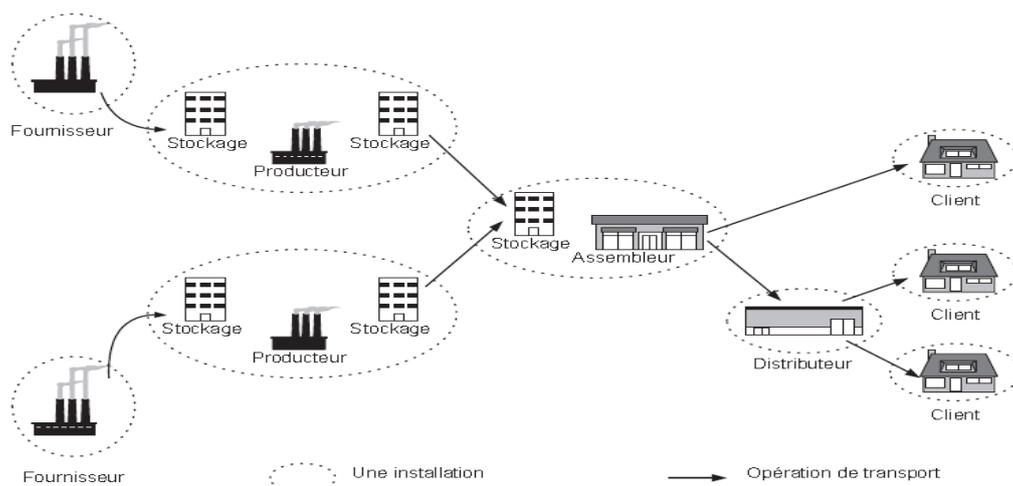


Figure I-1 : Chaîne logistique (HAMMAMI, 2003) p30

Selon le degré de sa complexité, on peut distinguer trois types de chaîne logistique :

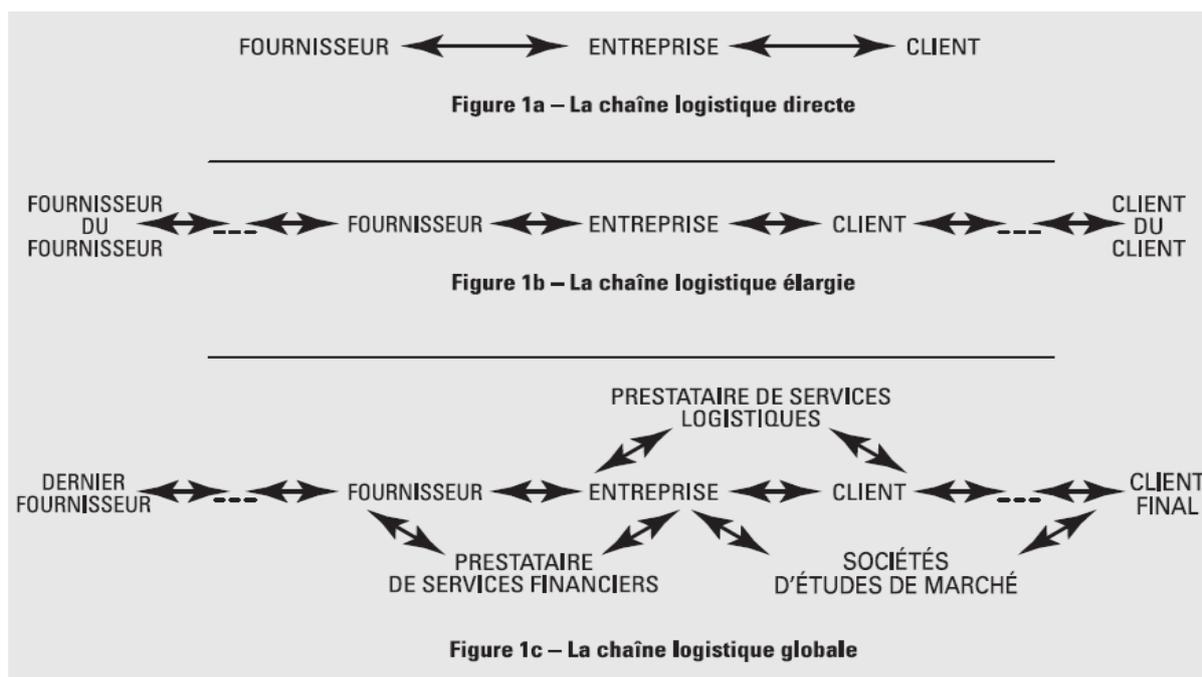


Figure I-2 : Les différents types des chaînes logistiques (MENTZER, DEWITT, & KEEBLER, 2001)

- Chaîne logistique directe : les différents flux physiques, financiers et informationnels font intervenir un fournisseur, une entreprise et un client,
- Chaîne logistique élargie : comprend les fournisseurs du fournisseur immédiat et les clients du client immédiat, tous impliqués dans les flux amont et/ou aval de produits, services, finances et/ou informations,
- Chaîne logistique globale : plusieurs acteurs se partagent les flux amont et aval de la chaîne. L'entreprise fait appel à des prestataires de services logistiques (PSL) pour assurer les activités logistiques, des sociétés d'études de marchés pour mieux connaître

le client final, des entreprises de conseils et de consulting pour des prestations dans les services financiers.

La prise de conscience des managers que les démarches d'améliorations des performances au sein d'une entreprise sont maîtrisées, ainsi que la volonté d'explorer d'autres pistes d'améliorations des performances, ont développé la chaîne logistique. En effet, les gains espérés sur le long d'une chaîne logistique sont supérieurs aux gains espérés par une entreprise qui ne s'intéresse qu'à sa gestion interne. D'où l'intérêt d'intégrer les autres maillons de la chaîne (fournisseurs, distributeurs...) de manière à assurer la disposition du bon produit, à la bonne quantité, aux bonnes conditions, au bon endroit, au bon moment, au bon client et au meilleur coût. (BAHLOUL, 2011)

I.1.3 Gestion de la chaîne logistique (Supply Chain Management)

Etant complexe, la gestion d'une chaîne logistique est une tâche très difficile à accomplir. Toute entreprise fait appel à la SCM pour optimiser les différents flux qui traversent sa chaîne logistique (physiques, financiers, informationnels) et assurer la satisfaction des clients. (Semchi-Levi & al, 2000), expliquent que :

"La gestion d'une chaîne logistique est un ensemble d'approches utilisées pour intégrer efficacement les fournisseurs, les producteurs et les distributeurs, de manière à ce que la marchandise soit produite et distribuée à la bonne quantité, au bon endroit et au bon moment dans le but de minimiser les coûts et d'assurer le niveau de service requis par le client."

Ainsi, la gestion de la chaîne logistique est la gestion globale de toutes les activités et processus impliqués dans l'écoulement du produit ou service allant de l'amont jusqu'à l'aval de la chaîne logistique. Visant la maximisation de la valeur globale de cette dernière, elle implique principalement la coordination et l'alignement des objectifs et des décisions inter et intra organisationnelles.

On distingue traditionnellement trois grands niveaux de décisions, dans de la gestion des chaînes logistiques, elles sont souvent découpées selon (long, moyen et court terme)

- **Décisions stratégiques** : les problèmes de localisation, l'ouverture et la fermeture des usines, des dépôts, le choix des fournisseurs, l'affectation des capacités aux différentes activités, le choix des modes de transport, la mise en place d'un système d'information,
- **Décisions tactiques** : l'affectation des clients aux dépôts, l'allocation des fournisseurs aux usines, l'allocation des produits dans les différents centres de production,
- **Décisions opérationnelles** : quand et combien produire, stocker, transporter, etc.

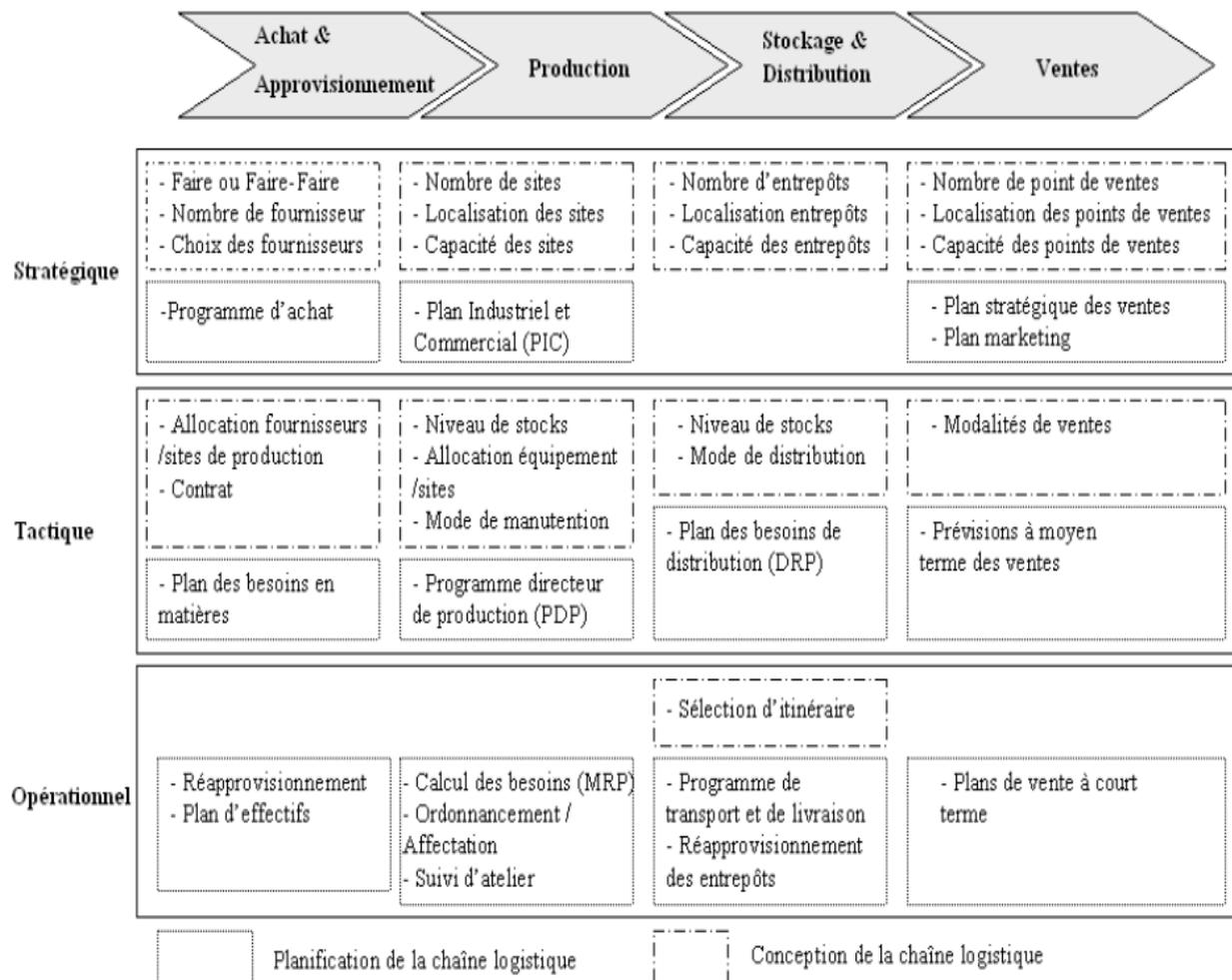


Figure I-3 : Les niveaux de décisions dans la gestion de la chaîne logistique (Stadtler, 2000)

Les décisions de l'entreprise sont principalement associées à l'un des 4 macro-processus du Supply Chain Management qui sont le processus d'achats et d'approvisionnement, processus de production, processus de distribution et le processus de ventes.

I.2 Partie II : Concepts étudiés

I.2.1 La distribution

La distribution (ou la logistique aval) permet à l'entreprise de mettre à disposition des consommateurs, les biens et les services dont ils ont besoin, à l'endroit, en quantités et au moment où ils le désirent. (JOLY, 2009).

La distribution concerne l'ensemble des moyens et opérations qui permettent l'écoulement de la production vers les lieux de consommation. Elle englobe toutes les activités situées en aval du système de production et comprend les opérations de traitement de commande, de manutention, d'emballage, d'entreposage, de gestion des stocks et de transport. L'objectif de cette activité est multiple : assurer au moindre coût un niveau de service de plus en plus élevé, avec des délais de plus en plus courts.

I.2.1.1 Réseau de distribution

Un réseau de distribution est constitué d'un ensemble d'entité intervenant dans l'acheminement des produits depuis la production jusqu'au point de consommation. Autrement dit, un réseau de distribution est constitué d'un ensemble d'intermédiaires (grossistes ou détaillants) entre la production et les points de demande, permettant la commercialisation d'un bien.

I.2.1.2 Structures de réseau de distribution

Généralement, on retrouve trois types de structures de réseau de distribution :

- Distribution Directe : l'unité de production alimente directement le client final à partir de ses stocks, sans intermédiaires, sans ruptures de charges.
- Distribution à un étage : la livraison de produit passe par un intermédiaire. Ce dernier peut être :
 - Un entrepôt central : les différentes unités de production alimentent un seul entrepôt, celui-ci stocke, prépare les commandes, et livre les clients finaux.
 - Un réseau d'entrepôts régionaux : un entrepôt régional peut être considéré comme un entrepôt central propre à une région. Il dessert la région qui lui est affectée.
- Distribution à deux étages : cette structure introduit un niveau supplémentaire d'intermédiaires. On retrouve :
 - Un entrepôt central et un réseau d'entrepôts régionaux : les usines alimentent un entrepôt central qui, lui à son tour, approvisionne des entrepôts locaux. Ces entrepôts stockent et livrent les produits aux clients finaux.
 - Un entrepôt central et un réseau de plateformes de distribution : les usines approvisionnent l'entrepôt central où va s'effectuer la préparation des commandes des clients ; les marchandises sont ensuite acheminées jusqu'aux plateformes régionales. Ces plateformes ne disposent donc pas de stocks (Cross Docking)².

La figure suivante représente les différentes structures de réseaux logistiques

² Cross Docking : Action de faire passer des marchandises des quais d'arrivée aux quais de départs, sans passage par le stock. Il est particulièrement intéressant d'utiliser le cross docking lorsque le niveau d'activité de l'entrepôt est élevé. Il permet en effet d'optimiser la manutention et l'entreposage des marchandises dans l'entrepôt.

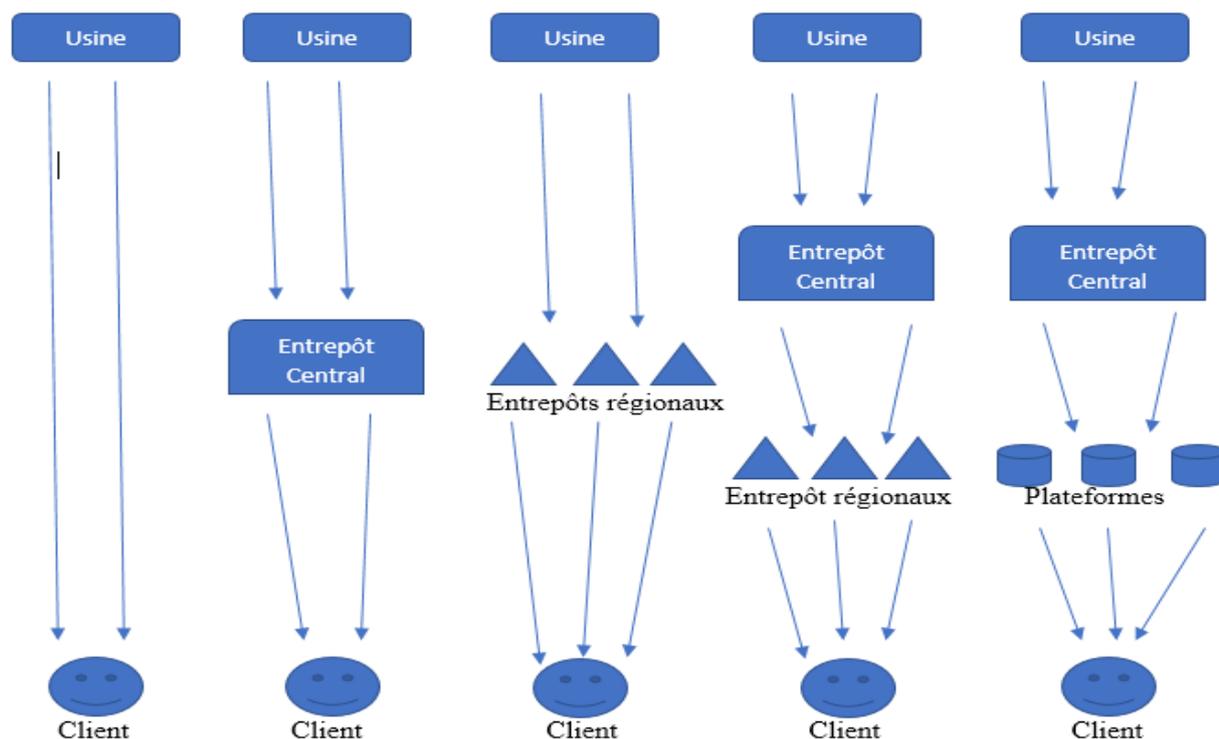


Figure I-4 : Structures de réseaux de distribution

I.2.1.3 Les entrepôts de distribution

Les entrepôts et les centres de distribution sont des nœuds importants dans un réseau d'approvisionnement. Ils exercent des fonctions précieuses qui soutiennent la circulation des flux de matières, stockage des biens, traitement des produits, désagrégation des charges de véhicules, assemblage des expéditions sont toutes des activités généralement effectuées dans ces installations. (LANGEVIN & RIOPEL, 2005)

Ceux sont des infrastructures logistiques où sont stockés les produits en attentes de livraison. Etant un espace de stockage intermédiaire entre la production et la consommation, un centre de distribution peut jouer un rôle triple dans la chaîne logistique : réception, stockage et livraison des produits finis.

L'existence d'entrepôt en aval se justifie par plusieurs raisons : Besoin de se protéger contre les aléas tels que les arrêts de fabrication, réduction des délais de livraison, regroupement de produits en provenance de fournisseurs différents, etc.

I.2.2 Gestion des stocks

I.2.2.1 Le stock

Un stock d'un produit est une quantité de ce produit mise en réserve en vue d'une utilisation ou commercialisation future afin de faire face à une demande (certaine ou probable). Il peut être de différents types :

- Stocks de matières premières ;
- En-cours ;
- Stocks de produits finis.

➤ **L'utilité des stocks**

Pourquoi une entreprise garde des stocks, sachant qu'ils représentent une grosse mobilisation d'argent dans la plupart des cas ?

Trois raisons : (AOUZAH, 2006)

Raison	But (objectif)
De sécurité	- Se protéger contre une hausse subite de la demande (éviter une pénurie) ; - Se protéger contre un délai de livraison instable.
De prévision	- Atténuer et profiter des hausses prévues des prix ; - Absorber la grève d'un fournisseur important ou la rareté soudaine d'un bien ; - Fonctionner durant la période de vacances des fournisseurs.
De cyclicité	- Répondre à la demande des clients qui peut être cyclique (durant les périodes de fêtes par exemple).

➤ **Principe de fonctionnement d'un stock**

Selon le schéma ci-dessous, la constitution d'un stock est considérée dès l'instant où une entrée est réalisée, c'est le cas pour l'entrée 1 qui met le stock au niveau N1.

Dans un deuxième temps, des sorties de stock ont lieu, il est donc évident que le stock diminue au fur et à mesure. Les sorties 1 et 2 correspondent à des consommations qui entraînent une diminution du niveau antécédent N1.

Dans un troisième temps, il est essentiel de lancer une commande pour réapprovisionner le stock, il existe différentes méthodes de réapprovisionnement.

L'entrée 1 est engendrée par une première commande, le même raisonnement implique qu'une commande 2 génère une entrée 2 et qu'une commande 3 entraîne une entrée 3.

Le temps qui s'écoule entre deux entrées en stock est appelé périodicité de réapprovisionnement. La périodicité est variable en fonction des méthodes de réapprovisionnement choisies. Sur le schéma suivant, on constate une périodicité 1 sans rupture de stock et une périodicité 2 avec rupture de stock. (LASNIER, 2004)

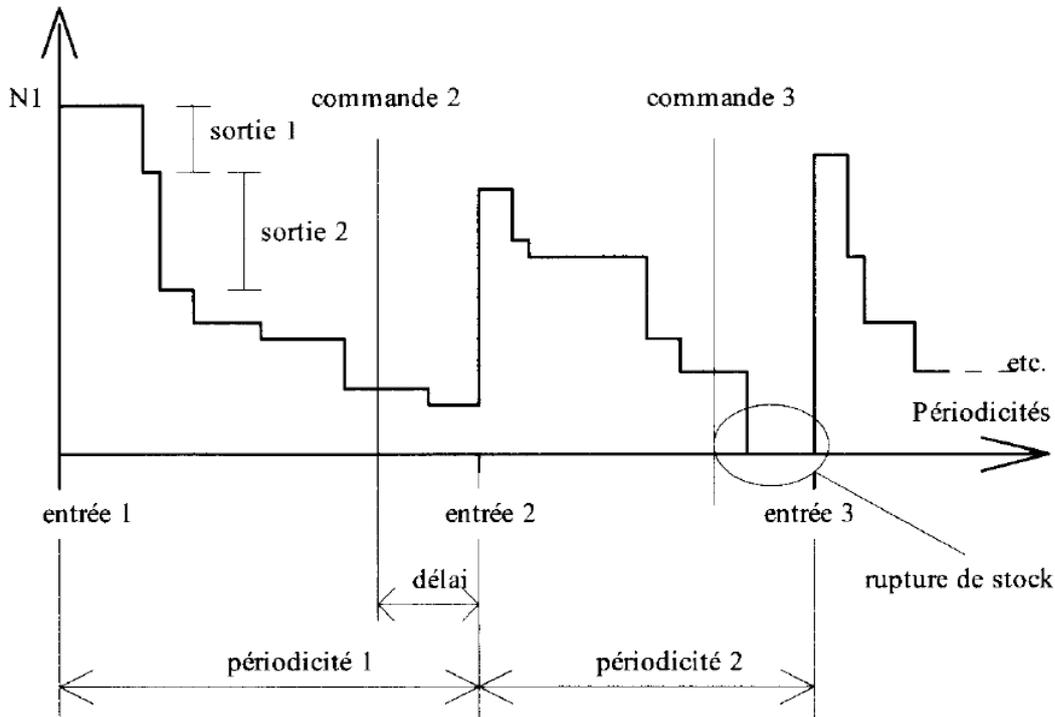


Figure I-5 : Principe de fonctionnement d'un stock (LASNIER, 2004) p42.

Les stocks sont considérés comme un mal nécessaire car d'une part, ils sont indispensables pour une entreprise et d'autre part, ils représentent une lourde contrainte financière. Il est essentiel de réfléchir à la notion de stock car leur coût annuel peut représenter 25% à 35% des capitaux immobilisés.

La nature des stocks est différente. Certains sont des stocks « subis », c'est-à-dire involontaires alors que d'autres sont « voulus » car inhérents au mode de production.

Origine des stocks subis :

- Ils se forment en raison d'erreurs dans les prévisions de la demande.
- Ils apparaissent à cause d'une surproduction, d'où la tendance des stocks à se gonfler.
- Ils se constituent du fait de la production par lots.
- Ils se forment en raison de la différence de rythme des moyens de production ou de leurs aléas de fonctionnement.

Les stocks voulus peuvent également provenir de plusieurs sources :

- Production anticipée en raison du long délai qui s'écoule entre la commande et la production ;
- Production anticipée pour niveler les fluctuations de la demande ;
- Stocks nécessaires pour compenser les irrégularités dans la gestion de la fabrication, du contrôle et des transports ;
- Stocks de précaution pour le cas de pannes des machines ou produits défectueux ;
- Stocks résultant de la production d'un lot de grande taille en prévision des temps importants de mise en route des séries.

Si l'on considère les stocks comme un investissement *non productif*, alors une réduction des stocks est plus que nécessaire pour une entreprise qui cherche à réduire ses coûts. Toutefois, cette réduction ne doit pas être opérée de façon aveugle, sinon cela risque d'engendrer des ruptures de stocks et des retards de livraison.

