

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Ecole Nationale Polytechnique

Département : Génie Industriel, Option : Management Industriel



Projet de Fin d'Études

En vue de l'obtention du diplôme

D'Ingénieur d'État en Génie Industriel

Thème :

**Contribution à l'amélioration de la chaîne de production
de Fruital par l'optimisation des stocks, des ruptures et du
taux de service**



Étudié par :

BENZEHRA Mohamed Annour

SAADALLAH Zohour Sihem

Dirigé par :

Mme. NAIT KACI Sabiha

Mme. KASMI Amel

Promotion Juin 2015

DEDICACES

Je dédie ce travail:

Aux personnes m'étant les plus chers au monde, mes parents, à qui je serai toujours redevable,

A ma sœur qui a toujours cru en moi,

A ma binôme pour sa patience et sa bonne humeur tout au long du stage,

A tous mes amis qui m'ont toujours soutenu,

Et enfin au CAP ainsi qu'à tous les CAPistes grâce à qui mes trois années à l'ENP resteront à tout jamais gravées dans mon cœur et ma mémoire.s

Annouar

Aux deux personnes sans qui je n'aurais pu arriver jusqu'ici : mes parents,

A mon frère, pour son soutien permanent,

A mon binôme, pour sa patience et son sens de l'humour,

A tous mes amis, à toute personne à qui je tiens.

Sihem

REMERCIEMENTS

Nos vifs remerciements s'adressent en premier lieu à Madame NAIT KACI pour ses précieux conseils, son soutien, sa disponibilité ainsi que ses qualités relationnelles indéniables.

Nous remercions ensuite Monsieur FOUDAD, notre promoteur au sein de Fruital Coca-Cola pour son temps et sa grande implication dans ce projet.

Nous tenons également à remercier tous les enseignants du Département Génie Industriel à l'Ecole Nationale Polytechnique auxquels nous devons notre formation d'ingénieur, particulièrement Monsieur EL HADJ KHALEF et Madame KASMI pour leur précieuse aide dans l'accomplissement de ce travail.

Enfin, nous remercions les membres du jury qui nous font l'honneur d'évaluer notre travail.

BENZEHRA Mohamed Annouar

SAADALLAH Zohour Sihem

Résumé et mots clés

ملخص

الهدف من هذا العمل هو تحسين أداء سلسلة توريد كوكاكولا . تحقيقا لهذه الغاية، تم تشخيص ادارة سلسلة التوريد وفقا لنموذج الذي مكن من اظهار عدة نقائص منهم مشكلة التخزين . لحل هذه النقائص، اقترحنا ثلاث حلول: انشاء نموذج رياضي يسمح بالحصول على المخزون الامثل، الانتاج الامثل و نفوذ المخزون الامثل لجميع منتوجات 2015 بالاضافة الى اعادة تنظيم مستودع رويبة من أجل ربح مساحة للتخزين و مؤشرات جيدة لمستوى الخدمة.

كلمات البحث: سلسلة التوريد، الإفراط في التخزين، نموذج رياضي، مستودع , مستوى الخدمة.

Résumé

L'objectif de ce travail est d'améliorer la performance de la chaîne logistique de Fruital Coca-Cola. A cet effet, un diagnostic SCOR du département Supply Chain a été effectué et a permis d'identifier plusieurs dysfonctionnements, notamment celui relatif au sur-stockage. Pour pallier à ces dysfonctionnements, nous avons proposé trois solutions : un modèle mathématique permettant de déterminer les stocks optimaux, la production optimale ainsi que les ruptures optimales pour tous les articles de Fruital pour l'année 2015, une nouvelle réorganisation de l'entrepôt de Rouiba dans le but de gagner en espace de stockage et des indicateurs de qualité de taux de service.

Mots clés: Chaîne logistique, sur-stockage, modèle mathématique, entrepôt, taux de service.

Abstract

The objective of this work is to improve the performance of the supply chain of Fruital CocaCola. For this purpose, a SCOR diagnosis made on the Supply Chain department has identified several dysfunctions, one of them is related to overstocking. To overcome these dysfunctions, we proposed three solutions: a mathematical model to determine the optimal inventory, optimal production and optimal returns for all the items of Fruital for 2015 but also a new reorganization of the Rouiba warehouse to gain storage space and finally service level quality indicators.

Key words: Supply Chain, overstocking, mathematical model, warehouse, service level.

Table des matières

INTRODUCTION GÉNÉRALE	1
I. CHAPITRE I : ETAT DE L'ART	3
I.1 Etat de l'art	3
I.1.1 Le diagnostic logistique	3
I.1.2 Les problèmes d'optimisation	8
I.1.3 Gestion des stocks et Taux de service	18
I.1.4 Gestion des entrepôts	22
I.2 Conclusion du chapitre	25
II. CHAPITRE II : ETAT DES LIEUX	26
II.1 Présentation de l'organisme d'accueil	26
II.1.1 Fruital Coca-Cola	26
II.1.2 Organigramme de Fruital Coca-Cola:	27
II.2 Etat des lieux	30
II.2.1 Analyse de la chaîne logistique suivant le modèle SCOR	30
II.2.2 Conclusion du diagnostic SCOR	61
II.3 Problématique	62
II.4 Conclusion du chapitre	64
III. CHAPITRE III : SOLUTIONS PROPOSÉES	65
III.1 Solutions proposées	65
III.1.1 Etablissement du split hebdomadaire	65
III.1.2 Problème de sur-stockage	69
III.1.3 Problème de taux de service et de gestion des retours	100
III.2 Axes d'amélioration	108
III.2.1 Modèle mathématique	108
III.2.2 Réorganisation de l'entrepôt	110
III.2.3 Taux de service	110
III.3 Conclusion du chapitre	110
BIBLIOGRAPHIE	113
IV. ANNEXES	117
Annexe 1 : Notions de base sur les outils informatiques utilisés dans le document	118

1- Présentation de SAP	118
2- Fonctionnement d'APO pour les prévisions	119
3- Qu'est-ce que CPLEX ?	121
Annexe 2 : Exemple d'une programme de fabrication de la semaine du 22 Mars 2015	123
Annexe 3 : Caractéristiques des lignes de production	124
Annexe 4 : Processus de Production	125
Annexe 5 : Classes A-B-C	126
Annexe 6 : Stocks de sécurité et jours de couverture	127
Annexe 7 : Code utilisé sur CPLEX	128
Annexe 8: Résultats du modèle mathématique par la méthode exacte et par les AG	130
Annexe 9 : La norme ISO TS 22002	132
Annexe 10 : Quelques conversions	133
Annexe 11 : Taux de rotation et stock optimal par article	134
Annexe 12 : Coûts de possession et de rupture unitaires	136
Annexe 13 : Classement des articles suivant le nombre de retours et les quantités retournées	138

Liste des figures

Figure I-1 : Représentation schématique d'une Supply Chain	4
Figure I-2 : Processus du modèle SCOR (John P. et Laville J.J., 2007)	6
Figure I-3 : Classification des méthodes d'optimisation combinatoire	10
Figure I-4 : Fonctionnement général des algorithmes génétiques	12
Figure I-5: Exemples de codage (Hacene H., 2010).....	13
Figure I-6 : Sélection par la roulette (Hacene H., 2010)	14
Figure I-7 : Sélection par tournoi (Yagoubi K., 2007)	14
Figure I-8 : Croisement en un point (Yagoubi K., 2007)	15
Figure I-9: Croisement multi-points (Yagoubi K., 2007).....	15
Figure I-10: Exemple d'une mutation (Yagoubi K., 2007).....	16
Figure I-11: Principales étapes d'un dimensionnement d'entrepôt	25
Figure II-1 : Zone géographique couverte par Fruitall (2010)	27
Figure II-2 : Organigramme générale de l'entreprise.....	27
Figure II-3 : Positionnement de Fruitall dans la Supply Chain globale	31
Figure II-4 : Macro-processus de Fruitall selon le modèle SCOR	32
Figure II-5 : Configuration actuelle des processus chez Fruitall (SCOR Niveau 2)	33
Figure II-6 : Sous-processus du niveau 3 du diagnostic SCOR	35
Figure II-7 : processus actuel de la planification des commandes	42
Figure II-8 : Processus d'approvisionnement.....	46
Figure II-9 : Configuration des espaces de stockage chez Fruitall	49
Figure II-10 : Evolution des stocks de Rouiba (année 2014)	50
Figure II-11 : Ventes indirectes journalières moyennes (année 2014).....	51
Figure II-12 : Taux d'occupation des stocks mensuels des classes A, B et C dans l'entrepôt de Rouiba (année 2014).....	52
Figure II-13 : Evolution du stock total de l'espace de KEK entre 2013 et 2014.....	53
Figure II-14 : Evolution des ventes de l'espace de KEK (année 2014).....	54
Figure II-15 : Evolution du stock total de l'espace de Bouchaoui entre 2013 et 2014.....	54
Figure II-16 : Evolution des ventes de l'espace de Bouchaoui 2014	55
Figure II-17 : Taux d'occupation annuels des classes A-B-C de l'espace KEK 2013-2014.....	55
Figure II-18: Taux d'occupation annuels des classes A-B-C de l'espace Bouchaoui 2013-2014.....	56
Figure II-19: Démarche suivie.....	63
Figure III-1: Représentation schématique du modèle mathématique	74
Figure III-2: Vue de haut de l'espace de stockage au sein de Fruitall	89
Figure III-3: Comparaison entre la disposition actuelle et la disposition proposée de l'entrepôt.....	90
Figure III-4 : Exemple d'un agencement détaillé de la zone 3.....	91
Figure III-5: Dispositions horizontale et verticale des palettes dans les zones 1 et 3	92
Figure III-7 : Espace alloué à chaque classe.....	98
Figure V-1: Interface d'APO pour les prévisions.....	119
Figure V-2: modèle de prévisions appliquées sur SAP APO	121
Figure V-3: Processus de production des boissons Fruitall Coca-Cola.....	125

Liste des tableaux

Tableau I-1 : Tableau comparatif entre les différentes métaheuristiques (Layeb A., 2010)	17
Tableau I-2 : Classification ABC des stocks	19
Tableau II-1 : Configuration de la chaîne logistique chez Fruital	34
Tableau II-2 : Semaines du mois d'Avril 2014	37
Tableau II-3 : Split* hebdomadaire pour le mois d'Avril 2014 communiqué par les commerciaux	37
Tableau II-4 : Semaines du mois de Mai 2014.....	38
Tableau II-5 : Split hebdomadaire pour le mois de Mai 2014 communiqué par les commerciaux	38
Tableau II-6: Dysfonctionnements détectés suite au diagnostic SCOR et solutions proposées	61
Tableau III-1 : Taux de vente par SKU et par semaine	66
Tableau III-2 : Récapitulatif des taux obtenus pour les SKUs de la classe A	67
Tableau III-3 : Récapitulatif des taux obtenus pour les SKUs de la classe B	67
Tableau III-4 : Calcul du coût de possession journalier des stocks PF	69
Tableau III-5 : Taux d'occupation des formats	70
Tableau III-6: Coûts journaliers engendrés par les Quantités sur-stockées.....	70
Tableau III-7 : Coût journalier de transport des quantités sur-stockées	72
Tableau III-8 : Matrices capacité de production et coefficients de production	80
Tableau III-9 : Matrice de la demande	80
Tableau III-10: Comparaison entre les résultats obtenus par la méthode exacte et des résultats obtenus par l'AG pour l'article 1	86
Tableau III-11 : Nombre de palettes dans chaque zone.....	93
Tableau III-12 : Comparaison entre les jours de couverture imposés et ceux calculés	96
Tableau III-13 : Nombre de lignes allouées pour chaque article.....	97
Tableau III-14 : Indicateurs de performance mesurant la qualité de service.....	102
Tableau III-15 : indicateurs mesurant le taux de service en termes de temps	105
Tableau III-16 : Classement Pareto des taux de retours par article (année 2014)	107
Tableau III-17 : Classement Pareto des taux de retours par article (Janvier-Mars 2015)	107
Tableau III-18: Taux de retour moyen par classe (Janvier, Février, Mars 2015).....	108
Tableau III-19 : Analyse de sensibilité pour l'article numéro 1	109
Tableau IV-1 : Signification des ratios disponibles sur SAP APO	119
Tableau IV-2: Caractéristiques des lignes de production	124
Tableau IV-3, IV-4 et IV-5: Classification A-B-C des articles Fruital	126
Tableau IV-6 : Stocks de sécurité et jours de couverture de chaque SKU	127
Tableau IV-7 : Quelques résultats de la résolution exacte du modèle mathématique	130
Tableau IV-8 : Résultats obtenus sous Matlab pour les 3 premiers articles avec 5 semaines de prévision	131
Tableau IV-9 : Conversions Palette / Caisse Physique.....	133
Tableau IV-10 : Taux de rotation et nombre de lignes allouées par article.....	134
Tableau IV-11 : Coûts de rupture unitaires par format	136
Tableau IV-12 : Taux de service optimal par format	136
Tableau IV-13 : Classement Pareto des SKU suivant le nombre de retours et quantités retournées (année 2014)	138

Tableau IV-14 : Classement Pareto des SKU suivant le nombre de retours et quantités retournées
(Janvier-Mars 2015)..... 138

LISTE DES ABREVIATIONS

AFNOR : Association Française de NORmalisation

AG : Algorithme Génétique.

APO: Advanced Planning and Optimization

ASLOG : Association française de la Supply chain et de la LOGistique

Cans : CANNETTES

CFR: Case Fill Rate

CP: Caisse Physique

CU : caisse Unitaire

DD: Distribution Directe

DFU: Default Forecast Unit

DI: Distribution Indirecte

DL : Délai de Livraison

DOT: Delivered OnTime

DP: Demand Planner

FCA: Forecast Accuracy

FEFO: First Expired First Out

FO: Fournisseur

FOB : Free On Board

GDS: Gestion Des Stocks

HSE: Hygiène, Sécurité et Environnement

HT : Hors Taxes

KEK: Khemis El Khachna

Km : Kilomètre

MP : Matière Première

P2P : Performance To Plan

PB: Programme de variables Bivalentes

PDP : Plan De Production

PFR: Product Fill Rate

PL : Programme Linéaire

PLNE : Programme Linéaire en Nombres Entiers

PP : Production Planner

SAP: Systems, Applications and Products for data processing

SC: Supply Chain

SCALE: Supply Chain Advisor Level Evaluation

SCOR: Supply Chain Operations Reference

SI: Système d'Information

SKU: Stock Keeping Units

Ss : Stock de sécurité

Sw : Schweppes

TTC : Toutes Taxes comprises

TVA : Taxe sur la Valeur Ajoutée

INTRODUCTION GENERALE

Bob Hooey* a dit : « Si vous ne prenez pas soin de vos clients, vos concurrents s'en chargeront », citation qui caractérise bien l'environnement dans lequel évolue actuellement l'entreprise.

Effectivement, la concurrence accrue entre les entreprises les mène à toujours vouloir se distinguer en déployant des moyens humains et matériels considérables.

Le secteur des boissons non alcoolisées en Algérie est l'un des secteurs d'activités caractérisés notamment par une forte concurrence. Fruital, bien qu'étant producteur et distributeur numéro un en Algérie, se doit d'avoir une chaîne logistique efficiente à tous les niveaux si elle souhaite maintenir cette place. L'un des niveaux que toute entreprise voulant être performante devra maîtriser est sa gestion des stocks. Cette gestion des stocks, si elle est efficace, permettrait à l'entreprise d'atteindre son objectif en termes de taux de service.

Les stocks représentent une part importante dans l'actif de Fruital. En effet la stratégie de poursuite imposée par le marché et une demande à tendance croissante l'obligent à accroître ses capacités de production. Cependant, même si le volume de production arrive à couvrir les besoins du marché, l'espace de stockage limité, lui, constitue une sérieuse contrainte.

En effet, Fruital souffre d'une surcharge permanente de son entrepôt de produits finis et ceci est dû au manque de précision des prévisions de ventes, à des stocks de sécurité surévalués et à une organisation anarchique de l'entrepôt. De plus, le taux de service n'est pas mesuré.

C'est dans ce cadre que s'inscrit le présent travail. Pour ce faire, le document est organisé comme suit :

Le premier chapitre établit les notions théoriques nécessaires à la compréhension des concepts abordés dans les chapitres suivants.

Le second chapitre est consacré à la présentation de Fruital ainsi qu'au diagnostic de sa chaîne logistique suivant le modèle SCOR et ce, afin de faire ressortir les dysfonctionnements

existants. Ces derniers portent notamment sur sa gestion des stocks et sur l'optimisation de son taux de service.

Le troisième chapitre présente des approches de résolutions permettant de pallier aux dysfonctionnements identifiés dans le chapitre deux :

- Déploiement des prévisions mensuelles en prévisions hebdomadaires.
- Elaboration d'un modèle mathématique permettant de fournir les stocks optimaux ainsi que les productions et ruptures optimales en prenant en considération les contraintes auxquelles fait face Fruitall, à savoir : l'espace de stockage limité et les capacités des lignes de production. Nous proposons deux méthodes de résolution du modèle, l'une exacte et l'autre approchée, par le biais de la metaheuristique évolutionnaire des 'algorithmes génétiques'. Ce choix est justifié par la complexité du problème. Une analyse des deux résultats en termes de temps de calcul et d'écarts est entreprise.
- Réorganisation de l'entrepôt des PF suivant les normes HSE imposées dans le domaine de l'agroalimentaire.
- Proposition d'indicateurs permettant de mesurer et d'analyser la qualité des taux de service et de retours.
- Le dernier point abordé dans ce chapitre porte sur les points d'amélioration relatifs aux solutions proposées précédemment.

Enfin, une conclusion générale résumant les étapes suivies lors de l'élaboration du présent travail et ses principaux apports sont présentés, ainsi que les perspectives futures.

*Bob Hooey : Surnommée « Idea man » au Canada, Bob Hooey est consultant et formateur d'entrepreneurs dans le leadership et la stratégie d'entreprise.

CHAPITRE I : ÉTAT DE L'ART

CHAPITRE I : ETAT DE L'ART

Ce chapitre a pour but d'introduire les définitions de bases nécessaires à la compréhension des notions abordées dans les prochains chapitres. Dans un premier temps, le concept de diagnostic logistique sera expliqué, suivi d'une définition du modèle SCOR. En second, les problèmes d'optimisation seront abordés ainsi que leurs méthodes de résolution. Enfin, des définitions relatives à la gestion des stocks, au taux de service ainsi qu'à l'entreposage seront présentées.

I.1 Etat de l'art

Partie 1 : Le diagnostic logistique

I.1.1 Le diagnostic logistique

Avant de définir le diagnostic logistique, il est d'abord nécessaire d'introduire les concepts de logistique ainsi que de Supply Chain.

I.1.1.1 La logistique

Le terme « logistique » vient du mot grec « logistikos » qui signifie l'art du raisonnement et du calcul. La logistique trouve son origine dans les armées et se présentait comme une « partie de l'art militaire qui groupe les activités cohérentes permettant aux armées en campagne de vivre, se déplacer et combattre dans les meilleures conditions d'efficacité » (Baglin G. et al, 2007).

Aujourd'hui, la logistique est définie comme étant l'ensemble des activités ayant pour but la mise en place, au meilleur coût, d'une quantité de produits, à l'endroit et au moment où une demande existe. La logistique concerne toutes les opérations déterminant le mouvement des produits, telles que la localisation des usines et entrepôts, les approvisionnements, la gestion physique des encours de fabrication, l'emballage, le stockage et la gestion de stocks, la manutention et la préparation des commandes, le transport et les tournées de livraison (ASLOG).

I.1.1.2 Le concept de Supply Chain

Différentes définitions de la Supply Chain existent dans la littérature, celles retenues sont celles de Mentzer et al ainsi que de Chopra et Meindl :

- C'est l'ensemble des flux, amonts et aval, de produits, de services, financiers, et/ou d'information depuis la source jusqu'au consommateur (Mentzer et al, 2001).
- L'ensemble des parties impliquées, directement ou indirectement, dans la satisfaction de la demande d'un client (Supply Chain Management, 2004).

La Supply Chain peut-être est couramment représentée par la figure suivante : (les flèches grises représentent les flux informationnels et financiers et les flèches vertes les flux physiques)

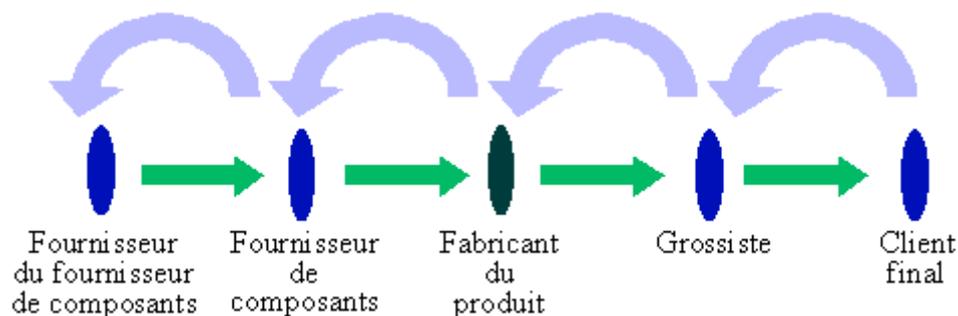


Figure I-1 : Représentation schématique d'une Supply Chain

I.1.1.3 Le diagnostic logistique : définition

L'étymologie du mot diagnostic vient du grec « diagnosis » qui signifie connaissance. Il a été, à l'origine, utilisé dans le domaine médical et signifie : identification d'une maladie par ses symptômes. Aujourd'hui, il est utilisé dans de nombreux domaines, notamment celui de la gestion d'entreprise.

Le diagnostic logistique peut être défini comme suit : Description et analyse de l'état d'un organisme, d'un de ses secteurs ou d'une de ses activités, en matière de qualité, en vue d'identifier ses points forts et ses insuffisances, et dans le but de proposer des améliorations (Cabinet de conseil spécialisé en Logistique, 2014).

Ses principaux objectifs sont (OURABIA Y. et BOUKHARI H., 2012):

- Identifier les causes d'un mauvais fonctionnement

- Etablir un pronostic
- Proposer des solutions en vue d'améliorer la performance en termes de délai, qualité de service et efficience.

Dans le cadre d'une démarche d'amélioration de la logistique, les entreprises procèdent souvent, soit à un diagnostic soit à un audit. L'audit est défini comme étant un processus méthodique, indépendant et documenté permettant d'obtenir des preuves d'audit et de les évaluer de manière objective pour déterminer dans quelle mesure les critères d'audit sont satisfaits (Définition ISO 9000).

Ainsi, la mise en oeuvre d'un diagnostic permet de faire un état des lieux, une recherche de causes à effets alors que la réalisation d'un audit s'appuie sur un référentiel (ASLOG ou AFNOR par exemple) qui, suite à une série de questions liées aux processus de fonctionnement de l'organisation, permet de la positionner et de conclure sur la satisfaction ou non des règles et critères de fonctionnement (Cabinet de conseil spécialisé en Logistique, 2014).

1.1.1.4 Le Modèle SCOR

La globalisation, la concurrence accrue ainsi que le manque de visibilité au bout de leur Supply Chain amènent les entreprises à optimiser leurs ressources en rendant leurs réseaux réactifs, flexibles ou efficients et ce, dans le but de gagner un avantage concurrentiel. Ceci impose l'adoption de modèles de référence des processus Supply Chain. Le modèle SCOR (Supply Chain Operations Reference) en est un.

Le modèle SCOR a été développé en 1996 par le Supply Chain Council (SCC), organisation à but non lucratif regroupant à l'origine deux cabinets de conseil et 69 sociétés américaines. Le SCC compte désormais plus de 800 membres qui partent du principe qu'il n'y a pas de différence entre une entreprise industrielle et une entreprise de service étant donné que le point commun à toute entité économique est le client. (John P. et Laville J.J., 2007)

Présentation du modèle SCOR

SCOR est un outil de modélisation qui met en évidence trois niveaux afin de définir les processus composant la Supply Chain : (LEPORI E., Juin 2012)

- **le niveau 1 (stratégique)** est le plus agrégé. Il repose sur le fait que toute chaîne logistique peut être subdivisée en 5 processus distincts de management : *planification (Plan), approvisionnement (Source), fabrication (Make), livraison (Deliver) et gestion des retours (Return)*.

La chaîne logistique visant à être intégrée, le même découpage sera appliqué aux processus des fournisseurs et des clients de l'entreprise. (Pirus J.F, 2003)

Ses différents processus peuvent être schématisés comme suit :

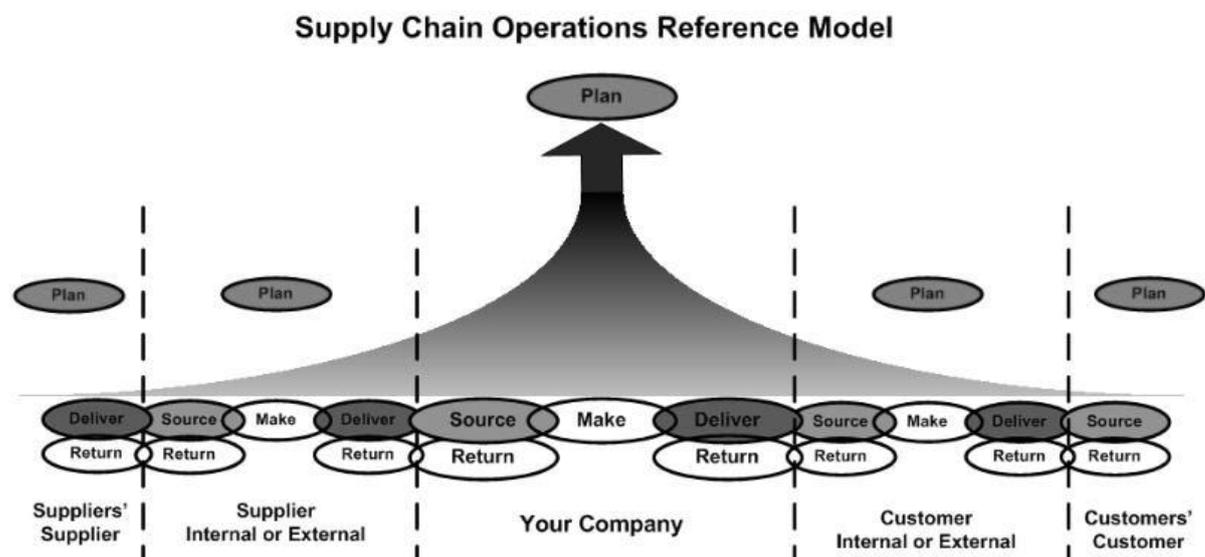


Figure I-2 : Processus du modèle SCOR (John P. et Laville J.J., 2007)

- Le processus **Plan** correspond à la coordination de la Supply Chain. Il est composé des actions de planification permettant d'aligner les ressources aux besoins générés par les commandes des clients.