Il existe une relation proportionnelle entre la diminution des stocks et le délai de production. En effet, si on diminue les stocks cela engendre une réduction du délai de production. De ce fait la diminution des stocks n'est pas une action indépendante, les stocks se réduisent suite aux actions menées sur le processus de production, telles que :

- La prévention des pannes de machines (maintenance) et l'apparition de produits défectueux (qualité) ;
- La réduction des temps de mise en route ;
- L'amélioration de la gestion de production dans l'entreprise. (COURTOIS, 2003)

Après le transport, le stockage est l'activité la plus génératrice des charges dans une chaîne logistique. En effet, on retrouve dans ce maillon les opérations de :

- Manutention des produits et des colis vers les emplacements de stockage ou vers le lieu d'emballage, de conditionnement, d'éclatement, d'expédition à l'aide d'outils adaptés ;
- Contrôle qualitatif et quantitatif des marchandises avec saisie informatique ;
- Traitement physique des supports et contenants (palettes, paniers, conteneurs, bacs en plastiques et caisses) ;
- Vérification des conditions de stockage (poids, température ...) ;
- Inventaires des stocks (inventaire ponctuel, ou tournant).

Les stocks sont ainsi un facteur de flexibilité de l'entreprise, mais ils constituent une charge financière et une immobilisation de capitaux. La gestion des stocks doit faire l'objet d'un calcul économique rigoureux. (DIOMANDE, 2007)

I.2.2.2 Gestion des stocks

Dans la gestion des stocks il existe deux fondements qui s'opposent et se contredisent : un taux de service qui soit le plus élevé possible avec un coût de possession le plus faible possible, l'art de la gestion des stocks réside dans la satisfaction de ces deux fondements.

La gestion des stocks est un aspect important de la Gestion de la Chaîne Logistique. Il s'agit de mieux gérer le stock partout dans la chaîne par une meilleure circulation de l'information afin d'améliorer le service client, tout en offrant une plus grande variété de produits et réduisant les coûts. La gestion des flux de produits, des matières premières aux produits finis, en passant par les produits en-cours, exige la responsabilisation des partenaires de la chaîne logistique pour la planification, l'acquisition, le stockage, le mouvement et le contrôle des matières et des produits finaux.

Le but principal de la gestion de stock est de maximiser la rentabilité d'une entreprise en minimisant le coût de stockage tout en satisfaisant les exigences de service client. (BAHLOUL, 2011)

Quelle que soit l'activité de l'entreprise, sa taille et son organisation, les stocks existent (Waters, 1992). Une production sans stock est quasi inconcevable vu les nombreuses fonctions que remplissent les stocks. La compétitivité de l'entreprise peut être particulièrement affectée par sa gestion de stocks, raison suffisante pour y porter une grande attention. En effet, la constitution de stocks est nécessaire pour de nombreuses raisons stratégiques et opérationnelles.

- Equilibrer la relation production/consommation
- Eviter la propagation des aléas.
- Pallier les incertitudes sur la demande et les prix

La gestion du stock repose sur des informations internes et externes au système. Le gestionnaire doit connaître les caractéristiques du fournisseur, de la demande, les choix politiques de son entreprise et les variables de décision qui sont à sa disposition. L'information pour la gestion des approvisionnements se situe à deux niveaux : le système de gestion du stock et le système de tenue du stock définis comme suit :

- Le système de gestion du stock est l'ensemble des informations et des règles de décisions permettant de déclencher les approvisionnements et éventuellement des livraisons qui satisfont au mieux les objectifs adoptés par l'entreprise »
- Le système de tenue de stock inspecte continuellement ou périodiquement les composantes de l'approvisionnement : le niveau du stock physique, les encours ou attendus disponibles à terme, les dus³ non disponibles. (Labidi, 2005).

³ Les dus : partie du stock physique faisant l'objet d'engagement vis-à-vis du client.

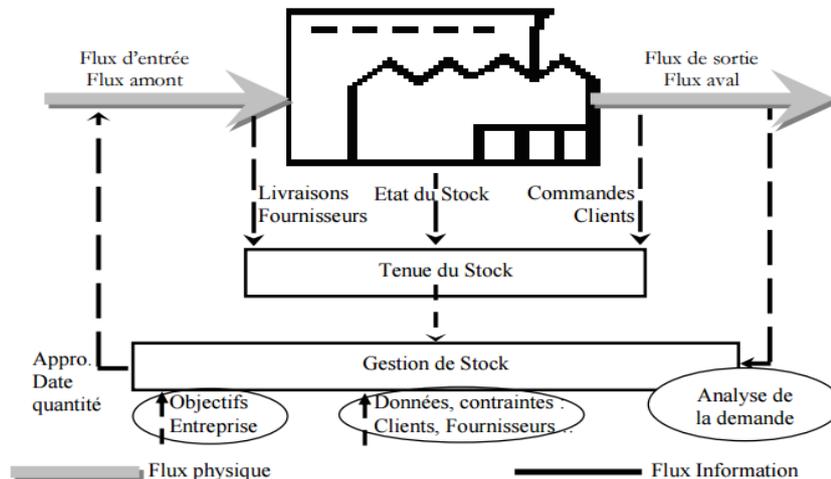


Figure I-6 : Schéma synoptique d'un système de tenue et de gestion de stock (Labidi, 2005) p20

Les coûts liés à la gestion des stocks sont de trois sortes :

- Les frais de passation de commandes ou les frais d'acquisition : comprennent les frais engagés pour effectuer des achats (salaires des agents, négociation, bons de commandes ou la réception et le contrôle qualité).
- Les frais de possession : tels le coût du magasin, l'assurance du magasin, l'électricité, les charges salariales ou le coût des équipements.
- Les frais de rupture de stock : engendrés par des demandes non satisfaites principalement pour des raisons de manque d'organisation provoquant une absence de la MP, l'arrêt des machines, la formation des goulets d'étranglements mais également des éventuelles pénalités de retard.

a. Modèle de Wilson

Le modèle classique de base de l'approvisionnement dit le modèle de Wilson à vue le jour en 1934. C'est un modèle pour la gestion des stocks qui permet de calculer la quantité optimale à commander appelée « quantité économique », qui est la quantité de produits que doit commander une entreprise afin de minimiser les coûts liés aux stocks.

Ce modèle s'applique aux situations sûres et certaines et les hypothèses qui constituent le modèle sont les suivantes :

- La consommation est constante ;
- La demande est stable et est parfaitement régulière ;
- Le délai d'approvisionnement est nul ;
- Le coût d'achat des articles est constant ;
- Pas de rupture de stock ;
- Le produit est acheté et la commande est livrée en un lot unique ; (cours GDS 2014)

Puisque la demande par unité de temps est supposée constante et régulière, le calcul de la quantité optimale permet de déterminer la fréquence d'approvisionnement ou la période entre deux réapprovisionnements, de ce fait on peut aussi déterminer la quantité de commande optimale.

En d'autres termes le but du modèle est de minimiser le coût total de gestion de stock (C_{Total}) qui comprend : le coût de lancement d'une commande (C_L) et le coût de possession des stocks (C_P) en se posant deux questions : Quand commander et Combien ?

Ainsi on commande une quantité Q à période fixe, l'absence d'aléa implique l'inexistence du stock de sécurité. Le schéma suivant résume le niveau de stock :

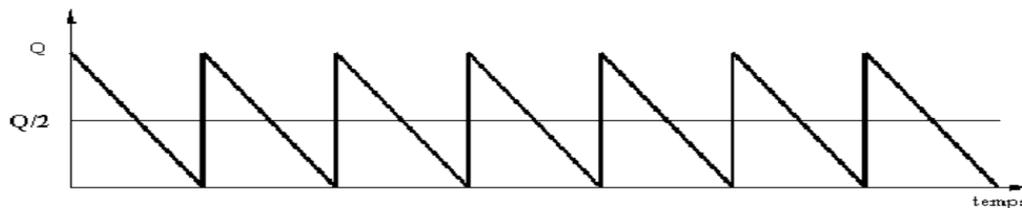


Figure I-7 : Représentation de l'évolution de stock avec le modèle de Wilson

Les dents de scie sont rigoureusement identiques. Plus les quantités sont faibles, plus les commandes sont nombreuses.

- **Les paramètres du modèle :**

N : Demande totale ;

Q : Quantité à commander ;

C_L : Coût de lancement d'une commande ;

C_P : Coût de possession (lorsqu'il est exprimé en u.m et correspond au prix d'un produit/unité de temps) ;

t : Taux de possession annuel en % (le coût de possession exprimé en % du prix du produit) ;

a : Coût d'achat unitaire ;

- **Principe :**

Les paramètres du modèle qui sont connus sont la quantité consommée dans l'année N , le coût de lancement d'une commande C_L et le coût de possession C_P . C'est lorsque les deux coûts globaux sont égaux et que leur somme est minimale. La détermination de la quantité à commander nécessite donc soit l'égalisation des fonctions de coûts soit l'annulation de la dérivée de la fonction qui est la somme des C_L et C_P globaux.

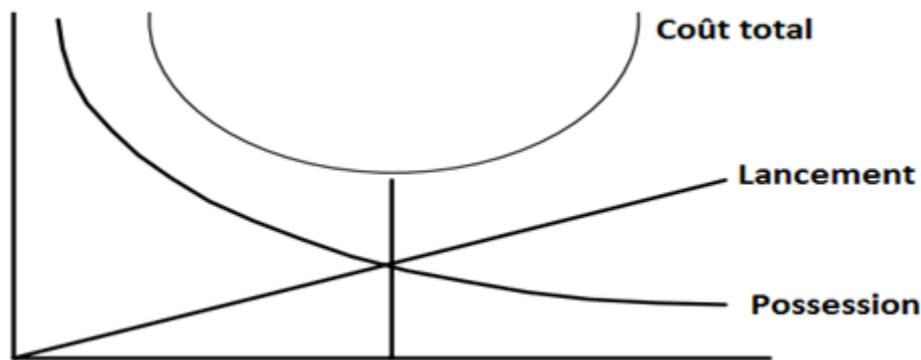


Figure I-8 : Evolution du coût total en fonction de la quantité

$$C_{Total} = N \cdot a + \left(\frac{N}{Q}\right) \cdot C_L + \left(\frac{Q}{2}\right) \cdot t \cdot a$$

De ce principe on calcule la quantité optimale à approvisionner Q_{EC} ou bien « quantité économique » et trouve :

$$Q_{EC} = \sqrt{2N \cdot \frac{C_L}{a \cdot t}}$$

Le nombre de commande dans ce cas est de : N/Q_{EC}

La période de réapprovisionnement est : Q_{EC}/N

Le coût total correspondant à Q_{EC} est donné comme suit :

$$C_{TQEC} = 2 \left(\frac{Q_{EC}}{2}\right) a \cdot t + N \cdot a \rightarrow C_{TQEC} = \sqrt{2N C_L \cdot a \cdot t} + N \cdot a$$

b. Taux de service

Le taux de service correspond à la probabilité attendue de ne pas être en rupture de stock pendant le prochain cycle de réapprovisionnement et, ainsi, correspond également à la probabilité de ne pas rater de ventes. Le taux de service peut également être défini comme la probabilité d'être en mesure de répondre à la demande des clients sans commande en souffrance ni vente perdue.

Lorsque la demande est incertaine ou que les enjeux commerciaux sont tels qu'une rupture de stock est inconcevable, le gestionnaire logistique chargé des approvisionnements est contraint de mettre en place un stock de sécurité pour assurer un taux de service aux clients optimal.

c. Stocks de sécurité

Tout d'abord, il est important de comprendre l'intérêt réel des stocks de sécurité et leurs raisons d'être. Comme leur nom l'indique, cette catégorie des stocks sécurise l'entreprise quant aux besoins non prévus. Théoriquement, l'objectif premier des stocks de sécurité est de prévenir les pénuries causées par la variabilité de la demande et du délai d'approvisionnement (Shim, 2006). Toutefois, en pratique, la liste des motifs pour lesquels les gens y ont recours peut être très longue en fonction de l'environnement de l'entreprise. (Ploss, 1994), soumet quelques exemples :

- Demandes inattendues des clients.
- Livraisons des fournisseurs en retard.
- Arrêt des machines.
- Dysfonctionnement technique.
- Panne d'électricité.
- Non-conformités des intrants.
- Pertes.
- Erreurs dans les données.

De manière générale, les sources d'incertitudes se répartissent, dans la littérature, sous deux groupes : (Murthy & Ma, 1991)

- L'incertitude de l'environnement : regroupe les erreurs de prévisions et la variabilité des fournisseurs
- L'incertitude du système de production : comprend, entre autres, les problèmes de qualité et de dysfonctionnements techniques.

Il importe cependant de rappeler que la majorité des modèles de gestion des stocks de sécurité se concentre sur la variabilité de la demande puisqu'elle est la source d'incertitudes la plus difficilement maîtrisable.

Le stock de sécurité est dimensionné en fonction de plusieurs critères :

- L'importance relative des coûts de stockage et des coûts d'opportunité (coût d'une non vente) :
 - Plus les coûts de stockage sont importants par rapport aux coûts d'opportunité, moins le niveau du stock de sécurité sera élevé
 - Plus les coûts d'opportunité sont importants par rapport aux coûts de stockage, plus le niveau du stock de sécurité sera élevé
- Le niveau des aléas :
 - Plus les aléas sont importants, plus le niveau du stock de sécurité sera élevé
 - Moins les aléas sont importants, moins le niveau du stock de sécurité sera élevé
- Le niveau de service souhaité :
 - Plus on recherche une qualité de service importante (nombre de commandes livrées dans les temps), plus le niveau du stock de sécurité sera élevé.
 - Moins la qualité de service n'a d'importance, moins le niveau du stock de sécurité sera élevé.

➤ **Méthode de calcul**

SS = Ecart type de la Demande * Coefficient de sécurité * racine carré du Délai de réapprovisionnement

Le coefficient de sécurité est dépendant du taux de service cible. Restent à déterminer la quantité à réapprovisionner ou le seuil à partir duquel on réapprovisionne le stock selon le type de gestion de stock adopté

Sa méthode de calcul varie selon les trois cas suivants (Cours GDS 2014) :

• **Délai de livraison fixe : $SS = z \sigma_x \sqrt{D}$**

- La consommation varie autour d'une moyenne sur période x et selon une loi normale d'écart type σ_x .

- D : Délai de réapprovisionnement.

- La consommation sur une période D suit une loi normale d'écart $\sigma_x \sqrt{D}$.

- z : coefficient de sécurité associé au taux de service choisi.

- le taux de service choisi. Il peut être calculé de la manière suivante : (Johnson & Boylan, 1994)

$$p = \Phi \left(\sqrt{2 \ln \left(\frac{1}{2\sqrt{\pi}} \frac{M}{H} \right)} \right)$$

- Φ : la fonction de distribution cumulative associée à la loi normale.

- M : le coût unitaire d'une rupture de stock.

- H : le coût de possession unitaire.

• **Consommation fixe : $SS = z \sigma_l$ (consommation)**

- σ_l : l'écart type (en jours) de la variation sur le délai de livraison.

- σ_l (consommation) = (consommation/j) * σ_l (jours)

- z est coefficient de sécurité associé au taux de service choisi.

• **Consommation et délai variables :**

$$SS = \sqrt{\sigma_l^2 + D\sigma_{x,D}^2}$$

I.2.3 La recherche opérationnelle

I.2.3.1 Les origines de la recherche opérationnelle

La recherche opérationnelle est née au début du XX^e siècle, elle a été générée de l'étude de la gestion de stock avec la formule du lot économique dite formule de Wilson soumise par Harris en 1913. L'initiation de cette science n'apparaît qu'avec la seconde guerre mondiale où elle s'organise pour la première fois et acquiert son nom. En 1940, l'état-major anglais appelle Patrick Blackett à diriger la première équipe de recherche opérationnelle, pour résoudre certains problèmes tels que l'implantation optimale de radars de surveillance ou la gestion des convois d'approvisionnement. Le terme "opérationnelle" tire son nom des opérations militaires où l'application d'un groupe de travail a été organisée dans cette dernière. Après la guerre, l'explosion des capacités de calcul des ordinateurs a fait que les techniques de RO-AD⁴ se sont énormément développées, ainsi que la démultiplication des domaines d'application.

I.2.3.2 La nature de la recherche opérationnelle

La recherche opérationnelle concerne tous les problèmes liés à la conduite et à la coordination des activités au sein d'une structure. Cette structure peut être représentée dans divers domaines tels que : l'industrie manufacturière, le transport, la construction, les télécommunications, la finance, les soins de santé.... Grâce à la révolution informatique la RO est entrée presque dans tous les domaines d'activités de la société, même si sa présence est souvent invisible.

La première étape de la "recherche" est l'observation attentive du problème et sa formulation, ainsi que la collecte de données associées. Par la suite il faut établir un modèle scientifique qui essaie d'abstraire le fondement (nature) du problème réel. Tout modèle est une forme simplifiée de la réalité, cependant ce modèle doit être assez précis (déterminé) pour englober les propriétés (spécificités) essentielles de la situation, et de pouvoir arriver à des conclusions valables pour le problème réel. On testera dès lors ce modèle, et on le modifiera au besoin.

Trouver une meilleure solution (dite solution optimale) pour le problème examiné est ce qu'on appelle une caractéristique additionnelle et que la RO se charge de la déterminer. Cette solution peut ne pas être unique. Cette recherche d'optimalité est un thème important en RO, même si son interprétation en terme managérial peut être délicate.

Il est difficile pour un individu de pouvoir maîtriser tous les aspects du problème à l'étude, de sorte que la RO est généralement plus un travail d'équipe, avec des experts en mathématiques, statistiques et probabilités, ingénierie, économie, administration, informatique, physiques, sciences comportementales, et les techniques spécifiques de la RO.

I.2.3.3 Modélisation

La modélisation est le procédé par lequel nous utilisons des expressions mathématiques pour décrire une situation quantitative réelle. La conception d'un modèle mathématique consiste à écrire en notation mathématique ce qui est exprimé d'abord en mots en faisant intervenir des variables au besoin. Il y a beaucoup de types différents de modèles mathématiques, parmi eux les modèles d'optimisation.

⁴ RO-AD : Recherche Opérationnelle, Aide à la Décision

Il y a trois composantes principales dans un modèle d'optimisation :

Variables : elles représentent les composantes du modèle qui peuvent être modifiées pour créer des configurations différentes.

Contraintes : elles représentent les limitations sur les variables.

Fonction objectif : cette fonction assigne une valeur à chaque configuration différente. Le terme "objectif" vient du fait que l'objectif est d'optimiser cette fonction.

➤ **Algorithmes et logiciels**

Au-delà de la modélisation, la résolution de problèmes de recherche opérationnelle nécessite de recourir à des algorithmes adaptés à la nature du problème, et capables de traiter de quelques dizaines à des millions de variables. Dans ce travail le logiciel utilisé pour résoudre le modèle mathématique est CPLEX, qui est un outil informatique d'optimisation.

I.2.3.4 Programmation linéaire PL

Bien que la réalité soit souvent loin d'être linéaire, un grand nombre de problèmes peuvent s'écrire sous forme linéaire, soit directement, soit en première simplification. D'autre part, un très grand nombre de modèles constituent des extensions de programmes linéaires. Sa compréhension est essentielle à la compréhension de modèles plus sophistiqués.

Un programme linéaire générique s'écrit sous la forme

$$\min_x, \max_x \sum_{j=1}^n c_j x_j$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j (\leq, =, \geq) b_i, \quad i = 1, \dots, m$$

La ligne

$$\max_x \sum_{j=1}^n c_j x_j$$

Représente la fonction objective, que nous souhaitons maximiser. La maximisation se fait en respectant les m contraintes

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i, \quad i = 1, \dots, m$$

La terminologie "linéaire" vient du fait que toutes les fonctions impliquées sont linéaires. Typiquement, nous ajouterons également des contraintes de non-négativités :

$$x_i \geq 0, \quad i = 1, \dots, n$$

ou, en abrégé,

$$x \geq 0.$$

➤ **Programmation linéaire en nombre entier (PLNE)**

Lorsque les variables ainsi que les solutions recherchées doivent être entières, le PL devient alors un PLNE car dans certains cas les quantités ne peuvent s'écrire sous forme de nombres réels, issus d'un domaine continu. Au contraire, certaines décisions sont par nature discrètes, et doivent se représenter à l'aide de nombres entiers. Considérons par exemple une entreprise de transport, qui décide de renouvellement sa flotte de camions. Le nombre de camions à acheter est un nombre naturel.

Si une partie des variables est entières, et que l'autre parties est continue alors là on parle de programmation linéaire mixte. Si les variables entières sont à valeurs 0 ou 1 (binaires), nous parlerons de programmation 0–1 (binaire).

Les méthodes de résolution exacte classiques les plus connues pour les problèmes de PLNE sont la méthode des plans sécants et le principe de séparation et évaluation (Branch and Bound), engendrant ainsi une arborescence. Si une solution optimale est trouvée pour un sous-problème, elle est réalisable, mais pas nécessairement optimale, pour le problème départ. Comme elle est réalisable, elle peut être utilisée pour éliminer toute sa descendance : si la borne inférieure d'un nœud dépasse la valeur d'une solution déjà connue, alors on peut affirmer que la solution optimale globale ne peut être contenue dans le sous-ensemble de solution représenté par ce nœud. La recherche continue jusqu'à ce que tous les nœuds sont soit explorés ou éliminés.

I.3 Conclusion

Dans ce chapitre, en premier lieu, nous avons défini le cadre général de notre étude à savoir la logistique et son évolution dans le temps, ainsi que son management bien connu sous le nom de la Supply Chain Management.

Puis, en deuxième lieu, nous avons introduit quelques notions en rapport avec notre problématique telles que : la gestion des stocks où nous avons présenté son modèle de base dit : « le modèle de Wilson » ; le stock de sécurité et son mode de calcul afin de le dimensionner pour pallier aux problèmes de ruptures de stock en intégrant le taux de service ; la recherche opérationnelle pour la conception d'un programme linéaire afin de gérer les approvisionnements.

Dans les chapitres suivants, nous allons présenter l'organisme d'accueil et la problématique traitée puis les solutions éventuelles.

Chapitre II : Entreprise d'accueil et Problématique

En premier lieu, nous allons présenter l'organisme d'accueil, son domaine d'activité ainsi que son mode de fonctionnement. Nous entamerons ensuite une étude sur l'état actuel de l'entreprise SPA Fruital Coca Cola pour introduire la problématique traitée dans notre travail.

II.1 Présentation de l'entreprise

Coca-Cola, c'est la marque la plus populaire et la plus connue dans le monde, numéro 1 des sociétés mondiales de boissons non alcoolisées avec le plus grand et le plus large réseau de distribution au monde. Plus de 1 500 000 000 de bouteilles Coca-Cola sont consommées chaque jour dans le monde. Elle commercialise 4 marques du Top 5 des boissons non alcoolisées dans le monde. Un savoir-faire incontestable.

Embouteilleur de *Coca Cola* depuis plus de 20 ans, SPA Fruitall est parmi les plus importants producteurs et distributeurs des produits de *The Coca Cola Company* en Algérie. Leader en parts de marché, Fruitall produit et commercialise plus de 50 références sous les marques *Coca Cola*, *Fanta*, *Sprite*, *Schweppes* et *Pulpy* à travers son réseau de distribution qui compte parmi les plus performants de la région pour le plus grand plaisir des consommateurs.

SPA Fruitall est l'un des plus importants embouteilleurs de Coca Cola en Algérie (le plus important des trois embouteilleurs et distributeurs). Elle produit des boissons à partir des concentrés mis au point par *The Coca Cola (export) Company* et assure la commercialisation à travers les différents points de distribution alimentaire (alimentation générale, superette et supermarché), hors domicile (hôtels, cafés, restaurants, fast food), institutions publiques et privées.

Son rôle est également de mener et coordonner avec *The Coca Cola Company*, le lancement sur son territoire de ventes, toutes les actions marketing à destination des consommateurs et les actions commerciales à destination de ses clients distributeurs.

SPA Fruitall est le leader du marché de la boisson gazeuse sur son territoire de ventes. Elle propose l'une des gammes les plus diversifiées, répondant à toutes les attentes des consommateurs algériens. Plus de 50 références (parfums / emballages) avec des marques de renommée : *Coca Cola*, *Coca Cola light*, *Coca Cola Zéro*, *Fanta*, *Sprite*, *Schweppes*, *Burn* et *Minute Maid Pulpy*. Elle détient l'un des plus grands réseaux de distribution sur le segment des boissons gazeuses avec des systèmes de distribution modernes et optimisés permettant de satisfaire les demandes de tous les clients et consommateurs.

Elle distribue ses produits dans 13 wilayas : Alger, Tizi-Ouzou, Médéa, Djelfa, Blida, Ain-Defla, Boumerdès, Bouira, Bordj Bou Arreridj, Tipaza, Laghouat, Ghardaïa, Tamanrasset et emploie près de 500 employés, dont une force de vente très étoffée (prés-vendeurs, superviseurs, développeurs, livreurs, vendeurs) à l'écoute de ses clients.

Pour les régions est et ouest, elles sont occupées par d'autres sociétés qui embouteillent les produits *The Coca Cola Company* comme SBC à Skikda qui assure la distribution Est, et SBOA à Oran qui couvre la région ouest.

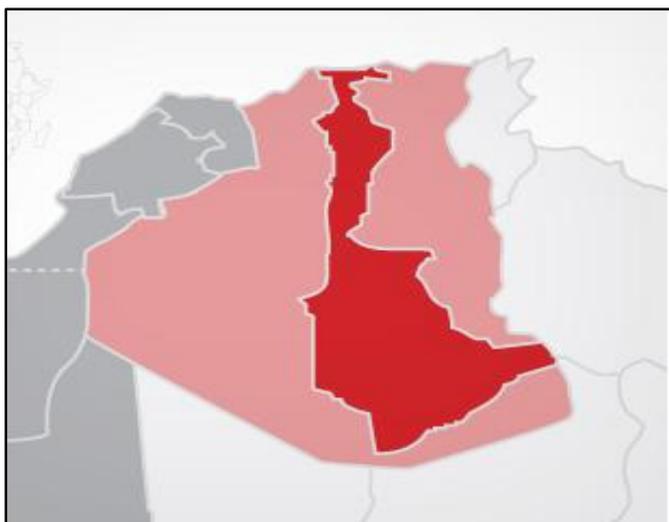


Figure II-1 : Zone géographique couverte par SPA Fruitall

II.1.1 Historique

Au début, Fruitall Coca Cola disposait d'une usine sise à Khemis El Khechna spécialisée dans la production des canettes et bouteilles en plastique PET 1.5L.

Elle disposait d'une capacité de production prodigieuse et de moyens à la pointe de la technologie, ceci lui a valu d'être placée au rang de l'unité de fabrication la plus importante d'Afrique du nord. C'est là que le géant américain The *Coca Cola Company* lui lègue la licence pour exploiter sa gamme de produit en Algérie.

En juin 1997, une deuxième usine a vu le jour à la zone industrielle Rouïba (à 35 km du centre d'Alger). S'étalant sur 5 hectares, cette usine, dotée d'une capacité de production supérieure, a permis à l'entreprise d'exporter dans différents pays d'Afrique.

En mars 2006, le groupe espagnole ECCBC (Equatorial Coca Cola Bottling Company) entre dans l'actionnariat de Fruitall en rachetant la majorité des actions avec pour objectif le développement de l'activité de l'entreprise. Ainsi, Spa Fruitall exerce une activité à la fois industrielle et commerciale de la réception des matières premières jusqu'à la distribution des produits finis en points de vente. Toutes les boissons commercialisées par Fruitall sont produites localement dans son usine de Rouïba.

II.1.2 Organigramme de Fruitall Coca Cola

Pour assurer son bon fonctionnement, l'entreprise se divise en 10 départements qui sont :

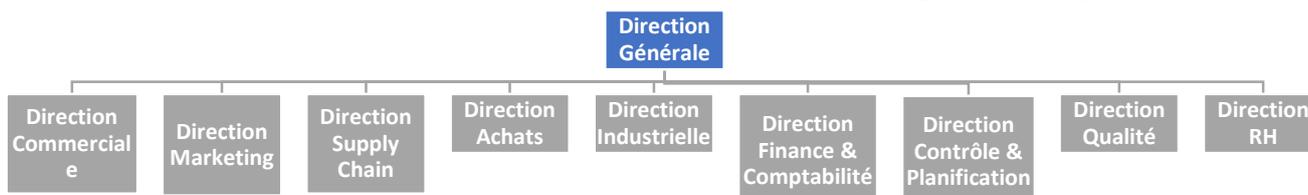


Figure II-2 : Organigramme de Fruitall Coca Cola

II.1.2.1 Direction Supply Chain

Cette direction s'occupe de la coordination, la synchronisation et l'optimisation des flux physiques, informationnels nécessaires au bon fonctionnement de l'entreprise afin d'aboutir aux résultats et objectifs fixés par la direction générale. Elle a comme principale fonctions :

- Coordonner entre les différentes structures de l'entreprise,
- Évaluer et planifier la demande,
- Contrôler l'état des prévisions, commandes et plan de production,
- Contrôler en temps réel et gérer le niveau des stocks,
- Gérer les approvisionnements : réception matières premières, stockage et magasinage et préparation de commande,
- Gérer la distribution vers les clients.

Pour assurer ces fonctions, la direction Supply Chain se divise en deux grandes parties :

- Planification : cette partie consiste à élaborer les prévisions de la demande, les plans de production et d'approvisionnement en matières premières.
- Logistique : cette partie a pour mission d'assurer les opérations liées au transport et au manutention de la matière première et des produits finis. Comme elle a pour mission la gestion des stocks des matières premières (réception, entreposage...) et aussi la gestion des stocks de produits finis dans les différents centres de distribution.

En plus de la planification et la logistique, elle pilote la partie Export : cette partie planifie l'exportation des produits vers les pays d'Afrique. Elle est chargée de la gestion de transport de la marchandise vers les navires pour l'exportation.

II.1.2.2 Direction Commerciale

La direction commerciale a pour mission la commercialisation des différents produits sur la zone géographique couverte par Fruitall Coca Cola. Elle fait en sorte que les produits soient disponibles dans sa zone. Pour cela, elle s'occupe de deux types de ventes :

- Ventes directes : il s'agit d'assurer la disponibilité des produits dans les centres de distribution : Khemis El Khechna, Tipaza, Bordj Bou Arreridj, Tizi Ouzou, Blida, Bouira, Ain Defla. Ces centres, à leurs tours, alimentent les différents points de ventes de leurs régions (alimentations générales, restaurants, fast food...). Pour cela, la direction commerciale met à la disposition de chaque centre des prés vendeurs qui collectent les commandes de la région qui seront transmises sous forme de besoin de marché.
- Ventes indirectes : dans ce cas, il est question d'assurer la disponibilité des produits via un réseau de grossistes et dépositaires. La direction commerciale gère ces derniers avec une politique « Push ». En effet, quand le client passe une commande au niveau de service commercial, ce dernier vérifie la disponibilité des produits dans le stock. Si un produit n'est pas disponible dans le stock, le client est obligé de choisir un autre produit (substitution) ou bien toute sa commande est annulée. En plus de ça, cette dernière doit être supérieure à un certain seuil d'achat.

Note : Lorsque le client passe une demande, un bon de commande est créé et il contient la demande du client telle qu'elle est, c'est l'offre. Cette demande est utilisée pour déterminer les besoins du marché ainsi que pour l'élaboration des prévisions futures. Vient ensuite l'étape de vérification de la disponibilité des produits demandés dans les stocks. Si ces derniers sont disponibles, c'est la satisfaction de la demande sinon c'est soit la substitution des produits non disponibles ou bien l'annulation de toute la commande.

II.2 Etat des lieux

Dans ce qui va suivre, nous allons aborder l'état actuel de l'entreprise SPA Fruitall et plus précisément la direction Supply Chain afin d'énumérer les dysfonctionnements repérés.

II.2.1 Partie 1 : Présentation des processus

Dans cette partie, nous allons présenter quelques processus de la chaîne logistique de Fruitall. La direction Supply Chain pilote 05 grands macro-processus et qui sont :

- Processus Planification
- Processus Approvisionnement
- Processus Production
- Processus Distribution
- Processus Gestion des Retours

La figure suivante permet d'avoir une vue de l'ensemble de ces processus :

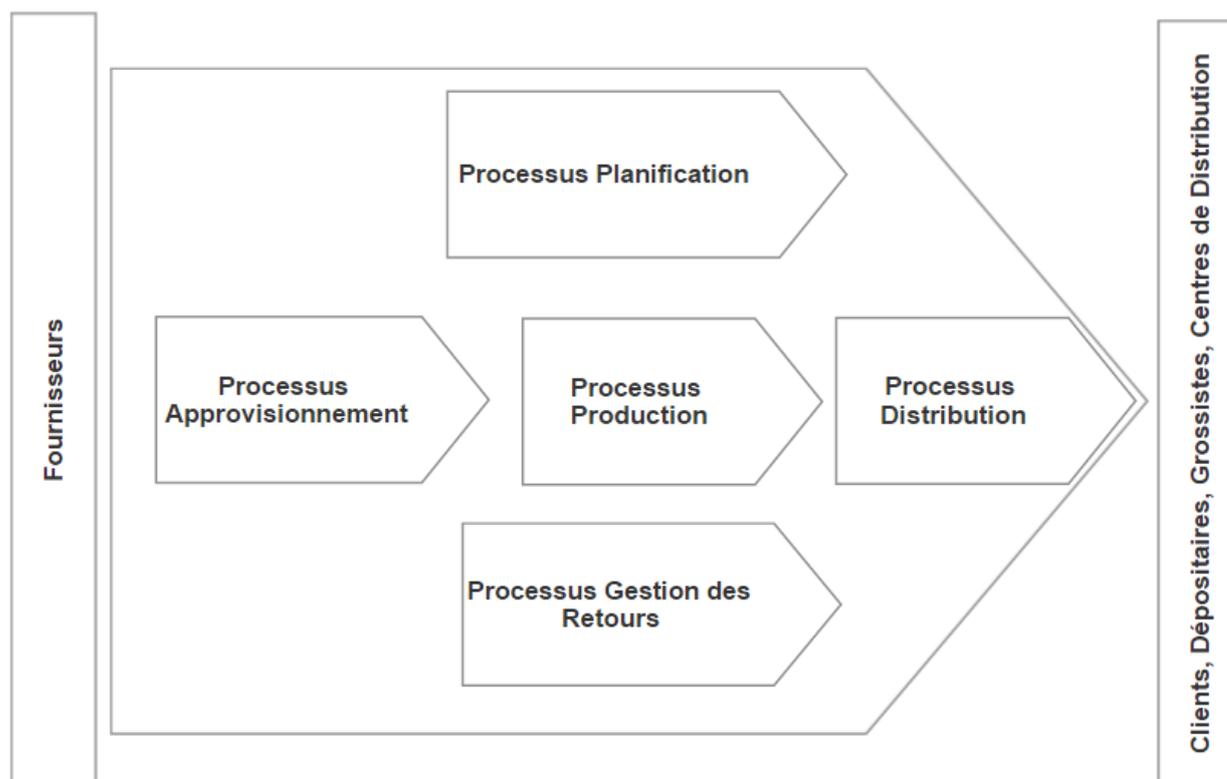


Figure II-3 : Cartographie niveau 1 de Fruitall

II.2.1.1 Processus Approvisionnement

Après l'élaboration du plan d'approvisionnement (partie planification) vient ce processus (partie opérationnelle) qui couvre l'ensemble des activités de gestion des stocks matières premières et retour emballage vide. Il a pour but la tenue efficiente des stocks MP et consommables en respectant les normes de stockages, de préservation des matières et articles stockés. La figure suivante montre le logigramme de ce processus.

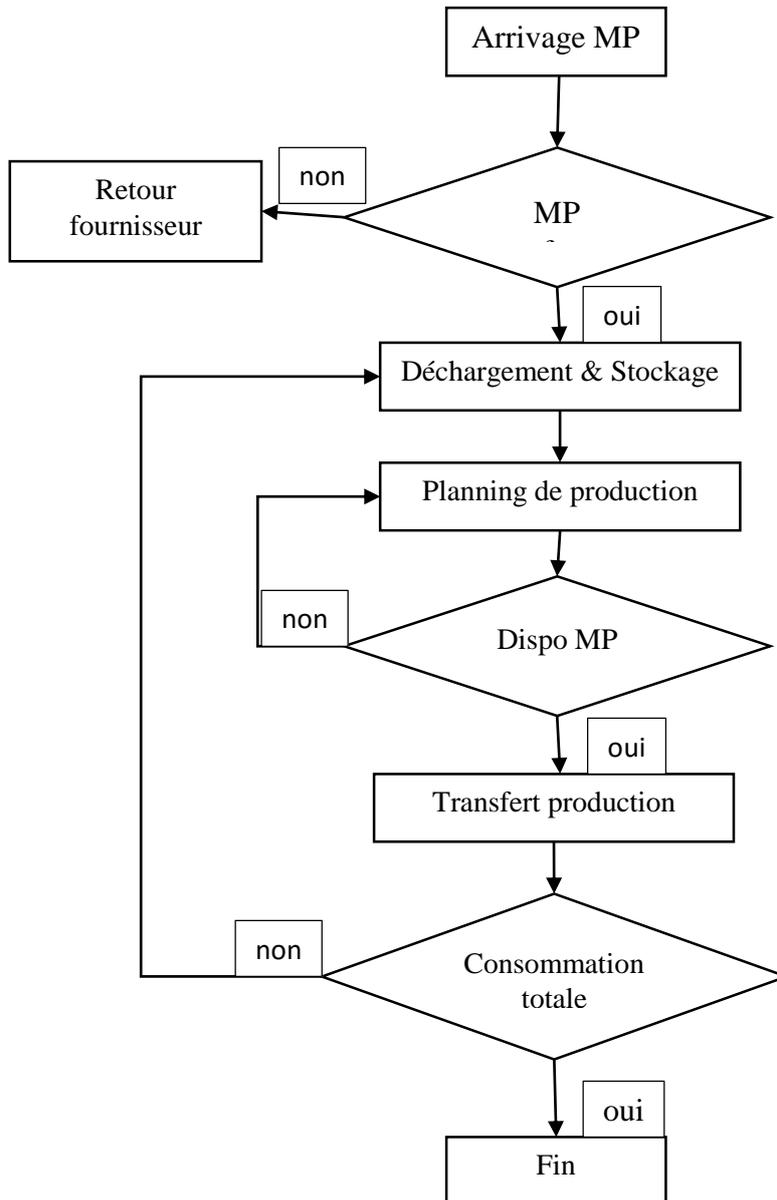


Figure II-4 : Etapes du processus Approvisionnement

II.2.1.2 Processus Production

Ce processus couvre les activités de fabrication dès la réception du programme de production jusqu'à l'envoi vers le stock des produits finis. Il couvre ainsi les activités de préparation des sirops, embouteillage, sucre et CO₂. Il a pour but d'assurer la production d'un produit conforme dans les meilleurs délais et au moindre coût tout en respectant les normes, la réglementation, l'environnement et en veillant à la sécurité du personnel présent sur le site.

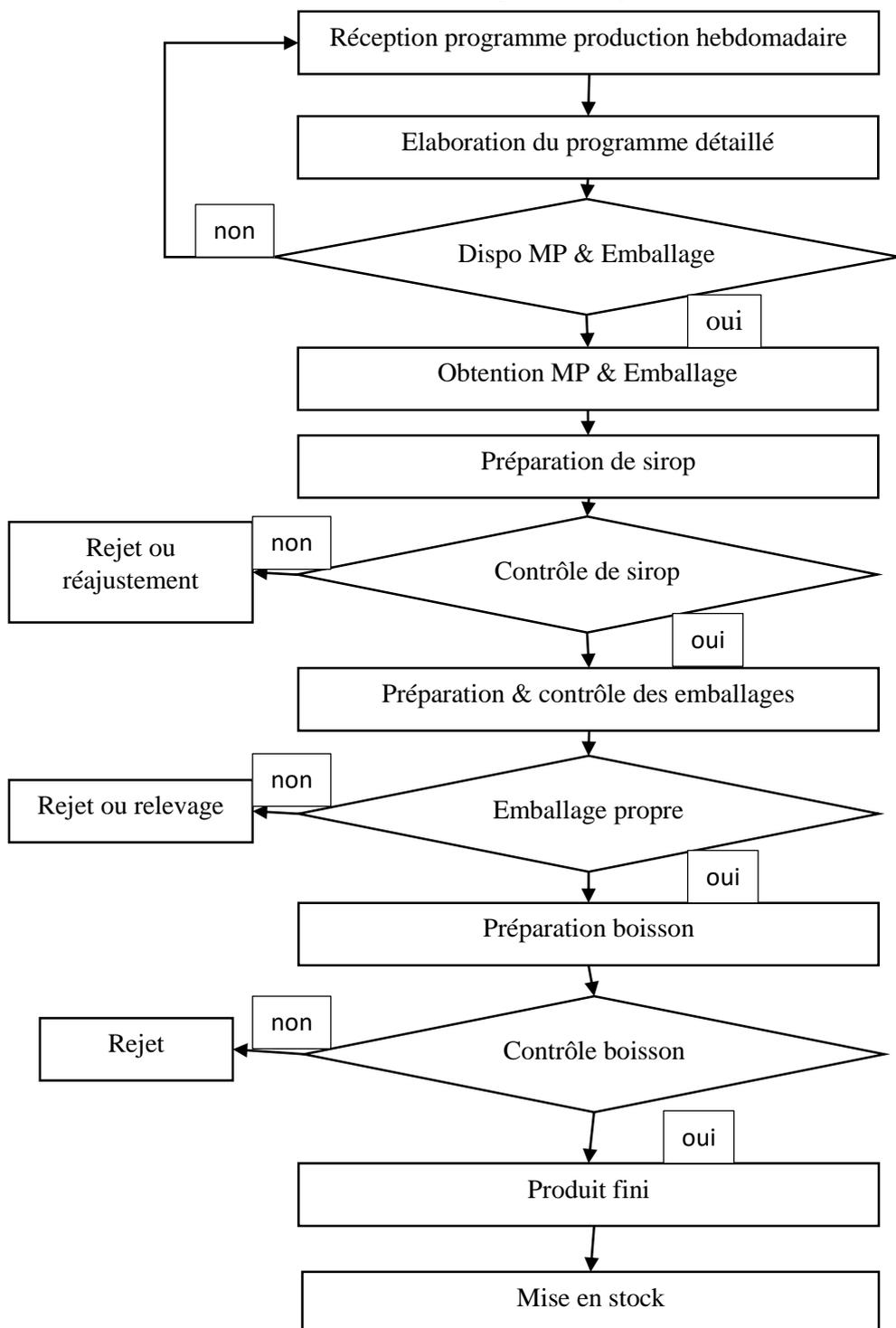


Figure II-5 : Etapes du processus Production

II.2.1.3 Processus Distribution

Le processus de distribution intervient après le processus de production. Il couvre l'ensemble des activités de gestion des stocks des produits finis. Il couvre également toute la partie optimisation du chargement du produit aussi bien pour les clients directs que les clients indirects ainsi que la partie organisation de la livraison aux clients.

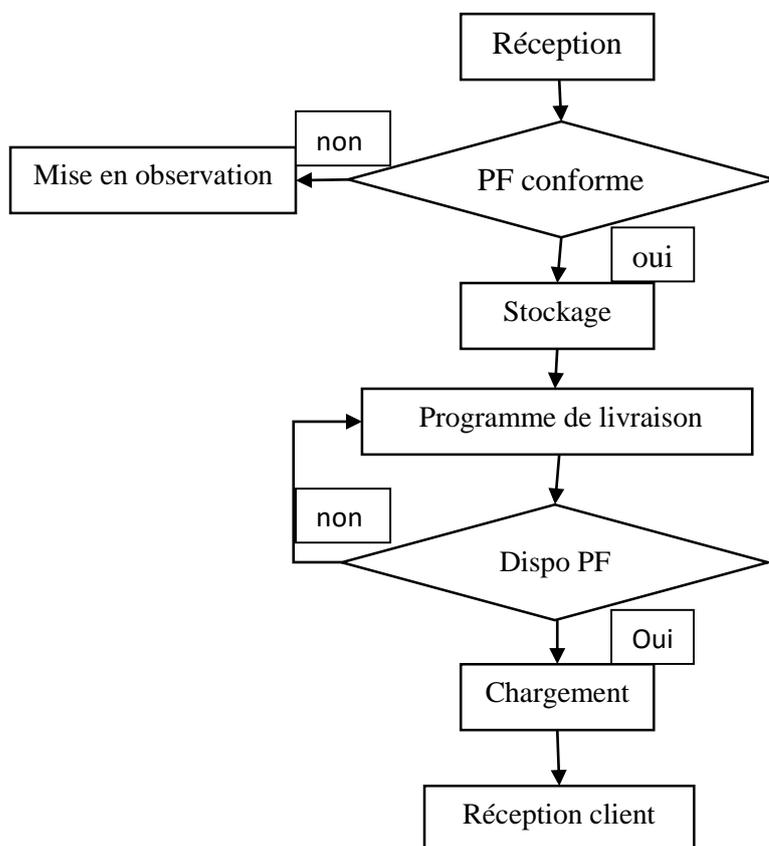


Figure II-6 : Etapes du processus Distribution

Remarques

- Le processus Approvisionnement se fait sur la base de la planification de la production. En effet, une fois le plan de production élaboré, ce dernier est traduit sous forme de besoins en MP, ce qui engendre le déclenchement du processus Approvisionnement.
- Le processus Production se fait sur la base des prévisions de ventes. En effet, Fruital utilise une stratégie de « make-to-stock » où elle stocke tout ce qu'elle produit, cette stratégie lui permet d'anticiper les demandes futures du marché.
- Le processus Distribution est piloté suivant une stratégie « Deliver-to-order » aussi bien pour les clients indirects que les clients directs.

Fruital gère ces différents processus avec des indicateurs de performance. Chaque processus a ses propres indicateurs qui mesurent leurs performances. Selon ces indicateurs, aucune anomalie à détecter à propos des processus présentés ci-dessus. Pour des raisons de confidentialité, ces indicateurs ainsi que leurs valeurs ne peuvent pas être cités dans ce travail.

II.2.2 Partie 2 : Identification & Diagnostic

Dans cette partie, nous entamerons le diagnostic de la Supply Chain de Fruital, plus exactement un diagnostic du processus Planification en s'inspirant de la méthode « Approche Processus ».

II.2.2.1 Processus Planification

Ce processus couvre l'ensemble des activités de planification d'approvisionnement en matières premières, respecter les niveaux des stocks, des moyens humains et de la programmation des plannings de production. Il couvre également planification des besoins en logistique. L'objectif de ce processus est d'obtenir le niveau de service déterminé par la stratégie de Fruital en optimisant les coûts. La figure ci-dessous montre que le processus Planification est composé de 04 sous processus classés d'une façon logique et chronologique.

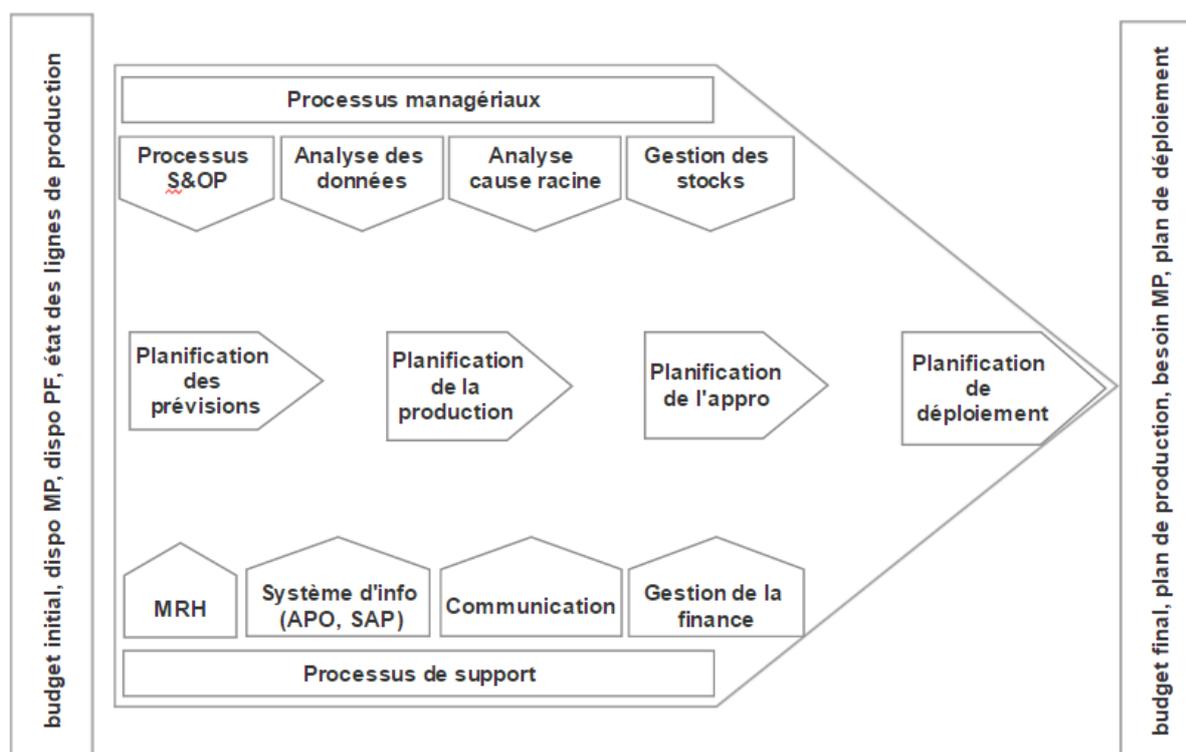


Figure II-7 : Cartographie niveau 2 du processus Planification

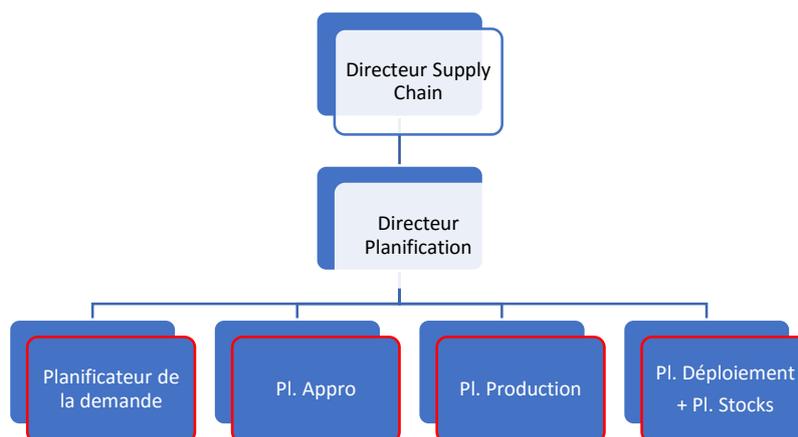


Figure II-8 : Organigramme de Processus Planification

➤ Planification des prévisions

Ce processus est destiné à l'élaboration des prévisions globales du département Supply Chain. Le planificateur de la demande développe les prévisions opérationnelles hebdomadaires pour chaque produit et pour chaque centre de distribution.