- Le processus **Source** correspond aux flux d'entrées dans la SC. Il inclut les achats de matières premières et produits finis ainsi que leur acheminement et leur mise en stock.

- Le processus **Make** correspond aux activités de transformation.

- Le processus **Deliver** représente le transport et la distribution des produits finis.

- Le processus **Return** correspond au flux de retours. Les flux de retours proviennent par exemple de problèmes de qualité.

- **Le niveau 2 (tactique)** est une décomposition du niveau 1 suivant les grandes catégories de production et la stratégie de l'entreprise. Il existe trois catégories :

- Make-to-stock où la production se fait suivant des prévisions de ventes.

- Make-to-order où le produit est associé à un numéro de client.

- Engineer-to-order product où le produit est conçu pour un client particulier.

- **Le niveau 3 (opérationnel)** permet la description de chaque processus composant le niveau 2. Il met en évidence les interfaces entre processus, les indicateurs de performance, les meilleures pratiques et les capacités techniques requises pour les mettre en œuvre.
- **Le niveau 4** n'est pas dans le modèle de référence. Il convient à chaque entreprise de définir les tâches élémentaires des activités de chaque processus. C'est à ce stade que l'entreprise met en pratique ses propres solutions pour obtenir un avantage concurrentiel.

Mise en œuvre du modèle

Le modèle SCOR ayant pour finalité l'optimisation des processus logistiques de l'entreprise, il s'accompagne d'une méthode de mise en œuvre qui distingue 4 étapes : (Pirus J.F, 2003)

- La première, **stratégique**, débute par une analyse du positionnement concurrentiel : niveau de performance requis par le marché et mesure de la performance actuelle.
- Au second niveau, **opérationnel**, les flux physiques sont analysés géographiquement et quantitativement et une cible de répartition opérationnelle optimale est définie.
- Au troisième niveau, **systemique**, les flux d'informations sont représentés et les processus existants et cibles sont décrits (jusqu'à la tâche) en mettant en évidence les ruptures de chaîne.
- Le dernier niveau, de **mise en œuvre**, consiste à développer, tester et mettre en production la chaîne optimisée, avec une prise en compte des aspects organisationnels.

Partie 2 : Les problèmes d'optimisation

I.1.2 Les problèmes d'optimisation

Dans la vie courante, l'Homme est fréquemment confronté à des problèmes d'« optimisation » plus ou moins complexes. Cela peut commencer au moment où il tente de ranger son bureau, de placer son mobilier, et aller jusqu'à un processus industriel, par exemple pour la planification des différentes tâches. Ces problèmes peuvent être exprimés sous la forme générale d'un « problème d'optimisation » (ZERARI N., 2006). Une fonction objectif à optimiser (minimiser ou maximiser) par rapport à des variables et des paramètres est alors définie. Une telle fonction présente généralement un grand nombre de solutions qui se différencient par la valeur de sortie (Magnin V., 1998). L'optimisation a donc pour mission de trouver les valeurs des variables permettant de produire la meilleure valeur de sortie possible : la solution optimale (Yagoubi K., 2007).

L'optimisation est donc une des branches les plus importantes des mathématiques appliquées modernes et de la recherche opérationnelle, et de nombreuses recherches à la fois pratiques et théoriques, lui sont consacrées (Matthieu D., 2002).

1.1.2.1 Optimisation linéaire et Programmation Linéaire en Nombres Entiers (PLNE)

Les problèmes de programmation linéaire (PL) sont des problèmes d'optimisation où la fonction objectif et les contraintes sont toutes linéaires. La résolution exacte se fait grâce à la méthode graphique (si le nombre de variables est inférieur à 3) ou grâce à l'algorithme du simplexe.

Lorsque les variables ainsi que les solutions recherchées doivent être entières, le PL devient alors un PLNE. Les méthodes de résolution exacte classiques les plus connues sont la méthode des plans sécants et le principe de séparation et évaluation (branch and bound).

La contrainte qui force les variables à prendre des valeurs entières est nommée contrainte d'intégralité. Lorsque celle-ci est supprimée, le PLNE devient un PL et le problème est dit « relaxé ». Le rapport entre la valeur optimale de la fonction objectif dans la version relaxé et la version entière est appelé « integrality gap ».

Complexité : la contrainte d'intégralité sur les variables rend le problème plus complexe. En effet, selon la théorie de la complexité, l'optimisation linéaire est considérée comme un problème NP-difficile, ses problèmes ne possèdent donc pas d'algorithmes permettant de les résoudre (Charon I. et al, 2006). De plus, à chaque problème d'optimisation peut être associé un problème de décision dont le but est de déterminer s'il existe une solution pour laquelle la fonction objectif soit supérieure (respectivement inférieure) ou égale à une valeur donnée. La complexité d'un problème d'optimisation est liée à celle du problème de décision qui lui est associé. En particulier, si le problème de décision est NP-complet, alors le problème d'optimisation est dit NP-difficile (Karp.M, 1972).

Définitions

- **Problème de classe P** : un problème de classe P est dit facile car il a été prouvé qu'il existe au moins un algorithme déterministe pouvant le résoudre en un temps polynomial. Exemple : tri ou plus court chemin dans un graphe.

Les problèmes d'optimisation peuvent être catégorisés en diverses classes selon la difficulté de leur résolution.

- **Problème NP-complet** : problème de décision vérifiant les deux propriétés suivantes :
 - Il est possible de vérifier la solution en un temps polynomial. La classe de ces problèmes est notée NP.
 - Tous les problèmes de la classe NP se ramènent à celui-ci par réduction polynomiale (Cook S., 1971).
- **Problème NP-difficile** : problème qui remplit la seconde condition et peut donc être dans une classe plus large et plus difficile que la classe NP. Les problèmes NP-difficiles n'ont pas encore à ce jour d'algorithmes déterministes capables de les résoudre en un temps polynomial. Exemple : problème du voyageur de commerce ou problème de planification de production.
- **Temps polynomial** : temps de calcul proportionnel à N^n où N désigne le nombre de paramètres inconnus du problème et n une constante entière (Siarry P. et Maurice C., 2004).

Étant donné l'importance des problèmes d'optimisation, de nombreuses méthodes de résolution ont été développées. Celles-ci peuvent être classées en deux grandes catégories : les méthodes ou algorithmes déterministes et les méthodes non-déterministes ou probabilistes. (Magnin V., 1998).

A titre d'exemple, la figure suivante permet de classer les méthodes d'optimisation combinatoire :

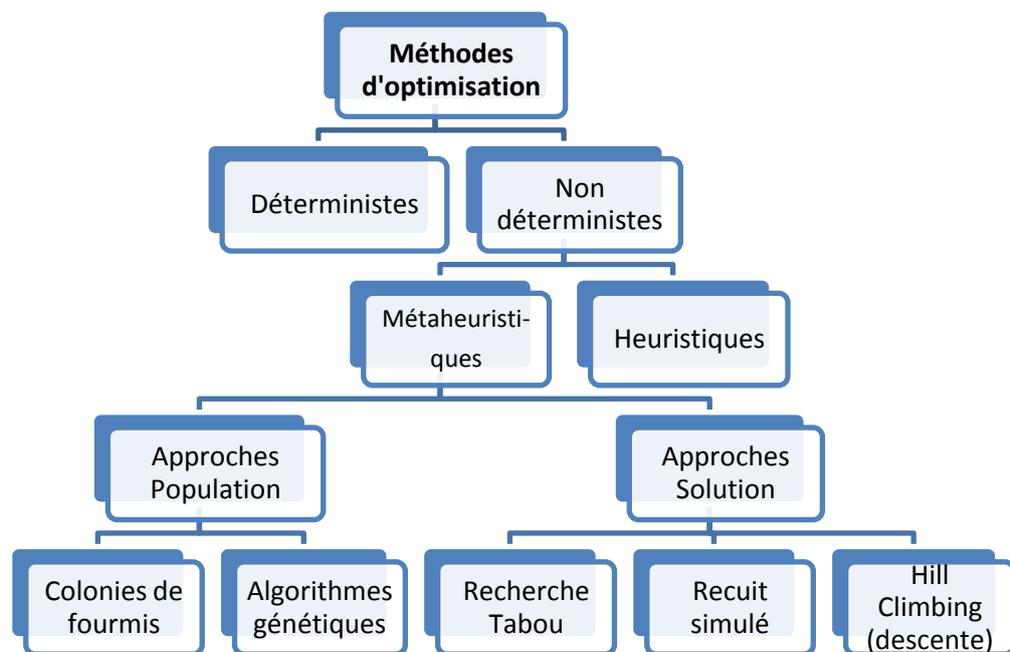


Figure I-3 : Classification des méthodes d'optimisation combinatoire

Les méthodes déterministes

Un algorithme déterministe est un algorithme qui n'utilise aucun concept stochastique et exige des hypothèses sur la fonction à optimiser, telles la continuité et la dérivabilité en tout point du domaine des solutions. Exemples : la méthode du simplexe et la méthode de séparation et évaluation. Cependant, le temps de calcul avec ces méthodes augmentera exponentiellement en fonction du nombre de variables (Magnin V., 1998).

Les méthodes non-déterministes

Un algorithme non-déterministe est une technique de recherche aléatoire à laquelle il faut faire appel lorsque les méthodes déterministes sont difficiles à implanter. Ces méthodes font appel à des tirages de nombres aléatoires (Magnin V., 1998). Elles assurent qu'au bout d'un certain temps, les solutions fournies convergent vers la solution optimale (ZERARI N., 2006).

Les heuristiques

Les heuristiques sont une classe d'algorithmes d'optimisation qui, à chaque étape, utilisent les informations collectées précédemment afin de sélectionner la solution suivante à évaluer (Yagoubi K., 2007). Ce sont des algorithmes dits non exacts car ils permettent de trouver une solution réalisable de la fonction objectif sans garantie d'optimalité. Elles dépendent fortement du problème ciblé et sont dans la plupart des techniques spécifiques à un type de problème donné, contrairement aux métaheuristiques. Leur avantage principal est qu'elles peuvent s'appliquer à n'importe quelle classe de problèmes (faciles ou difficiles) (Layeb A., 2010). A titre d'exemple, la méthode « 2-opt » peut-être citée : c'est l'heuristique la plus simple pour le problème du voyageur du commerce. Le principe est de permuter deux villes et d'évaluer le nouveau circuit, et ce, jusqu'à ce qu'un circuit meilleur que celui de départ soit trouvé.

Les métaheuristiques

Les métaheuristiques sont un type d'algorithmes d'optimisation pour lesquelles il n'y a pas de méthodes déterministes fournissant la solution en un temps raisonnable. Elles ont pour but de converger vers l'optimum global de la fonction objectif. Elles se basent sur le concept de « mémoire » et exploitent les informations tirées des étapes précédentes pour se diriger vers une meilleure solution. Elles peuvent être vues comme une combinaison de plusieurs algorithmes (Yagoubi K., 2007).

Deux catégories peuvent être distinguées :

- **Les approches solution** : manipulent une seule solution et tentent itérativement de l'améliorer grâce à des méthodes dites trajectoires car elles construisent une trajectoire dans l'espace des solutions en tentant de se diriger vers des solutions optimales. Les plus connues sont la méthode de la descente, la méthode tabou et le recuit simulé.
- **Les approches population** : travaillent avec un ensemble de solutions. Les plus connues sont les colonies de fourmis et les algorithmes génétiques.

Le présent document s'intéresse particulièrement aux Algorithmes génétiques :

I.1.2.2 Les algorithmes génétiques

Cette partie repose sur les points bibliographiques : (Goldberg E.D, 1989), (Falkenauer E., 1997) et (Siarry P. et Maurice C., 2004).

CHAPITRE I : ÉTAT DE L'ART

Les algorithmes génétiques font partie des algorithmes évolutionnistes (métaheuristiques s'inspirant des phénomènes naturels et de la biologie). En 1859, Charles Darwin a mis en évidence le principe de l'évolution selon lequel les êtres vivants sont issus suite à des opérations simples :

- La sélection naturelle.
- La variabilité des traits de caractères.
- La transmission des traits à la progéniture.

Les algorithmes génétiques s'inspirent justement de ces opérations. L'algorithme général est représenté sur le schéma suivant (Hacene H., 2010) :

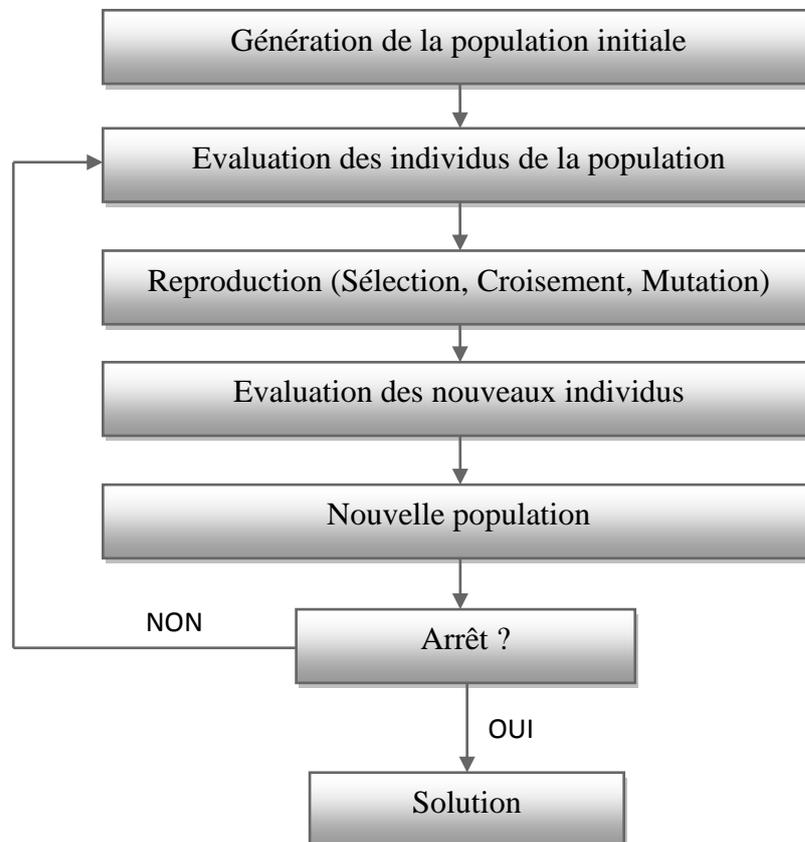


Figure I-4 : Fonctionnement général des algorithmes génétiques

Codage des individus

Il faut définir à chaque problème la manière de coder, de manipuler et de tester la validité de la solution, les codages binaires étaient les plus utilisés à l'origine. Aujourd'hui, ce sont les codages réels qui le sont le plus car ils permettent d'augmenter l'efficacité de l'AG.

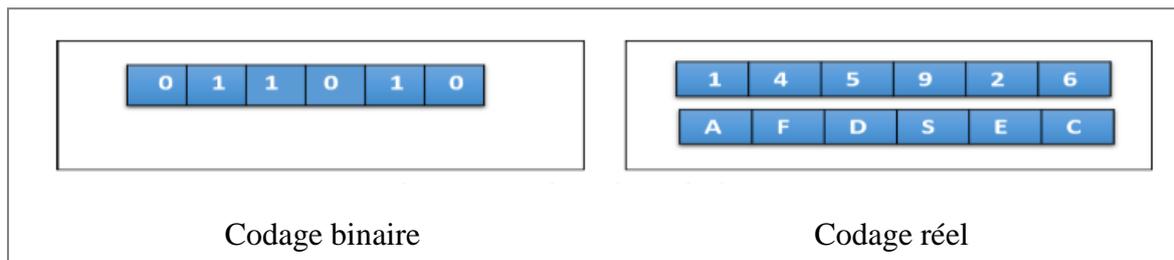


Figure I-5: Exemples de codage (Hacene H., 2010)

1) La génération de la population

C'est la première étape d'un algorithme génétique. Une fois le codage choisi, une population de départ formée de solutions admissibles du problème devra être choisie (ZERARI N., 2006). Plusieurs mécanismes de génération de la population initiale sont utilisés dans la littérature (Harrat Y., 2003), le choix se fera généralement en fonction de la connaissance que l'utilisateur a sur le problème. Si celui-ci n'a pas d'informations particulières, le choix se fera de manière aléatoire mais uniforme de sorte à élargir l'exploration dans l'espace de recherche.

2) L'évaluation de la population

L'AG a une fonction d'évaluation nommée fonction « fitness » qui associe à chaque individu un score proportionnel à sa qualité et ce, dans le but de parvenir à différencier deux individus. Sa conception est essentielle pour un AG car elle est dépendante du problème ainsi que de l'expertise du concepteur (Yagoubi K., 2007).

3) La sélection :

L'opérateur de sélection est chargé de favoriser les meilleurs individus (Rebreyend P., 1995). Il va générer à partir de la population courante ayant un score élevé une population par copie. Ceci va donc augmenter sa probabilité de contribuer à la génération suivante. Plusieurs méthodes de sélection existent, les plus citées dans la littérature sont :

- **La sélection par la roulette :** cette méthode s'inspire des roues de loterie (2015). A chaque individu est associé un secteur d'une roue dont l'angle est proportionnel à son score et à sa qualité. Une bille est lancée et l'individu sur lequel elle tombe est sélectionné

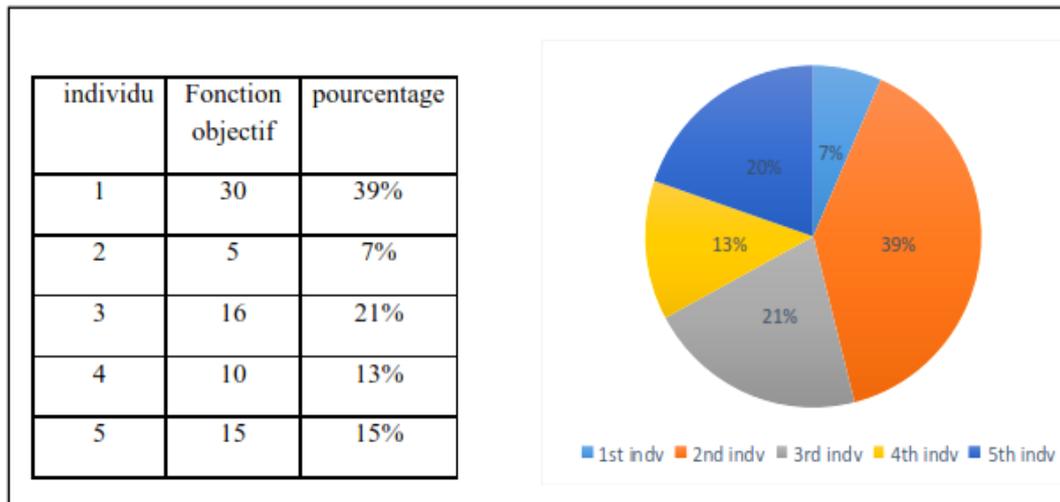


Figure I-6 : Sélection par la roulette (Hacene H., 2010)

- **La sélection par tournoi** : elle consiste à choisir aléatoirement deux ou plusieurs individus et à sélectionner le plus fort. Le processus est répété plusieurs fois jusqu'à l'obtention de N individus. L'avantage est d'éviter qu'un individu fort soit sélectionné plusieurs fois.

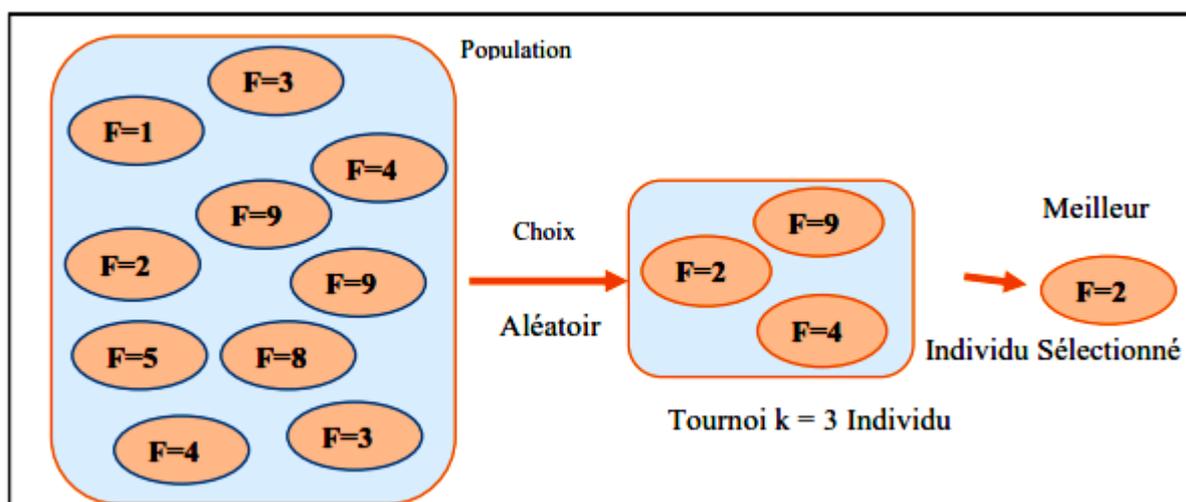


Figure I-7 : Sélection par tournoi (Yagoubi K., 2007)

- **La sélection par classement** : elle consiste à ranger les individus dans l'ordre croissant (ou décroissant) et d'en retenir qu'un nombre fixé au départ. Seuls les individus les plus forts sont conservés. L'inconvénient de cette méthode est la convergence prématurée de l'algorithme car il est parfois nécessaire de garder des candidats moins bons afin d'assurer la diversité de la population. Un second

inconvéniént réside dans le fait de fixer la limite de sélection empêchant ainsi de garder des bons individus (Harrat Y., 2003).

4) Le croisement

La prise aléatoire d'une partie des gènes de chacun des deux parents est nécessaire pour la naissance de nouveaux individus. Dans la nature, ce phénomène est appelé croisement (crossover) (ZERARI N., 2006). La même opération est réalisée dans les AG permettant ainsi de simuler des reproductions d'individus dans le but d'en créer de nouveaux (Hacene H., 2010). La littérature définit deux méthodes :

- **Le croisement en un point** : c'est le cas le plus simple et le plus connu. Il consiste à choisir au hasard un point de croisement pour chaque parent et à échanger les sous-chaînes à partir des positions tirées (Hacene H., 2010). La figure suivante schématise le phénomène :

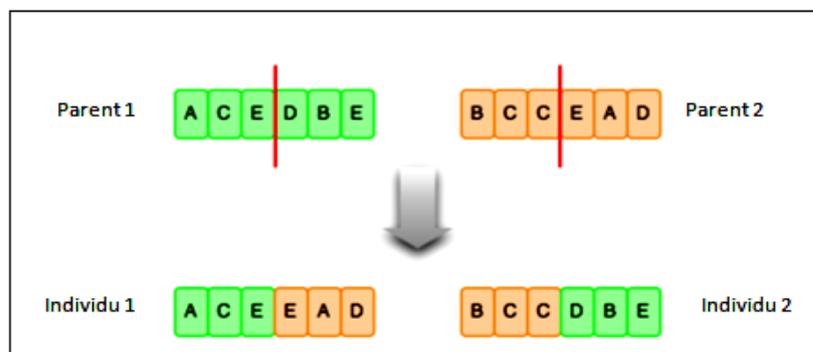


Figure I-8 : Croisement en un point (Yagoubi K., 2007)

- **Le croisement multi-points** : c'est la méthode la plus utilisée. Elle généralise le mécanisme du croisement en un point à l'échange à 3 ou 4 sous-chaînes.

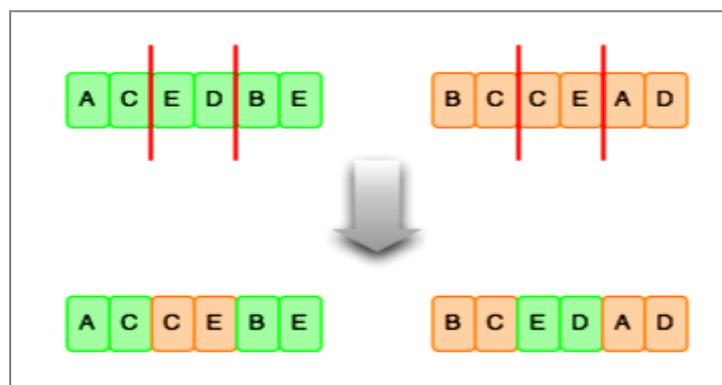


Figure I-9: Croisement multi-points (Yagoubi K., 2007)

- **Le croisement entre bits:** un vecteur de croisement aléatoire binaire est généré. il sélectionne ensuite les gènes contenant un 1 du parent N°1 et les gènes contenant un 0 du parent N°2 et combine ensuite les gènes pour former l'enfant. par exemple:
Parent1 = [a b c d e f g h];
parent2= [1 2 3 4 5 6 7 8];
Vecteur de croisement aléatoire= [1 1 0 0 1 0 0 0];
Ainsi, l'enfant sera composé des gènes suivants:
Enfant= [a b 3 4 e 6 7 8]

5) La mutation

Cette opération protège les AG des pertes prématurées d'informations qui ont pu être perdues lors de l'opération de croisement et empêche la convergence vers un optimum local. Elle participe donc au maintien de la diversité (Hacene H., 2010). Cependant, si le taux de mutation est trop élevé, l'AG risque de dégénérer en une recherche aléatoire (Yagoubi K., 2007).

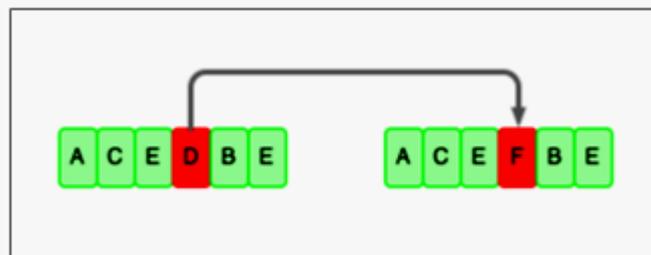


Figure I-10: Exemple d'une mutation (Yagoubi K., 2007)

6) Evaluation des nouveaux individus et génération d'une nouvelle population

Une fois les étapes précédentes effectuées, les individus sont évalués grâce à la fonction fitness et une nouvelle génération est alors créée. L'opération est répétée jusqu'à ce que la condition d'arrêt soit satisfaite.