Ces prévisions sont basées sur la prévision de ventes faite par le département commercial et sur la collaboration avec les clients. Ce qui signifie l'analyse de l'offre des clients, afin de déterminer les besoins réels du marché et enrichir les prévisions.

Dans ce processus, le planificateur de la demande est chargé de gérer le cycle de vie des produits (nouveaux produits, saisonnalité, SKU à discontinuer, tendance) et ajuster les prévisions en accord.

Comme finalité, il arrive à un consensus avec les Ventes, Marketing et la Finance afin d'obtenir le One Number Forecast⁵ et le publier comme input pour le Supply Planning.

Il analyse la précision des prévisions en utilisant deux indicateurs qui sont : le Forecast Accuracy et le Root Cause Analysis afin d'ajuster le plan. La dernière phase est le contrôle et suivi de la performance du Budget.

➤ Planification des matériaux et des achats

Ce processus est destiné à l'élaboration des besoins en matière première et des produits finis nécessaires pour satisfaire les besoins de production et la prévision de ventes de Produits Finis.

Le planificateur des matériaux et des achats est chargé de :

- Analyser les contraintes des fournisseurs avec Approvisionnements et corriger les plans.
- Développer une Planification de la Capacité des fournisseurs à moyen terme.
- Mesurer la Performance du Plan, maintenir les niveaux de stock MP et ajuster le plan des besoins futurs.

⁵ One Number Forecast : c'est le plan final des prévisions de la demande qui est utilisé dans la planification de la production, de l'approvisionnement et du déploiement des stocks.

➤ **Planification de la production**

Ce processus est destiné à la génération des plans de Production annuel et des Plans de Production hebdomadaires.

Le planificateur de la production est chargé de :

- Réviser, ajuster et approuver les plans avec le Département de Production.
- Développer une Planification de la Capacité de la Production à moyen terme.
- Définir en coordination avec le département de Production le lot de production optimal.
- Développer les programmes de Production journalière (shift X SKU X ligne) selon les Plans de Production.
- Analyser la Performance du Plan et prendre des actions correctives.

➤ **Planification des stocks et du déploiement**

Ce processus est destiné à l'élaboration des plans de stock et des plans de déploiement des stocks pour chaque centre et pour chaque produit (SKU).

Le planificateur des stocks et du déploiement est chargé de :

- Configurer la politique des stocks et l'ajuster par centre de distribution et par chaque SKU.
- Développer une Planification suivant la Capacité des magasins à moyen terme.
- Développer une Planification de la Capacité de transport à moyen terme.
- Calculer et approuver les quantités de réapprovisionnement par magasin et SKU.
- Se coordonner avec l'exécution Logistique pour déployer les quantités à temps et recevoir du feedback pour analyser la Performance du plan.

II.2.2.2 Diagnostic

➤ **La démarche**

Après avoir identifié les différents sous processus du processus Planification, il est question d'évaluer leur capacité à atteindre leurs objectifs, dans le but de les améliorer si nécessaire. Ceux sont les processus cruciaux, autrement dit, les processus qui ont une forte contribution dans la réalisation des objectifs stratégiques du processus Planification. Pour cela, il faut évaluer :

- La maturité des processus : à l'aide de la grille de maturité, qui permet de coter chaque processus pour connaître sa position sur le chemin vers l'excellence. La figure suivante permet de donner l'ensemble des cotations possibles

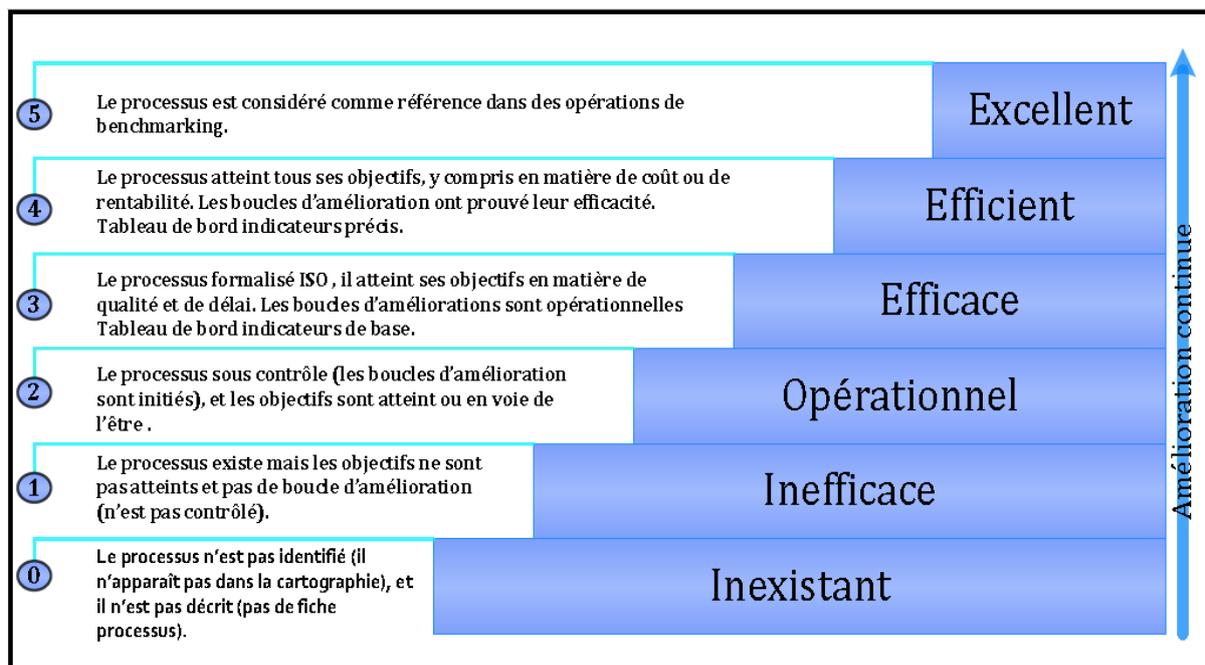


Figure II-9 : Echelle de notation selon le modèle de maturité SPICE⁶

Le principe de notation est :

Pour avoir un **1** il ne faut pas avoir un **0**. Mais pour avoir un **2** il faut avoir déjà un **1**.
Donc pour avoir un **5** il faut déjà avoir un **4**.

- La transversalité des processus : à l'aide de la grille organisation-processus, qui permet de déterminer les processus partagés entre les directions de Fruitil ;
- Les processus moteurs : en utilisant la grille processus moteurs, qui donne les processus qui ont un fort impact sur les autres processus ;
- L'alignement stratégique : pour voir qui sont les processus qui contribuent le plus à l'atteinte des objectifs stratégiques.

➤ **Evaluation des processus**

- **Pour la maturité des processus** : en se basant sur les présentations des sous processus de Planification, on peut dire que chaque processus atteint ses objectifs en termes de délais et qualités. Donc on attribue un **3** pour chaque processus.
- **Pour la grille Organisation-Processus** : en plus de la direction Supply Chain, on a retenu les directions Commerciale, Industrielle et Approvisionnement. Ces dernières sont en collaboration directe avec la direction Supply Chain. D'où la grille suivante :

⁶ SPICE : Software Process Improvement and Capability Determination, lancé en 1993 par l'ISO

Organisation Processus	Direction Supply Chain	Direction Commerciale	Direction Industrielle	Direction Approvisionnement	Total
Planification Prévisions	1	1			2
Planification Production	1		1	1	3
Planification Approvisionnement	1			1	2
Planification Déploiement	1	1	1		3

Tableau II-1 : Grille Organisation-Processus

On remarque que : les processus Planification des Prévisions et Planification des Approvisionnements sont transversaux par rapport à deux services chacun, pour le processus Planification des Prévisions les deux services qui contribuent à ce processus sont la direction Supply Chain et la direction Commerciale, tandis que pour le processus Planification des Approvisionnements les deux services qui contribuent pour sa réalisation sont la direction Supply Chain et la direction des Approvisionnements. Contrairement aux processus Planification de la Production et Planification du Déploiement qui sont plus transversaux.

- **La grille d'alignement stratégique** : Dans cette grille, on notera parmi ces processus ceux qui contribuent le plus à l'atteinte de la stratégie du processus Planification qui consiste à obtenir le niveau de service déterminé par la stratégie de Fruitall en optimisant les coûts.

Processus	Planification Prévisions	Planification Production	Planification Approvisionnement	Planification Déploiement
Stratégie	+++	++	++	+++

Tableau II-2 : Grille alignement stratégique

Le classement des processus selon leurs contributions à la stratégie est comme suit : en premier lieu vient le processus Planification des Prévisions et Planification du Déploiement, par la suite viennent les processus Planification de la Production et Planification des Approvisionnements.

- **La grille des processus moteurs** : Dans cette grille nous allons mettre les processus en ligne et en colonne et nous verrons les relations qui existent entre les processus selon la notation suivante :
 3 = Il y a une forte relation entre le processus ligne et le processus colonne ;
 0 = Il y a aucune relation entre le processus ligne et le processus colonne.

	Planification Prévisions	Planification production	Planification approvisionnement	Planification Déploiement	Total
Planification Prévisions	X	3	1	3	7
Planification Production	2	X	3	1	6
Planification Approvisionnement	1	3	X	0	4
Planification Déploiement	3	3	0	X	6

Tableau II-3 : Grille Processus moteurs

Nous constatons que tous les processus sont considérés comme des processus moteurs mais avec des degrés différents et que les trois processus Planification des Prévisions, Planification de la Production et Planification du Déploiement ont le degré le plus élevée par rapport au processus Planification des Approvisionnements.

➤ **Identification des processus cruciaux**

Après avoir mis en œuvre les différentes grilles présentées précédemment, nous allons faire une synthèse afin de déterminer les processus cruciaux. Cette synthèse sera faite par la construction d'un tableau qui regroupera toutes les grilles précédentes.

	Maturité	Organisation	Stratégie	Moteur	Crucial
Planification des Prévisions	3	2	+++	7	OUI
Planification de la Production	3	3	++	6	
Planification des Approvisionnement	3	2	++	4	
Planification de Déploiement	3	3	+++	6	OUI

Tableau II-4 : Grille de synthèse

D'après la grille de synthèse, et d'après nos observations à Fruitall, les processus cruciaux sont : Planification des Prévisions et Planification de Déploiement. Ceux sont des sous processus stratégiques dans le processus Planification.

➤ **Analyse des processus cruciaux**

❖ **Planification des Prévisions**

Les prévisions de ventes sont élaborées en plusieurs étapes, à partir de l'historique des ventes, d'une simulation sur APO (Advanced Planing & Optimization) qui est un module de

SAP et de la collaboration avec le service commercial et marketing. Ces prévisions sont ajustées et validées par la direction générale en accord avec les objectifs stratégiques.

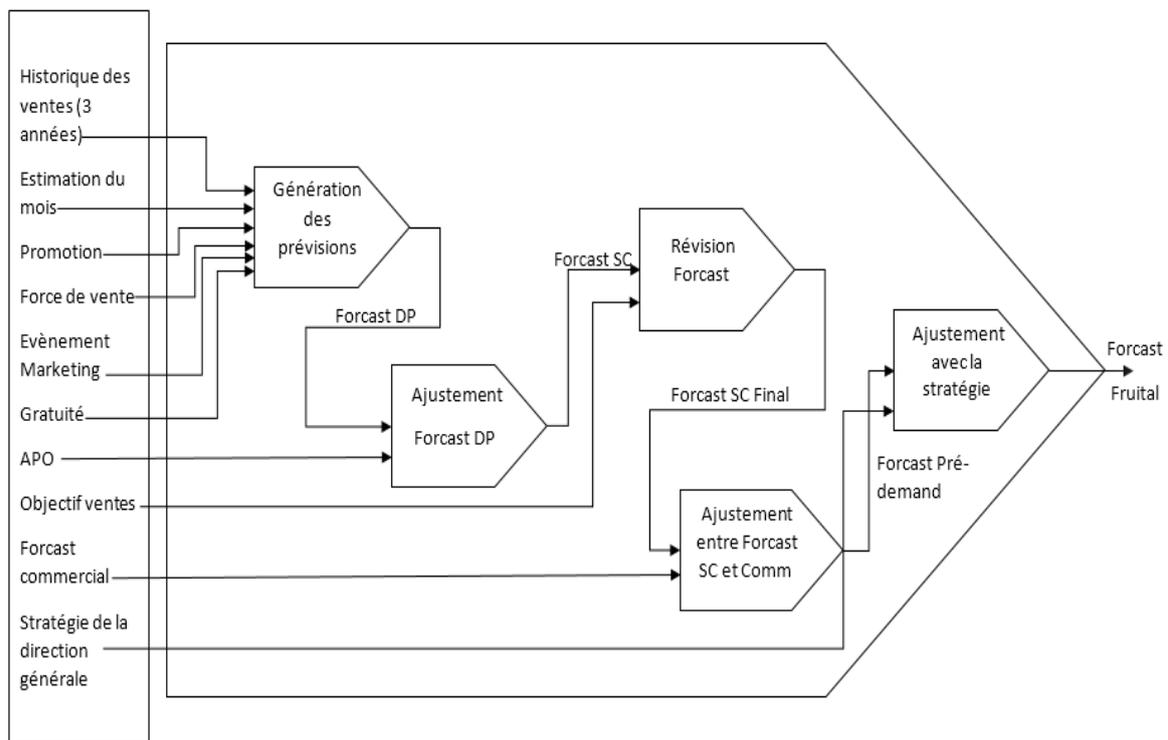


Figure II-10 : Cartographie niveau 3 de processus Planification des prévisions

Etape 1 : Génération des prévisions

Dans la première étape, le planificateur de la demande établit un premier forecast de la demande à partir des données suivantes :

- Historique des ventes pour le mois en cours sur un horizon de trois années précédentes
- Historique des ventes pour les trois mois qui précèdent le mois en cours sur un horizon de trois années précédentes
- Estimation du mois en cours
- Promotion et gratuité prévue
- Evènement Marketing et Force de ventes.

Ces prévisions sont introduites sur APO (Advanced Planning & Optimization) afin d'obtenir le Forecast de la Supply Chain.

Par la suite, ces prévisions sont ajustées par rapport aux objectifs de ventes afin d'obtenir le Forecast de la Supply Chain final.

Etape 2 : Ajustement de Forcast Supply Chain Final

Dans la deuxième étape, le planificateur avec le responsable commercial fait une comparaison entre le Forcast SC finale et le Forcast commercial afin de l'ajuster et d'obtenir le Forcast Pré-demand.

Etape 3 : Validation du Forcast Pré-demand

Dans cette troisième étape, le Forcast Pré-demand est soumis à la direction générale afin qu'il soit en alignement avec les objectifs stratégiques de Fruital. Après révision et validation du Forcast, on obtient le Forcast de Fruital.

Ces prévisions sont mensuelles et afin de les rendre hebdomadaires, des split sont définis pour le calcul des prévisions par semaine selon les ventes de l'année passée.

❖ Planification de Déploiement

Avant de commencer l'analyse du processus Planification des Déploiement, nous tenons à rappeler que Fruital s'occupe de deux types de distribution :

- Distribution Indirecte : il s'agit dans ce cas d'assurer la disponibilité des produits Fruital dans sa limite géographique à travers un réseau de grossistes et de dépositaires.
- Distribution Directe : ce type de distribution est utilisé pour couvrir 5 centres de distribution : Khemis El Khechna (KEK), Bordj Bou-Argeridj (BBA), Blida, Tipaza, Tizi-Ouzou. Il s'agit d'alimenter ces centres à partir de l'unité de Rouïba et de centre de Réghaia pour pouvoir alimenter leurs clients à leurs tours.

Dans notre cas, on ne s'intéresse qu'à la Distribution Directe. Le planificateur de Déploiement est chargé du calcul des quantités à approvisionner. Il procède comme suit :

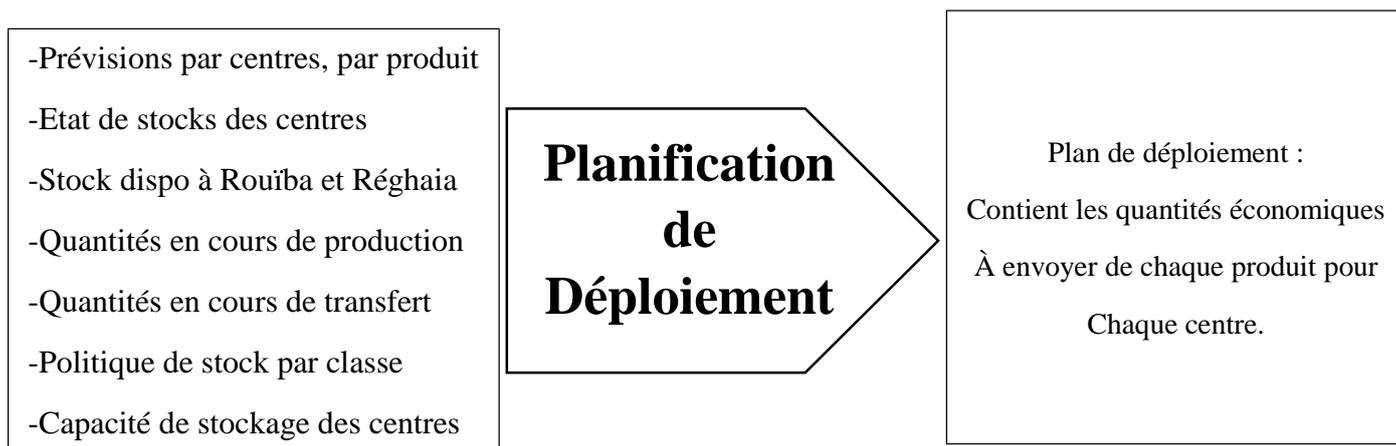


Figure II-11 : Cartographie niveau 3 de processus Planification de Déploiement

Etape 1 : Collecte de données

Dans cette première étape, il est question d'avoir toutes les données nécessaires aux calculs des quantités économiques. Ces données sont :

- Prévisions de la demande par centre et par produits établies par le planificateur des prévisions (Demand Planner).
- Etat des stocks de chaque centre de distribution ainsi que sa capacité de stockage.
- Etat des stocks de Rouïba et Réghaia pour voir la disponibilité des produits.
- Les quantités qui sont en cours de production au cours de la semaine à partir de plan de production (planificateur de la production).
- Les quantités en cours de transfert sont les quantités qui sont envoyées mais pas encore reçues par les centres. Ceux sont des quantités en transit
- La politique de stock par classe de produit : un seuil de reemplètement est défini pour chaque classe « Target Stock ». Ce dernier dépend de la consommation moyenne journalière (caisse physique/jour) et le jour de couverture et il est calculé par le Demand Planner. Ainsi :

*Target Stock = Consommation Moyenne Journalière * Nombre jours de couverture*

Avec :

- Classe A : 3 jours
- Classe B : 6 jours
- Classe C : 10 jours

Etape 2 : Calcul des quantités à déployer

Après avoir collecté toutes les données nécessaires, et sachant que Fruitall applique une politique de reemplètement pour les centres ; les quantités à déployer de chaque produit pour chaque centre sont calculés de la façon suivante :

Quantité à Déployer = Target Stock – Dispo au centre – En Transit – Programmée

➤ **Les dysfonctionnements**

- Dans le cas où la somme des quantités à déployer de même produits pour les différents centres est supérieure à la quantité disponible à Rouïba et Réghaia, le planificateur essaye de partager cette dernière entre les différents centres d'une manière équitable. Pas de calculs de quantités dans ce cas, il procède par tâtonnement.
- L'horizon de la planification de déploiement est journalier, alors que celui de la planification des prévisions et de production est hebdomadaire. En travaillant sur un horizon de planification journalier, le planificateur ne peut pas anticiper les événements futurs durant la semaine.
- Les prévisions de Fruitall sont agrégées, c'est-à-dire elles sont élaborées par mois et pour toute l'entreprise. Des split sont utilisés pour désagréger ces prévisions : un premier split pour avoir des prévisions par semaine, puis un autre split pour avoir les prévisions par centres. Cette méthode engendre une perte d'informations sur la demande.
- Les stocks de sécurité sont exprimés en nombre de jours de couverture qui est une approche commune, simple et largement utilisée dans des situations moins sophistiquées.

Les dysfonctionnements cités ci-dessus engendrent deux types de ruptures de stock :

- Ruptures de stocks causées par les aléas de prévisions de la demande.
- Ruptures de stocks causées par l'indisponibilité des produits dans l'unité de production de Rouïba et l'entrepôt de Réghaia.

II.3 Problématique & Cadre de Travail

Le secteur des boissons non alcoolisées en Algérie est l'un des secteurs d'activités caractérisé par une forte concurrence. Fruitall occupe la place de leader sur ce marché avec la grande variété de produits qu'elle offre pour ses clients. Or, elle souffre à cause de ruptures de stock auxquelles elle fait face dans ses centres de distribution. Ces ruptures altèrent le taux de service client, ce qui engendre des pertes de parts de marché. Elle se doit d'avoir une chaîne logistique efficace sur le plan opérationnel pour garder sa place en tant que leader.

C'est dans ce cadre que notre problématique s'inscrit. Elle consiste à améliorer le taux de service client en répondant à la question suivante : comment minimiser les ruptures de stocks dans les différents centres de distribution ?

Dans le prochain chapitre, des solutions sont proposées pour remédier aux problèmes de ruptures. Pour ce faire, en premier lieu, un dimensionnement de stocks de sécurité est fait pour pallier aux ruptures issues des aléas de la demande en intégrant un taux de service dans la méthode de calcul. Puis, un modèle mathématique est utilisé pour modéliser la chaîne de distribution de Fruitall afin d'identifier la politique de distribution optimale.

II.4 Conclusion

Ce chapitre, nous a permis de présenter l'organisme d'accueil Fruitall Coca-Cola ainsi que son mode opératoire, d'une part. D'autre part, il nous a permis de repérer les dysfonctionnements via un diagnostic du processus Planification qui est un processus stratégique de la chaîne logistique de Fruitall. Ces dysfonctionnements sont :

- Problème de définition des stocks de sécurité.
- Problème de calcul des quantités de stock à déployer.

Le chapitre suivant explique notre démarche pour proposer des solutions pertinentes en mettant en place une procédure de calcul des stocks de sécurité dans les centres de distribution permettant de faire face aux aléas de la demande, et aussi en utilisant les techniques de modélisation linéaire afin de modéliser la chaîne de distribution logistique de l'entreprise. Le modèle obtenu sera résolu par la suite par le logiciel CPLEX afin d'identifier la politique de distribution optimale.

Chapitre III : Solutions Proposées

Dans ce dernier chapitre, nous allons développer les solutions proposées. Celles-ci consistent en la mise en place d'une procédure de calcul des stocks de sécurité dans les centres de distribution permettant de faire face aux aléas de la demande (ventes supérieures aux prévisions) ; et aussi en utilisant les techniques de modélisation linéaire afin de modéliser la chaîne de distribution logistique de l'entreprise pour minimiser les ruptures de stocks sur les différents centres.

III.1 Solution 1 : Dimensionnement de stock de sécurité

La première solution que nous allons présenter est le dimensionnement des stocks de sécurité dans les centres de distribution dans le but de pallier aux problèmes de ruptures de stocks causées par les aléas de la demande. En effet, Fruital n'a pas défini des stocks de sécurité dans ses centres. Elle les exprime sous forme de nombre de jours de couverture selon la classification ABC (Annexe 3). Cette méthode ne permet pas d'intégrer le taux de service souhaité dans les calculs de ces stocks.

Dans notre cas, nous avons utilisé la répartition de Gauss pour dimensionner le stock de sécurité en supposant les hypothèses suivantes :

- La consommation suit une loi normale ;
- Le délai de livraison est fixe.

$$SS = z * \sigma x * \sqrt{d}$$

Ce modèle utilise une analyse statistique pour déterminer le niveau du stock de sécurité à partir de la distribution de la demande, des délais de livraison et un coefficient de sécurité qui s'établit selon le niveau de service que l'entreprise désire atteindre.

- SS : Stock de sécurité.
- d : Délai de livraison qui dépend de la localisation du centre.
- z : Coefficient de sécurité associé au taux de service souhaité par Fruital.
- $\sigma x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n e_i^2}{n-1}}$: écart-type de la demande.
- n : nombre de périodes.

III.1.1 Taux de service

Comme nous pouvons le constater dans la formule du modèle, le taux de service que l'entreprise désire offrir influe le niveau du stock de sécurité. L'un des taux utilisés par Fruital est le CFR (Case Fill Rate) : C'est le pourcentage du taux d'achèvement des caisses physiques délivrés. Une mesure de la capacité de la chaîne d'approvisionnement existante à répondre à la demande clientèle.

Case Fill Rate est une mesure critique qui quantifie la satisfaction des clients, et à cette fin, le CFR doit être mesuré par rapport au volume original commandé par les clients avant tout processus interne de vérification et de confirmation.

Méthode de calcul

- Pour chaque ligne de commande, le CFR doit être calculé. Si, pour une raison quelconque, la quantité livrée est supérieure à la quantité commandée, la ligne de commande CFR sera 100% (CFR ne peut être supérieur à 100%)

$$\text{Ligne de commande CFR \%} = \frac{\text{Quantité livrée confirmée par ligne de commande}}{\text{Quantité commandée originale par ligne de commande}}$$

- Le total du CFR devrait être pondéré pour chaque quantité commandée originale.

$$\text{CFR \%} = \frac{\sum(\text{ligne de commande CFR \%} \times \text{Quantité commandée originale par ligne de commande})}{\sum \text{Quantité commandée originale par ligne de commande}}$$

III.1.2 Ecart type

III.1.2.1 Prévisions par centre : split centre

Sachant que Fruital établie des prévisions globales, pour avoir les prévisions de ventes par centre pour le mois de mai, des ratios (split) R_j sont définis pour chaque centre de distribution de la manière suivante : Pour chaque mois qui précède le mois de mai (janvier, février, mars, avril) :

$$R_j = \sum_{i=1}^{49} R_i / 49 : \text{moyenne des } R_i \text{ pour chaque centre } j$$

Avec :
$$R_i = \frac{\text{vente de produit } i \text{ au centre } j \text{ durant le mois } t}{\text{vente globale de produit } i \text{ durant le mois } t} ; i = 1..49$$

Les tableaux suivants donnent les résultats pour chaque centre j

Centre j	Indirect	KEK	Tizi-Ouzou	Blida	Tipaza	BBA	Total
Janvier	37.77	36.4	10.5	7.75	4.51	3.14	100.07
Février	37.11	38.83	8.97	8.0	4.47	3.32	100.7
Mars	44.68	33.53	6.85	5.59	3.33	2.92	96.9
Avril	44.68	33.53	6.85	5.59	3.33	2.92	96.9

Tableau III-1 : Pourcentage des centres selon le mois

Pour le mois de Mai, au lieu de faire les calculs sur les ventes, nous les avons faits sur les prévisions en supposant que les ratios calculés à partir des ventes sont égaux aux ratios calculés à partir des prévisions. Ainsi pour le mois de Mai :

Centre j	Indirect	KEK	Tizi-Ouzou	Blida	Tipaza	BBA	Total
Mai	44.68	33.53	6.85	5.59	3.33	2.92	96.9

Tableau III-2 : Pourcentage des centres pour Mai

Remarques :

- Depuis le mois de Mars, un nouveau centre de distribution a vu le jour dans la wilaya de Ain Defla, ce qui explique que le total des ratios à partir de ce mois ne soit pas égal à 100%.
- Les ventes indirectes (centres Rouïba et Réghaia) représentent environ 45% des ventes totales de Fruital. Alors que les ventes directes représentent plus de la moitié des ventes globales.

III.1.2.2 Ecart-type de la demande

Dans le dimensionnement du stock de sécurité, pour être plus proche de la réalité, il est préférable de travailler avec les ventes réelles des centres de distribution. D'où, pour chaque centre j et pour chaque produit i , l'analyse de ces écarts est nécessaire pour pallier aux problèmes de ruptures de stock.

Sera pris en considération, un horizon de n=17 semaines (début janvier 2017- fin avril 2017).

$$\partial x = \sqrt{\sum_{i=1}^{17} (\text{vente semaine } i - \text{moyenne ventes})^2 / 16}$$

Le tableau ci-dessous donne les résultats pour un échantillon de 6 produits :

SKU	∂x KEK	∂x Tizi-Ouzou	∂x Blida	∂x Tipaza	∂x BBA
Coca Cola 1L PET	7436	2405	1838	1180	1344
Coca Cola 2L PET	2482	1304	579	375	735
Fanta Orange 1L Ver	132	37	40	32	21
Fanta Citron 33CL Can	103	27	8	5	18
Vimto 1L PET	1152	59	111	35	38
Rani Orange 100 CL	159	57	32	26	81

Tableau III-3 : Ecart-type des ventes selon le centre

Le calcul de ces écarts a été effectué pour chaque produit dans chaque centre de distribution en analysant les écarts entre la moyenne des ventes et les ventes par semaine alors que le délai de livraison est journalier. Une conversion de ces écarts selon le délai de livraison est nécessaire pour le bon dimensionnement des stocks de sécurité.

III.1.3 Stocks de sécurité

Une fois les écarts calculés, il est question d'intégrer le même taux de service CFR=95% (z=1.644) dans chaque centre et un délai de livraison d qui est fixe selon le centre (Annexe 4)

SKU	SS KEK	SS Tizi-Ouzou	SS Blida	SS Tipaza	SS BBA
Coca Cola 1L PET	6446	2331	1745	1121	1354
Coca Cola 2L PET	2152	1263	550	356	740
Fanta Orange 1L Ver	115	36	38	31	21
Fanta Citron 33CL Can	89	26	8	4	18
Vimto 1L PET	999	57	106	34	39
Rani Orange 100 CL	138	55	30	24	82

Tableau III-4 : Résultats des stocks de sécurité par centres

III.1.4 Taux de couverture

Les stocks de sécurité calculés dans la partie (III.1.3, page 43) peuvent être traduits sous forme de nombre de jours de couverture en utilisant la formule ci-dessous. Ces valeurs représentent le nombre de jours que ces stocks de sécurité peuvent couvrir en cas d'anomalies.

$$\text{taux de couverture} = \frac{\text{stock de sécurité}}{\text{consommation moyenne journalière}}$$

SKU	Taux KEK	Taux Tizi-Ouzou	Taux Blida	Taux Tipaza	Taux BBA
Coca Cola 1L PET	1	2	1	2	3
Coca Cola 2L PET	1	2	1	1	3
Fanta Orange 1L Ver	1	1	1	1	2
Fanta Citron 33CL Can	2	4	2	2	6
Vimto 1L PET	3	1	3	1	3
Rani Orange 100 CL	2	3	1	2	14

Tableau III-5 : Taux de couverture des stocks de sécurité selon le centre

Remarque : pour un même produit, le taux de couverture varie d'un centre de distribution à un autre ce qui explique que la classification ABC de Fruital change selon le centre.

III.1.5 Conclusion

Pour cette première solution, des stocks de sécurité ont été dimensionnés à partir des ventes de l'année 2017 en intégrant le taux de service que l'entreprise Fruital désire atteindre. Ces stocks sont pour chaque produit et pour les différents centres afin minimiser les ruptures causées par les aléas de la demande.

Ces stocks seront utilisés dans la seconde solution comme paramètres du modèle mathématique afin d'améliorer le déploiement des stocks.

III.2 Solution 2 : Elaboration d'un modèle mathématique

Après avoir élaboré une première solution qui consiste au dimensionnement d'un stock de sécurité pour les différents centres, nous allons dans ce qui suit présenter la seconde solution qui est la modélisation de la chaîne de distribution directe de Fruital par un modèle mathématique.

D'une part, ce modèle décrit la chaîne de distribution et prend en considération tous ces paramètres afin de réduire les ruptures causées par l'indisponibilité des produits dans les centres de distribution sur un horizon de période défini. D'autre part, il permet de détecter ces ruptures à l'avance pour permettre de donner une fourchette de temps afin d'agir sur ces ruptures et les réduire.

En premier lieu, nous allons modéliser la chaîne de distribution de Fruital afin de donner un aperçu sur sa configuration et ces différents flux physiques possibles. En second lieu, nous allons traduire cette modélisation par un modèle mathématique.

III.2.1 Modélisation de la chaîne de distribution directe de Fruital

La chaîne de distribution directe de Fruital pour notre cas d'étude se compose de 5 centres de distribution plus deux sources de réapprovisionnement qui sont l'unité de production de Rouïba et le dépôt de stock de Reghaia. Celui-ci est considéré comme un régulateur de stock.

Chaque centre doit satisfaire une demande client et possède une capacité de stockage limité (Annexe 4). Ces centres représentent 50% de la demande globale de Fruital.

Une fois les produits finis sont sortis de la production, ils sont stockés dans une zone de stockage dans l'usine afin d'être distribuer vers les centres. Une fois les produits déployés vers ces centres, ce qui reste est transporté vers le dépôt de Reghaia. Ce dernier aussi distribue les produits vers les différents centres.

Les 5 centres de distribution sont les suivant :

Code du centre	Dénomination	Localisation
A101	KEK	Khemis El Khechna
A200	Tipaza	Tipaza
A201	BBA	Bordj Bou Arreridj
A202	Blida	Blida
A203	Tizi	Tizi Ouzou

Tableau III-6 : Les centres de distribution de Fruital Coca Cola

Nous allons modéliser les flux physiques possibles entre les différents nœuds de la chaîne de distribution de Fruital.

- Le nombre de source d'approvisionnement est égal à deux (unité de production et l'entrepôt central).
- Le nombre de centre de distribution $j = 5$.
- Le nombre de produit $i = 49$.

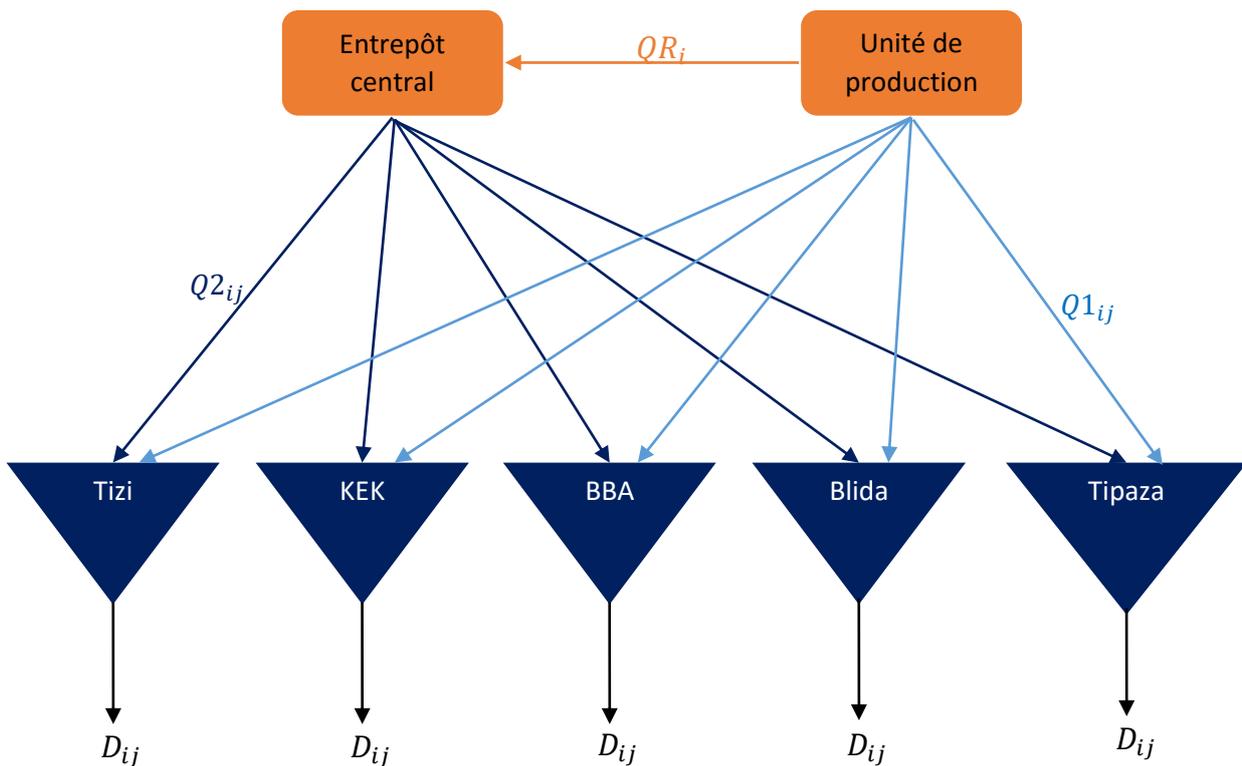


Figure III-1 : Chaîne de distribution directe de Fruitful Coca Cola

III.2.2 Elaboration du modèle mathématique

Dans ce qui suit, nous allons développer la chaîne de distribution de Fruitful par un programme linéaire afin de l'optimiser et de répondre à notre objectif qui est de réduire les ruptures de stocks dans les centres.

III.2.2.1 Définition du problème

Dans le cadre de notre travail, nous nous intéressons aux problèmes d'approvisionnement au sein de la chaîne de distribution aval en intégrant les problèmes de ruptures de stocks des produits dans les différents centres de distribution. Ceci doit se faire en minimisant les coûts de ruptures de stocks des produits d'une part, et d'autre part, en calculant les quantités optimales à envoyer pour assurer la satisfaction de la demande et la disponibilité des produits. Ceci fera face aux aléas de la demande en intégrant un stock de sécurité et un taux de service.

III.2.2.2 Définitions et notations

Dans cette partie, nous allons modéliser mathématiquement notre problématique en définissant les variables nécessaires sachant qu'il existe 5 centres de distribution et 49 produits différents.

Ensembles :

- I : Ensemble des Produits ; i un élément de I.
- J : Ensemble des centres de distribution ; j un élément de J.

- T : Ensemble des périodes ; t un élément de T .

Données :

- Cr_{ij} : Coût de rupture du produit i par caisse physique dans le centre de distribution j . (Annexe 5)
- K_j : Capacité de stockage du centre de distribution j (exprimé en caisse physique).
- KD_1 : Capacité de stockage de l'unité de production de Rouïba (exprimée en caisse physique).
- KD_2 : Capacité de stockage du dépôt de Réghaia (exprimée en caisse physique).

Paramètres d'entrées :

- D_{ij}^t : Demande du produit i par le centre de distribution j à la période t . La valeur de la demande est récupérée à partir des prévisions.
- QP_i^t : Quantité qui va être produite du produit i à la période t dans l'unité de production de Rouïba. Cette quantité est récupérée à partir du plan de production planifié par l'entreprise.
- Ss_{ij} : Stock de sécurité du produit i pour le centre de distribution j .
- A_{ij} : Stock initial du produit i au centre de distribution j .
- $S1_i$: Stock initial à l'unité de production de Rouïba.
- $S2_i$: Stock initial au dépôt de Réghaia.

Variables de décisions :

- H_{ij}^t : Quantité non livrée du produit i au centre de distribution j à la période t .
- $Q1_{ij}^t$: Quantité envoyée de l'unité de production de Rouïba du produit i vers le centre de distribution j à la période t .
- $Q2_{ij}^t$: Quantité envoyée du dépôt de Réghaia du produit i vers le centre de distribution j à la période t .
- QR_i^t : Quantité envoyée de l'unité de production de Rouïba du produit i vers le dépôt de Réghaia à la période t .
- R_{ij}^t : Stock restant du produit i au centre de distribution j à la fin de la période t .
- $Sr1_i^t$: Stock restant à l'unité de production de Rouïba du produit i à la période t .
- $Sr2_i^t$: Stock restant au dépôt de Réghaia du produit i à la période t .

Fonction Objectif

La fonction objectif vise à minimiser les coûts globaux de ruptures de stocks des produits i dans tous les centres de distribution (c'est à dire les coûts de non satisfaction de la demande), cela se fait par la minimisation des quantités non livrées des produits i pour les différents centres j .

Le modèle permet aussi d'une part, de déterminer les quantités optimales à envoyer de l'unité de production de Rouïba ou du dépôt de Réghaia vers les centres de distribution et d'autre part, de calculer les quantités de stock restant dans les centres de distribution, l'unité de production de Rouïba et le dépôt de Réghaia.

La fonction objectif s'écrit alors comme suit :

$$\text{Min} \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{t \in T} Cr_{ij} H_{ij}^t$$

Contraintes du modèle

- Contrainte 1 : Satisfaction de la demande

Cette contrainte exprime la conservation de matière dans chaque centre de distribution : le stock restant de la période précédente plus les quantités envoyées de l'unité de production de Rouïba et du dépôt de Réghaia doivent correspondre à la quantité demandée moins la quantité non livrée (qui est la rupture) en ajoutant à cela le stock restant à la fin de période.

Remarque : Pour prendre en compte les délais de livraison, on envoie les quantités une période à l'avance afin de prévoir le délai de livraison qui correspond à une journée.

Cette contrainte se traduit comme suit :

$$R_{ij}^t + Q1_{ij}^t + Q2_{ij}^t = D_{ij}^{t+1} - H_{ij}^{t+1} + R_{ij}^{t+1}, \forall i \in I, j \in J, t \in T \quad (1)$$

Avec $R_{ij}^0 = A_{ij}, \forall i \in I, j \in J$

- Contrainte 2 : Conservation de matière dans le l'unité de production de Rouïba

Cette contrainte implique que le stock restant dans l'unité de production à la période $t + 1$ est calculé en prenant en considération les stocks restants à la période t ainsi que les quantités produites à la période suivante $t+1$ et en soustrayant les flux physiques sortants de l'unité de Rouïba vers les centres ainsi que vers le dépôt de Réghaia.

Cette contrainte s'écrit comme suit :

$$Sr1_i^{t+1} = Sr1_i^t + QP_i^t - QR_i^{t+1} - \sum_{j \in J} Q1_{ij}^{t+1}, \forall i \in I, \quad t \in T \quad (2)$$

- Contrainte 3 : Capacité de stockage de Rouïba

Avec cette contrainte, on impose que la somme des stocks restants de chaque produit i n'excède pas la capacité maximale KD_1 de l'unité de Rouïba.

Cette contrainte est modélisée par l'inéquation suivante :

$$\sum_{i \in I} Sr1_i^t \leq KD_1, \forall t \in T \quad (3)$$

- Contrainte 4 : Conservation de matière dans le dépôt de Reghaia

Cette contrainte assure que le stock restant dans le dépôt de Réghaia à la période $t + 1$ est calculé en prenant en considération les stocks restants à la période t ainsi que les quantités envoyées de l'unité de Rouïba vers le dépôt et en soustrayant les flux physiques sortants du dépôt de Réghaia vers les centres de distribution.

Cette contrainte est définie comme suit :

$$Sr2_i^{t+1} = Sr2_i^t + QR_i^{t+1} - \sum_{j \in J} QZ_{ij}^{t+1}, \forall i \in I, \quad t \in T \quad (4)$$

- Contrainte 5 : Capacité de stockage de Réghaia

Cette contrainte vérifie que la somme des stocks restants au dépôt de Réghaia ne dépasse pas la capacité de stockage maximale KD_2 .

Cette contrainte est modélisée par l'inéquation suivante :

$$\sum_{i \in I} Sr2_i^t \leq KD_2, \forall t \in T \quad (5)$$

- Contrainte 6 : Stock de sécurité

Cette contrainte impose que le stock restant dans le centre de distribution de chaque produit, doit dépasser le stock de sécurité dans le cas où il y'a pas rupture de stock (c'est à dire $H_{ij}^t = 0$). Dans le cas où une rupture de stock a eu lieu (c'est à dire $H_{ij}^t \neq 0$) alors le stock de sécurité est consommé afin de réduire la rupture ou de l'éliminer totalement selon le degré de la rupture.

Cette contrainte se traduit comme suit :

$$R_{ij}^t \geq Ss_{ij} - H_{ij}^t, \quad \forall i \in I, j \in J, t \in T \quad (6)$$

- Contrainte 7 : Capacité de stockage des centres

Par cette contrainte, le modèle s'assure que les quantités de stocks restants dans les différents centres de distribution n'excèdent pas leurs capacités de stockage K_j respectives.

$$\sum_{i \in I} R_{ij}^t \leq K_j, \quad \forall i \in I, j \in J, t \in T \quad (7)$$

Pour résumer, le modèle s'écrit comme suit :

La Fonction Objectif :

$$\text{Min} \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{t \in T} Cr_{ij} H_{ij}^t$$

Les contraintes :

$$R_{ij}^t + Q1_{ij}^t + Q2_{ij}^t = D_{ij}^t - H_{ij}^t + R_{ij}^{t+1}, \forall i \in I, j \in J, t \in T \quad (1)$$

$$\text{Avec } R_{ij}^0 = A_{ij}, \forall i \in I, j \in J$$

$$Sr1_i^{t+1} = Sr1_i^t + Q_i^{t+1} - \sum_{j \in J} (Q1_{ij}^t - Q2_{ij}^t), \forall i \in I, t \in T \quad (2)$$

$$\sum_{i \in I} Sr1_i^t \leq KD_1, \forall t \in T \quad (3)$$

$$Sr2_i^{t+1} = Sr2_i^t + Q2_i^t - \sum_{j \in J} Q2_{ij}^t, \forall i \in I, t \in T \quad (4)$$

$$\sum_{i \in I} Sr2_i^t \leq KD_2, \forall t \in T \quad (5)$$

$$R_{ij}^t \geq Ss_{ij} - H_{ij}^t, \forall i \in I, j \in J, t \in T \quad (6)$$

$$\sum_{i \in I} R_{ij}^t \leq K_j, \forall i \in I, j \in J, t \in T \quad (7)$$

$$H_{ij}^t \geq 0, \quad Q1_{ij}^t \geq 0, \quad Q2_{ij}^t \geq 0, \quad \forall i \in I, j \in J, t \in T$$

$$Sr1_i^t \geq 0, \quad Sr2_i^t \geq 0 \quad \forall i \in I, t \in T$$

$$Q2_i^t \geq 0, \quad \forall i \in I, t \in T$$

$$R_{ij}^t \geq 0, \quad \forall i \in I, j \in J, t \in T$$

Le modèle mathématique suivant est un programme linéaire avec une fonction objectif qui minimise les coûts liés aux ruptures de stocks soumis à des contraintes qui décrivent la réalité auxquelles fait face le planificateur du processus déploiement des stocks.

Les données d'entrées du modèle sont :

- La demande de chaque centre de distribution ;
- L'état actuel des stocks de chaque centre de distribution ;
- La capacité de stockage de chaque centre de distribution ;
- L'état actuel des stocks des deux sources d'approvisionnement ;
- La capacité de stockage des deux sources d'approvisionnement ;
- Les stocks de sécurités pour chaque centre ;
- Les quantités qui vont être produite par l'unité de production de Rouïba ;
- Les coûts de ruptures des stocks.