7) Critère d'arrêt

Déterminer la condition d'arrêt est l'une des principales difficultés des AG. Les deux critères les plus utilisés dans la littérature sont :

- Arrêt après un nombre de générations fixé à priori.

- Arrêt lorsque la population cesse d'évoluer ou lorsque les individus sont des copies d'un même individu (perte de diversité génétique) (Schoenauer M. et Michèle S., 1996).

- **Valeurs des paramètres**

Les paramètres qui conditionnent la convergence d'un algorithme génétique sont :

- La taille de la population d'individus ;
- Le nombre maximal de générations ;
- Le taux de croisement ;
- Le taux de mutation.

Il n'existe, à priori, pas de valeurs de ces paramètres qui soient adaptées à la résolution de tous les problèmes pouvant être résolus avec un AG mais ceux-ci dépendent de la problématique. Cependant, certaines valeurs sont utilisées dans la littérature et sont considérées comme bonne solution de départ (ZERARI N., 2006):

- Taille de la population initiale : 20 à 50 individus ;
- Taux de croisement : entre 70% et 95% ;
- Taux de mutation : entre 0.5% et 1%.

Tableau I-1 : Tableau comparatif entre les différentes métaheuristiques (Layeb A., 2010)

Algorithme	Efficacité
La méthode de la descente	-Problèmes d'optimisation simples -Détermine un optimum local
La méthode du recuit simulé	-Problématiques de métallurgie -Problème du voyageur de commerce pour un nombre de villes supérieur à 800
La méthode Tabou	-Problèmes d'ordonnancement
Les colonies de fourmis	-Réseaux de transport, notamment le problème du voyageur de commerce
Les Algorithmes génétiques	-Problèmes d'optimisation pas forcément classiques -Fonctions numériques discontinues

Partie 3 : Gestion des stocks et Taux de service

I.1.3 Gestion des stocks et Taux de service

La bonne gestion des stocks est l'une des missions décisives que toute entreprise devra maîtriser. En effet, maintenir un bon niveau des stocks lui permettra de ne pas tomber en rupture et d'assurer un bon niveau de service. Cependant, maintenir un niveau de stocks élevé a un coût. L'entreprise devra donc faire face à ce compromis.

I.1.3.1 Définition d'un 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) (Cours GDS, 2013). Ils peuvent être de différents types :

- Stocks de matières premières ;
- Stocks des pièces de rechange et des outillages ;
- En-cours ;
- Stocks de produits finis.

I.1.3.2 Nécessité d'un classement

Lorsqu'une entreprise gère plusieurs articles, elle ne peut pas accorder le même ordre de priorité à tous les articles. Il est donc nécessaire de les classer. Ce classement se fait selon plusieurs critères (Courtois A. et al, 2003). Les plus importants sont :

- La valeur du produit en stock ;
- Critère de destination (fournitures de bureau ou de production) ;
- Espace occupé ;
- Coûts engendrés par les éventuelles ruptures.

La répartition des stocks en différentes catégories est la première étape de toute gestion efficace des stocks. Chaque catégorie est ainsi gérée de manière particulière en termes de fréquence d'approvisionnement ou en termes de conditions de stockage.

I.1.3.3 La méthode ABC

Le classement ABC est le classement le plus utilisé dans le domaine de la gestion des stocks. Cette méthode consiste à différencier les articles en fonction de la valeur des sorties annuelles de stocks qu'ils représentent. Ce classement est fondé sur le principe bien connu des

80-20 (Principe de Pareto): 20% des articles représentent 80 % de la valeur totale des sorties, et les 80 % des articles restants ne représentent que 20 %.

Tableau I-2 : Classification ABC des stocks

Classes	% en unités	% en valeur
A	5-15	70-80
B	20-30	10-20
C	50-60	5-15

I.1.3.4 Problématique de la gestion des stocks

Les stocks représentent à la fois une nécessité et une contrainte financière. Le principal dilemme de la GDS est donc de déterminer le stock optimal pour chaque article afin d'assurer sa disponibilité et un certain taux de service sans pour autant que celui-ci ainsi que les coûts qui lui sont associés soient trop élevés.

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.

I.1.3.5 Le stock de sécurité

Le stock de sécurité est le stock jugé nécessaire à avoir afin de limiter les ruptures de stock dues aux aléas (telles les prévisions non conformes à la demande ou un délai de réapprovisionnement plus long que prévu) et ce afin de satisfaire un certain taux de service (Lasnier G.). Celui-ci est dimensionné en fonction de plusieurs critères :

- L'importance des coûts de stockage (proportionnels au niveau du stock de sécurité).
- Le niveau des aléas (proportionnel au niveau du stock de sécurité).
- Le niveau de service souhaité (proportionnel au niveau du stock de sécurité).

Méthode de calcul

Sa méthode de calcul varie selon les trois cas suivants (2013) :

• **Délai de livraison fixe** : $SS = z \hat{\sigma}_x \sqrt{D}$... (1)

- La consommation varie autour d'une moyenne sur période x et selon une loi normale d'écart type $\hat{\sigma}_x$.
- D : Délai de réapprovisionnement.
- La consommation sur une période D suit une loi normale d'écart $\hat{\sigma}_x \sqrt{D}$.
- z : la variable réduite associée au risque de rupture choisi.
- $z=1-p$ avec p : le taux de service choisi. Il peut être calculé de la manière suivante (Johnson J. et Boylan E., 1994):

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

- 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** : $SS = z \hat{\sigma}_{l(\text{consommation})}$

- $\hat{\sigma}_l$: l'écart type (en jours) de la variation sur le délai de livraison.
- $\hat{\sigma}_{l(\text{consommation})} = (\text{consommation}/j) * \hat{\sigma}_{l(\text{jours})}$
- z est la variable réduite associée au risque de rupture choisi.

• **Consommation et délai variables**

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

- **La loi des grands nombres** :

Soit X une variable aléatoire de variance $\hat{\sigma}^2$ et de moyenne $M = (\sum X_i / n)$ la moyenne de X observée sur un échantillon. Il a été montré que quelque soit la distribution de la variable X et à condition que n soit assez grand (supérieur à 30), M suit approximativement une loi normale de moyenne M et de variance $\hat{\sigma}^2/n$ (Meusnier N., 1989).

I.1.3.6 Indicateurs de la qualité de la gestion des stocks

Plusieurs indicateurs permettant de mesurer la qualité de la gestion des stocks sont utilisés, tels : la durée de stockage de la MP et des PF ou la fréquence de rupture de stocks (Gaiga M., 2003). Ceux utilisés dans ce document sont les suivants :

- **La couverture des stocks** : indique le nombre de jours de consommation auquel le stock actuel peut faire face.

$$\text{Couverture des stocks} = \text{Stock} / \text{Consommation moyenne sur une période donnée}$$

- **La rotation des stocks** : correspond à la fréquence moyenne de renouvellement du stock au cours d'une période donnée.

$$\text{Rotation des stocks} = \text{Stock moyen} / \text{Chiffre d'Affaires}$$

I.1.3.7 Taux de qualité de service

Définition

Le taux de qualité de service, plus communément appelé taux de service est un concept récurrent dans quasiment toutes les organisations. Il s'agit d'un indicateur phare de la logistique, et plus largement de la Supply Chain.

D'un point de vue conceptuel, il correspond au pourcentage de produits livrés à temps dans les références et quantités requises, par rapport à la demande exprimée par le client. Il permet donc de mesurer le niveau de satisfaction de la demande client par rapport à son attente initiale (USAID Projet Deliver, 2007).

Les services logistiques s'en servent souvent afin de comparer leurs performances mais cela pourrait être incorrect si la définition de ce taux n'est pas la même d'un service à un autre. En effet, ce taux peut être calculé par ligne de commande ou par quantité commandée. Les résultats seront alors différents. Il peut également être mesuré sur une période courte et sera donc plus sensible aux variations conjoncturelles que s'il est mesuré sur une période longue.

- **Le taux de service pour les stocks** : représente la probabilité de ne pas atteindre la rupture de stock. Ce pourcentage est nécessaire pour calculer le stock de sécurité (I.1.3.5, page 19).

Partie 4 : Gestion des entrepôts

I.1.4 Gestion des entrepôts

I.1.4.1 Définition d'un entrepôt

L'entrepôt est un lieu de stockage qui accueille tous types de produits, tout en répondant à des règles strictes. Il permet de tenir à disposition les différentes ressources dont a besoin une entité à tout moment (avant, pendant et après la production). Les avantages peuvent être non seulement économiques (optimisation des coûts logistiques) mais aussi concurrentiels (positionnement par rapport à un marché, forte réactivité ou respect des délais) (ROUX M., 2008).

I.1.4.2 Types d'entrepôts

Différents types d'entrepôts existent:

- **Les entrepôts de distribution:** Sont des infrastructures logistiques où sont stockées les marchandises en attente de livraison à d'autres distributeurs ou clients du réseau de distribution.
- **Les entrepôts de production:** Ils servent au stockage de la matière première et du consommable nécessaire pour la production, les produits semi-finis et enfin les produits finis destinés à la consommation.
- **Les entrepôts terminaux:** Les entrepôts terminaux sont utilisés pour l'élimination des produits en fin de vie ou pour le traitement des déchets de production (RIBOUD-SINCLAIR N., 2009).

I.1.4.3 Caractérisation des entrepôts

Un entrepôt peut être vu sous trois angles différents: le processus, les ressources et l'organisation.

1) Processus d'entreposage

Peut être décomposé selon les phases suivantes :

- **La phase de réception:** les produits sont contrôlés (des procédures de réclamations ou de blocage sont déclenchées en cas de non-conformité) et attendent d'être acheminés dans la prochaine étape du processus.
- **La phase de stockage:** Les articles sont stockés à des emplacements dédiés.

- **La phase de préparation:** La préparation des produits en fonction des commandes clients ou des besoins internes.

- **La phase d'expédition :** qui passe par le contrôle de sortie puis le chargement de la marchandise (RIBOUD-SINCLAIR N., 2009)

2) Les ressources d'entreposage

Trois grandes catégories de ressources sont distinguées: le personnel, le bâtiment et les équipements.

- **Le personnel:** selon (ROUX M., 2008): "Une organisation aussi parfaite soit-elle ne vaut que par la qualité des hommes qui la servent".

- **Le bâtiment:** Les bâtiments sont une ressource fondamentale dans les systèmes d'entreposage. Ils sont conditionnés par différents paramètres dont le terrain, la position géographique ou encore les accès (ROUX M., 2008).

Le bâtiment doit répondre à un certain nombre d'exigences et de normes HSE. Dans l'agroalimentaire, les spécifications techniques sont regroupées dans la norme ISO TS 22002 VERSION 2009 sous le nom de "Programmes pré-requis pour la sécurité des denrées alimentaires".

- **Les équipements:** Les équipements peuvent être distingués par les types de ressources :

- L'unité de stockage dans laquelle les produits peuvent être entreposés (palettes, boîtes en carton ou en plastique).
- Le système de stockage qui se compose de plusieurs sous systèmes dans lesquels sont placés différents types de produits. Ils sont très variés et vont de la simple étagère à des systèmes hautement automatisés, avec des grues et des convoyeurs (ROUX M., 2008).

3) Organisation des entrepôts

Au niveau du processus de stockage, les entreprises opèrent de différentes manières :

- **Stockage fixe:**

Pour chaque produit ou groupe de produit est associé un emplacement spécifique et le produit peut donc être identifié par son emplacement. Ce type de stockage possède des avantages mais également des inconvénients.

Avantages:

- La disposition par groupe de produits simplifie la gestion des exigences techniques telles que la climatisation et les distances de sécurité.

- Identification rapide des produits à partir de leur emplacement.
- Les inventaires sont plus faciles.

Inconvénients:

- Les espaces ne sont pas forcément optimisés car il est possible que les produits bien placés soient épuisés et donc des espaces libres seront inoccupés alors que d'autres produits, moins bien placés, ne le sont pas.

- **Stockage aléatoire**

Dans le cas du stockage aléatoire, il n'y a pas de zone spécifique associée à un produit mais la gestion des emplacements se fait généralement en FIFO, c'est à dire que le premier produit arrivé sera le premier servi en termes d'emplacement et donc le remplissage commence par les zones les plus accessibles.

Avantages:

- La possibilité d'utiliser la totalité de l'espace disponible car il n'y a pas d'espace réservé pour un produit ou groupe de produits en particulier.
- Facilité de rangement pour les magasiniers car il n'y a pas un schéma spécifique à respecter lors du stockage.
- Les mouvements pour les rangements dans l'entrepôt sont minimisés dans le cas où les produits les plus accessibles sont les plus demandés.

Inconvénients:

- Nécessité d'un suivi d'enregistrement stricte pour pouvoir retrouver l'emplacement des produits rapidement.
- Nécessité d'une recherche physique des produits dans l'entrepôt lors de la perte des fiches de suivi.
- La réalisation des inventaires est plus difficile car il n'y a pas de regroupement de produits.
- Une lisibilité des entrepôts est moins évidente car il n'y pas de zone spécifique pour un produit spécifique.

- **Stockage mixte**

Le stockage mixte représente le mode d'organisation le plus souvent utilisé dans les entrepôts. Il repose sur la méthode des classes (ABC zoning) qui alloue des zones à des groupes spécifiques, souvent basée sur leur taux de rotation.

D'autres politiques de stockage incluent le groupement par famille, de manière à placer proches les produits souvent demandés ensembles.

En plus des techniques citées précédemment, quelques entreprises développent des méthodes propres à elles en utilisant des outils informatiques comme le Data warehouse ou des méthodes mathématiques d'optimisation comme la recherche opérationnelle.

Le dimensionnement d'un entrepôt

Avant de commencer le dimensionnement d'un entrepôt, il est indispensable de répondre à trois questions principales :

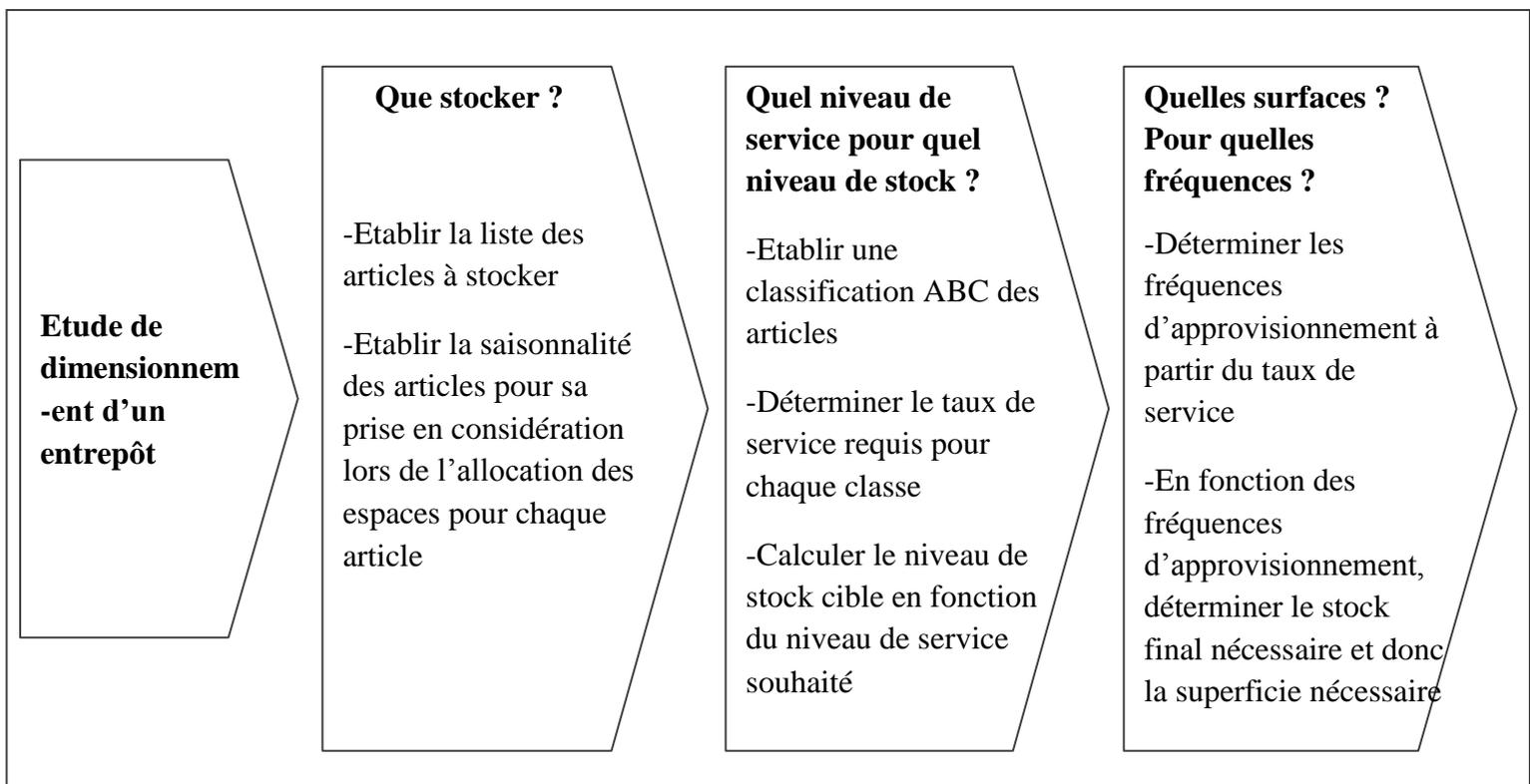


Figure I-11: Principales étapes d'un dimensionnement d'entrepôt

I.2 Conclusion du chapitre

Ce chapitre a permis de définir les concepts nécessaires à la compréhension des points abordés dans les prochains chapitres, principalement ceux relatifs à la gestion des stocks et des entrepôts ainsi qu'à la résolution des modèles mathématiques par des méthodes exactes et approchées.

CHAPITRE II :

ÉTAT DES

LIEUX

CHAPITRE II : ETAT DES LIEUX

Cette partie sera consacrée à la présentation de Fruital Coca-Cola ainsi que de son secteur d'activité mais également au diagnostic de la SC de Fruital suivant le modèle SCOR afin d'en faire ressortir les points positifs ainsi que ceux à améliorer dans chaque processus.

II.1 Présentation de l'organisme d'accueil

Introduction

La boisson mythique la plus consommée dans le monde "Coca-Cola" a été inventée par John Pemberton dans une pharmacie d'Atlanta en 1886.

La recette de cette boisson est réputée pour être l'un des secrets les mieux protégés au monde et selon la rumeur, elle tiendrait sur une modeste feuille de papier, enfermée dans un coffre-fort de l'Etat américain de Géorgie.

Actuellement Coca-Cola ce n'est pas moins de 3500 produits, un milliard et demi de boissons écoulées dans le monde chaque jour, et environ 96% de la population mondiale peut reconnaître le logo de Coca-Cola.

II.1.1 Fruital Coca-Cola

Avant 1988, Fruital disposait d'une usine à Khemis El Khechna (Fruital I) spécialisée dans la production de cannettes et de bouteilles en plastique PET 1.5 L.

Elle était dotée 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.

En 1988, le géant de l'agroalimentaire, « The Coca-Cola Compagny », fabricant de boissons non alcoolisées lui octroie une licence pour la production et la commercialisation de sa gamme de produits, Fruital Coca-Cola SPA a vu le jour, devenant ainsi l'un des plus importants producteurs et distributeurs des produits de The Coca-Cola Compagny en Algérie.

Avec un succès grandissant, une deuxième usine démarre son activité en Juin 1997 à Rouiba (Banlieue Est d'Alger) sur une superficie de 5 hectares. Cette usine jouit aujourd'hui d'une réputation internationale étant donné son dynamisme d'exportation des produits Coca-Cola vers une dizaine de pays d'Afrique.

CHAPITRE II : ÉTAT DES LIEUX

Leader en parts de marché, Fruital produit et commercialise plus de 45 Références sous les marques Coca Cola, Fanta, Sprite, Schweppes, Burn, Rani et bien d'autres.

Le 15 Mars 2006, le groupe Espagnol Equatorial Coca-Cola Bottling Compagny (ECCBC) entre dans l'actionnariat de la société Fruital SPA, ayant pour objectif principal le développement de son activité. ECCB-Fruital a pris de nombreuses initiatives du point de vue commercial, investissement et capacité de production.

Fruital détient l'un des plus grands réseaux de distribution sur le segment des boissons gazeuses. Son réseau couvre toute la partie centrale du territoire national. Les régions Est et Ouest sont couvertes par d'autres groupes. Ainsi, elle distribue ses produits dans 13 Wilayas : Alger, Tizi Ouzou, Médéa, Djelfa, Blida, Ain Defla, Boumerdes, Bouira, Bordj Bou Ariridj, Tipaza, Laghouat, Ghardaia et Tamanrasset.

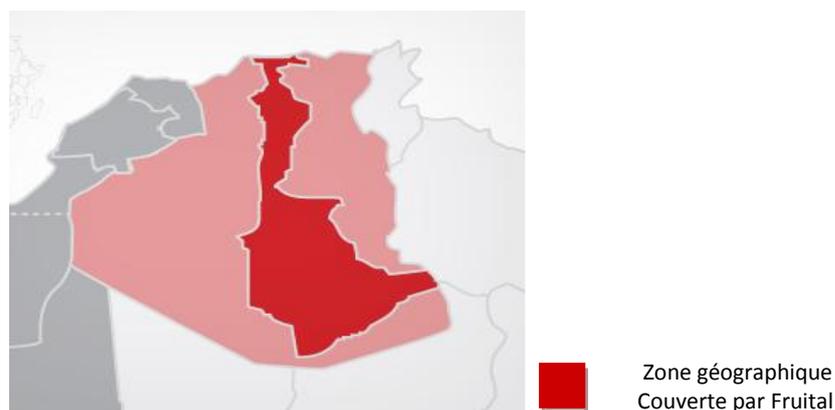


Figure II-1 : Zone géographique couverte par Fruital (2010)

II.1.2 Organigramme de Fruital Coca-Cola:

L'organigramme de l'entreprise est constitué de 10 directions représentées comme suit:

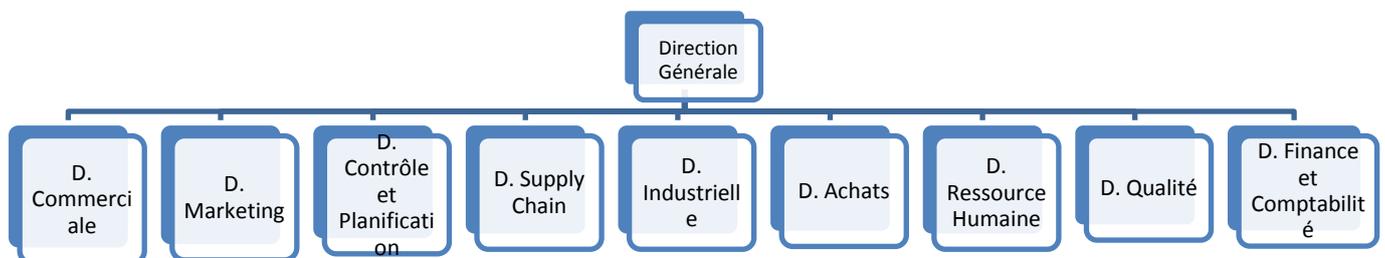


Figure II-2 : Organigramme générale de l'entreprise

II.1.2.1 La Direction Commerciale

Elle s'occupe de la promotion et de la commercialisation des produits Coca-Cola à travers le territoire national.

Celle-ci gère deux parties :

- La vente directe : il s'agit d'assurer la disponibilité des produits Coca-Cola dans les 4 zones intégrées dans la vente directe : Blida, Bouchaoui, Alger et Kemis El Khechna, et ce, en livrant les produits directement aux points de ventes conventionnés : restaurants, cafétérias, hôtels, etc.

La direction commerciale établit alors le suivi des pré-vendeurs qui font la tournée des points de ventes quotidiennement afin de prélever l'état des stocks des clients et remonter l'information car les commandes sont enregistrées la veille pour être livrées le lendemain.

- La vente indirecte : il s'agit dans ce cas d'assurer la disponibilité des produits Coca-Cola dans sa limite géographique à travers le territoire national via un réseau de grossistes, dépositaires et clients hybrides.

Cette direction établit également la quantité à livrer aux clients non bloqués. En effet, ce n'est pas le client qui établit sa commande mais c'est plutôt Fruital qui contacte ses clients afin de leur proposer les produits disponibles, il s'agit là d'une stratégie « Push ».

La quantité totale disponible est répartie selon ce que l'on appelle « objectif client ». Il s'agit d'un poids attribué à chaque client en fonction de ses commandes précédentes par rapport à chaque parfum. Plus un client aura commandé une quantité importante de produits l'année précédente, plus son poids va augmenter, et par conséquent sa part dans les produits proposés augmente.

Remarque:

Un client sera bloqué tant qu'il n'a pas réglé ses précédentes factures arrivées à un certain seuil de liquidité. Celui-ci pourra effectuer des commandes une fois sa situation clarifiée.

II.1.2.2 La Direction Supply Chain

Elle est chargée de coordonner et de gérer l'ensemble des flux physiques et d'informations nécessaires au bon fonctionnement de toute l'entreprise. Elle est divisée en 3 grandes parties :

- Planification : il s'agit d'établir les prévisions de la demande afin de pouvoir planifier le programme de production ainsi que le programme d'approvisionnement et les transferts inter-centres.
- Gestion des stocks : sa mission est d'assurer la gestion des matières premières (réception, stockage et gestion des flux transférés vers les lignes de production) ainsi que la gestion du stock produit fini dans les magasins de stockage.
- Logistique : la partie logistique a pour mission d'assurer les opérations de manutention et chargement-déchargement en dirigeant le quai de chargement ainsi que la maintenance du matériel utilisé.

Cette partie est également chargée de la gestion du transport et de la flotte et des exportations vers les différents pays d'Afrique et ce en FOB, c'est-à-dire, Fruitall sera responsable de la marchandise jusqu'à ce que celle-ci soit à bord du navire.

II.1.2.3 La Direction des Achats

Elle s'occupe principalement des approvisionnements afin de satisfaire les besoins de l'usine en matières premières, emballages, pièces de rechanges, consommables, équipements et l'ensemble des besoins de l'administration en matériel de bureautique. Elle est également chargée du choix des fournisseurs ainsi que de la contractualisation et des négociations.