Nous avons élaboré le modèle mathématique en incluant les faits existants dans l'entreprise afin qu'il soit le plus proche possible de la réalité. Ces faits sont les suivants :

- Le modèle tient compte du délai de fabrication : les quantités produites à la période t sont considérées comme stock disponible à la période $t+1$.
- Le modèle tient compte du délai de livraison : les quantités planifiées à la période t sont déployées afin de satisfaire la demande de la période $t+1$.

Pour résumer, les quantités produites à la période t sont considérées comme stock disponible et planifiées à la période $t+1$ pour satisfaire la demande de la période $t+2$.

III.2.2.3 Fonctionnement du modèle

Le modèle permet de détecter les ruptures de stocks qui pourraient se produire. Ces ruptures sont le résultat de la non-satisfaction de la demande dus à l'indisponibilité des produits dans les sources d'approvisionnement.

Le modèle permet aussi de calculer les quantités optimales à déployer des deux sources d'approvisionnement vers les différents centres de distribution pour chaque produit.

Pour calculer ces quantités, le modèle prend en considération le stock initial, la demande et la capacité de stockage ainsi que le stock de sécurité pour chaque centre et les stocks disponibles au niveau de Rouïba et Réghaia. Pour les stocks disponibles à Rouïba, on inclut les quantités qui sortent de la production de la période précédente dans les stocks disponibles. Dans le dépôt de Réghaia, on inclut les quantités qui vont être envoyées de Rouïba vers Réghaia dans la période $t+1$.

Le modèle s'assure de trouver un équilibre entre les paramètres de chaque centre et les stocks disponibles dans les sources d'approvisionnement en envoyant les quantités pour satisfaire la demande de chaque centre, plus le stock de sécurité afin minimiser les ruptures de stocks car il intègre en même temps les 5 centres et les 49 produits sur un horizon d'une semaine.

Les stocks restants dans les centres de distribution ainsi que dans l'unité de production de Rouïba et le dépôt de Réghaia sont calculés pour chaque produit et pour chaque période de l'horizon.

Les données de sorties du modèle sont :

- Les ruptures de stocks qui vont avoir lieu ;
- Les quantités optimales à envoyer de l'unité de production vers les centres de distribution pour chaque période de l'horizon.
- Les quantités optimales à envoyer du dépôt de Réghaia vers les centres de distribution pour chaque période de l'horizon.
- Les quantités optimales à envoyer de l'unité de production de Rouïba vers le dépôt de Réghaia pour chaque période de l'horizon.
- Les stocks restants dans les centres de distribution, l'unité de production et le dépôt de Réghaia pour chaque période de l'horizon.

III.2.2.4 Résolution du Modèle

Le problème est un problème décisionnel d'optimisation linéaire, il appartient à la classe des problèmes NP-difficiles.

La résolution de ce problème est effectuée en utilisant le logiciel CPLEX qui est un outil informatique d'optimisation et un solveur de programmation mathématique pour la programmation linéaire, la programmation mixte en nombre entier, et la programmation quadratique (Site officiel d'IBM). Il s'agit de l'un des solveurs les plus performants.

Afin de résoudre le modèle, un code sur CPLEX a été généré, les données et les paramètres d'entrée sont sous forme de matrice ont été appelées à partir d'un fichier Excel.

Les matrices seront sous la forme suivante :

Matrice de la demande du centre j	Période (jours)		
	1	...	6
Articles			
i	1452	...	693
...		...	
...		...	
...		...	
N	102	...	49

Stock de sécurité du centre j	
Articles	Stock de sécurité
i	1230
...	...
...	...
...	...
n	340

Stock initial du centre j	
Articles	Stock initial
i	6900
...	...
...	...
...	...
N	250

Stock initial de l'unité de production	
Articles	Stock initial
i	7300
...	...
...	...
...	...
n	1500

Coûts de ruptures	
Articles	Coûts
i	400
...	...
...	...
...	...
n	200

Quantités qui vont être produites	Période (jours)		
	1	...	5
Articles			
i	1452	...	693
...		...	
...		...	
...		...	
n	102	...	49

L'initialisation s'est faite de la manière suivante :

Les quantités qui vont être produite sont initialisées chaque semaine à partir du plan de production hebdomadaire. En supposant que le délai de fabrication est de 24h, ce qui veut dire que les quantités qui, planifiées au jour j seront disponibles le jour j+1.

La demande du centre j est initialisée chaque semaine avec les prévisions hebdomadaire de chaque centre. Les stocks initiaux sont initialisés chaque début de semaine à partir des stocks disponibles.

III.2.3 Présentation et analyse des résultats du modèle

Place maintenant à l'analyse des résultats obtenus à partir du modèle en utilisant CPLEX. Pour voir l'impact des stocks de sécurité calculés dans la partie (III.1.3, page 53) sur les ruptures. L'analyse se fera en deux parties :

III.2.3.1 Partie 1

Résultats du modèle sans stocks de sécurité dans les centres de distribution. Dans cette partie, le modèle est configuré sans prendre en considération les stocks de sécurité. Nous avons introduit les données d'entrées présentées précédemment avec la période k=5 et le nombre de produit n=49. Pour ce qui concerne le plan de production (Annexe 6), les stocks initiaux dans les centres, la demande, les stocks initiaux à Rouïba et Réghaia (Annexe 7), nous avons pris les données réelles de Fruital de la semaine du 14 au 20 mai 2017.

➤ Calcul des quantités à déployer

L'une des variables de décision du modèle est : les quantités à envoyer de chaque produit pour chaque centre afin de satisfaire sa demande. Ces quantités sont calculées de sorte à minimiser les ruptures de stocks dans ces centres :

Voici un exemple de calcul de ces quantités pour le produit Coca Cola Zéro Cannelle avec :

- Stock disponible à Rouïba = 0 ;
- Stock disponible à Réghaia = 360 ;
- La demande est donnée par le tableau suivant :

Centre	KEK	Tizi-Ouzou	Blida	Tipaza	BBA
Demande					
Période 1	121	15	11	7	6
Période 2	121	15	11	7	6
Période 3	60	7	5	3	3
Période 4	58	7	5	3	2

Tableau III-7 : Demande de Coca Cola Zéro Cannelle

Les résultats sont résumés dans la tableau ci-dessus :

Centre	KEK	Tizi-Ouzou	Blida	Tipaza	BBA
Demande totale	360	44	32	20	17
Stock initial	0	0	120	0	0
Quantité envoyée	294	29	0	20	17
Rupture	66	15	0	0	0

Tableau III-8 : Plan de déploiement pour Coca Cola Zéro Cannelle

- A partir de ce tableau, les quantités envoyées depuis l'entrepôt de Réghaia vers le centre de Blida est égale à 0 car le stock disponible au sein du centre suffit pour satisfaire la demande totale de la région. De ce fait, le modèle essaye de minimiser les ruptures sur l'ensemble des autres centres de distribution.
- Pour les centres Tipaza et BBA, la demande est satisfaite à 100 %.
- Le modèle a permis de satisfaire 81 % de la demande de KEK et 66 % de la demande de Tizi Ouzou.

➤ **Calcul et Analyse des ruptures**

Vu que les quantités déployées à partir de Rouïba et Réghaia pour répondre à la demande n'ont pas permis de la satisfaire. Le modèle nous a permis de repérer les ruptures qui auront lieu durant la semaine du 14-20 mai 2017. Ces ruptures sont calculées par centre et par produit de manière à faciliter l'intervention afin de les minimiser.

Le tableau suivant donne les résultats des ruptures de stocks H pour le centre KEK :

Code SKU	Dénomination	Hij (rupture)	Classe SKU	Montant ruptures (DA)
1092	COCACOLA 25CL 24 CAN	3458		
1030	COCACOLA 30CL B VER	2437	A	2188036
3011	FANTA ORANGE 1L 12 B VER	254		
8158	FANTA ANANAS 2L PET	865		
9932	RANI COCKTAIL 100CL 12B	303	B	486026
2080	SPRITE 1L 12 B VER	112		
2030	SPRITE 30CL 24 B VER	289		
9234	FANTA FRAISE 33CL 24CAN	245		
2070	SPRITE 33CL 24 CAN	166	C	300338
2007	SPRITE 0.5L 12BPET	143		
8132	COCA ZERO 33CL 24 CAN	58		

Tableau III-9 : Ruptures de stocks de KEK

- Pour le centre de KEK, sur 49, 11 produits sont en rupture de stock dont 3 produits sont de la classe A.
- On remarque que les ruptures des produits de la classe A sont assez importantes par rapports aux ruptures des produits de la classe B et C, elles représentent 74 % des ruptures totales de KEK, cela est dû à leurs fortes demandes.

Les ruptures du centre Tizi-Ouzou sont données par le tableau ci-après :

Code SKU	Dénomination	Hij (rupture)	Classe SKU	Montant Rupture (DA)
1030	Coca Cola 30Cl 24B VER	897	A	238602
1092	Coca Cola 25Cl 24 CAN	669		
8158	Fanta Ananas 2L 6B PET	130	B	345337
3011	Fanta Orange 1L 12B VER	77		
2030	Sprite 30Cl 24B VER	101		
9932	Rani Cocktail 100CL 12B	43		
9234	Fanta Fraise 33CL 24 CAN	37	C	98999
2070	Sprite 33Cl 24 CAN	36		
8132	Coca Zéro 33CL CAN	22		
2080	Sprite 1L 12B VER	18		

Tableau III-10 : Ruptures de stocks du centre Tizi Ouzou

- Dans ce centre, c'est les classe A et B qui subissent des pertes importantes par rapport à la classe C. Les classes A et B représentent près de 90 % des pertes.

Pour Tipaza, les ruptures sont :

Code SKU	Dénomination	Hij (rupture)	Classe SKU	Montant Rupture (DA)
1092	Coca Cola 25Cl 24 CAN	409		
1080	Coca Cola 1L 12B VER	186	A	292299
1030	Coca Cola 30Cl 24B VER	158		
9219	Sprite 2L 6B PET	63		
8158	Fanta Ananas 2L 6B PET	89		
9516	Sw Mandarine	61	B	44019
2080	Sprite 1L 12B VER	10		
9930	Rani Orange 100Cl 12B	7		
2030	Sprite 30Cl 24B VER	50		
9932	Rani Cocktail 100Cl 12B	26		
9234	Fanta Fraise 33Cl 24 CAN	18	C	44264
2070	Sprite 33Cl 24 CAN	17		

Tableau III-11 : Ruptures de stocks pour le centre de Tipaza

- La classe A représente près de 77 % des pertes totales, les 23 % restantes sont partagées entre les classes B et C.

Les résultats de H pour le centre de Blida :

Code SKU	Dénomination	Hij (rupture)	Classe SKU	Montant Rupture (DA)
1092	COCACOLA 25CL 24 CAN	610	A	314610
1030	COCACOLA 30CL 24 B VER	215		
8158	FANTA ANANAS 2L 6 B PET	173	B	94727
9219	SPRIT 2L 6B PET	94		
2030	SPRITE 30CL 24 B VER	58		
9932	RANI COCKTAIL 100CL 12B	44	C	60975
9234	FANTA FRAISE 33CL 24 CAN	41		
2070	SPRITE 33CL 24 CAN	26		
2080	SPRITE 1L 12 B VER	17		

Tableau III-12 : Ruptures de stocks pour le centre Blida

- Pour le centre de Blida, 9 produits sur 49 sont en rupture de stocks dont 2 de la classe A, 3 de la classe B et 4 de la classe C.
- Les ruptures les plus importantes se situent dans la classe A avec 67 % des pertes, suivies par la classe B avec 20 % et en dernier, la classe C avec 13 %

Pour le centre de BBA, le résultat des ruptures est :

Code SKU	Dénomination	Hij (rupture)	Classe SKU	Montant Rupture (DA)
1092	COCACOLA 25CL 24 CAN	286	A	159262
1030	COCACOLA 30CL B VER	145		
9516	SW MANDARINE 1L PET	104	B	47899
8158	FANTA ANANAS 2L PET	58		
9930	RANI ORANGE 100CL 12B	18		
2080	SPRITE 1L 12 B VER	7	C	46876
2030	SPRITE 30CL 24 B VER	58		
9234	FANTA FRAISE 33CL 24CAN	35		
2070	SPRITE 33CL 24 CAN	23		
9932	RANI COCKTAIL 100CL 12B	12		

Tableau III-13 : Résultat des ruptures du centre BBA

- Avec deux produits en rupture, la classe A engendre 63 % des ruptures du centre de BBA, puis la classe B (4 produits) avec 19 % et enfin la classe C (4 produits) pour 18%.

Le tableau qui suit, donne l'ensemble des ruptures globales de Fruital :

Code SKU	Dénomination	Hij (rupture)	Classe SKU
1092	COCACOLA 25CL 24 CAN	5430	A
1030	COCACOLA 30CL 24 B VER	3852	
3011	FANTA ORANGE 1L 12 B VER	323	
1080	COCACOLA 1L 12 B VER	186	
8158	FANTA ANANAS 2L 6 B PET	1315	B
9516	SW MANDARINE 1L PET	165	
9219	SPRIT 2L 6B PET	157	
8132	COCA ZERO 33CL 24 CAN	81	
2030	SPRITE 30CL 24 B VER	555	C
9932	RANI COCKTAIL 100CL 12B	427	
9234	FANTA FRAISE 33CL 24 CAN	475	
2070	SPRITE 33CL 24 CAN	268	
2080	SPRITE 1L 12 B VER	164	
2007	SPRITE 0.5L 12BPET	143	
9930	RANI ORANGE 100 CL 12B	25	

Tableau III-14 : Ruptures globales pour Fruital

Nous constatons à chaque fois, que les ruptures les plus importantes en termes de quantités sont ceux de la classe A suivie de la classe B et enfin la classe C.

Afin de déterminer le taux de ces ruptures pour Fruital, nous définissons cet indicateur qui mesure le pourcentage de rupture de stock. Par conséquent, on peut mesurer aussi le pourcentage de satisfaction de la demande.

$$\text{Taux de rupture} = 1 - \frac{| \text{rupture produit } i - \text{demande produit } i |}{\text{demande produit } i}$$

Présentation de la demande et des ruptures globales :

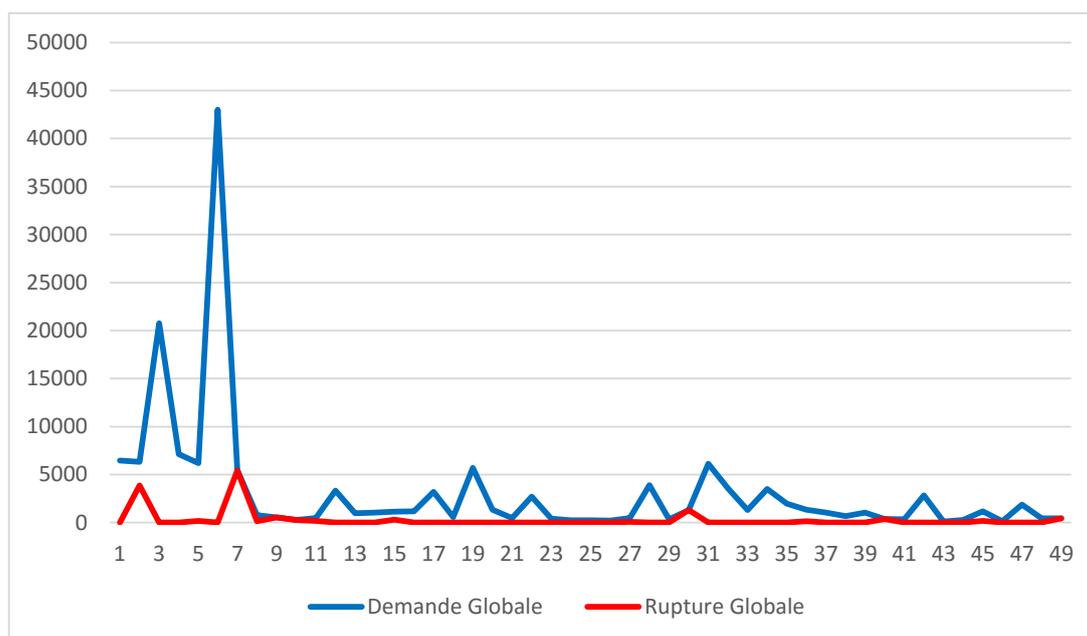


Figure III-2 : Demande et Ruptures globale pour Fruitail

Le graphe de la figure III-2 montre qu'il existe des ruptures de stocks durant la semaine du 14 au 20 mai 2017, autrement dit, la demande globale n'est pas satisfaite totalement.

Après calcul du taux de rupture pour les données de ce graphe, on constate que 84% de la demande globale a été satisfaite soit un taux de rupture moyen égal à 16%, ce qui représente une perte de **4756730 DA**.

La figure III-3 montre la répartition de ces ruptures obtenues à l'aide du modèle selon les centres de distribution.

La figure III-3 montre la répartition de ces ruptures obtenues à l'aide du modèle selon les centres de distribution.

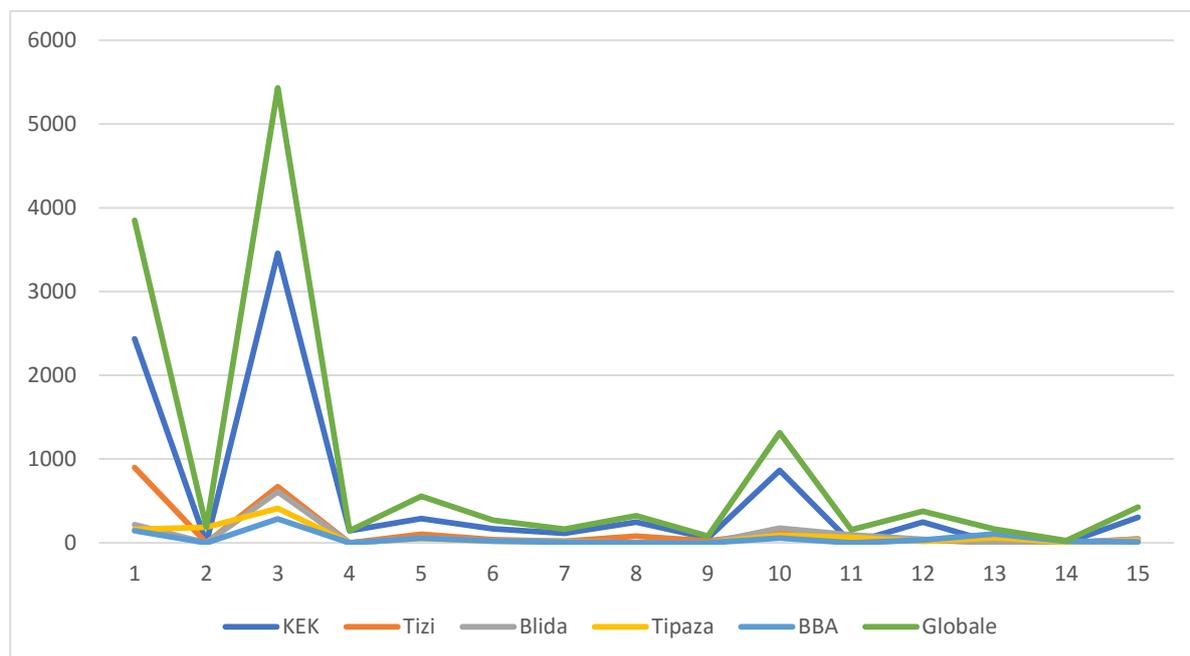


Figure III-3 : Rupture de stock par centre

Ainsi :

Centre	KEK	Tizi Ouzou	Blida	Tipaza	BBA
Pourcentage des ruptures	51 %	11 %	9 %	17 %	12 %

Tableau III-15 : Répartition des ruptures selon les centres

Dans la majorité des cas, ces ruptures sont dues à l'indisponibilité des produits dans l'unité de production de Rouïba ou à l'entrepôt de Réghaia.

Afin d'éliminer ces ruptures, nous allons appliquer l'algorithme suivant :

- Etape 1 : Dérouler CPLEX ;
- Etape 2 : Identifier les $H_{ij} > 0$;
- Etape 3 : Rajouter à la quantité qui va être produite, la quantité qui est en rupture
C'est-à-dire $QP_i^t = QP_i^t + H_{ij}$;
- Etape 4 : Retourner à l'étape 1.

En appliquant cet algorithme, on peut réduire les ruptures et ce par la modification du plan de production selon la décision du responsable planification de la production en prenant en compte plusieurs critères (classification ABC, disponibilité MP, disponibilité de la ligne de production, disponibilité de l'équipe...).

Le graphe suivant montre la production avant l'application du modèle et la production après modification selon les résultats du modèle. On remarque que la production a augmenté que pour les produits qui étaient en ruptures.

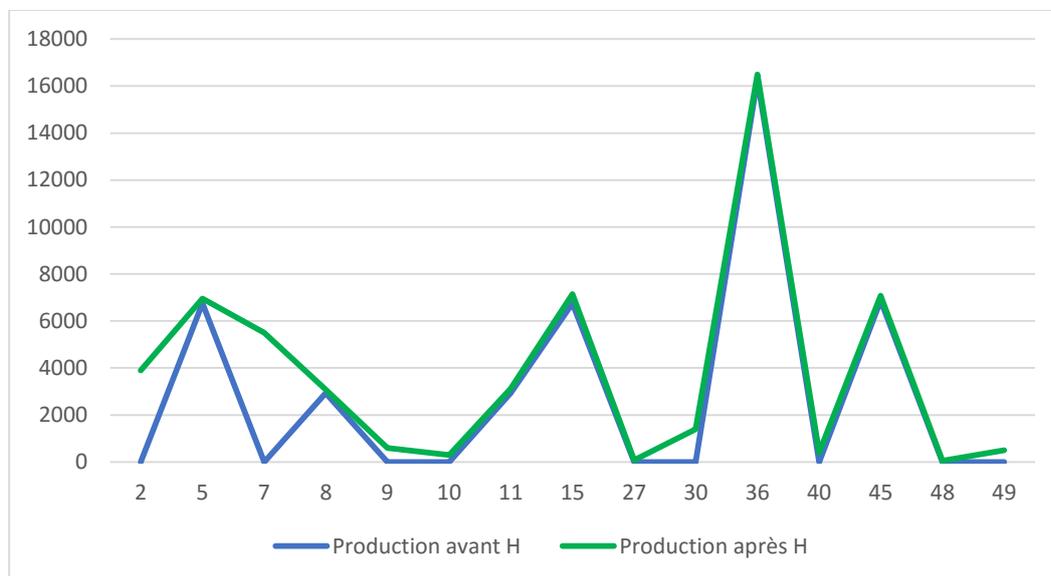


Figure III-4 : Production en tenant compte des ruptures

La décision de modification du plan de production doit intervenir sur la base des résultats du modèle mathématique. Cette décision sera prise par le responsable de planification de la production après examen des paramètres stratégiques notamment celui relatif aux coûts.

III.2.3.2 Partie 2

Dans la seconde partie, le modèle est configuré en prenant en considération les stocks de sécurité. Ainsi, en plus des stocks disponibles, les stocks de sécurité sont supposés exister dans les centres. L'ajout de ce nouveau paramètre dans les données d'entrées du modèle, nous permettra de calculer son impact sur la réduction des ruptures. Les mêmes autres paramètres d'entrées seront gardés.

Dans ce qui suit, seront présentés les résultats.

➤ **Relaxation de la variable H**

Après avoir intégré le stock de sécurité, le modèle nous a permis de détecter des problèmes liés à l'espace de stockage de certains produits et ce par la relaxation de la variable de décision H afin de satisfaire la contrainte suivante :

$$R_{ij}^t + Q1_{ij}^t + Q2_{ij}^t = D_{ij}^{t+1} - H_{ij}^{t+1} + R_{ij}^{t+1}$$

Cette relaxation a fait que la variable H prenne des valeurs négatives alors qu'elle est déclarée positive afin de respecter la capacité de stockage du centre. L'interprétation de cette relaxation est que le produit est en sur-stock.

En appliquant l'algorithme suivant nous allons éliminer cette relaxation :

- Etape 1 : Dérouler CPLEX ;
- Etape 2 : Identifier les $H_{ij} < 0$;
- Etape 3 : Diminuer la valeur absolue de $H_{ij} < 0$ du stock initial du produit ;
C'est-à-dire $R_{ij}^t = R_{ij}^t - |H_{ij}|$;
- Etape 4 : Retourner à l'étape 1.

La relaxation est apparue seulement dans le centre de KEK et le tableau suivant représente les valeurs des sur-stocks des produits :

SKU	Dénomination	Valeur de sur stock H _{ij}
3030	FANTA ORANGE 30CL 24 B VER	4060
3092	FANTA ORANGE 25CL 24 CAN	1540
9221	FANTA FRAISE 0.5L 12 B PET	700
8136	COCA ZERO 0.5L 12 B PET	800
9210	FANTA POMME 1L 6 B PET	4500

Tableau III-16 : Quantités de H relaxées par le modèle

En effet, après l'application de l'algorithme nous avons réduit les stocks des produits qui étaient en sur-stock de la valeur de H déterminée par le modèle. Ce qui veut dire que l'espace de stockage du centre de KEK ne suffisait pas pour réceptionner d'autres produits. Ce qui a contraint le centre de KEK à libérer des espaces pour réceptionner les produits manquants.

➤ **Calcul des quantités à déployer**

Nous reprenons l'exemple du produit Coca Cola Zéro Cannette cité dans la première partie en supposant qu'en plus des stocks initiaux, des stocks de sécurité sont intégrés dans les stocks disponibles :

- Stock disponible à Rouïba = 0 ;
- Stock disponible à Réghaia = 360.

Centre	KEK	Tizi-Ouzou	Blida	Tipaza	BBA
Demande totale	360	44	32	20	17
Stock initial	184	70	120	0	0
Stock de sécurité	184	70	17	8	12
Quantité envoyée	176	0	0	20	17
Rupture	0	0	0	0	0

Tableau III-17 : Plan de déploiement du produit Coca Zéro Cannette avec stock de sécurité

- Du tableau, on constate bien que les ruptures obtenues dans la partie 1 sont réduites à zéro sur l'ensemble des centres.
- Pour le centre KEK, vu que le stock disponible est nul, le stock de sécurité est consommé pour satisfaire une partie de la demande. Une quantité de 179 CP est envoyée pour satisfaire l'autre partie afin de répondre à la demande totale.
- Pour le centre de Tizi-Ouzou, le stock de sécurité est suffisant pour satisfaire la demande totale, de ce fait la quantité envoyée à ce centre est égale à zéro.
- Pour les centres de Tipaza et BBA, les stocks initiaux sont égaux à zéro, donc des quantités sont envoyées afin de satisfaire la demande à 100 %.

Comparaison entre les quantités avec et sans stock de sécurité :

Centre	KEK		Tizi-Ouzou		Blida		Tipaza		BBA	
	Sans SS	Aves SS	Sans SS	Aves SS	Sans SS	Aves SS	Sans SS	Aves SS	Sans SS	Aves SS
Demande totale	360		44		32		20		17	
Stock initial	0	184	0	70	120	120	0	0	0	0
Stock de sécurité	0	184	0	70	0	17	0	8	0	12
Quantité envoyée	294	176	29	0	0	0	20	20	17	17
Rupture	66	0	15	0	0	0	0	0	0	0

Tableau III-18 : Tableau comparatif des plans de déploiement avec et sans stock de sécurité

Résultats :

- Avec le stock de sécurité présent dans les centres, il n'existe pas de rupture de stock pour ce produit ci.
- Les quantités à envoyer en présence du stock de sécurité sont inférieures à celles où il n'existe pas de stock de sécurité dans les centres.
- Les demandes pour le produit Coca Zéro Cannette des différents centres ont été satisfaites à 100 % grâce l'apport des stocks de sécurité.

➤ **Calcul et Analyse des ruptures**

Dans ce qui suit, nous allons présenter les résultats des ruptures dans le cas où le stock de sécurité est inclus dans le modèle :

Code SKU	Hij (rupture)					Total
	KEK	Tizi Ouzou	Tipaza	Blida	BBA	
1030	1588	348	0	0	0	1936
1092	711	286	90	0	170	1257
3011	53	0	0	0	0	53
9932	129	0	0	3	4	136
2080	22	0	0	0	0	22
9219	0	0	0	8	0	8
9234	111	0	0	3	3	117
2070	35	0	3	0	0	38
8158	0	0	0	83	0	83
2030	0	0	0	0	10	10

Tableau III-19 : Ruptures de stocks par centre de distribution

- Pour le centre KEK
7 produits sur 49 sont en rupture, 3 sont de la classe A qui représentent 88 % des ruptures du ce centre.
Les ruptures dans la seconde partie (avec SS) ont diminué de 79 % par rapport aux ruptures de la première partie (sans SS).
- Les ruptures de stock du centre de Tizi Ouzou
On constate que 2 produits sur 49 sont en rupture de stocks, tandis que dans la première partie où le paramètre stock de sécurité n'est pas inclus dans le modèle, 10 produits sur 49 étaient en rupture de stock. Ce qui nous donne une réduction de 92 % des ruptures du centre de Tizi Ouzou.

- Les résultats des ruptures pour Blida
On remarque une réduction des ruptures du centre de Blida de 9 produits dans la première partie à 4 produits dans la seconde partie où les stocks de sécurité sont intégrés. En calculant le taux de rupture on obtient une réduction de 92 % des ruptures de ce centre.
- Ruptures H dans le centre de Tipaza :
Du tableau, on constate que 2 produits sont en rupture de stocks contre 12 produits en rupture de stocks dans la première partie. Les stocks de sécurité ont permis une réduction de 97 % des ruptures.
- Pour le centre de BBA
Un produit de la classe A est en rupture et trois de la classe C avec des quantités faibles. On remarque une diminution de 88 % des ruptures de stocks du centre BBA.

En conclusion, l'apport du stock de sécurité avec le modèle mathématique aboutit à une diminution considérable des ruptures de stocks globales.

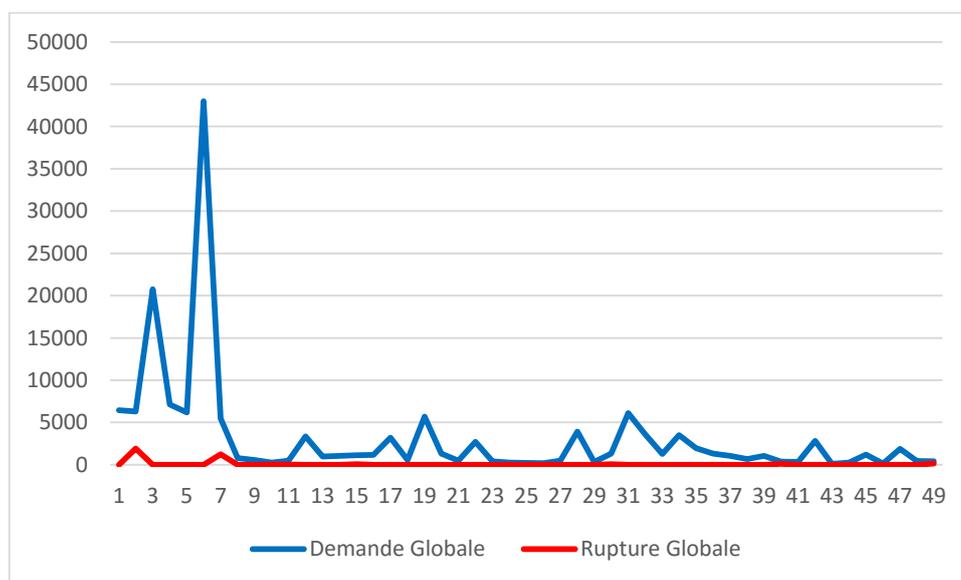


Figure III-5 : Demande et ruptures globales après intégration du SS

En calculant le taux de ruptures avec la formule présentée dans la partie (III.2.3.1), on obtient un taux de rupture de 3 % soit 97 % de satisfaction de la demande avec cette configuration (modèle avec stock de sécurité dans les centres de distribution). Ces 3 % de ruptures représentent une perte de **1250046 DA**.

Le graphe suivant représente les ruptures dans les centres obtenues par le modèle avec et sans le paramètre stock de sécurité.

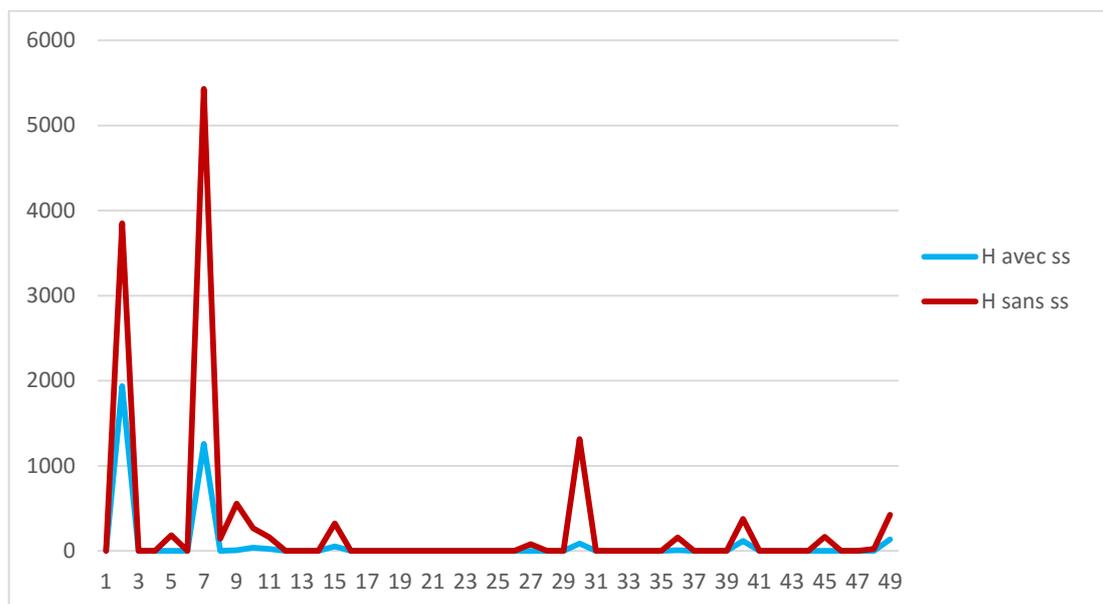


Figure III-6 : Ruptures avec et sans SS

A partir du graphe, on constate que les ruptures dans les centres ont diminué du fait de l'existence de stock de sécurité.

Dans les 3 % des ruptures globales, 87% sont engendrées par les deux premiers produits de la classe A. On peut encore améliorer ces 3 % de ruptures par la modification du plan de production de la semaine en ajoutant ces deux produits au plan de production.

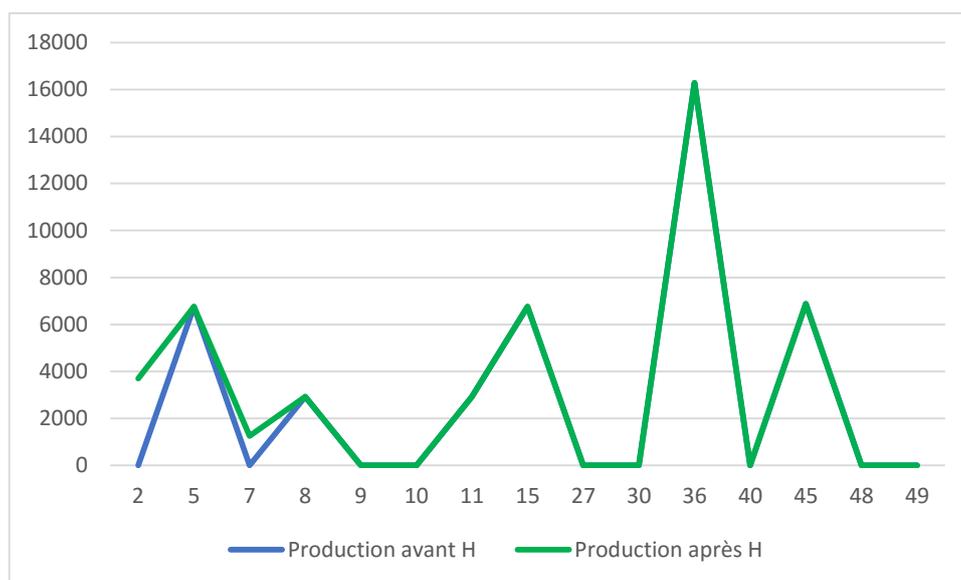


Figure III-7 : La production après ajout des ruptures

Ce graphe montre la production après modification du plan en ajoutant les produits qui sont en ruptures de stocks. En plus des quantités qui sont en rupture, le planificateur de la production doit prendre en considération les quantités des stocks de sécurité consommées pendant la rupture car il est nécessaire que les stocks de sécurité soient restaurés hebdomadairement dans les centres.

III.2.3.3 Synthèse et comparaison des résultats

Les résultats obtenus grâce à la résolution du modèle mathématique sans et avec stock de sécurité sont synthétisés dans le tableau suivant :

	Modèle sans stock de sécurité	Modèle avec stock de sécurité
Fonction Objectif (DA)	4756730	1250046
Rupture	16 %	3 %
Satisfaction de la demande	84 %	97 %
Rupture classe A	72 %	89 %
Rupture classe B	13 %	3 %
Rupture classe C	15 %	8 %

Tableau III-20 : Tableau synthétique des résultats obtenus par le modèle

Le modèle avec stock de sécurité nous a permis de réduire les de ruptures de **3506684 DA** d'une part, et d'autre part d'avoir un taux de service client élevé avec 97 % de la demande satisfaite.

III.3 Conclusion

Ce chapitre a permis d'énumérer les solutions qui vont permettre à Fruital Coca Cola de pallier les dysfonctionnements liés à sa chaîne de distribution à savoir les problèmes de rupture de stocks qu'elle rencontre dans ses centres d'une part, et d'autre part, doter la planification du déploiement d'une méthode de calcul des quantités optimales à déployer sur ces centres. Ces solutions consistent à :

- Dimensionnement de stocks de sécurité pour les différents centres de distribution.
- Elaboration d'un modèle mathématique dans le but de calculer les quantités optimales de manière à minimiser les ruptures.

Ce modèle permet de :

- Repérer les articles en sur-stockage et en sous-production.
- Optimiser les quantités envoyées vers les centres de distribution.
- Acheminer vers les centres de distribution des quantités en tenant compte de la demande d'une semaine.
- Anticiper les ruptures de stocks dans les différents centres.
- Considérer l'ensemble des centres lors du calcul des quantités optimales.
- Analyser le mauvais dimensionnement des capacités de stockage des centres de distribution et de réajuster ces capacités en fonction des paramètres du marché.

Dans notre cas d'étude, la combinaison de ces deux solutions a permis à Fruital de satisfaire 97 % de la demande totale.

Conclusion Générale

La chaîne logistique, un terme apparu à la fin des années 1970 et qui depuis ne cesse de prendre de l'ampleur. Ceci est dû à la complexité du contexte économique actuel dans lequel évoluent les entreprises qui est caractérisé par une incertitude importante, une globalisation de l'offre et exigences des consommateurs en termes de prix, qualité et délai. Ces caractéristiques contraignent Fruital à améliorer en permanence la gestion de sa chaîne logistique afin de garder sa place de leader du marché algérien des boissons non alcoolisées en assurant un taux de service client élevé. Cette amélioration doit se porter sur la gestion de la chaîne de distribution et des stocks qui engendrent des ruptures dans les centres de distribution de Fruital. C'est pourquoi nous avons jugé essentiel de revoir la méthode opératoire de distribution de Fruital.

En effet, à l'issue de notre étude, nous avons mis en évidence des dysfonctionnements relatifs aux processus de planification du déploiement et planification des prévisions. Effectivement, Fruital souffre des ruptures de stocks dans ses centres de distribution et cela est dû à l'absence des stocks de sécurité dans ces centres et à la méthode de calcul des quantités à déployer pour satisfaire la demande.

A partir de ce constat, nous avons proposé deux solutions pour minimiser les ruptures de stocks voire les éliminer en adoptant la démarche suivante :

- En premier lieu, nous avons présenté un état de l'art sur la gestion de la chaîne logistique d'une part, et sur la distribution, gestion des stocks et recherche opérationnelle d'autre part. Cela nous a permis de bien cerner notre problématique ainsi que de nous orienter vers les notions utilisées lors d'élaboration des solutions proposées.
- En second lieu, nous avons mené un diagnostic de processus « Planification » qui est un processus stratégique de la Supply Chain de Fruital. Ce diagnostic a été élaboré afin de faire ressortir les dysfonctionnements. Pour y parvenir, nous avons d'abord commencé par la description générale de l'organisation à travers une cartographie de niveau 1 et 2, celle des sous processus à travers des cartographies de niveau 3, et en fin l'analyse détaillée des sous processus cruciaux « Planification des prévisions » et « Planification du déploiement ». Les dysfonctionnements repérés engendrent deux types de ruptures de stock :
 - Ruptures de stocks causées par les aléas des prévisions de la demande.
 - Ruptures de stocks causées par l'indisponibilité des produits dans l'unité de production de Rouïba et l'entrepôt de Réghaia.
- Enfin, face aux dysfonctionnements relevés, nous avons proposé deux solutions qui leurs sont relatives.

Concernant les ruptures causées par les aléas de la demande, nous avons dimensionné des stocks de sécurité pour chaque produit dans chaque centre en intégrant un même taux de service dans la méthode de calcul. Ces stocks sont ensuite intégrés dans le modèle (deuxième solution) afin de jouer un double rôle dans le cas où les produits sont indisponibles à Rouïba et Réghaia.

Concernant les ruptures causées par l'indisponibilité des produits à Rouïba et Réghaia, nous avons élaboré un modèle mathématique qui permet de calculer les quantités à déployer pour chaque centre de manière à minimiser les ruptures dans ces centres. Ce modèle prend en considération l'ensemble des paramètres auxquels le planificateur du déploiement fait face.

Ces solutions nous ont permis dans notre cas d'étude de satisfaire la demande totale à 97 % et en réduisant les pertes à 3 % au lieu de 16 % initialement.

➤ Perspectives futures

Toutefois, notre travail peut faire l'objet de modifications et d'améliorations, ainsi son domaine d'application pourrait s'élargir vers d'autres horizons afin de satisfaire de nouveaux objectifs. Pour cela, nous proposons les perspectives suivantes :

- Intégrer la fonction transport dans le modèle afin de minimiser les coûts et les délais de livraison des centres.
- Etudier la possibilité des transferts inter-centres.
- Dimensionner des stocks de sécurité dynamique qui suivent la courbe de la demande pour être plus réactif à l'incertitude de la demande.

Bibliographie

- (s.d.). Récupéré sur Manager-Go: <https://www.manager-go.com/logistique/stk-secu.htm>
- (s.d.). Récupéré sur Lokad: <https://www.lokad.com/fr/definition-taux-de-service-stocks>
- AOUZAH, M. M. (2006). *Gérer les approvisionnements et les stocks*.
- BAHLOUL, K. (2011). *Optimisation combinée des coûts de transport et de stockage dans un réseau logistique dyadique, multi-produits avec demande probabiliste*. INSA de Lyon.
- BASTIN, F. (2010). *Modèles de recherche opérationnelle*. Université de Montréal.
- CAMPAGNE, J. (2006). *Organisation et gestion de réseaux logistique*. INSA de Lyon.
- CHOPRA, S., & MEINDL, P. (2013). *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation*.
- COMELLI, M. (2008). *Modélisation, optimisation et simulation pour la planification tactique des chaînes logistiques*. Université Blaise Pascal - Clermont-Ferrand II.
- COURTOIS, A. (2003). *Gestion de production*. Editions d'Organisation.
- DIOMANDE, N. (2007). *Le transport dans la stratégie de production des grandes entreprises*. Ecole Supérieure des Travaux Publics de l'Institut Polytechnique Félix Houphouët-Boigny.
- HAMMAMI, A. (2003). *Modélisation technico-économique d'une chaîne logistique dans une entreprise réseau*. Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne.
- Johnson, J., & Boylan, E. (1994). *Relationships between service level measures for inventory systems, Vol. 45 No. 7*. The Journal of the Operational Research Society.
- JOLY, B. (2009). *Marketing Stratégique*. Bruxelles: Editions De boeck Université.
- Labidi, K. (2005). *Contribution à la modélisation et à l'analyse de performances des systèmes logistiques à l'aide d'un nouveau modèle de réseau de Petri stochastiques Troyes*. Université de technologie de Troyes.
- Lambert, D., Stock, J., & al. (1998). *Fundamentals of Logistics Management*. Illinois.
- LANGEVIN, A., & RIOPEL, D. (2005). *Logistics Systems: Design and Optimization*. GERAD & Ecole Polytechnique de Montréal: Springer.
- LASNIER, G. (2004). *Gestion des approvisionnements et des stocks dans la chaîne logistique*. hermes science.
- MENTZER, J. T., DEWITT, W., & KEEBLER, J. S. (2001). *Définir le Supply Chain Management, Logistique & Management*.
- MORANA, J. (2003). *De la logistique au Supply Chain Management (SCM): vers une intégration des processus*. Université de la Méditerranée - Aix-Marseille II: e-theque.
- Murthy, D., & Ma, L. (1991). *MRP With Uncertainty: A Review and Some Extensions*. International Journal of Production Economics.

Ploss, G. (1994). *Orlicky's Material Planning (2 édition)*. McGraw Hill.

Semchi-Levi, & al. (2000). *Designing and Managing the Supply Chain*.

Shim, J. (2006). *Dictionnaire of business terms* . Mason, Ohio.

Waters, C. (1992). *Inventory Control and Management*.

Autres Références :

Manager-Go: <https://www.manager-go.com/logistique/stk-secu.htm>

Lokad: <https://www.lokad.com/fr/definition-taux-de-service-stocks>

Faq-logistique : <http://www.faq-logistique.com/>

MOOC Supply Chain Management: MIT Center for Transportation and Logistics

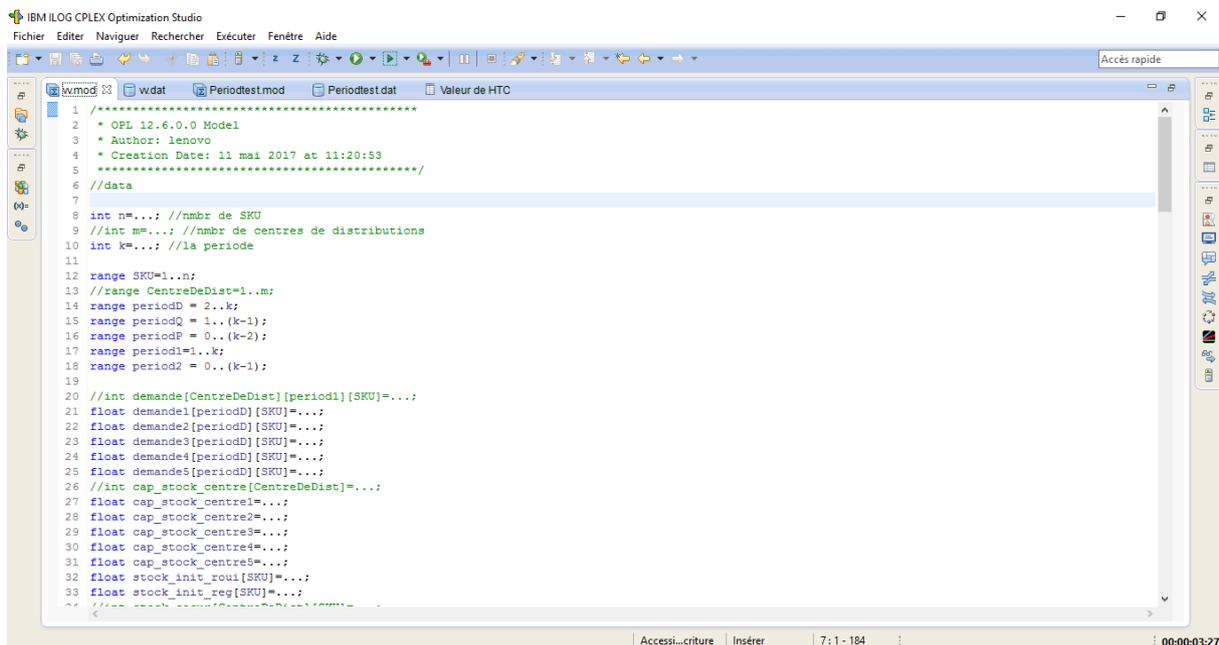
Annexes

Annexe 1 : Présentation du logiciel CPLEX

➤ Qu'est-ce que CPLEX ?