La direction est structurée en deux départements :

- *Département achats étrangers* : Ce service établit les contacts avec les fournisseurs étrangers et réalise les opérations jusqu'à la livraison. Les produits importés sont :
 - Concentrés : importés d'Egypte ou d'Irlande.
 - Bouchons PET 2 Litres, 50 Cl PET et 30 Cl Verre: importés d'Espagne.
 - CANNETTES : importées d'Espagne ou d'Italie.
 - Films et sous-films : importés d'Italie.
 - Etiquettes avec un nombre de caractères au dessus supérieur à sept digits : importées de Turquie.
- *Département achats locaux* : s'occupe de l'achat des matières disponibles localement :
 - Etiquettes avec un nombre de caractère en dessous de sept digits.
 - Cartons d'emballage et Colle des étiquettes.
 - Sucre blanc ou raffiné.
 - Bouchons bouteilles 1 Litre.

II.2 Etat des lieux

Cette partie sera consacrée au diagnostic de la SC de Fruital suivant le modèle SCOR afin d'en faire ressortir les points positifs ainsi que les points à améliorer dans chaque processus.

II.2.1 Analyse de la chaîne logistique suivant le modèle SCOR

Plusieurs référentiels permettant d'évaluer les performances d'une chaîne logistique existent. Peuvent être cités à titre d'exemples les modèles : SCOR, ASLOG, SCALE, la norme FD X50-605 d'AFNOR.

Le modèle qui semble le plus adapté au cas de Fruital est le modèle SCOR. En effet, en subdivisant la chaîne logistique en cinq macro-processus : planification, approvisionnement, fabrication, livraison et gestion des retours, le modèle SCOR présente une vue macroscopique de la chaîne logistique.

II.2.1.1 Niveau 1

L'établissement du niveau 1 du diagnostic SCOR nécessite la connaissance du positionnement de Fruital sur la chaîne logistique globale. Ceci peut-être représenté par le schéma suivant :

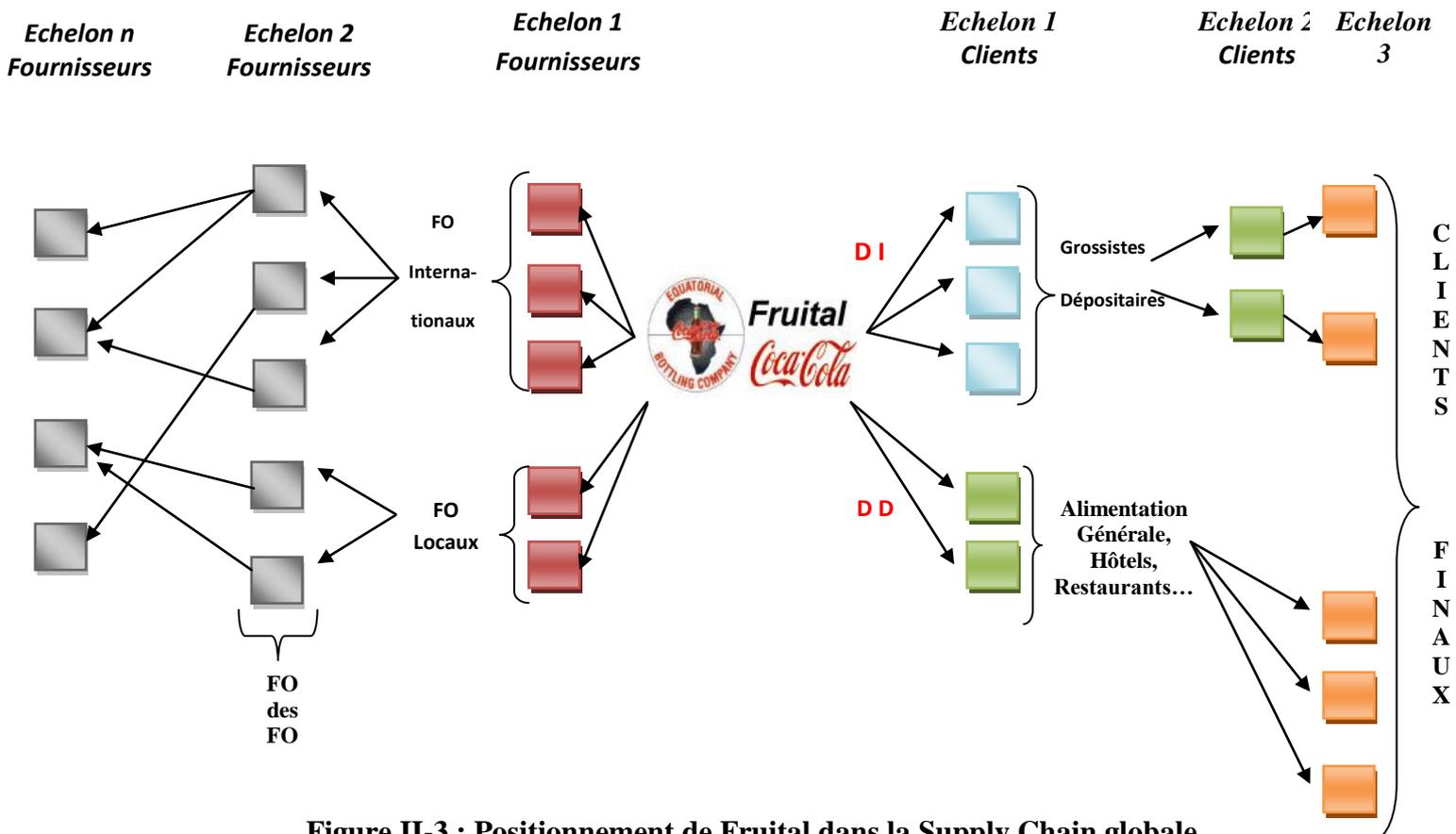


Figure II-3 : Positionnement de Fruital dans la Supply Chain globale

Commentaires :

- Fruital étant une entreprise de production et de distribution, son positionnement sera au centre de la chaîne logistique globale.
- Certains de ses fournisseurs sont locaux et d'autres internationaux. Quant à ses clients, ils dépendent du type de distribution. Si celle-ci est directe, ses clients seront des clients conventionnés tels les magasins de vente alimentaire, les restaurants, les hôtels, etc. Si la distribution est indirecte, ses clients seront les grossistes ou dépositaires. Ces points seront détaillés dans les niveaux 2, 3 et 4 du diagnostic.

Les macro-processus de Fruital sont les suivants :

- Le processus de planification.
- Le processus d'approvisionnement.
- Le processus de production/fabrication.
- Le processus de livraison.
- Le processus de gestion des retours.

Ils peuvent être représentés par le schéma suivant:

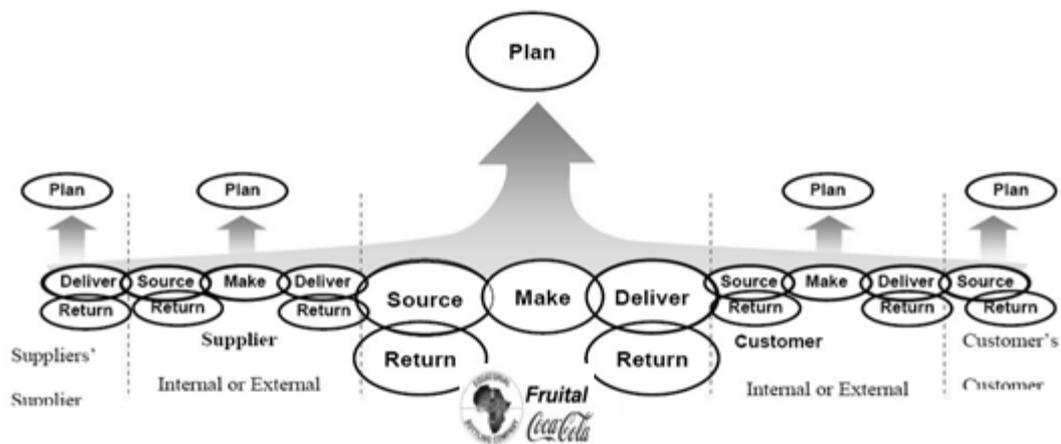


Figure II-4 : Macro-processus de Fruital selon le modèle SCOR

II.2.1.2 Niveau 2

Le niveau 2 du modèle SCOR permet la décomposition du niveau 1 suivant les grandes catégories de production make-to-stock, make-to-order et engineer-to-order. Nous avons configuré la chaîne logistique de Fruital à partir de ses sous-processus selon la cartographie suivante où les processus en pointillés correspondent aux processus adoptés par Fruital :

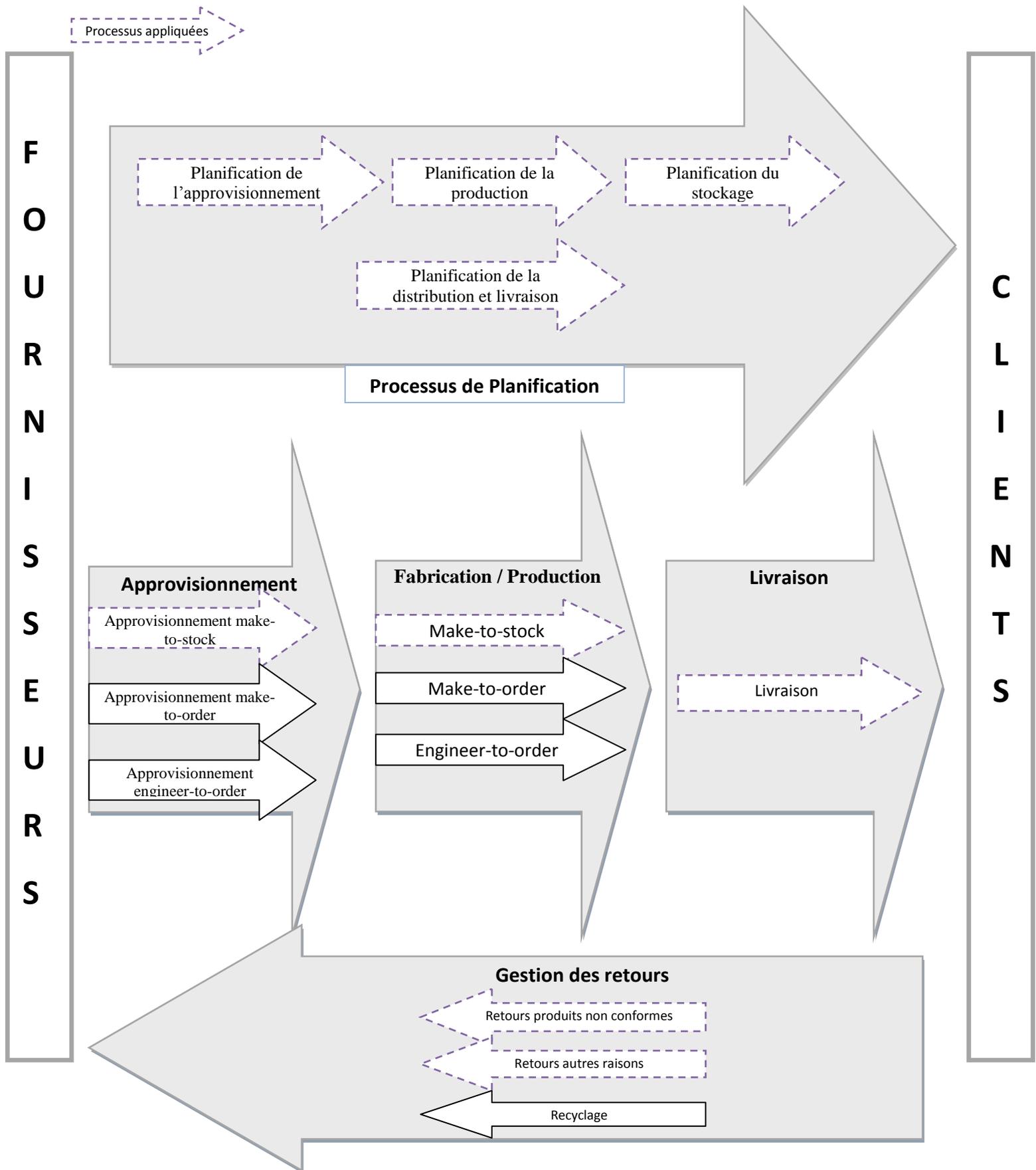


Figure II-5 : Configuration actuelle des processus chez Fruital (SCOR Niveau 2)

Le tableau suivant définit brièvement les processus adoptés par Fruital :

Tableau II-1 : Configuration de la chaîne logistique chez Fruital

Processus	Configuration
Planification	Approvisionnement, Production, Stockage, Distribution et Livraison
Approvisionnement	Source Stocked Products : L'approvisionnement se fait sur la base de la planification de production
Production	Make-to-stock : produire sur la base des prévisions de ventes
Livraison	Deliver-to-order : les produits sont livrés suite à des commandes
Gestion des retours	Retours si produits non conformes, périmés, clients absents, problèmes de transport...

II.2.1.3 Niveau 3

Ce niveau permet l'identification des sous-processus composant chacun des processus déterminés dans le niveau 2, nous avons évalué ceux-ci au nombre de 20. Ils peuvent être représentés par le schéma suivant :

CHAPITRE II : ÉTAT DES LIEUX

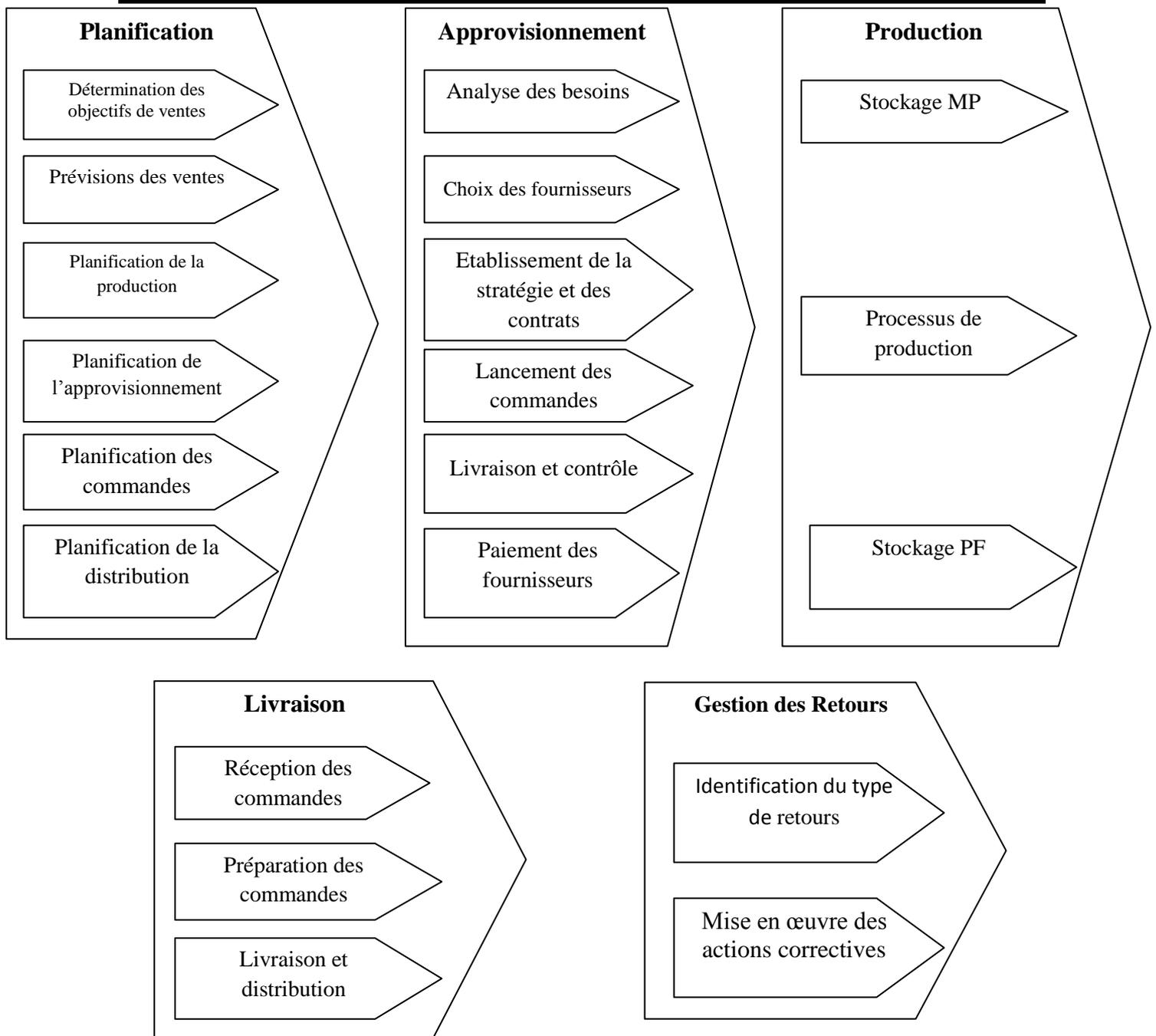


Figure II-6 : Sous-processus du niveau 3 du diagnostic SCOR

II.2.1.4 Niveau 4

Dans cette étape, nous avons déterminé les tâches et activités composant chacun des sous-processus déterminés dans le niveau 3. Ceci permettra d'analyser ces sous-processus de manière plus détaillée, et par conséquent, de détecter les éventuelles causes de dysfonctionnement.

a. Planification

i. Détermination des objectifs de vente

Les objectifs annuels de l'année N+1 sont fixés par le groupe ECCBC à partir des ventes réelles effectuées lors de l'année N ainsi que des prévisions de l'évolution du taux de croissance établies par le service Marketing. Ces objectifs sont ensuite transmis à la Direction Générale qui devra alors les partager avec les directions « commercial » et « Supply chain » afin qu'ils fassent leurs prévisions de ventes sur l'année N+1.

Aucun dysfonctionnement n'a été relevé par rapport à l'activité « Détermination des objectifs de vente ».

ii. Prévisions des ventes

Jusqu'au mois de Décembre 2014, la prévision agrégée des ventes de l'année N+1 était réalisée par le DP (Demand Planner) en collaboration avec les commerciaux en se basant sur le taux de croissance des ventes. Ces prévisions sont ensuite déployées en mois puis en semaines.

Soit l'exemple du SKU 1054 (Coca Cola PET 2 Litres) :

- Vente Mars 2013 = 573 164 CP
- Taux de croissance 2012-2013 (calculé par les commerciaux) = 5%
- Ce taux de croissance est communiqué au groupe ECCBC qui établit le taux de croissance 2013-2014 suivant la tendance de l'année précédente (il a été fixé à 7%).

La vente du mois de Mars 2014 sera calculée ainsi :

Vente Mars 2014 = Vente Mars 2013 + Taux de croissance 2013-2014 * Ventes Mars 2013

Ventes Mars 2014 = Vente mars 2013 * (1 + Taux de croissance 2013-2014)

Ventes Mars 2014= 573 164 * (1+0.07) → **Ventes Mars 2014= 613 285 CP**

A ce résultat vont être rajoutées d'autres valeurs: éventuelles promotions Marketing ou effet Ramadhan (pour les mois concernés).

Cette méthode ne se base que sur le taux de croissance des ventes. Cet élément est insuffisant car d'autres éléments peuvent être pris en considération dans l'élaboration des prévisions des ventes tels les phénomènes de saisonnalité ou de tendance ainsi que la capacité de production et de stockage.

CHAPITRE II : ÉTAT DES LIEUX

Depuis Janvier 2015, Fruital a acquis le progiciel de gestion intégrée SAP APO (Advanced Planning and Optimization) dont les modules s'occupent de la prévision des ventes et de la planification de la production ainsi que la planification du déploiement.

Les méthodes de prévision appliquées par APO varient de SKU en SKU et ce selon le type de la série chronologique de chaque SKU.

REMARQUE :

Le fonctionnement d'APO ainsi que la manière dont il procède afin de fournir les prévisions sont expliqués dans l'Annexe 1.

Une fois la prévision mensuelle obtenue par APO pour chaque SKU, elle sera déployée en semaines suivant des pourcentages communiqués par les commerciaux et ce, afin d'élaborer le PDP de chaque semaine.

Prenons l'exemple suivant :

Sachant que la semaine de travail va du Dimanche au Samedi, le mois d'Avril 2014 par exemple sera composé des semaines suivantes :

Tableau II-2 : Semaines du mois d'Avril 2014

Dimanche	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	
		1	2	3	4	5	Semaine 1 de 5 jours
6	7	8	9	10	11	12	Semaine 2
13	14	15	16	17	18	19	Semaine 3
20	21	22	23	24	25	26	Semaine 4
27	28	29	30				Semaine 5 de 3 jours

Les pourcentages communiqués par les commerciaux, et qui seront appliqués aux prévisions de chaque SKU sont les suivants :

Tableau II-3 : Split* hebdomadaire pour le mois d'Avril 2014 communiqué par les commerciaux

Semaine 1	Semaine 2	Semaine 3	Semaine 4	Semaine 5
37 %	20 %	25 %	15 %	3 %

Le mois de Mai 2014 sera composé des semaines suivantes :

Tableau II-4 : Semaines du mois de Mai 2014

Dimanche	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	
				1	2	3	Semaine 1 de 3 jours
4	5	6	7	8	9	10	Semaine 2
11	12	13	14	15	16	17	Semaine 3
18	19	20	21	22	23	24	Semaine 4
25	26	27	28	29	30	31	Semaine 5 de 7 jours

Son split* hebdomadaire a été établi ainsi :

Tableau II-5 : Split hebdomadaire pour le mois de Mai 2014 communiqué par les commerciaux

Semaine 1	Semaine 2	Semaine 3	Semaine 4	Semaine 5
23 %	18 %	35 %	14 %	10 %

Commentaires:

Les pourcentages du mois d'Avril diffèrent globalement de ceux du mois de Mai. A priori, aucune raison ne permet de juger que ces taux devraient être proches, mais le fait qu'ils soient établis de manière intuitive pourrait affecter la précision des prévisions impliquant ainsi un PDP moins fiable.

*Split = Diviser ou séparer.

Indicateurs de performance pour les prévisions de ventes :

Plusieurs indicateurs sont calculés afin de mesurer la performance des prévisions, les plus importants sont:

- **Forecast Accuracy (FCA):** pourcentage représentant la précision des prévisions par rapport aux ventes réelles, selon la formule suivante:

$$FCA = 1 - ((\sum (\text{Déviation}) / \sum (\text{Ventes réelles}))$$

Avec: Déviation = | Ventes réelles - Forecast |

- **Good Forecast:** nombre de SKUs avec un FCA supérieur à 75 % / somme des SKU.

L'analyse de l'activité « Préviation des ventes » a permis de relever le dysfonctionnement suivant :

Afin de déployer les prévisions mensuelles obtenues par APO en prévisions hebdomadaires, le DP doit paramétrer APO en introduisant les pourcentages estimés par les commerciaux. Ces derniers, pas assez fiables, peuvent induire la surévaluation des prévisions d'une semaine par rapport à une autre impliquant une production surélevée et donc une éventuelle surcharge inutile

iii. Planification de la production

Une fois la prévision des ventes obtenue, elle est transmise au Production Planner (PP), membre de la direction SC, afin d'effectuer son Plan de Production.

Le PP se base sur les résultats fournis par APO afin d'établir son PDP mensuel puis hebdomadaire. APO affiche les jours de couverture de chaque article stocké en temps réel, à quel moment une ligne sera libre mais également, et en se basant sur les prévisions, à quel moment il y'aura rupture. Le PP devra donc prendre en considération toutes ces informations avant d'élaborer son PDP, mais également le fait que la production doit couvrir un certain nombre de jours de ventes, c'est-à-dire, une certaine politique de stock (ce nombre est imposé par le groupe ECCBC et varie de SKU en SKU (c.iii, page 49).

Une planification de production annuelle agrégée est d'abord réalisée. Celle-ci est ensuite déployée sur les 12 mois de l'année. Puis, la planification de la production est réalisée sur les 3 prochains mois, le premier mois étant figé, c'est-à-dire, la planification ne peut être modifiée pour ce mois afin de permettre au planificateur des approvisionnements MP d'effectuer son programme d'approvisionnement.

Cette planification est ensuite déployée sur les semaines du mois en se basant sur les prévisions hebdomadaires. (Voir Annexe 3).

Cette planification peut cependant être modifiée pour les 2 mois restants dans le cas où le DP modifie ses prévisions suite à des changements récents. Exemple: nouvelles données provenant des commerciaux ou de la direction Marketing ou risque de problèmes d'approvisionnement.

La planification se fait suite à une étude de disponibilité:

- **des lignes:** 6 lignes de production existent avec des capacités de production et des formats proposés différents (voir Annexe 4). La septième ligne est en cours d'implantation. Une ligne est considérée comme disponible lorsqu'elle n'est pas en panne ou qu'elle n'est pas programmée pour maintenance.

- **de l'aire de stockage:** la planification de la production doit prendre en considération la capacité de stockage, limitée dans le cas de Fruital.
- **de PF:** la planification de la production prend également en considération le nombre de jours que peut couvrir le stock de chaque PF. Si un PF est déjà disponible en stock, la quantité initialement prévue pour la fabrication sera diminuée.
- **De la MP :** la planification de la fabrication doit bien évidemment prendre en compte la disponibilité de la MP.
- **Des caristes et des manutentionnaires :** car leur nombre est limité.
- **Du nombre de casiers nus pour les bouteilles en verre.**

Indicateur de performance pour la planification de la production :

Un indicateur est calculé pour mesurer la performance de la planification de la production :

- **Performance to Plan (P2P) :** pourcentage représentant la précision des quantités produites par rapport aux ventes réelles, selon la formule suivante:

$$P2P = 1 - ((\sum \text{Déviation}) / \sum(\text{Production réelle}))$$

Avec :

$$\text{Déviation} = | \text{ventes réelles} - \text{production} |$$

L'analyse de l'activité « Planification de la production » a permis de détecter les dysfonctionnements suivants:

- Le nombre de jours de couverture des PF imposé par le groupe ECCBC a une influence directe sur la capacité de stockage. En effet, les articles les plus vendus sont produits presque quotidiennement et sont livrés aux clients le lendemain ou deux jours après leur production, le nombre de jours de couverture pour ces articles ne devrait donc pas être important. Au contraire, les produits dont la vente n'est pas très importante devraient avoir un stock qui couvre un nombre de jours plus important.
- l'anomalie détectée dans l'activité « Prévisions des ventes » **(3)a.ii**, page 36) influe directement sur la « Planification de la production ».

- Effectivement, si les paramètres de déploiement des prévisions mensuelles en prévisions hebdomadaires sont biaisés, la planification hebdomadaire le sera également car cette dernière se base sur ces prévisions.

Ces deux dysfonctionnements impliquent souvent un stock surdimensionné ce qui conduit à interrompre la production (en lançant des programmes de maintenance par exemple) par

iv. Planification de l'approvisionnement

Une fois la planification de la production effectuée, les besoins en MP sont transmis au Responsable de la planification des approvisionnements, membre de la direction SC.