Initialement, CPLEX est un solveur de programmes linéaires. A ce titre, il repose donc sur une implémentation performante du simplexe primal. Il dispose également du simplexe dual et du simplexe de réseau. Il peut aussi résoudre des programmes linéaires mixtes, en combinant le simplexe, le branch and bound et la génération de coupes. Depuis peu, il intègre également une technique à base de points intérieurs et peut traiter des problèmes quadratiques. Actuellement, CPLEX est un des solveurs les plus performants disponibles. Il peut ainsi traiter des problèmes contenant plusieurs dizaines de milliers de variables et plusieurs centaines de milliers de contraintes. Pour les problèmes mixtes, la limite est sensiblement plus basse, mais elle dépend grandement du type de problèmes et du modèle appliqué. Les problèmes traités par la suite d'optimisation ILOG sont : les programmes linéaires et linéaires mixtes, les programmes quadratiques et quadratiques mixtes, les programmes avec contraintes quadratiques et avec contraintes quadratiques mixtes. (ISIMA 2008/2009, Christophe et Andréa Duhamel)

Sa fenêtre d'accueil est la suivante :



```
1 /*-----*/
2 * OPL 12.6.0.0 Model
3 * Author: lenovo
4 * Creation Date: 11 mai 2017 at 11:20:53
5 *-----*/
6 //data
7
8 int n=...; //nmbr de SKU
9 //int m=...; //nmbr de centres de distributions
10 int k=...; //la periode
11
12 range SKU=1..n;
13 //range CentreDeDist=1..m;
14 range periodD = 2..k;
15 range periodQ = 1..(k-1);
16 range periodP = 0..(k-2);
17 range period1=1..k;
18 range period2 = 0..(k-1);
19
20 //int demande[CentreDeDist][period1][SKU]=...;
21 float demand1[periodD][SKU]=...;
22 float demand2[periodD][SKU]=...;
23 float demand3[periodD][SKU]=...;
24 float demand4[periodD][SKU]=...;
25 float demand5[periodD][SKU]=...;
26 //int cap_stock_centre[CentreDeDist]=...;
27 float cap_stock_centre1=...;
28 float cap_stock_centre2=...;
29 float cap_stock_centre3=...;
30 float cap_stock_centre4=...;
31 float cap_stock_centre5=...;
32 float stock_init_row1[SKU]=...;
33 float stock_init_reg[SKU]=...;
34 //float stock_init_reg[SKU]=...;
```

Annexe 2 : Code utilisé sur CPLEX

```

/*****
* OPL 12.6.0.0 Model
* Author: lenovo
* Creation Date: 11 mai 2017 at 11:20:53
*****/

//data

int n=...; //nmbr de SKU
int k=...; //la periode
range SKU=1..n;
range periodD = 2..k;
range periodQ = 1..(k-1);
range periodP = 0..(k-2);
range period1=1..k;
range period2 = 0..(k-1);

//parametres

float demande1[periodD][SKU]=...;
float demande2[periodD][SKU]=...;
float demande3[periodD][SKU]=...;
float demande4[periodD][SKU]=...;
float demande5[periodD][SKU]=...;

float cap_stock_centre1=...;
float cap_stock_centre2=...;
float cap_stock_centre3=...;
float cap_stock_centre4=...;
float cap_stock_centre5=...;

float stock_init_roui[SKU]=...;
float stock_init_reg[SKU]=...;

float stock_secur1[SKU]=...;
float stock_secur2[SKU]=...;
float stock_secur3[SKU]=...;
float stock_secur4[SKU]=...;
float stock_secur5[SKU]=...;

float cout_rupt[SKU]=...;
float quant_prod[periodP][SKU]=...;

float stock_ini1[SKU]=...;
float stock_ini2[SKU]=...;
float stock_ini3[SKU]=...;
float stock_ini4[SKU]=...;
float stock_ini5[SKU]=...;

```

```
float cap_stock_roui=...;
float cap_stock_reg=...;
```

```
//variable de decesion
```

```
dvar float+ Q1_1[periodQ][SKU];
dvar float+ Q1_2[periodQ][SKU];
dvar float+ Q1_3[periodQ][SKU];
dvar float+ Q1_4[periodQ][SKU];
dvar float+ Q1_5[periodQ][SKU];

dvar float+ Q2_1[periodQ][SKU];
dvar float+ Q2_2[periodQ][SKU];
dvar float+ Q2_3[periodQ][SKU];
dvar float+ Q2_4[periodQ][SKU];
dvar float+ Q2_5[periodQ][SKU];

dvar float+ H1[periodD][SKU];
dvar float+ H2[periodD][SKU];
dvar float+ H3[periodD][SKU];
dvar float+ H4[periodD][SKU];
dvar float+ H5[periodD][SKU];

dvar float+ QR[periodQ][SKU];

dvar float+ stock_rest1_c[period1][SKU];
dvar float+ stock_rest2_c[period1][SKU];
dvar float+ stock_rest3_c[period1][SKU];
dvar float+ stock_rest4_c[period1][SKU];
dvar float+ stock_rest5_c[period1][SKU];

dvar float+ stock_rest_roui[period2][SKU];
dvar float+ stock_rest_reg[period2][SKU];
```

```
//modele mathematique
```

```
minimize sum( t in periodD, i in SKU)
cout_rupt[i]*(H1[t][i]+H2[t][i]+H3[t][i]+H4[t][i]+H5[t][i]);

subject to {

    //initialization des stocks
    forall ( i in SKU) stock_rest1_c[1][i]== stock_ini1[i] ;
    forall ( i in SKU) stock_rest2_c[1][i]== stock_ini2[i] ;
    forall ( i in SKU) stock_rest3_c[1][i]== stock_ini3[i] ;
```

```

forall ( i in SKU) stock_rest4_c[1][i]== stock_ini4[i] ;
forall ( i in SKU) stock_rest5_c[1][i]== stock_ini5[i] ;
forall (i in SKU) stock_rest_roui[0][i]==stock_init_roui[i];
forall (i in SKU) stock_rest_reg[0][i]==stock_init_reg[i];

```

```
forall (t in periodQ, i in SKU){
```

```
    satisfaction_demande :
```

```
        stock_rest1_c[t][i] + Q1_1[t][i] + Q2_1[t][i] == demande1[t+1][i] - H1[t+1][i] +
stock_rest1_c[t+1][i];
```

```
        stock_rest2_c[t][i] + Q1_2[t][i] + Q2_2[t][i] == demande2[t+1][i] - H2[t+1][i] +
stock_rest2_c[t+1][i];
```

```
        stock_rest3_c[t][i] + Q1_3[t][i] + Q2_3[t][i] == demande3[t+1][i] - H3[t+1][i] +
stock_rest3_c[t+1][i];
```

```
        stock_rest4_c[t][i] + Q1_4[t][i] + Q2_4[t][i] == demande4[t+1][i] - H4[t+1][i] +
stock_rest4_c[t+1][i];
```

```
        stock_rest5_c[t][i] + Q1_5[t][i] + Q2_5[t][i] == demande5[t+1][i] - H5[t+1][i] +
stock_rest5_c[t+1][i];
```

```
    }
```

```
forall (t in periodP, i in SKU)
```

```
    capacite_stock_rouiba:
```

```
    stock_rest_roui[t+1][i] == stock_rest_roui[t][i] + quant_prod[t][i] - Q1_1[t+1][i] -
Q1_2[t+1][i]-Q1_3[t+1][i]-Q1_4[t+1][i]-Q1_5[t+1][i] - QR[t+1][i] ;
```

```
    forall (t in periodQ)
```

```
        sum ( i in SKU) stock_rest_roui[t][i] <= cap_stock_roui;
```

```
forall (t in periodP, i in SKU)
```

```
    capacite_stock_reg :
```

```
    stock_rest_reg[t+1][i] == stock_rest_reg[t][i] + QR[t+1][i] - Q2_1[t+1][i] -
Q2_2[t+1][i]-Q2_3[t+1][i]-Q2_4[t+1][i]-Q2_5[t+1][i];
```

```
    forall (t in periodQ)
```

```
        sum ( i in SKU) stock_rest_reg[t][i] <= cap_stock_reg;
```

```
forall (t in periodQ, i in SKU){
```

```
    stock_securite :
```

```
    stock_rest1_c[t+1][i] >= stock_secur1[i]-H1[t+1][i];
```

```
    stock_rest2_c[t+1][i] >= stock_secur2[i]-H2[t+1][i];
```

```
    stock_rest3_c[t+1][i] >= stock_secur3[i]-H3[t+1][i];
```

```
    stock_rest4_c[t+1][i] >= stock_secur4[i]-H4[t+1][i];
```

```

stock_rest5_c[t+1][i] >= stock_secur5[i]-H5[t+1][i];    }
forall ( t in periodD){
  capacite_stockage_centres :
  sum(i in SKU) stock_rest1_c[t][i] <= cap_stock_centre1;
  sum(i in SKU) stock_rest2_c[t][i] <= cap_stock_centre2;
  sum(i in SKU) stock_rest3_c[t][i] <= cap_stock_centre3;
  sum(i in SKU) stock_rest4_c[t][i] <= cap_stock_centre4;
  sum(i in SKU) stock_rest5_c[t][i] <= cap_stock_centre5;  }}

```

La nature des variables est assurée dans leur déclaration avec le "float+"

```
//initialisation des données
```

```

n=49;
k=5;
cap_stock_roui=182400;
cap_stock_reg=410400;
cap_stock_centre1 =182400;
cap_stock_centre2 =59280;
cap_stock_centre3 =41040;
cap_stock_centre4 =22800;
cap_stock_centre5 =27360;

```

Les données du modèle sont appelées à partir d'un fichier Excel nommé « pfe1 » grâce à la fonction de CPLEX suivante :

```

SheetConnection my_sheet ("pfe1.xlsx");

demande1 from SheetRead (my_sheet, "'1!demandeD1");
demande2 from SheetRead (my_sheet, "'2!demandeD2");
demande3 from SheetRead (my_sheet, "'3!demandeD3");
demande4 from SheetRead (my_sheet, "'4!demandeD4");
demande5 from SheetRead (my_sheet, "'5!demandeD5");

stock_secur1 from SheetRead (my_sheet, "'1!SSsem");
stock_secur2 from SheetRead (my_sheet, "'2!SSsem2");
stock_secur3 from SheetRead (my_sheet, "'3!SSsem3");
stock_secur4 from SheetRead (my_sheet, "'4!SSsem4");
stock_secur5 from SheetRead (my_sheet, "'5!SSsem5");

stock_ini1 from SheetRead (my_sheet, "'1!stocki1");
stock_ini2 from SheetRead (my_sheet, "'2!stocki2");
stock_ini3 from SheetRead (my_sheet, "'3!stocki3");
stock_ini4 from SheetRead (my_sheet, "'4!stocki4");
stock_ini5 from SheetRead (my_sheet, "'5!stocki5");

```

```
stock_init_roui from SheetRead (my_sheet, "0!sinirouiba");  
stock_init_reg from SheetRead (my_sheet, "0!sinireghaia");  
cout_rupt from SheetRead (my_sheet, "0!rup");  
quant_prod from SheetRead (my_sheet, "0!quantprode");
```

Annexe 3 : Classification ABC des produits dans les centres

SKU Cod	KEK	TIPAZA	BBA	BLIDA	TIZI	SKU	KEK	TIPAZA	BBA	BLIDA	TIZI
1081	A	A	A	A	A	3730	C	C	C	C	C
1054	A	A	A	A	A	8155	C	C	C	C	C
1070	A	A	A	A	A	8136	C	C	C	C	C
9216	A	A	A	A	A	3130	C	C	C	C	C
9209	A	A	A	A	A	2092	C	C	C	C	C
3054	A	A	A	A	A	7104	C	C	C	C	C
3081	A	A	A	A	A	9509	C	C	C	C	C
1080	A	A	A	A	A	7910	C	C	C	C	C
9210	A	A	A	A	A	9591	C	C	C	C	C
9217	B	A	A	A	A	1130	C	C	C	C	C
9219	A	A	A	B	B	3092	C	B	C	B	C
1007	A	B	A	A	A	2007	C	C	C	C	C
2081	A	A	A	A	A						
8133	A	B	B	B	A						
1030	A	A	A	A	A						
9360	B	A	B	B	B						
8158	B	B	B	B	B						
9214	A	B	B	B	B						
3272	B	B	B	B	B						
3011	A	B	B	B	B						
9516	B	B	B	C	B						
1092	B	A	A	A	B						
9225	B	B	B	B	C						
3030	B	B	B	B	B						
3070	B	C	C	C	C						
9867	B	B	B	B	B						
9231	B	C	B	B	C						
2080	B	B	B	C	C						
9930	B	B	B	B	B						
9235	C	C	C	C	C						
9927	B	B	C	C	B						
9234	C	C	C	C	C						
8132	C	C	C	C	C						
9932	B	C	C	C	C						
3007	B	C	B	B	B						
4570	C	C	C	C	C						
9515	C	C	C	C	C						
2070	C	C	C	C	C						
3770	C	C	C	C	C						
9221	C	C	B	C	B						
9929	B	C	C	B	B						
2030	C	C	C	B	C						

Tableau VI- 1 : Classification ABC

Annexe 4 : Paramètres des centres de distributions

Code centre	A100	A120	A101	A203	A202	A200	A201
Localisation	Rouïba	Réghaia	Khemis El Khechna	Tizi- Ouzou	Blida	Tipaza	Bordj Bou Arreridj
Capacité de stockage (caisse physique)	182400	410400	182400	59280	41040	22800	27360
Délai de livraison (heure)	0	0	20	25	24	24	27

Tableau VI- 2 : Caractéristiques des centres

Annexe 5 : Coûts de ruptures des produits

Les coûts de ruptures des produits sont selon leurs formats

Format SKU	Coût de rupture (DA)
Verre 100	317
Verre 30	266
Verre 25	378
Verre 100 Jus	639
Pet 50	218
Pet 100	163
Pet 200	297
Cannette 33	410
Cannette 25	422

Tableau VI- 3 : Coûts de ruptures

Annexe 6 : Plan de production de la semaine du 14 mai 2017

Direction Supply Chain Service Planification		PLAN DE PRODUCTION V.00				MOIS : Mai	
		PERIODE Semaine 20				du : 14-mai-17	
		du : 20-mai-17					
Date	Ligne Verre 100	Ligne Verre 30	Ligne 10/14	Lignes PET	Ligne M20	Ligne 20/18	Ligne KH5
DIMANCHE	0 2800	0 5000	0 1907	0 4 100	0 1914	0 19 800	0 19 800
	0 2800	0 5000	0 1907	0 4 100	0 1914	0 19 800	0 19 800
LUNDI	0 1800	0 1900	0 2801	0 1 800	0 3 219	0 8 800	0 12 000
	0 1800	0 1900	0 2801	0 1 800	0 3 219	0 8 800	0 12 000
MARDI	0 1800	0 1900	0 2801	0 1 800	0 3 219	0 8 800	0 12 000
	0 1800	0 1900	0 2801	0 1 800	0 3 219	0 8 800	0 12 000
MERCREDI	0 1800	0 1900	0 2801	0 1 800	0 3 219	0 8 800	0 12 000
	0 1800	0 1900	0 2801	0 1 800	0 3 219	0 8 800	0 12 000
JEUDI	0 1800	0 1900	0 2801	0 1 800	0 3 219	0 8 800	0 12 000
	0 1800	0 1900	0 2801	0 1 800	0 3 219	0 8 800	0 12 000
VENDREDI	0 1800	0 1900	0 2801	0 1 800	0 3 219	0 8 800	0 12 000
	0 1800	0 1900	0 2801	0 1 800	0 3 219	0 8 800	0 12 000
SAMEDI	0 1800	0 1900	0 2801	0 1 800	0 3 219	0 8 800	0 12 000
	0 1800	0 1900	0 2801	0 1 800	0 3 219	0 8 800	0 12 000
TOTAL		TOTAL		TOTAL		TOTAL	

Annexe 7 : Stock disponible dans les centres de la semaine du
14 mai 2017

	A100	A120	A101	A200	A201	A202	A203
1007	15 184	7 920	10 330	724	748	1 146	1 722
1030	58	0	1 540	202	244	405	11
1054	37 713	24 080	26 374	1 482	1 412	2 993	5 339
1070	6 720	13	3 644	515	1 229	1 126	759
1080	86	0	6 077	85	299	1 328	821
1081	66 337	32 651	34 402	4 848	5 073	7 041	7 521
1092	0	0	37	4	0	0	0
2007	0	0	0	217	77	118	245
2030	0	0	0	0	0	0	0
2070	0	0	0	0	0	0	0
2080	0	0	0	0	0	0	0
2081	4 433	20 020	15 080	625	440	848	900
2092	0	1 120	1 044	296	277	728	737
3007	0	2 508	1 348	263	288	389	149
3011	184	0	176	140	129	346	56
3030	1 200	1 840	3 861	168	284	351	275
3054	2 520	33 520	15 268	288	547	750	433
3070	600	600	0	0	0	120	0
3081	280	14 000	6 158	705	1 252	1 258	193
3092	0	7 200	1 149	367	111	496	556
3130	0	736	3 527	49	106	240	193
3272	121	9 100	4 484	674	291	646	713
3730	0	20	320	125	269	179	263
3770	0	1 320	0	0	0	0	0
4570	0	480	0	0	0	0	120
7104	0	43 320	0	0	0	0	120
8132	0	360	0	0	0	120	0
8133	140	11 760	6 858	551	421	937	840
8136	0	0	1 035	88	107	73	321
8158	0	0	0	2	0	0	0
9209	280	13 020	10 920	720	1 372	931	1 400
9210	141	17 220	8 774	637	356	1 277	1 262
9214	0	6 080	2 770	174	324	218	602
9216	0	21 040	12 920	362	529	798	1 007
9217	343	2 960	2 584	215	192	267	400
9219	1	0	2 104	0	99	26	291
9221	0	1 716	1 339	252	225	494	389
9225	0	3 840	6 355	37	183	224	161
9231	1 400	5 206	4 438	149	207	338	210
9234	6	0	0	0	0	0	0

9235	0	1 440	0	120	0	0	120
9360	140	4 200	3 077	549	610	821	1 159
9509	0	1 560	0	0	0	0	0
9515	0	480	480	0	0	0	120
9516	0	0	9 530	0	17	295	1 213
9591	0	960	1 216	59	135	124	107
9867	0	5 880	165	210	268	480	1 001
9930	0	0	3 240	36	4	510	428
9932	0	0	0	0	0	0	0

Tableau VI- 4 : Stocks initiaux

Annexe 8 : Résultats des stocks de sécurité pour les centres

Taux : Taux de couverture du stock de sécurité en jours.

	KEK		Tizi-Ouzou		Blida		Tipaza		BBA	
	SS	Taux	SS	Taux	SS	Taux	SS	Taux	SS	Taux
1007	1134	1	388	1	258	1	123	1	105	1
1030	726	1	393	1	260	1	162	1	249	2
1054	2887	1	2144	2	674	1	436	1	854	3
1070	1681	1	751	1	464	2	235	2	367	3
1080	921	1	292	1	500	2	179	1	89	1
1081	8648	1	3956	2	2137	1	1373	2	1563	3
1092	2199	2	307	1	538	3	255	2	93	1
2007	370	2	121	2	38	1	22	1	22	1
2030	394	4	143	3	101	5	54	3	38	2
2070	105	2	43	3	26	3	11	2	32	4
2080	71	1	29	1	45	3	19	2	22	4
2081	910	1	411	2	160	1	131	2	119	2
2092	280	1	83	2	84	2	46	2	18	1
3007	502	2	147	2	56	1	29	2	39	3
3011	154	1	61	1	47	1	37	1	25	2
3030	544	2	194	3	109	3	72	3	52	3
3054	539	1	356	2	105	1	85	1	79	1
3070	113	1	67	2	33	2	14	2	19	2
3081	1716	1	586	2	232	1	199	1	145	2
3092	438	1	97	1	115	2	81	2	21	1
3130	84	1	31	1	18	2	17	3	21	4
3272	1426	2	346	2	106	1	98	2	91	2
3730	287	3	108	6	34	1	23	3	20	2
3770	119	2	45	4	10	2	5	2	21	6
4570	84	1	39	3	30	5	14	6	22	5
7104	65	1	29	3	2	1	2	2	5	3

8132	147	1	56	3	14	1	7	1	9	2
8133	1179	1	500	2	129	1	88	2	75	2
8136	311	5	116	3	31	3	8	2	3	1
8158	741	2	250	4	72	1	71	2	45	3
9209	1594	1	495	2	384	2	210	1	248	2
9210	2030	3	568	2	196	1	228	2	98	1
9214	311	1	211	2	43	1	40	2	55	3
9216	514	1	341	2	113	1	96	1	174	2
9217	279	1	242	2	61	1	55	1	63	2
9219	305	1	231	2	69	1	50	2	88	4
9221	502	2	101	1	88	2	23	1	39	2
9225	94	1	22	1	29	1	25	2	21	3
9231	455	3	156	2	104	2	48	2	55	2
9234	107	1	43	2	29	2	10	2	26	2
9235	92	1	50	3	26	2	11	2	22	3
9360	1791	3	312	2	185	2	121	1	68	1
9509	34	1	19	3	7	3	5	2	14	4
9515	131	2	35	4	8	1	8	2	24	2
9516	1352	5	254	4	46	1	96	4	309	7
9591	105	3	59	7	14	3	11	3	6	2
9867	1340	3	96	1	130	3	41	1	44	3
9930	185	2	94	3	37	1	30	2	94	14
9932	139	1	43	2	32	2	21	2	6	2

Tableau VI- 5 : Stocks de sécurité

Annexe 9 : Résultats des quantités déployées par le modèle

Qte : Quantité déployé vers le centre

D : Demande du centre

	KEK		Tizi-Ouzou		Blida		Tipaza		BBA	
	D	Qte	D	Qte	D	Qte	D	Qte	D	Qte
1007	4323	0	836	0	706	0	331	0	252	0
1030	4035	58	908	0	620	0	360	0	389	0
1054	13690	16729	2450	39322	2306	14191	1297	12638	1009	3528
1070	4323	679	1153	394	865	0	432	0	360	0
1080	4035	7325	533	0	865	0	532	261	216	0
1081	27379	0	5332	0	5620	0	2666	0	2017	0
1092	3495	0	669	0	609	0	413	0	286	0

2007	425	282	130	0	98	0	58	0	65	0
2030	288	0	101	0	58	0	50	0	58	0
2070	166	0	36	0	26	0	17	0	23	0
2080	331	220	55	36	49	33	31	21	20	13
2081	2162	22001	418	2452	346	0	245	0	180	0
2092	615	0	118	0	107	0	73	0	50	0
3007	648	2484	173	24	130	0	54	0	50	0
3011	721	300	159	25	130	0	79	0	43	0
3030	749	0	159	1840	130	0	86	0	58	0
3054	1945	0	504	71	375	0	216	0	173	0
3070	403	403	72	72	53	0	23	23	29	29
3081	3603	0	721	528	670	2044	414	0	288	11544
3092	852	0	163	0	149	0	101	1427	70	0
3130	353	0	58	0	29	0	20	0	19	0
3272	1785	0	375	0	245	0	167	0	144	0
3730	231	0	43	0	92	0	27	0	26	0
3770	196	196	23	23	17	17	9	9	12	12
4570	173	173	24	0	18	18	7	7	13	13
7104	159	159	20	0	9	9	4	4	6	6
8132	360	349	43	0	32	0	19	0	17	11
8133	2666	0	576	0	375	0	159	0	130	0
8136	187	0	86	0	29	0	14	0	19	0
8158	865	0	130	0	173	0	91	0	58	0
9209	3891	0	648	0	677	0	533	0	375	0
9210	2162	4498	504	0	403	0	288	0	216	0
9214	865	0	202	0	102	6080	62	0	65	0
9216	2017	0	432	0	463	0	259	0	317	0
9217	1182	2960	303	0	259	0	144	0	86	0

9219	764	0	209	0	180	60	94	31	81	0
9221	576	0	202	0	141	0	62	0	72	0
9225	490	0	58	0	72	0	45	317	24	0
9231	504	0	202	0	173	0	86	0	86	0
9234	245	0	43	3	40	0	18	3	35	0
9235	231	231	36	0	35	35	17	1147	27	27
9360	1729	0	360	0	274	4200	303	0	159	0
9509	72	72	13	13	7	7	7	7	12	12
9515	196	0	19	0	17	17	13	13	33	33
9516	721	0	144	0	110	0	72	12	144	23
9591	101	0	20	0	13	0	12	0	9	0
9867	1441	1276	159	0	130	2759	86	0	58	1146
9930	241	0	72	0	79	0	43	0	22	0
9932	303	0	43	0	43	0	26	0	12	0

Tableau VI- 6 : Plan de déploiement du 14-20 mai 2017