Il réalise d'abord un programme d'approvisionnement annuel agrégé (MRP), puis ces besoins seront déployés sur les 12 mois de l'année.

De manière similaire à l'activité de planification de la production, la planification de l'approvisionnement est réalisée pour les 3 prochains mois avec le premier mois figé. Le programme des deux prochains mois peut être modifié en cas de changement dans le PDP.

Le planificateur doit prendre en considération la capacité de l'espace de stockage de la MP, les quantités déjà disponibles ainsi que le niveau du stock de sécurité.

Une fois le programme établi, il sera transmis à la direction des Achats et des Approvisionnements.

De manière générale, aucune anomalie n'a été détectée par rapport à l'activité « planification de l'approvisionnement ». Cependant, l'anomalie détectée dans l'activité « Prévisions des ventes » (**3)a.ii**, page 36) en biaisant la planification de la production pourrait induire une planification des approvisionnements erronée.

v. Planification des commandes

Le processus de gestion des commandes est géré de la manière suivante chez Fruitall: (ce schéma est valable pour les clients de la distribution directe ainsi que pour ceux de la distribution indirecte).

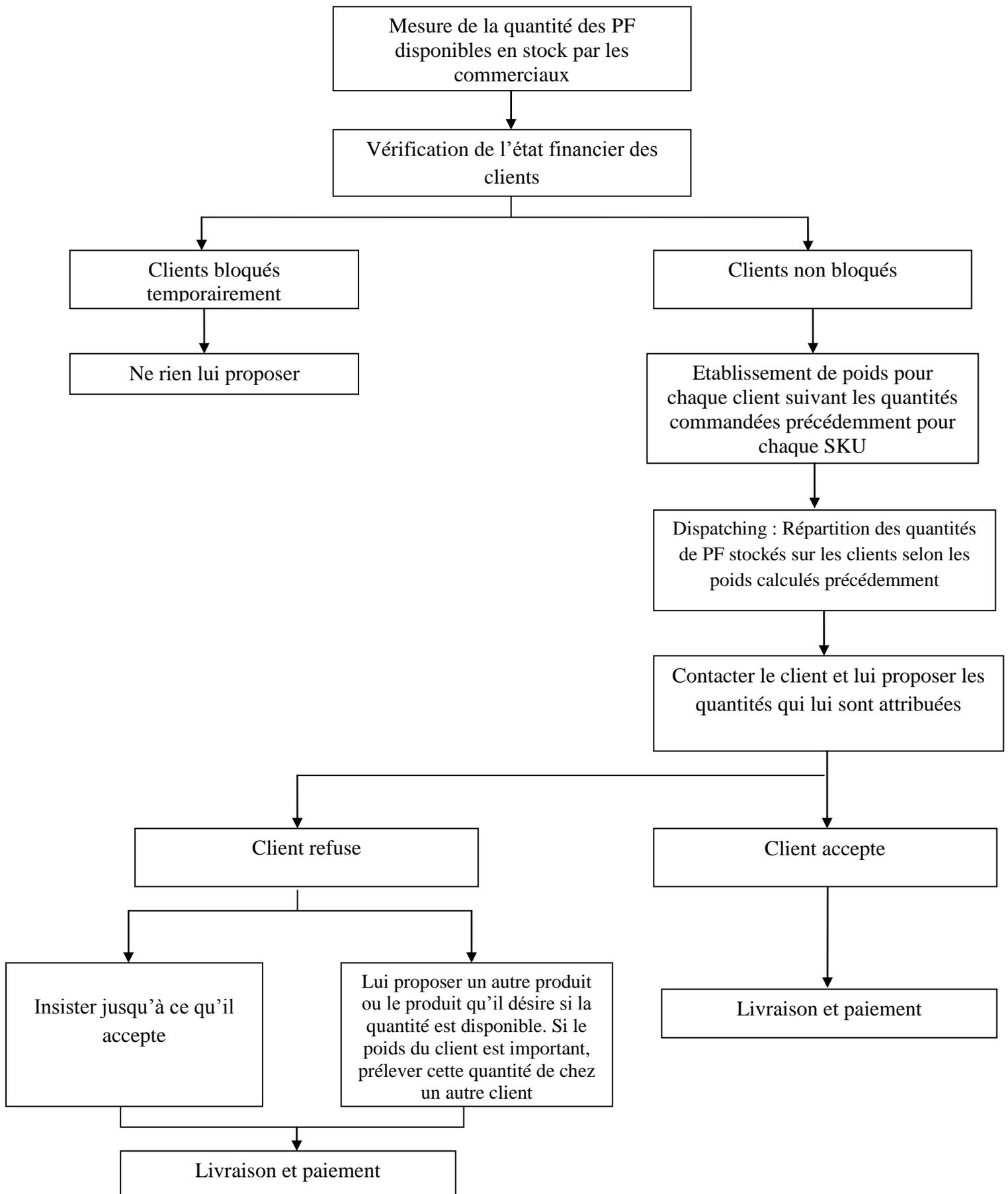


Figure II-7 : processus actuel de la planification des commandes

Indicateurs de performance pour la planification des commandes

Deux indicateurs sont calculés depuis Janvier 2015 afin de mesurer la performance de la planification des commandes :

- **Case Fill Rate (CFR)** : cet indicateur représente le taux de remplissage des caisses, c'est-à-dire, la quantité commandée a-t-elle été livrée entièrement ? cet indicateur mesure seulement si la quantité commandée a entièrement été satisfaite et non si la référence commandée a été livrée.

Explication : Si le service commercial propose une quantité de 1000 CP du SKU 1081 au client et que celui-ci accepte, et qu'au moment de la livraison le client reçoit 800 CP du SKU 1081 et 200 CP d'un autre SKU, le CFR sera tout de même égal à 100 % pour ce client car la quantité commandée a entièrement été livrée.

- **Calcul du CFR :**

Dans une table Excel regroupant les informations citées dans la partie (II.2.1.4d.i, page 57), une comparaison entre les quantités souhaitées par chaque client et entre les quantités réellement livrées a été réalisée pour chaque jour de chacun des 3 premiers mois de 2015 de la manière suivante : si la quantité souhaitée est égale à la quantité livrée, la case adjacente sera remplacée par un 1, sinon par un 0. Le CFR sera ainsi égal à :

$$\text{CFR} = \text{nombre de cases contenant un 1} / \text{nombre de cases total (contenant 1 et 0)}$$

- **Product Fill Rate (PFR)** : contrairement au CFR, cet indicateur prend en considération la quantité livrée ainsi que la référence commandée. Il permet de mesurer le taux de substitution.

- **Calcul du PFR :**

Le calcul se fait de la même manière que pour le CFR, sauf que cette fois-ci les quantités et références souhaitées par le client doivent être égales à celles réellement livrées pour que la case adjacente prenne la valeur de 1. Sinon, elle prendra la valeur de 0. Le PFR sera donc égal à :

$$\text{PFR} = \text{nombre de cases contenant un 1} / \text{nombre de cases total (contenant 1 et 0)}$$

Le calcul de ces deux indicateurs pour les mois de Janvier, Février et Mars 2015 a permis de constater que les résultats obtenus tournaient autour de 95% et n'étaient donc pas assez satisfaisants selon les décideurs qui s'étaient fixés un objectif de 100%.

Les données utilisées afin d'obtenir ces résultats ne peuvent être présentées pour des raisons de confidentialité.

L'analyse de l'activité « planification des commandes » a permis de détecter les deux dysfonctionnements suivants :

- Du moment où c'est Fruitall qui « impose » à ses clients les produits à commander en poussant les flux, les deux indicateurs de performance utilisés devraient être très proches de 100%. Cependant, les résultats montrent qu'ils variaient autour de 95% et les causes sont encore inconnues.
- Il n'existe pas d'autres indicateurs permettant d'évaluer la satisfaction du client en termes de qualité du service rendu.

vi. Planification de la distribution

Deux types de distributions sont gérés à Fruitall :

- La distribution directe : couvre les quatre zones suivantes : Bilda, Bouchaoui, Alger et Kemis El Khechna. Il s'agit de livrer les produits directement aux points de ventes conventionnés : restaurants, cafétérias, hôtels...

- La distribution indirecte : il s'agit dans ce cas d'assurer la disponibilité des produits Fruitall dans sa limite géographique à travers le territoire national via un réseau de grossistes et de dépositaires (**Figure II-1**, page 27).

Plus de détails seront traités dans le processus de Livraison (**II.2.1.4**, page 57).

b. Approvisionnement

Une fois le plan d'approvisionnement établi, il sera transmis au département « Achats et Approvisionnements ». Deux types d'achats sont réalisés :

- Les importations : concernent généralement :
 - Concentrés : importés d'Égypte, d'Irlande et de France.
 - Bouchons PET 2Litres, 50 Cl et 30 Cl : importés d'Espagne.
 - Cannelles : importées d'Espagne ou d'Italie.
 - Emballage transparent des packs : importé d'Italie.
 - Etiquettes avec un nombre de caractères dessus supérieur à sept digits : importées de Turquie.

- Pièces de rechange industrielles.
- Les achats locaux : concernent généralement :
 - Les achats stratégiques, tels le sucre (les principaux FO sont Cevital et Labelle) et le CO2 (Principal FO : Linde Gaz)
 - Packaging : concerne les préformes, certaines étiquettes et les bouchons long neck.
 - Les consommables (ou produits auxiliaires, tels que les produits chimiques, produits de nettoyage des lignes ou la colle des étiquettes).

Le plan agrégé transmis par le responsable de la planification des approvisionnements sera étudié et confronté au budget annuel.

Comme pour la planification de l'approvisionnement, le programme d'approvisionnement des 3 prochains mois sera lancé avec le premier mois figé, c'est-à-dire, ces commandes auront réellement lieu : commandes fermes. Les commandes des 2 mois restants peuvent éventuellement être modifiées s'il y'a changement dans le plan d'approvisionnement.

Le schéma suivant résume le processus d'approvisionnement :

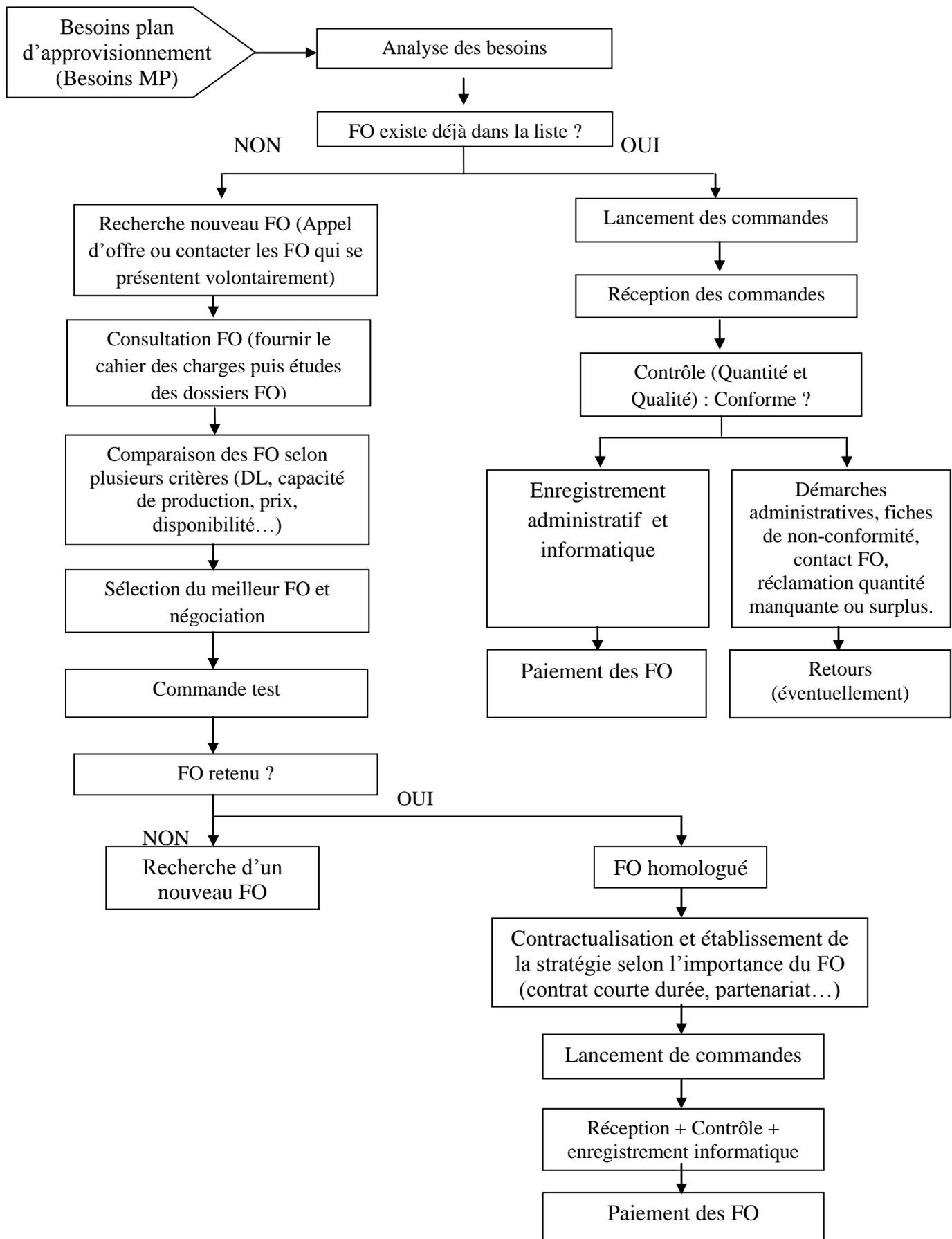


Figure II-8 : Processus d'approvisionnement

Aucun dysfonctionnement n'a été relevé par rapport à l'activité « Approvisionnement ».

c. Production

Cette partie permettra d'expliquer chaque activité composant les sous-processus de la production.

i. **Stockage MP**

Une fois la MP réceptionnée, elle est dirigée vers des espaces de stockage délimités et partitionnés en zones spécifiques à chaque type de MP :

- Zone spécifique au stockage des préformes
- Zone spécifique au stockage des bouchons
- Zone spécifique au stockage des cannettes
- Zone spécifique au stockage des concentrés (2 types de concentrés sont nécessaires à la fabrication d'une boisson, un type pouvant être stocké à l'air ambiant, le deuxième type devra être stocké dans des chambres froides)
 - Zone spécifique au stockage du sucre
 - Zone spécifique au stockage des emballages
 - Zone spécifique au stockage des produits chimiques et de nettoyage
 - Zone spécifique au stockage des pièces de rechange

Les produits nécessitant un grand espace de stockage tels les concentrés, le sucre, les bouchons, les préformes et les cannettes sont stockés dans des entrepôts dédiés. L'entrepôt de Rouiba sera ensuite approvisionné en ces matières au fur et à mesure selon les besoins du PDP.

- Entrepôt de Rouiba : dédié au stockage des concentrés. Une partie doit être stockée dans des chambres froides :
 - Chambre froide N°1 : avec une capacité de stockage de 280 m².
 - Chambre froide N°2 : contient des rayonnages avec une capacité de stockage de 500 m² (280 m³).
- Entrepôt de KEK2 : d'une capacité de stockage de 1800 m², cet entrepôt est dédié au stockage du sucre.
- Entrepôt Flèche bleue : se situe à Tassala Al Mardja. Cet entrepôt est dédié au stockage des cannettes, sa capacité varie selon le besoin (de 2000 à 5000 m²).

- Méga-centre : se situe dans la zone industrielle de Rouiba, il est dédié au stockage des préformes.

REMARQUE :

- Le stock des produits comestibles est géré en FEFO (First Expired First Out).
- L'espace de stockage des pièces de rechange est situé non loin des lignes de production (entrepôt de Rouiba).
 - Aucun dysfonctionnement n'a été relevé par rapport à l'activité « stockage MP »

ii. Processus de Production

6 lignes de production sont actuellement fonctionnelles chez Fruital. Deux sont spécialisées dans le remplissage des bouteilles en Verre, trois dans les bouteilles en PET et une spécialisée dans le remplissage des cannettes (voir Annexe 3). Une septième ligne est en cours d'installation et sera fonctionnelle au mois de Juin 2015. Le processus de production est expliqué dans la partie Annexes (voir Annexe 4).

Sachant que la semaine de travail débute le Dimanche et se termine le Samedi, le programme de production de la semaine S+1 est émis le Jeudi de la semaine S en cours.

Durant la semaine S, le programme de la semaine S+1 est figé et ne peut en aucun cas être modifié sur le système. Les programmes des semaines S+2, S+3... peuvent cependant être modifiés.

Du fait de l'augmentation de la demande, certaines lignes produisent 7 jours sur 7 durant toute l'année, les autres produisent 5 jours sur 7 (sauf le Vendredi et Samedi) durant la basse saison et 7 jours sur 7 durant la haute saison (voir Annexe 3).

L'analyse de l'activité « processus de production » a permis de détecter le dysfonctionnement suivant : Avec une capacité de production totale journalière d'environ 185 000 CP toutes lignes confondues, et une capacité de stockage de l'entrepôt de Rouiba de 280 000 CP, cet espace est saturé en moins de 2 jours de production, ce qui induit une surcharge permanente de ce dernier impliquant souvent un stockage anarchique.

- **Traitement des rebuts** : Les rebuts sont essentiellement dus à un packaging non conforme. Ils sont automatiquement détectés par la conditionneuse qui les expulse de la ligne de production. Les packs rebutés sont vidés du produit. Ce dernier est recyclé pendant que le packaging est soit jeté soit recyclé.

iii. Stockage des Produits Finis

Une fois les produits sortis de la ligne, ils sont rassemblés et emballés en CP juste à l'extrémité de la ligne. Les caristes arrivent alors en transpalettes afin de les diriger vers la zone de stockage.

En moyenne, 75 % de la production est destinée à la vente indirecte, 22% à la vente directe et les 3% restants sont destinés à l'exportation.

Fruital dispose de 4 entrepôts : à Rouiba (situé à l'usine même), Khemis El Khachna (KEK), Bouchaoui et Hammadi, chacun destiné à un type de distribution précis. Le schéma suivant résume ceci :

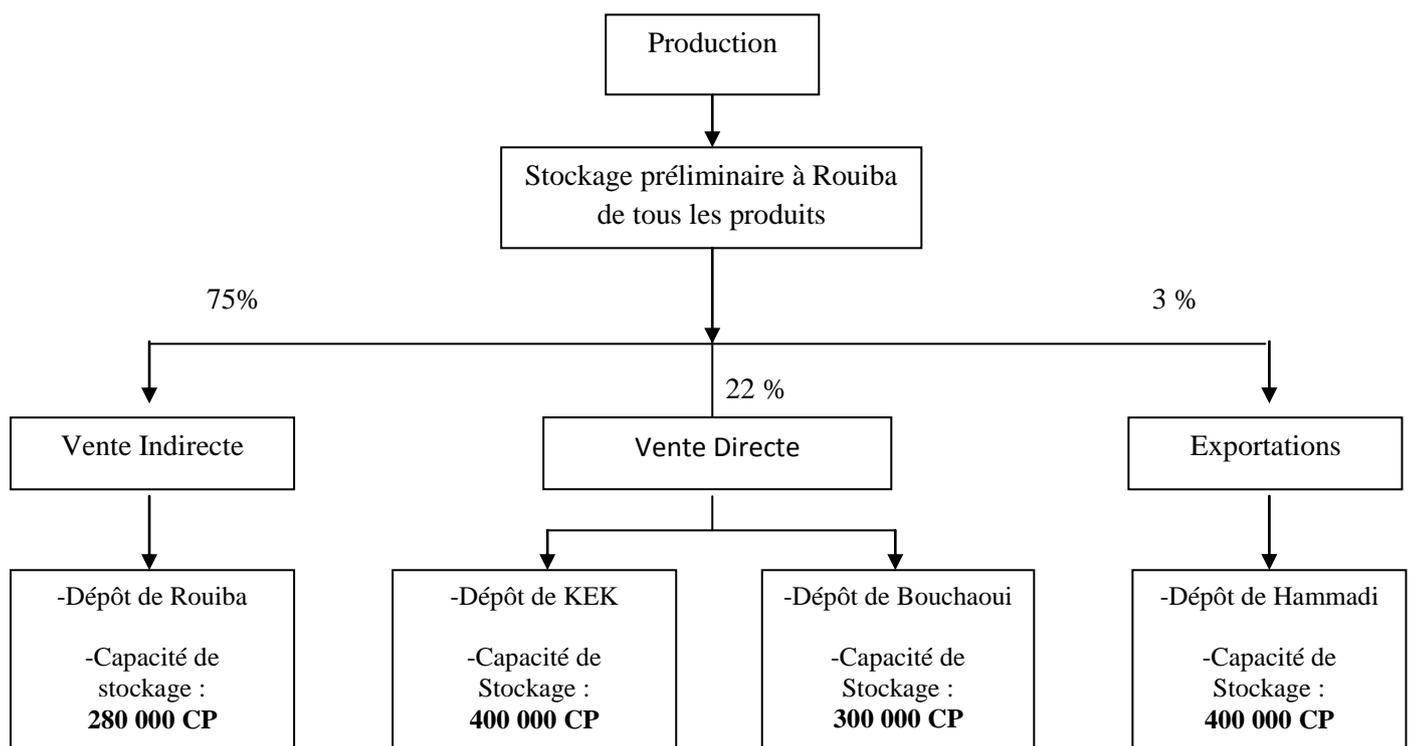


Figure II-9 : Configuration des espaces de stockage chez Fruital

Etant donné que le processus de production travaille de manière continue (7 jours/7 pour certaines lignes) et que les vitesses des lignes de production sont assez importantes, l'espace de stockage de Rouiba est continuellement en surcharge durant toute l'année. Afin de mieux

CHAPITRE II : ÉTAT DES LIEUX

comprendre le phénomène, nous avons analysé les données relatives à l'exploitation des espaces de stockage dédiés à la vente directe et ceux dédiés à la vente indirecte.

- Vente indirecte :

Le graphique suivant représente l'évolution du stock de Rouiba pour l'année 2014 :

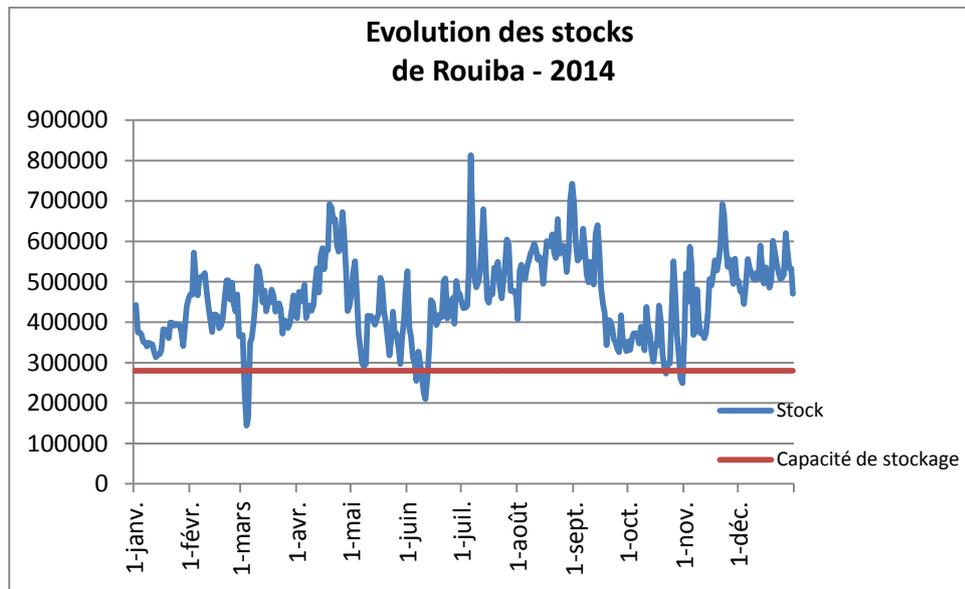


Figure II-10 : Evolution des stocks de Rouiba (année 2014)

Analyse du graphique :

Les quantités stockées dépassent largement la capacité de l'espace de stockage. Les calculs effectués prouvent que les quantités stockées représentent en moyenne 1.7 fois la capacité de stockage lors de la haute saison et 1.4 fois la capacité de stockage lors de la basse saison. Ceci conduit souvent les gestionnaires de stock à adopter une disposition anarchique des stocks.

En effet, bien que les espaces de stockage soient délimités, ces limites ne sont pas respectées ; tout espace vide ou toute zone pouvant potentiellement servir d'espace de stockage sont utilisés, même si cela est parfois contradictoire aux normes d'Hygiène et de Sécurité : les espaces de circulation des piétons sont étroits, les caristes ne respectent pas les limitations de vitesse afin de dégager la sortie des lignes de production qui produisent en continue.

Etant donné que l'espace de Rouiba est supposé n'être consacré que pour les produits vendus en Distribution Indirecte, les ventes journalières moyennes réalisées en 2014 et destinées à la vente indirecte ont été représentées par le schéma suivant :

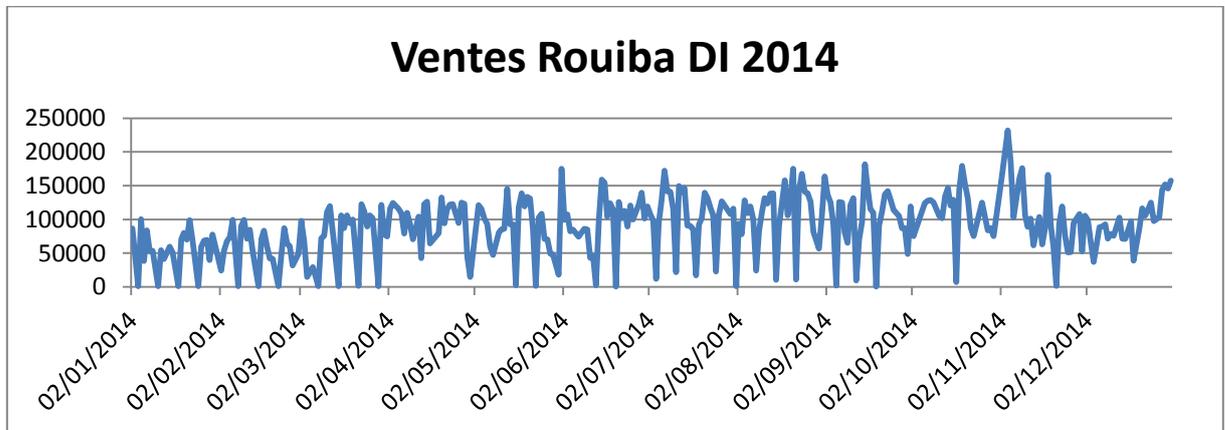


Figure II-11 : Ventes indirectes journalières moyennes (année 2014)

Analyse du graphique :

Les quantités moyennes vendues en indirect sont de l'ordre de 95 000 CP par jour alors que le graphique représenté par la (**Figure II-10**, page 50) montre que les quantités stockées quotidiennement varient autour de 470 000 CP, c'est-à-dire, une quantité stockée 5 fois plus élevée que la quantité vendue.

Question : Mais alors pourquoi l'espace de Rouiba est-il autant submergé ?

Réponses :

Les différentes conversations entretenues avec le responsable des stocks ont permis d'avoir quelques éléments de réponses par rapport à la question posée :

- Il est vrai que l'espace de Rouiba est consacré à la distribution indirecte, mais les produits destinés à la vente directe, qui représentent 22% des ventes totales, et ceux destinés à l'exportation, qui représentent 3% des ventes totales sont également stockés à Rouiba durant une à deux journées en moyenne avant d'être expédiés vers leurs dépôts respectifs.
- Les normes HSE imposent que certains produits restent immobilisés en stock durant 5 jours après leur production (mise en quarantaine pour contrôle qualité). Bien que ces produits ne représentent que 9% de l'espace total par jour, la condamnation d'une telle surface pendant 5 jours contribue à la diminution de l'espace de stockage disponible, espace déjà très limité vu la capacité de production importante.

CHAPITRE II : ÉTAT DES LIEUX

- Le groupe ECCBC impose des jours de couverture pour chaque SKU qui ne correspondent pas forcément aux jours de couverture réellement nécessaires.

Exemple : ECCBC impose que les stocks journaliers des articles de la classe A couvrent 4 à 5 jours de vente alors que ceux-ci se vendent au plus tard 2 jours après leur production. Ceci implique une occupation journalière de 104% pour les mois de Janvier, Février et Mars 2015 de l'espace de stockage rien que par les articles de la classe A.

REMARQUE :

Les jours de couverture de stocks appliqués au sein de Fruital sont comme suit :

- Classe A : 4 à 5 jours
- Classe B : 6 à 7 jours
- Classe C : 9 à 10 jours

Afin de mieux comprendre le phénomène, nous avons représenté les taux d'occupation des espaces de stockage par les produits des classes A, B et C de l'espace Rouiba.

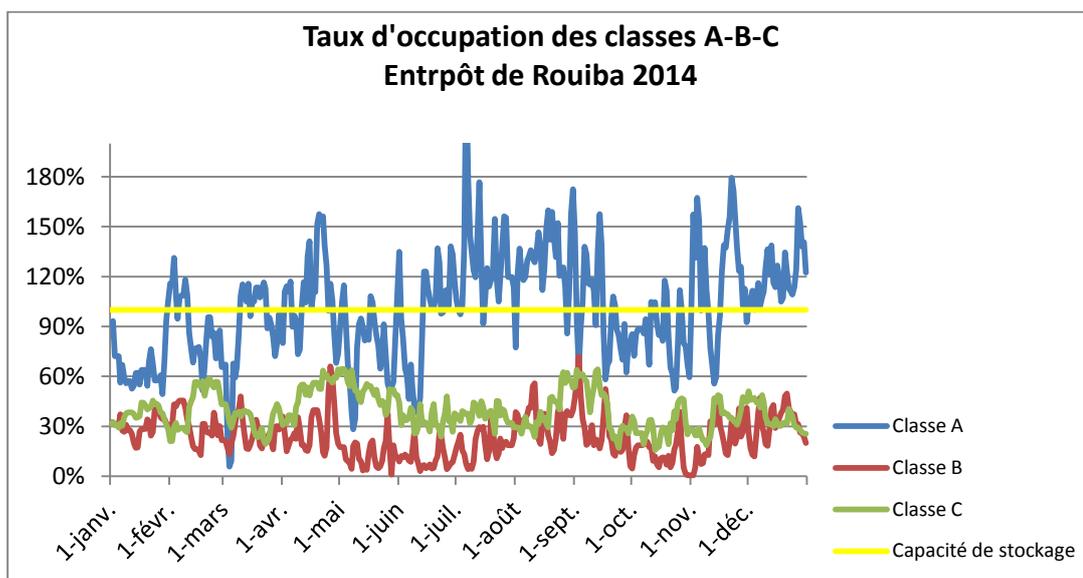


Figure II-12 : Taux d'occupation des stocks mensuels des classes A, B et C dans l'entrepôt de Rouiba (année 2014)

Analyse du graphique :

- De manière globale, la classe A représente 63% des volumes de stocks des PF, la classe B 12% et la classe C 26% (par rapport à un volume total de 430 000 CP).

CHAPITRE II : ÉTAT DES LIEUX

- Pour une capacité de stockage de 280 000 CP, le stock de la classe A occupe à elle toute seule, à fréquence d'une journée sur trois, un espace considérable avec un taux d'occupation moyen de 93%. Pour les deux jours restants, le taux d'occupation est de 45% pour la classe A.
- Le stock de la classe B est le plus souvent inférieur à celui de la classe C. Le taux d'occupation moyen des articles de la classe B est de 24% alors que celui de la classe C est de 39%. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que la classe C contient 6 fois plus d'articles que la classe B, mais les différentes recherches sur le site de Rouiba et les différentes analyses des données ont fait ressortir une autre raison : une grande partie des articles de la classe C est produite en masse à une date T pour n'être vendue que 6 mois à 11 mois plus tard (sachant que la validité des produits varie entre 12 et 18 mois). La raison de cette démarche selon les planificateurs : « il est préférable de se concentrer sur les articles des classes A et B et produire certains articles de la classe C seulement une à deux fois par an afin d'éviter de perdre du temps dans les changements de formats et les changements de parfum même si cela condamne une bonne partie de l'espace de stockage ».

- Vente directe :

La même démarche a été suivie afin de déterminer les taux d'occupation des espaces de KEK et de Bouchaoui pour la vente directe. Les graphiques suivants permettent de mieux analyser le phénomène :

- Espace de KEK

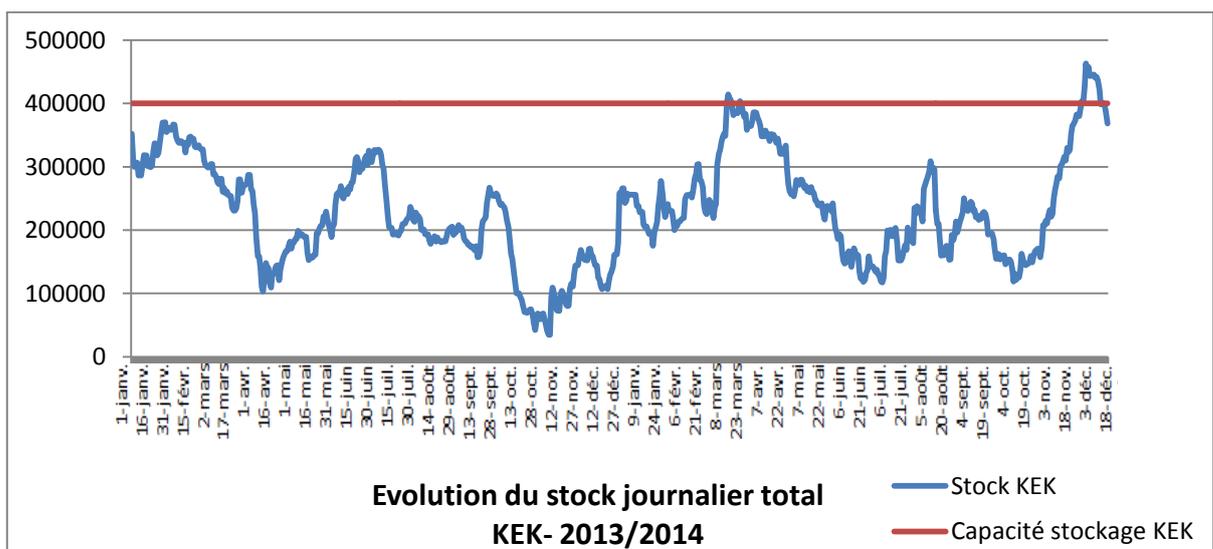


Figure II-13 : Evolution du stock total de l'espace de KEK entre 2013 et 2014

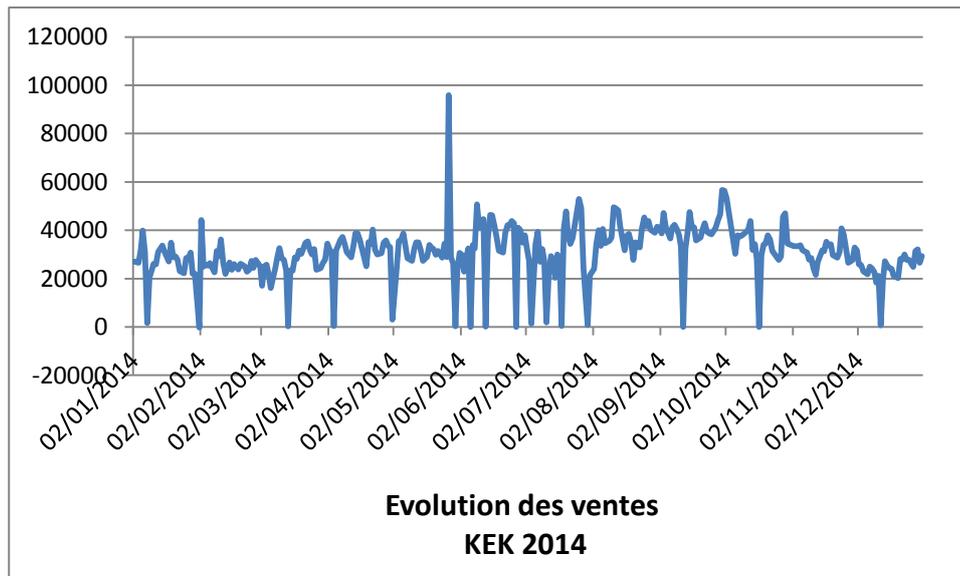


Figure II-14 : Evolution des ventes de l'espace de KEK (année 2014)

Analyse des graphiques :

- La (Figure II-13, page 53) permet de constater que l'espace de stockage de KEK d'une capacité de 400 000 CP, est sous-exploité avec un taux d'occupation journalier moyen sur les deux années 2013-2014 de 60 %.
- La (Figure II-14, page 54) montre que la moyenne des ventes journalières sur l'année 2014 pour l'espace de KEK est d'environ 32 000 CP alors que la quantité journalière moyenne stockée est 7 fois plus importante (240 000 CP).
- Espace de Bouchaoui

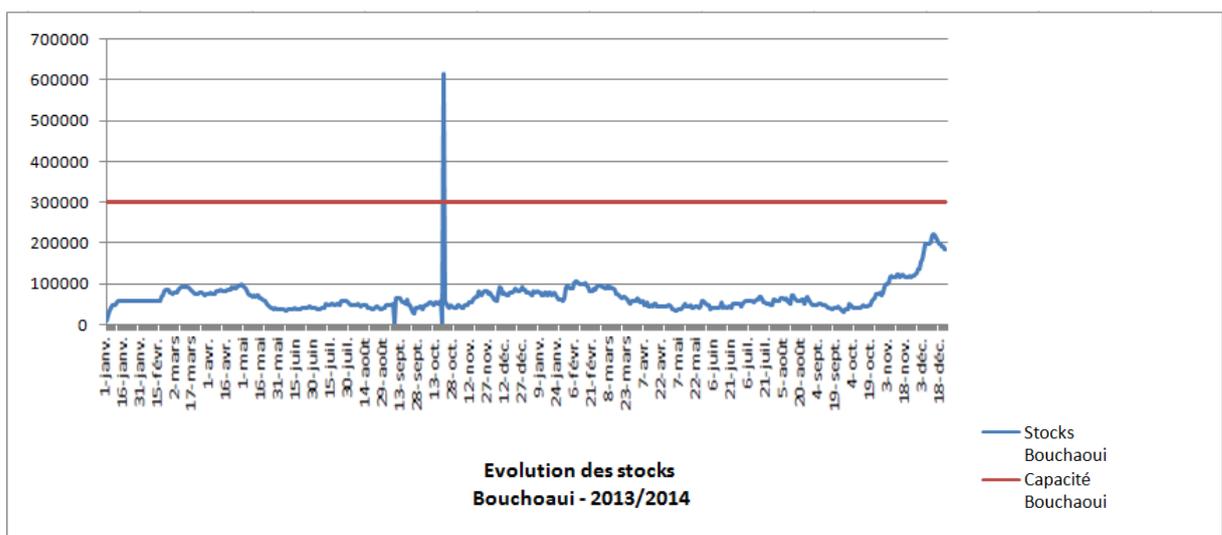


Figure II-15 : Evolution du stock total de l'espace de Bouchaoui entre 2013 et 2014

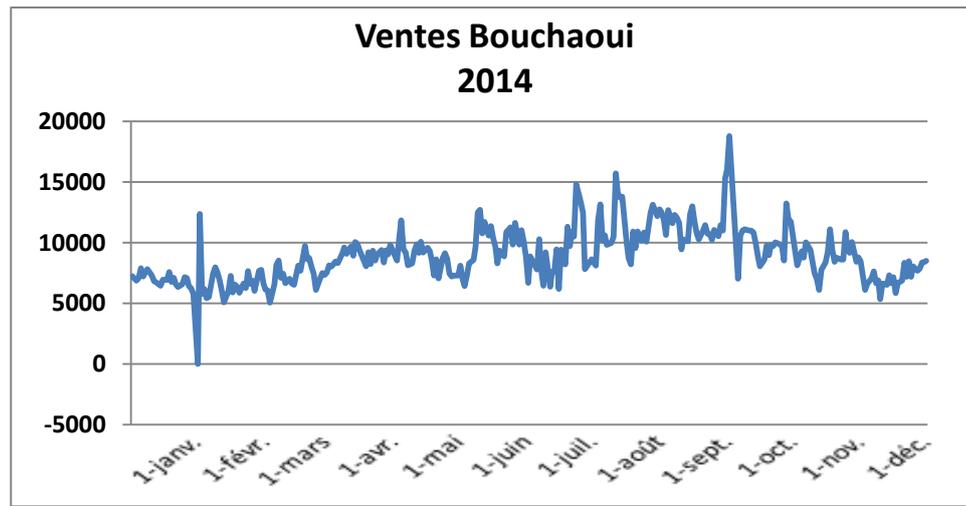


Figure II-16 : Evolution des ventes de l'espace de Bouchaoui 2014

Analyse des graphiques :

- La (Figure II-15, page 54) montre que l'espace de stockage de Bouchaoui d'une capacité de 300 000 CP, est sous-exploité avec un taux d'occupation moyen sur les deux années 2013-2014 de 23%.
- La (Figure II-16, page 55) permet de constater que la moyenne journalière des ventes sur l'année 2014 est d'environ 9 000 CP alors que l'espace de stockage moyen journalier exploité est presque 8 fois plus important (69 000 CP).

Pour plus de détails, nous avons représenté les taux d'occupations des articles des classes A, B et C pour les deux espaces.

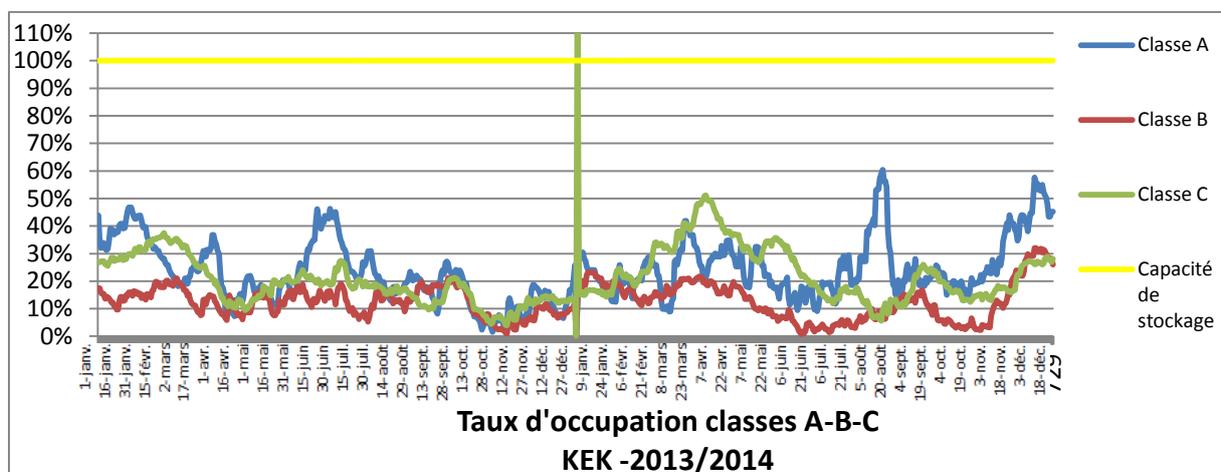


Figure II-17 : Taux d'occupation annuels des classes A-B-C de l'espace KEK 2013-2014

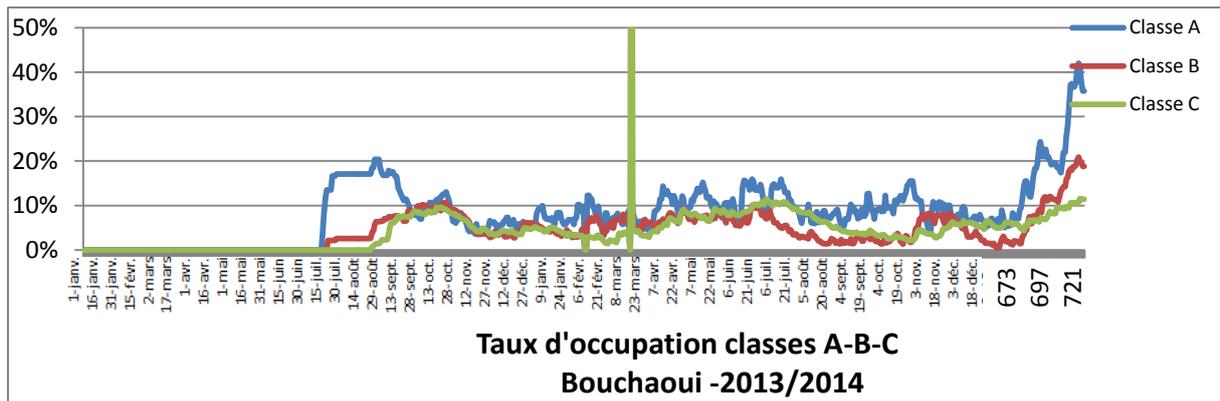


Figure II-18: Taux d'occupation annuels des classes A-B-C de l'espace Bouchaoui 2013-2014

Analyse des graphiques :

- Pour KEK (**Figure II-17** Erreur ! Source du renvoi introuvable.): les taux d'occupation moyens des articles des classes A, B et C sont respectivement : 24%, 13% et 21%.
- Le taux d'occupation de la classe C est proche de celui de la classe A et est bien plus élevé à celui de la classe B et ceci pour les mêmes raisons citées précédemment par rapport à l'espace de Rouiba (**II.2.1.4c.iii**, page 49) en plus de la délocalisation des stocks vers le dépôt de KEK lorsqu'il n'y a plus d'espace de libre à Rouiba et généralement les articles délocalisés sont ceux de la classe C.
- Pour Bouchaoui (**Figure II-18**, page 56) : les taux d'occupation moyens des articles des articles classes A, B et C sont respectivement : 11%, 6% et 6%.

L'analyse de l'activité « Stockage des PF » a permis de détecter les problèmes suivants :

- L'espace de Rouiba est en surcharge permanente à cause de sa capacité limitée par rapport aux capacités de production importantes et éventuellement à cause des jours de couverture des ventes imposés par ECCBC.
- Les espaces de KEK et de Bouchaoui sont en moyenne sous-exploités alors que les coûts de la location de ces deux espaces sont assez conséquents.

Ceci nous a mené à soulever les deux questions suivantes :

- Pour quelles raisons l'espace dédié à la vente indirecte souffre d'une surcharge permanente alors que les espaces dédiés à la vente directe sont largement sous-exploités ?

- Quels articles posent les plus grands problèmes en matière d'espace de stockage pour la vente indirecte ?

d. Livraison

i. Réception des commandes

Une fois les PF stockés, les commerciaux contactent les clients afin de leur proposer les quantités qui leur sont attribuées (**Figure II-7**, page 42). La commande, étant informatisée, contiendra plusieurs champs, les plus importants sont les suivants :

- Informations relatives au client : Nom, prénom, adresse, numéro de téléphone, adresse électronique.
- Type du client (direct ou indirect)
- Numéro de la commande
- Date de la commande
- Adresse de livraison
- Date de livraison souhaitée par le client
- Code(s) de(s) l'article(s) commandé(s)
- Désignation du code (Format, parfum)
- Prix unitaire de chaque article
- Quantité commandée pour chaque article
- Total HT, TVA, Total TTC
- Total

REMARQUE:

Le processus de la vente directe diffère légèrement de celui de la vente indirecte :

- Pour la vente indirecte : ce sont les commerciaux qui contactent le client afin de lui proposer la quantité qui lui est attribuée, ils enregistrent la commande immédiatement sur le système et le processus de livraison est enclenché.
- Pour la vente directe : ce ne sont pas les pré-vendeurs qui sont affectés à la direction commerciale qui contactent les clients.

A chaque pré-vendeur est assignée une zone contenant un certain nombre de clients directs, ces pré-vendeurs font la tournée de ces clients quotidiennement afin de prélever l'état de leurs stocks puis contactent les commerciaux si celui-ci est

inférieur à un certain seuil (seuil différent selon l'article fixé par les commerciaux). Les commerciaux enregistrent la commande de la quantité manquante sur le système, enclenchent le processus de livraison et les clients seront automatiquement livrés le lendemain. Ainsi, les pré-vendeurs sont des intermédiaires entre les commerciaux et les clients.

Dans les deux cas, l'entrée de l'activité « Réception des commandes » est une commande et la sortie est une facture.

Aucune anomalie n'a été détectée par rapport à l'activité « Réception des commandes ».

ii. Préparation des commandes

Dès que la commande est enregistrée sur le système, les commerciaux créent un bon de commande, le responsable des livraisons reçoit une notification et la commande peut être préparée physiquement. Le magasinier reçoit un bon de prélèvement, vérifie sur le système que cette quantité est bien disponible en stock et le processus de préparation des commandes peut débiter.

Un agent de traçabilité est ensuite désigné pour indiquer au cariste les lots à partir desquels il devra prélever les articles selon la méthode FEFO sachant qu'à chaque commande est assigné un cariste.

- La Distribution Indirecte (Entrepôt de Rouiba)

Il n'existe pas de zone de préparation des commandes spécifique. Le véhicule de transport des marchandises entre dans l'entrepôt, se gare dans l'un des quais de chargement qui lui sera dédié puis le cariste prélève des stocks les quantités indiquées sur le bon de prélèvement et les charge dans le véhicule. Un contrôle des quantités prélevées ainsi que des éventuelles anomalies sur les produits est effectué au fur et à mesure à côté du véhicule de transport par l'agent de traçabilité.

Une fois le chargement terminé, le magasinier exécute une dernière vérification des quantités et des anomalies. Si rien n'est à signaler, l'état des stocks est mis à jour et le responsable des livraisons établit un bon de livraison. Sinon, l'erreur est rectifiée. Le véhicule peut ainsi sortir et livrer le grossiste ou le dépositaire qui lui est assigné.

REMARQUE :

Fruital ne dispose pas d'une importante flotte de véhicules, c'est pour cela que le transport des marchandises est assuré par des prestataires de services (principalement quatre prestataires).

- **La distribution Directe (Entrepôts de KEK et de Bouchaoui)**

Une zone de préparation des commandes existe dans le cas de la distribution directe, les commandes étant plus fréquentes mais avec des quantités moins importantes que pour la vente indirecte.

Vu que les quantités à livrer le jour J+1 sont connues le jour J (v, page 41), celles-ci sont réparties les unes à côté des autres, le soir du jour J, en grands lots contenant le même type d'articles. Chaque lot sera composé de la quantité totale commandée le jour J+1 par rapport à un article (la somme de toutes les commandes du jour J+1 pour le même article).

Les véhicules de transport passent devant chaque lot, le cariste prélève les quantités indiquées sur le bon de prélèvement, un contrôle des quantités prélevées ainsi que des éventuelles anomalies sur les produits est effectué au fur et à mesure à côté du véhicule de transport. Dès que le premier article est chargé en entier, le véhicule se dirige vers le lot suivant et le même processus est répété jusqu'au chargement total du véhicule.

Aucun dysfonctionnement n'a été relevé par rapport à l'activité « Préparation des commandes ».

iii. Livraison et Distribution

Une fois les véhicules chargés, un dernier contrôle des quantités et des anomalies est effectué, le bon de livraison doit être signé par le responsable des livraisons et la distribution peut avoir lieu.

- La distribution indirecte : les articles sont livrés aux grossistes et dépositaires se trouvant sur différentes zones du territoire nationale, principalement à : Alger, Tizi Ouzou, Médéa, Djelfa, Blida, Ain Defla, Boumerdes, Bouira, Bordj Bou Ariridj, Tipaza, Laghouat, Ghardaia et Tamanrasset.

- La distribution directe : les articles sont livrés directement aux points de ventes conventionnés : restaurants, cafétérias, hôtels, etc. Ceux-ci sont situés principalement dans les quatre zones suivantes : Blida, Bouchaoui, Alger et Kemis El Khechna.

REMARQUE :

- La commande du jour J sort de l'entrepôt le matin même à 6h. Le délai de livraison moyen est d'une journée.
- Le délai de livraison chez Fruital est calculé comme étant le temps séparant la prise de commande par le client et la sortie du véhicule transportant cette commande des entrepôts de Fruital (et non pas le temps séparant la prise de commande et l'arrivée de la marchandise chez le client).

Aucune anomalie n'a été relevée par rapport à l'activité « Livraison et Distribution ».

e. Gestion des Retours

Le processus de gestion des retours est divisé en deux sous parties :

i. Identification du type de retours

Les retours au sein de Fruital sont disposés en 2 catégories :

- **Retours pour non-conformité**

Les produits sont retournés pour non-conformité s'ils sont périmés, contiennent des avaries ou ne répondent pas à la commande du client.

- **Retours pour d'autres raisons**

D'autres raisons peuvent causer le retour des produits tels des problèmes techniques avec le véhicule de transport en cours de route, le véhicule arrive chez le client mais celui-ci est absent, route bloquée.

ii. Mise en œuvre des actions correctives

Lorsque le produit est retourné, les causes devront être identifiées et les actions correctives nécessaires seront appliquées selon les clauses du contrat avec le client.

Indicateur de performance pour l'activité « Gestion des retours »

Un indicateur est mis en place pour mesurer la performance de l'activité « Gestion des retours », sa formule est la suivante :

Taux de retours par mois (par SKU) = Quantité retournée du SKU par mois / quantités totales livrées du SKU par mois

Bien que mis en place, cet indicateur n'a jamais été calculé.

L'analyse de l'activité « Gestion des retours » a permis de détecter les dysfonctionnements suivants :

- A ce jour, Fruitall ne connaît pas encore quels sont les produits concernés par un taux de retour élevé ou faible car bien qu'un taux de retour ait été mis en place, il n'a jamais été calculé.
- Il n'y a pas de personne précise assignée à l'exécution de cette activité.

II.2.2 Conclusion du diagnostic SCOR

Le diagnostic SCOR a permis de détecter des dysfonctionnements que nous avons regroupés dans le tableau suivant en proposant des solutions qui permettraient de pallier à ces derniers :

Tableau II-6: Dysfonctionnements détectés suite au diagnostic SCOR et solutions proposées

Dysfonctionnement	Action recommandée
Paramétrage d'APO : les pourcentages utilisés lors du déploiement des prévisions mensuelles en prévisions hebdomadaires ne sont pas calculés de manière exacte. Cela engendre à des prévisions hebdomadaires biaisées qui conduisent à une planification de la production biaisée et donc une planification des approvisionnements erronée.	Déterminer le poids de chaque semaine par rapport à chaque mois en se basant sur l'historique des ventes.
Problème de sur-stockage de l'entrepôt de Rouiba et de sous exploitation de ceux de KEK et de Bouchaoui: Deux principales raisons ont été relevées : - La planification de la production	Déterminer les bons paramètres à introduire

<p>hebdomadaire biaisée par le paramétrage d'APO pourrait conduire à une surproduction et donc à une occupation non nécessaire de l'aire de stockage limitée.</p> <p>- La non connaissance des stocks optimaux de chaque article et des jours de couvertures nécessaires ainsi que la disposition anarchique des stocks.</p>	<p>sur APO (split hebdomadaire).</p> <p>Comparer les coûts de sur-stockage aux coûts de transfert (coût de transport + coût de possession) vers KEK et Bouchaoui.</p> <p>Proposer un modèle mathématique permettant d'optimiser les stocks, la production et les ruptures ainsi que les jours de couverture nécessaires, puis réorganiser l'entrepôt à partir des résultats obtenus</p>
<p>Taux de service : Fruitall n'a jamais réalisé d'étude concernant son taux de qualité de service et les deux seuls indicateurs calculés depuis seulement Janvier 2015 ne permettent pas de mesurer la réelle satisfaction des clients.</p>	<p>Proposer plus d'indicateurs de performance à calculer, ce qui permettra à Fruitall de mieux juger la qualité de son service.</p>
<p>Gestion des retours : En n'ayant jamais effectué d'analyse sur sa gestion des retours, Fruitall ne connaît, à ce jour, pas encore les articles les plus concernés par les retours, la quantité retournée ni les clients les plus affectés.</p>	<p>Proposer des indicateurs relatifs à la mesure de la performance de l'activité gestion de retours, ce qui de décider des actions à mener.</p>

II.3 Problématique

Le diagnostic SCOR établi dans ce chapitre nous a permis de constater que les paramètres introduits sur SAP APO afin de déployer les prévisions mensuelles en prévisions hebdomadaires sont fixés par les commerciaux et ne se basent pas sur une méthode scientifique particulière. Ceci peut biaiser les prévisions de ventes et par conséquent la production pourrait être surévaluée affectant ainsi de manière directe le volume des stocks des PF. En effet, la (**Figure II-10**, page 50) prouve que l'entrepôt de Rouiba souffre d'une surcharge permanente ; ceci est dû à l'espace de stockage limité qui n'est pas en adéquation avec la capacité de production devant répondre à une demande importante, mais également à cause des jours de couverture des stocks imposés par le groupe ECCBC et qui ne conviennent pas aux contraintes de Fruitall en termes de capacité de stockage.

Nous avons également noté suite au diagnostic, qu'il n'existait pas d'indicateurs permettant de mesurer la performance du service fourni par Fruitall ni celle de sa gestion des retours.

CHAPITRE II : ÉTAT DES LIEUX

Ainsi, le prochain chapitre sera consacré au développement de solutions permettant de résoudre ces dysfonctionnements et de répondre à la problématique suivante :

« Quelles sont les stocks optimaux ainsi que la production optimale permettant de soulager la surcharge de l'entrepôt de Fruital ? Quelle est l'organisation optimale de ce dernier permettant d'exploiter au mieux les stocks optimaux? Et comment améliorer son taux de service ? ».

Pour ce faire, nous allons adopter la démarche représentée par la figure suivante :

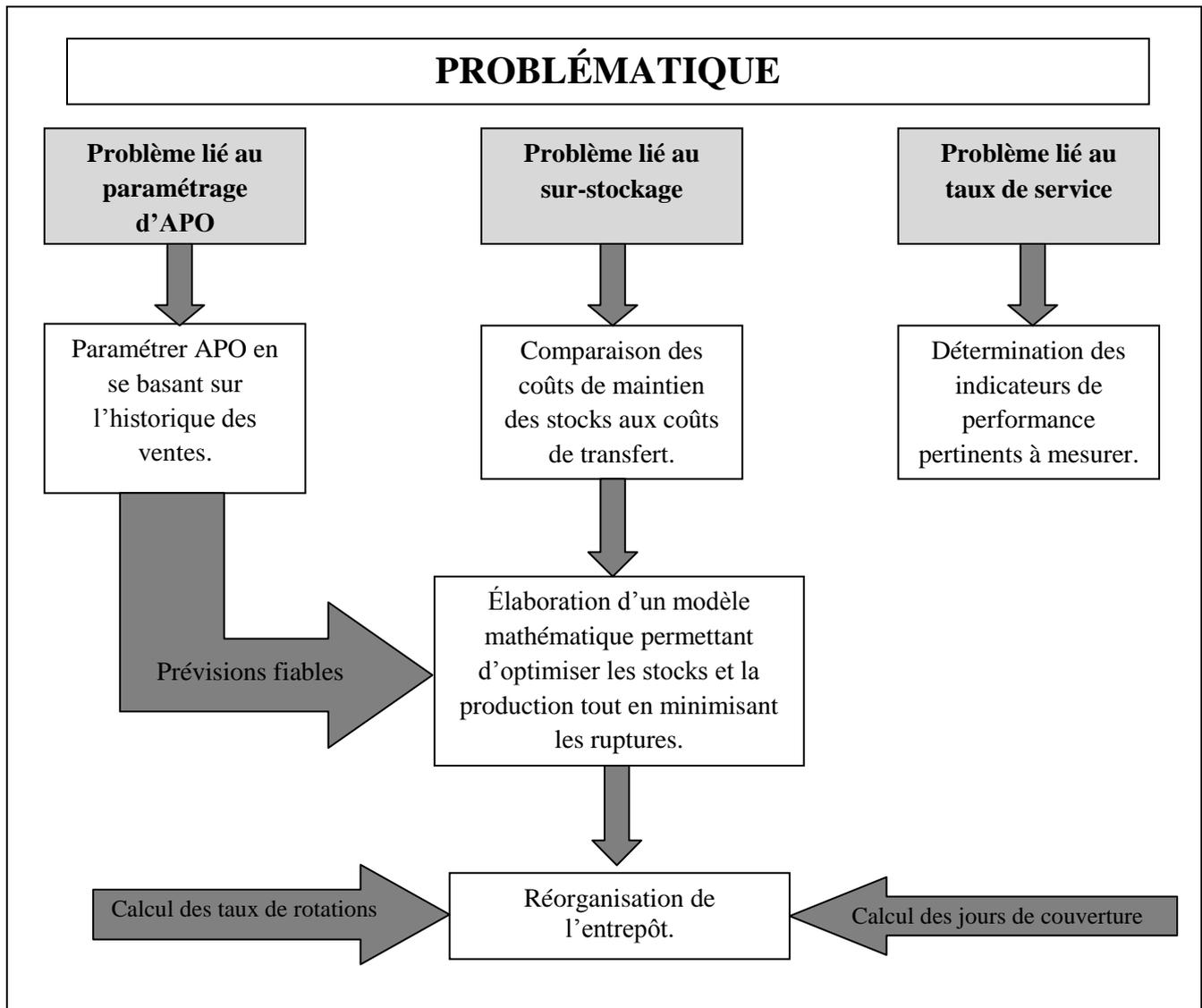


Figure II-19: Démarche suivie

- Ainsi, nous commencerons d'abord par paramétrer APO en calculant les taux permettant le déploiement des prévisions mensuelles en prévisions hebdomadaires afin d'avoir des prévisions fiables.

- Nous comparerons ensuite les coûts engendrés par les surstocks aux coûts engendrés par leur transfert vers les entrepôts sous-exploités. Dans le cas où les coûts de transfert sont inférieurs, le transfert des articles en sur-stockage vers KEK et Bouchaoui sera proposé. Dans le cas contraire, nous proposerons un modèle mathématique permettant d'optimiser le niveau des stocks ainsi que la production hebdomadaire tout en minimisant les ruptures et ce, en prenant en considération les contraintes auxquelles fait face Fruital, à savoir, l'espace de stockage limité et la capacité de production des lignes.
- Ensuite, nous exploiterons ces stocks optimaux dans la réorganisation de l'entrepôt afin d'optimiser l'espace occupé. Cette réorganisation nécessitera le calcul des taux de rotation de chaque SKU ainsi que les jours de couverture de stock nécessaires.
- Puis, nous proposerons des indicateurs permettant de mesurer la performance de Fruital par rapport à son taux de service ainsi que son taux de retours.
- Enfin, des axes d'amélioration seront proposés par rapport aux approches de résolution proposées quant à l'organisation de l'entrepôt et à la mesure du taux de service.

II.4 Conclusion du chapitre

Le diagnostic SCOR établi dans ce chapitre nous a permis de détecter trois principaux dysfonctionnements :

- Problème de paramétrage d'APO.
- Problème de sur stockage et de sous stockage.
- Problème du taux de service et de gestion des retours.

Le chapitre qui suit a pour but de proposer les solutions à mettre en œuvre pour pallier à ces dysfonctionnements.

CHAPITRE III :
SOLUTIONS
PROPOSEES

CHAPITRE III : SOLUTIONS PROPOSÉES

Introduction

Ce chapitre a pour but de présenter les solutions proposées afin de pallier aux dysfonctionnements détectés suite au diagnostic SCOR. Des axes d'amélioration seront également proposés.

III.1 Solutions proposées

SOLUTION N°1

III.1.1 Etablissement du split hebdomadaire

Pour le calcul des pourcentages permettant de déployer les prévisions mensuelles données par APO en prévisions hebdomadaires, l'historique des ventes allant de janvier 2013 jusqu'à décembre 2014 a été pris comme source de données.

La démarche que nous avons adoptée est la suivante:

- Nettoyer les données qui représentent l'historique des ventes.
- Définir le split hebdomadaire, c'est à dire le poids des ventes de chaque semaine par rapport au mois en se basant sur l'historique des ventes de chaque SKU.
- Paramétrer APO avec ces nouveaux pourcentages.
- Calculer les indicateurs de performance des prévisions [Forecast Accuracy et Good Forecast] avec ces nouveaux paramètres, car si les prévisions sont déployées de manière correcte, les indicateurs de performance augmenteront.
- Analyser les résultats et conclure.

III.1.1.1 Nettoyage des données

Le nettoyage des données qui représentent dans ce cas un historique de ventes depuis janvier 2013 jusqu'à décembre 2014 a été réalisé comme suit:

- Mettre les dates sous la même forme [jj/mm/aaaa].
- Supprimer les lignes dupliquées.
- Séparer les ventes directes et les ventes indirectes.

- Ordonner les données pour une meilleure analyse en utilisant un tableau croisé dynamique.
- Eliminer les retours, qui sont représentés par des valeurs négatives sur le fichier.
- Transformer les données journalières en données hebdomadaires.
- Déterminer les valeurs aberrantes:

Sera considérée comme valeur aberrante toute valeur qui n'appartient pas à l'intervalle de confiance $[M-3\sigma ; M+3\sigma]$ sachant que « σ » et « M » sont respectivement l'écart type et la moyenne du mois en question en question.

La valeur aberrante sera remplacée par la moyenne « m » de la semaine sans valeur(s) aberrante(s).

L'intervalle de confiance $[M-3\sigma ; M+3\sigma]$ est utilisé en supposant que l'échantillon suit une loi normale d'après le théorème des grands nombres (**I.1.3**, page 18).

Trois sigmas d'écart de part et d'autre de la valeur moyenne de la distribution $[M-3\sigma ; M+3\sigma]$ permettent de couvrir 99.6% de la distribution, représentant donc une probabilité d'erreur inférieure à 0.4%. Notre choix s'est porté sur cet intervalle car vu sa probabilité d'erreur pas importante, c'est celui qui est le plus utilisé dans le domaine de la production (BergerA., 2012).

III.1.1.2 Définir le split par semaine

La classe A sera utilisée dans cette partie (voir Annexe 6) car celle-ci représente 80% des ventes de Fruital Coca-Cola. Après avoir nettoyé la base de données, le split par semaine sera établi en commençant par calculer les taux de chaque semaine par rapport au mois pour chaque SKU, avec:

Taux par semaine = ventes de la semaine/ ventes du mois

Tableau III-1 : Taux de vente par SKU et par semaine

SKU	Semaine 1 Janvier 2013	Total Janvier	Taux Semaine1
1081	132531	1085493	12%

Nous avons appliquée cette démarche aux articles des classes A et B, les résultats obtenus sont présentés dans les tableaux suivants :

Tableau III-2 : Récapitulatif des taux obtenus pour les SKUs de la classe A

SKU Classe A	S1	S2	S3	S4	S5	S6
3054	14%	23%	23%	23%	15 à 17%	En moyenne 3%
9209	13%	23%	23%	23%	15 à 19%	En moyenne 3%
9216	13%	23%	24%	23%	14 à 18%	En moyenne 3%
1054	14%	23%	23%	23%	14 à 16%	En moyenne 3%
1081	13%	24%	23%	23%	15 à 17%	En moyenne 3%
3081	13%	24%	23%	23%	15 à 18%	En moyenne 3%

Tableau III-3 : Récapitulatif des taux obtenus pour les SKUs de la classe B

SKU Classe B	S1	S2	S3	S4	S5	S6
1030	9-12 %	21-25 %	22-24 %	22-26 %	18-19 %	2-4 %
1070	10-13 %	23-24 %	25 %	23-25%	14-15 %	2-6 %
1080	10-11 %	23-25 %	23-25 %	25-26 %	13-20 %	6-7 %
2070	11-14 %	22-24 %	22-23 %	23-24 %	16-17 %	2-6 %
3011	8-14 %	22-25 %	22-24 %	23-24 %	14-16 %	3-5 %
3030	11-12 %	22-24 %	21-24 %	24-25 %	16-17 %	1-4 %
9225	10-12 %	22-23 %	23-25 %	24-25 %	17-18 %	3-5 %
9231	11-13 %	21-24 %	20-21 %	22-25 %	17-19 %	4-5 %

Résultat

- Les calculs ont fait ressortir que les taux des mêmes semaines de chaque mois sont pratiquement identiques comme le montre le tableau récapitulatif ci-dessous.
- Les résultats obtenus pour les articles de la classe A et les articles de la classe B sont très proches. Sachant que ces deux classes représentent 95% des ventes, nous pouvons généraliser ce résultat à tous les SKU de Fruital.
- Pour la haute saison (de mai jusqu'à septembre), les taux restent inchangés, mais les volumes de vente, eux, augmentent.
- Fruital a appliqué ces taux durant les mois de février et Mars 2015, son FCA mensuel est passé de 65 % à 88 % sachant que sur 6 semaines d'affilée, le FCA a été supérieur à 85%. La performance de ses prévisions a augmenté de **33%**.

Interprétation des résultats

- Nous remarquons que les taux des semaines 2, 3 et 4 sont très proches. Ceci est dû au fait que ces trois semaines contiennent toujours 7 jours.
- Les taux des semaines 1 et 5 sont, quant à eux, différents. Ceci est lié au fait que le nombre de jours dans ces deux semaines varie entre 1 et 6 jours.

- La semaine 6, lorsqu'elle existe, contient au plus deux jours. Son taux est proche pour toutes les semaines.
- Ces résultats signifient que les taux dépendent du nombre de jours de la semaine en question. Pour les semaines de 7 jours, les taux sont quasiment fixes et tournent autour de 23%. Pour les semaines 1, 5 et 6, ceci dépend du nombre de jours de la semaine. Nous pouvons conclure à partir de là que les ventes journalières sont régulières.

SOLUTION N°2

III.1.2 Problème de sur-stockage

L'analyse des graphiques (**Figure II-10**, page 50) et (**Figure II-12**, page 52) a montré que l'espace de Rouiba était submergé quelle que soit la période de l'année et ce, en conséquence de sa capacité de production importante qui n'est pas en adéquation avec sa capacité de stockage limitée.

Cette partie permettra de comparer, en premier lieu, les coûts relatifs au maintien des quantités sur-stockées à Rouiba aux coûts induits par le transfert de ces quantités vers KEK et Bouchaoui.

III.1.2.1 Comparaison entre les coûts de sur-stockage et les coûts de transfert

a) Coûts de sur-stockage

Le tableau ci-dessous résume les différents coûts engendrés par le sur-stockage :

Tableau III-4 : Calcul du coût de possession journalier des stocks PF

Coûts de possession	Montant (DZD/jour)
Masse salariale	36 000
Assurance des stocks	75
Amortissement des moyens de manutention	3200
Énergie (carburant + éclairage + chauffage)	
Fournitures bureau + amortissement matériel informatique	
Pertes (non-conformité...)	100 000
Loyer	0
Coût de possession journalier total	139 275 DZD

REMARQUE

Les coûts calculés précédemment correspondent à un espace de stockage d'une capacité de 280 000 caisses physiques.

Sachant que les palettes des différents formats de PF sont présentes en stock en quantités différentes, leur coût de possession sera différent d'un format à un autre.

Le tableau suivant représente le taux d'occupation de chaque format dans l'espace de stockage :

**Tableau III-5 : Taux d’occupation des formats
Dans l’espace de stockage**

Format	Pourcentage en stock
Verre 30 Cl	4%
Verre 25 Cl	1%
Verre 100 Cl	6%
Cannettes 25 Cl	1%
Cannettes 33 Cl	11%
PET 50 Cl	4%
PET 1L	44%
PET 2L	29%

Etant donné que la capacité de stockage de l’espace de Rouiba est de 280 000 CP et que le stock moyen de celui-ci est de l’ordre de 430 000 CP sur les deux années 2013-2014, le coût de sur-stockage sera le coût relatif à la différence entre ces deux quantités :

$$\text{Coût de sur-stockage} = \text{coût de } (430\,000 \text{ CP} - 280\,000 \text{ CP}) = \text{coût de } 150\,000 \text{ CP}$$

Le tableau suivant résume les quantités sur-stockées par format ainsi que les coûts qui leur sont associés :

Tableau III-6: Coûts journaliers engendrés par les Quantités sur-stockées

Format	Quantité sur-stockée (CP/Jour)	Coût de surstock (DZD/Jour)
Verre 30 Cl	6000	2984
Verre 25 Cl	1500	746
Verre 100 Cl	1500	746
Cannettes 25 Cl	16500	8207
Cannettes 33 Cl	6000	2984
PET 50 Cl	9000	4477
PET 1L	66000	32829
PET 2L	43500	21637
TOTAL	150000 CP	74 612 DZD

Résultat : le maintien des quantités sur-stockées dans l’entrepôt de Rouiba coûtera **74 612 DZD** par jour à Fruitall.

Nous avons ensuite calculé le coût engendré par le transfert de ces quantités vers les entrepôts de KEK et de Bouchaoui afin de le comparer avec le coût déterminé ci-dessus.

b) Coûts de transfert

Afin de libérer l'espace de Rouiba, il serait peut-être profitable pour Fruitall de transférer les quantités sur-stockées vers les entrepôts de KEK et de Bouchaoui étant donné que ces deux derniers sont sous-exploités (**Figure II-13**, page 53) et (**Figure II-15**, page 54).

Afin de vérifier cela, nous avons calculé les coûts engendrés par le transfert du surstock en déterminant les quantités moyennes sur-stockées dans l'espace de Rouiba, les espaces libres moyens dans les entrepôts de KEK et de Bouchaoui, les coûts de location des véhicules de transport de marchandises de Rouiba vers KEK et de Rouiba vers Bouchaoui mais également les coûts de possession des stocks à KEK ainsi qu'à Bouchaoui.

Sachant que :

Coût de transfert = Coût de transport + Coût de possession des stocks au sein de l'entrepôt (KEK ou Bouchaoui)

- Le surstock moyen journalier dans l'espace de Rouiba est de 150 000 CP.
- L'espace libre moyen journalier dans l'entrepôt de KEK est de 160 000 CP.
- L'espace libre moyen journalier dans l'entrepôt de Bouchaoui est de 230 000 CP.
- Le coût de location d'un véhicule de transport de marchandises de Rouiba vers KEK est inférieur à celui de Rouiba vers Bouchaoui (car la distance est moindre).

REMARQUE: Ces deux coûts ont été utilisés dans nos calculs mais ne peuvent être dévoilés dans le présent document pour des raisons de confidentialité.

Il ressort des données ci-dessus que l'espace libre moyen journalier dans l'entrepôt de KEK permet de couvrir la quantité journalière moyenne sur-stockée dans l'espace de Rouiba, ainsi, il serait à priori préférable de transporter ces quantités vers KEK.

Le tableau suivant résume les capacités des véhicules selon le format transporté, les quantités sur-stockées pour chaque format, le nombre journalier de camions nécessaires pour transporter ces articles ainsi que le coût journalier total engendré :

**Tableau III-7 : Coût journalier de transport des quantités sur-stockées
De Rouiba vers KEK.**

Format	Capacité camions (CP/ camion)	Surstock (CP/ jour)	Nombre de camions nécessaires / jour	Coût de location (DZD / jour)
Verre 30 Cl	960	6000	6	30000
Verre 25 Cl	960	1500	2	10000
Verre 100 Cl	3200	1500	1	5000
Cannettes 25 Cl	2400	16500	7	35000
Cannettes 33 Cl	2600	6000	2	10000
PET 50 Cl	640	9000	14	70000
PET 1L	2800	66000	24	120000
PET 2L	1600	43500	27	135000
TOTAL			83 Camions	415 000 DZD

Résultat : le transport des quantités sur-stockées dans l’entrepôt de Rouiba nécessite en moyenne 83 camions pour un coût total de **415 000 DZD** par jour.

Le coût de transport à lui seul est supérieur au coût de sur-stockage dans l’entrepôt de Rouiba. Il n’est donc plus nécessaire de calculer le coût de possession dans l’entrepôt de KEK.

Conclusion :

La comparaison des coûts de maintien des quantités sur-stockées dans l’espace de Rouiba aux coûts induits par le transfert de ces quantités vers KEK indique qu’il serait plus profitable pour Fruitall de maintenir ces quantités entreposées à Rouiba.

Cependant, et bien que les décideurs considèrent que les coûts engendrés par le sur-stockage ne sont pas importants, ils sont d’accord pour dire que la disposition anarchique actuelle des stocks de Rouiba n’est pas en adéquation avec les normes HSE de Fruitall présentées dans la partie (III.1.2.3(2), page 89).

III.1.2.2 Calcul du stock hebdomadaire optimal

Le calcul des coûts de sur-stockage et des coûts de transport a permis d’aboutir à la conclusion suivante : le maintien des surstocks dans l’entrepôt de Rouiba est plus profitable à Fruitall plutôt que leur transfert vers les entrepôts sous exploités.

Cependant, et afin d'optimiser l'espace de stockage, il est nécessaire de calculer les quantités optimales à maintenir en stock pour chaque article tout en permettant de minimiser les ruptures et ce, dans le but de réorganiser cet entrepôt afin d'avoir une disposition optimale des SKU.

Calcul du stock optimal

Dans cette partie, allons proposer un modèle mathématique permettant d'optimiser le niveau des stocks et de la production tout en minimisant les ruptures et en prenant en considération les contraintes auxquelles Fruital est confrontée : l'espace de stockage limité et les capacités des lignes de production.

Pour ce faire, nous allons adopter la démarche suivante :

A partir des prévisions de ventes mensuelles fournies par APO pour les mois d'Avril à Décembre 2015, nous aurons à définir la production hebdomadaire optimale ainsi que les stocks optimaux permettant de satisfaire cette demande tout en minimisant les ruptures associées.

Tout d'abord, les prévisions mensuelles fournies par APO seront déployées en prévisions hebdomadaires en se basant sur les taux calculés dans la partie (III.1.1.2, page 66) car le PDP au sein de Fruital est réalisé de manière hebdomadaire.

Il est vrai qu'APO propose déjà un PDP mensuel, mais il n'a pas encore été paramétré de manière à proposer un PDP hebdomadaire. De plus, le PDP mensuel obtenu est réajusté à chaque fois et les résultats ne sont pas encore assez satisfaisants selon les membres de la Direction SC (P2P moyen égal à 52% entre Janvier et Mars 2015).

Pour cela, nous avons procédé à la modélisation mathématique sous contraintes du problème.

Modèle mathématique

Nous allons d'abord proposer un modèle général pouvant facilement être adapté au cas de Fruital. Nous pouvons schématiser la démarche à suivre de la manière suivante :

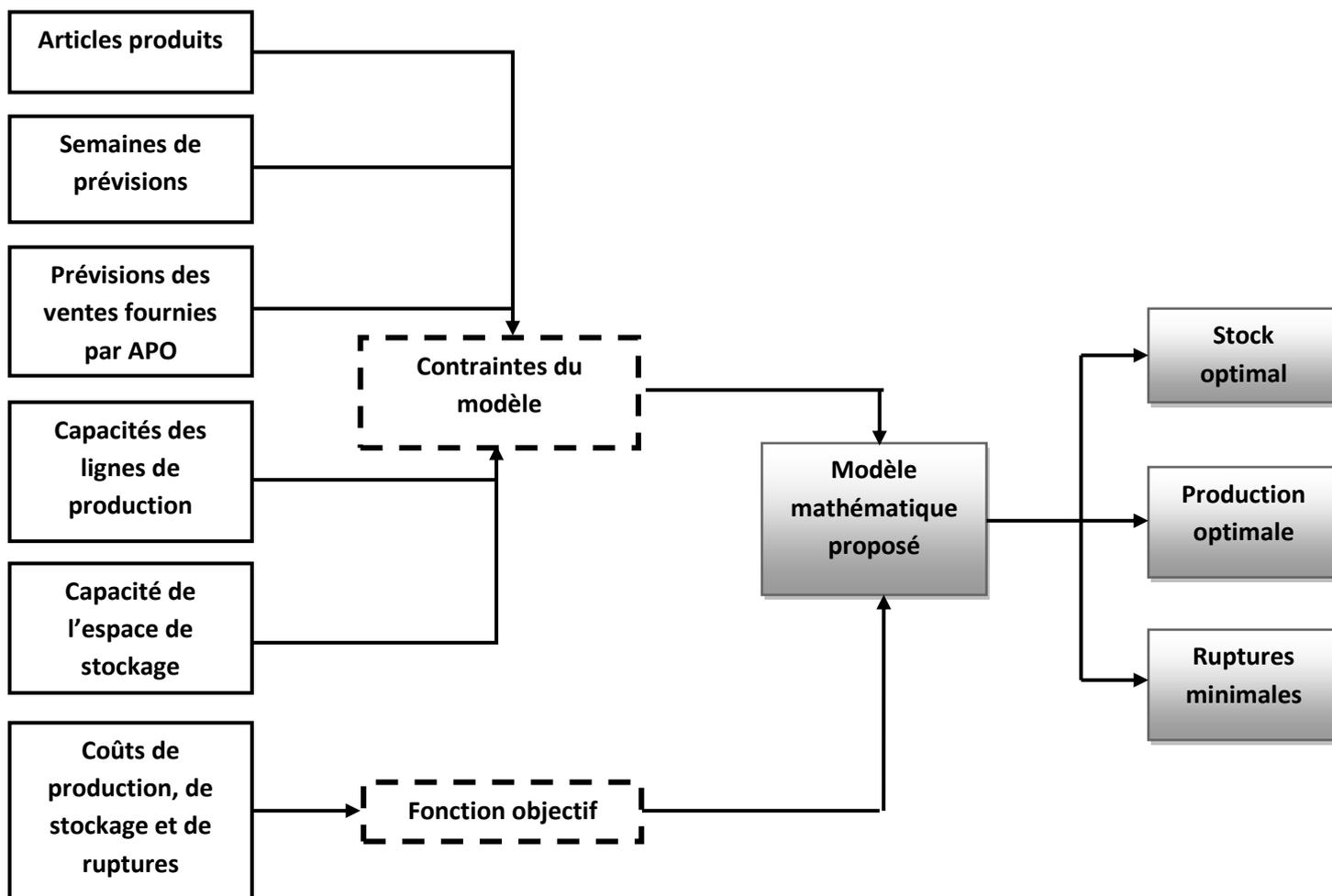


Figure III-1: Représentation schématique du modèle mathématique

Nous allons d'abord commencer par définir les paramètres nécessaires à l'élaboration du modèle :

- **Les paramètres :**

Soient:

i: Nombre d'articles produits par Fruitall en 2015 ; $i = (1 ; n)$ avec $n = 45$

j: Nombre de semaines de prévisions ; $j = (1 ; m)$ avec $m = 45$ [9 mois de prévisions (d'Avril à Décembre) avec 5 semaines par mois]

C_{pi}: Coût de production de l'article i

C_{si} : Coût de stockage de l'article i

C_{ri}: Coût de rupture de l'article i

D_{ij}: Demande de l'article i dans la semaine j

k: Nombre de lignes de production, $k = (1 ; K)$ avec $K = 6$

N_{ik} : Capacité de la ligne k pour produire l'article i

bk : Nombre de jours de travail de la ligne k. Sachant qu'au maximum, 3 changements de format par semaine peuvent être effectués pour les lignes travaillant 7jrs/7 et qu'un changement de format dure jusqu'à 8 heures, ceci sera l'équivalent d'une journée entière dans laquelle aucun article ne peut être produit. Par conséquent : $b_k=6$ pour les lignes travaillant 7jr/7. Pour les lignes travaillant 5jrs/7, le nombre de changement de formats maximal est de 2, l'un sera effectué durant le week-end et l'autre durant la semaine, ainsi b_k sera égal à 4 jours complets et un jour de 16 heures de travail, c'est-à-dire, $b_k= 4.6$ pour les lignes travaillant 5jr/7

Stmax : Capacité de stockage maximale ($St_{max} = 280\ 000$ CP)

ArticleMax: nombre maximal d'articles pouvant être produits durant une semaine. En se basant sur les PDP précédents, nous avons noté que le nombre maximal d'articles pouvant être produits durant une semaine est égal à 20 articles

M : la capacité hebdomadaire totale pour toutes les lignes

$$M = \sum_k^K (b_k * \sum_i^n N_{ik}).$$

$$a_{ik} = \begin{cases} 1 & \text{si l'article } i \text{ passe dans la machine } k \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

Nous devons ensuite définir les variables de notre modèle :

- **les variables :**

Etant donné que nous cherchons à définir les stocks optimaux ainsi que la production et les ruptures optimales, nos variables seront les suivantes :

S_{ij}: Stock de l'article i au début de la semaine j

R_{ij}: La rupture de l'article i durant la semaine j

P_{ijk}: La production de l'article i dans la semaine j par la ligne k

La variable P_{ijk} à elle seule ne permet de déterminer que la production de l'article i à la semaine j par la ligne k. Cependant, et afin de rendre notre modélisation plus proche de la

réalité de Fruital, nous introduisons une variable qui permettrait de définir à quelle semaine chaque article devrait être produit :

$$Y_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si l'article } i \text{ est produit dans la semaine } j \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

Hypothèses du modèle

Nous avons dû émettre les hypothèses suivantes lors de l'élaboration du modèle :

- Le modèle ne tient pas compte des coûts de production qui sont supposés être assumés par l'entreprise et ce quel que soit leur montant.
- Le modèle ne tient pas compte du délai de fabrication.
- Les taux de rebuts sont considérés comme étant nuls, par conséquent, le modèle ne tient pas compte des coûts associés.
- La demande est supposée connue : fournie par SAP APO. Cependant, APO fournit la demande mensuelle, nous avons donc déployé cette dernière en demande hebdomadaire en utilisant les taux calculés dans la partie (III.1.1.2, page 66).

La fonction objectif:

Fruital, en proposant une grande variété d'articles, se retrouve souvent avec un stock surélevé. Ainsi, diminuer la quantité produite ou les stocks pourrait engendrer des ruptures faisant perdre à Fruital un profit potentiel et une non satisfaction de la demande clients, et augmenter la capacité de l'espace de stockage s'avère impossible à cause de l'emplacement de l'entrepôt. Notre fonction objectif devrait donc permettre de déterminer la solution optimale qui minimise les coûts liés à la production, le stockage et les ruptures.

Ainsi, de manière générale, la fonction objectif sera de la forme suivante :

$$F(P_{ijk}, S_{ij}, R_{ij}) = \text{Min} \left(\sum_i^n \cdot \sum_j^m \sum_k^K \cdot (C_{pi} \cdot P_{ijk} + C_{si} \cdot S_{ij} + C_{ri} \cdot R_{ij}) \right)$$

Cependant, et en se basant sur les hypothèses citées précédemment, les coûts de production sont totalement assumés par Fruital, ainsi, la fonction objectif ne prendra pas en considération les coûts de production et s'écrira comme suit :

$$F(S_{ij}, R_{ij}) = \text{Min} \left(\sum_j^m \cdot \sum_i^n (C_{si} \cdot S_{ij} + C_{ri} \cdot R_{ij}) \right)$$

- **Les contraintes:**

Notre modèle doit prendre en considération les contraintes auxquelles fait face Fruitall :

Contrainte 1 : le modèle doit fournir le stock optimal permettant de satisfaire la demande et de ne pas tomber en rupture. Cependant, le stock total au début de toute semaine ne doit pas dépasser la capacité de stockage de l'espace, d'où la contrainte :

$$\sum_i^n S_{ij} \leq S_{\text{tmax}} ; \forall j.$$

Contrainte 2 : la seconde contrainte est relative à la capacité de production des lignes. En effet, la production réelle totale journalière pour tous les articles confondus dans une ligne ne doit pas dépasser la capacité de production journalière totale de la ligne.

$$\sum_i^n (a_{ik} \cdot P_{ijk}) / b_k \leq \sum_i^n N_{ik} ; \forall j \text{ et } k.$$

Cependant, notre but n'étant pas de déterminer la production hebdomadaire de chaque article dans chaque ligne de production mais plutôt la production hebdomadaire totale de l'article, notre variable « P_{ijk} » peut-être remplacée par la variable suivante :

P_{ij} : Production de l'article i dans la semaine j , ainsi, la contrainte 2 s'écrira sous cette forme :

$$\sum_i^n (a_{ik} \cdot P_{ij}) / b_k \leq \sum_i^n N_{ik} ; \forall j \text{ et } k.$$

Contrainte 3 : le stock au début de la semaine j est constitué du stock du début de la semaine $j-1$ auquel seront additionnées la production ainsi que la rupture de la semaine $j-1$ (les articles en rupture à la semaine $j-1$ seront produits et donc stockés à la semaine j) et soustraite la demande de la semaine $j-1$ (ce qui rentre en stock – ce qui sort du stock).

$$S_{ij} = S_{ij-1} + P_{ij-1} + R_{ij-1} - D_{ij-1} ; \forall i \text{ et } j.$$

Contrainte 4 : le nombre d'articles pouvant être produits durant une semaine j ne peut pas dépasser 20 articles. Ceci pour des raisons de capacité et de disponibilité des lignes de production, du nombre de caristes disponibles ainsi que de l'aire de stockage exploitable.

$$\sum_i^n Y_{ij} \leq \text{ArticleMax} ; \forall j.$$

Contrainte 5 : cette contrainte permet d'établir un lien entre la variable Y_{ij} et les autres variables du modèle. Elle garantit que l'article i est produit seulement si l'article i est sélectionné pour la production à la semaine j , soit :

$$P_{ij} \leq M \cdot Y_{ij} ; \forall j.$$

Contrainte 6 : contrainte d'intégralité

P_{ij} , S_{ij} et R_{ij} sont des **variables entières**.

Contrainte 7 : **Y_{ij}** est une variable **booléenne**.

Notre modèle est donc le suivant :

(PLNE) {

Fonction objectif : $F(S_{ij}, R_{ij}) = \text{Min} (\sum_j^m \cdot \sum_i^n (C_{si} \cdot S_{ij} + C_{ri} \cdot R_{ij}))$

Sous-contraintes :

$$\sum_i^n S_{ij} \leq S_{\text{max}} ; \forall j.$$
$$\sum_i^n (a_{ik} \cdot P_{ij}) / b_k \leq \sum_i^n N_{ik} ; \forall j \text{ et } k.$$
$$S_{ij} = S_{ij-1} + P_{ij-1} + R_{ij-1} - D_{ij-1} ; \forall i \text{ et } j.$$
$$\sum_i^n Y_{ij} \leq \text{ArticleMax} ; \forall j.$$
$$P_{ij} \leq M \cdot Y_{ij} ; \forall j.$$

P_{ij} , S_{ij} et R_{ij} sont des entiers.

$$Y_{ij} \in \{0,1\}.$$

Ainsi, pour chaque SKU, et en fonction des prévisions de ventes, ce modèle fournira la production et les stocks optimaux permettant de minimiser les ruptures.

- Résolution du modèle

Les variables du modèle (production, stock et ruptures) sont entières et la variable Y est booléenne, il s'agit donc d'un PLNE.

Sachant que le problème est un problème décisionnel d'optimisation linéaire, il appartient à la classe des problèmes NP-difficiles. La résolution de ce type de problème peut s'avérer difficile.

Nous proposons alors de le résoudre par deux méthodes :

- Une résolution exacte en utilisant le logiciel CPLEX (Annexe 1) qui est un outil informatique d'optimisation et un solveur de programmation mathématique pour la programmation linéaire, la programmation mixte en nombres entiers, et la programmation quadratique (Site officiel d'IBM). Il s'agit de l'un des solveurs les plus performants. La résolution exacte a été réalisée sur un processeur i7.
- Une résolution par une méthode approchée. Le choix de la méthode approchée est justifié par la complexité du modèle.

Le but à travers la résolution du modèle par les deux méthodes est de comparer celles-ci en termes de temps d'exécution mais également en termes d'écart entre les résultats de chaque méthode afin de proposer à Fruitil la méthode la plus efficace.

1. Résolution exacte

Afin de résoudre le modèle par la méthode exacte, nous avons généré un code sur CPLEX (Voir Annexe 7). Ceci a nécessité l'introduction des données suivantes :

- Les valeurs de n , m et k ;
- Le vecteur coût de possession de la forme suivante : $C_s = [C_{s1}, C_{s2}, \dots, C_{sn}]$;
- Le vecteur coût de rupture de la forme suivante : $C_r = [C_{r1}, C_{r2}, \dots, C_{rn}]$;
- Le vecteur Stock maximal de la forme suivante : $St_{max} = [St_{max 1}, \dots, St_{max j}]$;
- Le vecteur ArticleMax de la forme suivante : $ArticleMax = [ArticleMax_1, \dots, ArticleMax_j]$;
- Les matrices : capacités de production, coefficients de production ainsi que la demande, celles-ci seront de la forme suivante :

Tableau III-8 : Matrices capacité de production et coefficients de production

Matrice capacité de production	Lignes de production		
	Ligne 1	...	Ligne 6
Articles			
i	0	...	0
...
...
n	0	...	25000

Matrice coefficients de production	Coefficients de la contrainte N°2		
	Ligne 1	...	Ligne 6
Articles			
i	0	...	0
...
...
n	0	...	0

Tableau III-9 : Matrice de la demande

Matrice de la demande	Semaines		
	1	...	m
Articles			
i	6533	...	12521
...	6328	...	12128
...	87504	...	167716
n	14945	...	28646

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

- Initialisation des stocks : les stocks ont été initialisés avec les valeurs obtenues dans la partie (III.1.2.3.ivb), page 94).
- La production a été initialisée avec la production hebdomadaire moyenne du mois de Mars 2015.
- Les ruptures ont été initialisées avec les ruptures du mois de Mars 2015.

Résultats :

Les résultats obtenus sont les suivants :

- Le temps de résolution a été de 102 secondes sur un processeur i7. Nous jugeons ce temps assez considérable vu le niveau de performance du processeur.
- Les résultats pour les stocks optimaux, production ainsi que ruptures optimales sont présentés dans l'Annexe 8. Le coût engendré est de 2 004 811.5 DZD.
- L'integrality gap est de 28.49 %. En général, plus l'integrality gap est proche du zéro, meilleure sera la solution, sauf que dans notre cas, lorsque nous avons essayé d'atteindre un gap inférieur, la solution ne s'est pas améliorée. Cette solution peut donc être considérée comme optimale.

Interprétation des résultats du modèle :

- Les articles de la classe A sont produits à chaque semaine : ceci s'explique par leur forte demande.
- Le stock des articles de la classe A est dans la majorité des cas égal à zéro : ceci signifie que la production à elle seule permet de satisfaire la demande. Il est bien évidemment risqué pour Fruital d'avoir un stock nul pour les articles de la classe A, d'autant plus que la précision des prévisions a atteint au plus les 88% (mois de Mars 2015), la demande fournie par SAP APO est donc souvent augmentée et ceci se traduira par une augmentation des stocks et de la production.

Nous proposons dans ce cas de remplacer les stocks de la classe A par leurs stocks de sécurité déterminés dans la partie (III.1.2.3.ivb), page 94).

- Les articles de la classe B sont généralement produits une à deux fois par mois (au début et au milieu de chaque mois).
- Les articles de la classe C sont généralement produits tous les 2 à 3 mois : une production hebdomadaire permet de couvrir la demande des 2 à 3 prochains mois. Ceci rejoint la politique actuelle de Fruital (II.2.1.4.iii, page 49), sauf que celle-ci produit afin de couvrir la demande des 6 à 11 prochains mois. Ceci contribue à la saturation de l'espace de stockage car les stocks de la classe C constituent actuellement 26% du volume des stocks.
- Ruptures : un total de deux ruptures sur les 9 mois de prévisions est enregistré : une rupture de 43 CP pour le Schweppes mandarine cannette 33 Cl à la 3^{ème} semaine du mois d'Avril et une rupture de 62 CP pour le Fanta pomme PET 100 Cl à la 2^{ème} semaine du mois d'Avril. Ces deux articles appartiennent à la classe C.
- Les articles tombés en ruptures ont les coûts de ruptures les moins élevés.

Apports du modèle :

- Remplacer les stocks de la classe A par les stocks de sécurité permettraient aux stocks de la classe A de passer d'un stock journalier moyen de plus de 260 000 CP à un stock moyen en début de semaine de 128 000 CP, c'est-à-dire une **baisse** de plus de **50%**.
- Le stock journalier moyen de la classe B est passé de 50 000 CP à un stock moyen à détenir en début de semaine de 4 000 CP, soit une **baisse** de **92%**.

- Le stock journalier moyen de la classe C est passé d'une valeur de 110 000 CP à un stock moyen à détenir en début de semaine de 3 700 CP, c'est-à-dire une **baisse** de plus de **96%**.
- De manière globale, le stock moyen en début de semaine afin de satisfaire la demande hebdomadaire est de l'ordre de 137 500 CP. Ce stock est 3,1 fois inférieur aux stocks journaliers détenus actuellement dans l'entrepôt de Rouiba. Une **baisse** de **63%** est enregistrée grâce aux résultats du modèle.
- Le nombre de ruptures obtenus grâce au modèle est de 2 ruptures pour une quantité totale de 105 CP. Ce nombre est négligeable lorsque nous le comparons avec le nombre de ruptures du mois de Mars par exemple : 8 ruptures pour une quantité totale de plus de 34 661 CP. Une **baisse** de **99%** est donc enregistrée.

2. Résolution approchée du modèle mathématique

Sachant que le problème est un problème décisionnel d'optimisation linéaire, il appartient à la classe des problèmes NP-difficiles. Sachant également que le nombre total d'articles proposés par Fruitall s'élève à plus de 50 articles lorsqu'aucun article n'est « délisté » durant une année et qu'une nouvelle ligne de production est en cours d'installation, le temps de résolution par la méthode exacte risque d'augmenter de manière considérable. En effet, la résolution du modèle sur un processeur i7 a pris un temps assez important de 102 secondes pour 45 articles. De plus, comme nous l'avons cité dans la partie (I.1.2.1, page 8), la résolution des PLNE par les méthodes déterministes n'est pas toujours recommandée et est souvent coûteuse en temps et en espace, particulièrement lorsque des variables bivalentes sont introduites, ceci augmente considérablement la complexité du modèle. Il est donc conseillé d'opter pour des méthodes approchées pour la résolution de ce type de problèmes.

Pour toutes ces raisons, et dans le cas où Fruitall décide d'augmenter le nombre d'articles ou dans le cas où le nombre de périodes de prévision augmente, nous avons décidé de procéder à la résolution du modèle par une métaheuristique, plus précisément par les algorithmes génétiques car le (Tableau I-1, page 17) Tableau I-1 : Tableau comparatif entre les différentes montre que c'est la métaheuristique la plus adaptée à ce type de problématique.

Nous avons opté pour le choix du solveur MATLAB car ce dernier permet la résolution des problèmes par les algorithmes génétiques et ce, par le biais de la fonction « ga », qui signifie genetic algorithm, pour laquelle l'algorithme est déjà prédéfini sur MATLAB.

Notre problème est de la forme suivante :

La fonction objectif : $f(X) = C * X$

Contraintes : $A * X \leq b$

$A_{eq} * X = beq$

Avec :

A : la matrice contenant les coefficients des contraintes linéaires d'inégalité ;

b : le vecteur second membre pour les contraintes linéaires d'inégalité ;

A_{eq} : la matrice contenant les coefficients des contraintes linéaires d'égalité ;

beq : le vecteur second membre pour les contraintes linéaires d'égalité ;

C : Le vecteur coût

X : le vecteur contenant les variables.

Toutefois, la génération des matrices A, A_{eq} contenant les coefficients des contraintes d'égalité et d'inégalité ainsi que les seconds membres b et beq des contraintes d'égalité et d'inégalité nécessite l'introduction manuelle des données. En combinant la matrice A et A_{eq} nous aurons une matrice de dimension [4410*8100].

Ce travail nécessitant un temps trop long, nous ne sommes pas arrivés à l'application du programme mais nous avons procédé à l'implémentation de la solution. Nous avons également procédé à la résolution du problème avec 3 articles sur 5 semaines de prévisions. Les résultats sont présentés dans la partie Annexes (Annexe 8).

La démarche à suivre pour l'implémentation de la solution est détaillée ci-dessous :

La syntaxe de la fonction "ga" est la suivante :

[x, fval] = ga(@fitnessfcn,nvars,A,b,Aeq,beq,LB,UB);

Avec:

fitnessfcn: la fonction objectif.

nvars: le nombre de variables du modèle.

fval: retourne la valeur de la fonction objectif.

LB: la limite supérieure de X.

UB: la limite inférieure de X.

Afin de faire appel à la fonction objectif, nous avons utilisé la syntaxe « @fitness_function » et écrit le script suivant :

```
function y=fitness_function(x)
c=[Cs1 0 Cr1 0, ..., Csn 0 Crn 0];
    y=0;
for i=1:1:N
    y = y+c(i)*x(i);
end
end
```

Avec:

N: le nombre de variables ($N= 4 * n * m$) ;

C: le vecteur coût ;

Le vecteur coût contient les coefficients des quatre variables de notre modèle [Cs, Cp, Cr,Cy]. Les coûts de production n'étant pas pris en compte, leur coefficient sera égal à zéro. La variable Y n'ayant pas de rapport avec le coût, son coefficient sera également égal à zéro.

Ainsi, notre fonction sera de la forme suivante :

```
[x, fval] = ga(@fitness_function,nvars,A,b,Aeq,beq,LB,UB);
```

Pour les matrices A et Aeq ainsi que les vecteurs b et beq, nous pouvons soit les introduire sur Matlab, soit les importer directement d'un fichier Excel vers le Workspace de Matlab.

L'algorithme appliqué par MATLAB en utilisant la fonction « ga » suit les étapes suivantes :

1. L'algorithme commence par créer une population initiale aléatoire. La population initiale par défaut de MATLAB contient 20 individus, c'est-à-dire 20 vecteurs X donc les valeurs sont générées de manière aléatoire en utilisant le codage réel.
2. L'algorithme crée ensuite une séquence de nouvelles populations. A chaque étape, l'algorithme utilise les individus de la génération actuelle pour créer la population suivante. Afin de créer la nouvelle population, l'algorithme effectue les étapes suivantes :
 - Il donne un score à chaque membre de la population actuelle en calculant la valeur de sa fonction "fitness".
 - Il sélectionne des membres appelés parents basée sur leurs fonctions "fitness". La sélection par défaut utilisée par Matlab est la sélection par classement.

- L'algorithme génétique crée trois types d'enfants pour la génération suivante:
- L'élite: qui se compose d'individus de la population actuelle avec une faible valeur de la fonction "fitness". Le nombre d'individus élites par défaut est 2.
- Les enfants générés par croisement: pour les enfants non élites, il applique un taux de croisement par défaut de 0.8. Un croisement entre bits est appliqué aux individus obtenus.
- Les enfants produits par mutation: une mutation sera appliquée aux enfants non croisés.

Soit l'exemple suivant:

Population initiale = 20 individus; Enfants élites = 2 individus; Taux de croisement = 0.8.

La génération suivante sera composée des enfants suivants:

- Enfants élites = 2;
- Enfants par croisement = $(20-2)*0.8 = 18*0.8 = 14.4$ (arrondi à 14)
- Enfants par mutation: le nombre d'enfants restants, c'est-à-dire, 4.

- Il remplace la population actuelle avec les enfants pour former la prochaine génération en utilisant une sélection par classement.
3. L'algorithme s'arrête lorsque l'un des critères d'arrêt est rempli.
- Arrêt après un nombre de générations fixé à priori.
 - Arrêt lorsque la population cesse d'évoluer ou lorsque les individus sont des copies d'un même individu.
 - Arrêt après un temps d'exécution fixé à priori.
 - Arrêt lorsque la valeur de la fonction "fitness" pour le meilleur point dans la population actuelle est inférieure ou égale à une valeur fixée à priori.

Cependant, si nous souhaitons modifier les paramètres par défaut, nous pouvons utiliser la commande "options" dans la fonction "ga", ainsi, sa forme sera comme suit:

```
[x, fval] = ga(@fitness_function,nvars,A,b,Aeq,beq,nonlcon,options);
```

Avec:

Nonlcon = Non Linear Constraints, elle sera remplacée par des crochets vide [] car nous n'avons pas de contraintes non linéaires.

L'appel de la commande "options" se fait comme suit:

```
>>options= gaoptimset
```

Elle permet d'obtenir les résultats suivants :

```
options =
EliteCount: []
CrossoverFraction: []
Generations: []
FitnessLimit: []
InitialPopulation: []
SelectionFcn: []
CrossoverFcn: []
MutationFcn: []
```

Ainsi, les paramètres ci-dessus peuvent être modifiés et adaptés selon le modèle étudié.

Le tableau suivant permet de comparer les résultats obtenus par les deux méthodes pour l'article 1.

Tableau III-10: Comparaison entre les résultats obtenus par la méthode exacte et des résultats obtenus par l'AG pour l'article 1

		Méthode exacte	Méthode approchée
Semaine 1 Avril	Stock	0	3
	Production	6533	6522
	Rupture	0	8
Semaine 2 Avril	Stock	0	33
	Production	12521	12472
	Rupture	0	16
Semaine 3 Avril	Stock	0	78
	Production	12521	12429
	Rupture	0	14
Semaine 4 Avril	Stock	0	25
	Production	13066	13038
	Rupture	0	3
Semaine 5 Avril	Stock	0	12
	Production	9333	9317
	Rupture	0	4
Valeur fonction objectif		0	3225.5

Le temps de résolution pour les 3 articles a été de 0,45 secondes par la méthode exacte et de 0,125 secondes par les AG.

Nous remarquons que le temps de résolution par les AG est trois fois moins important que le temps de résolution par la méthode exacte et que l'écart moyen entre les deux productions est moins de 0.1%. Cependant, les résultats obtenus par les AG ne sont pas assez efficaces en termes de valeurs des stocks et des ruptures car ils n'optimisent pas la fonction objectif.

En effet, pour seulement 3 articles produits sur 5 semaines de prévision, les capacités des lignes sont largement suffisantes afin de satisfaire la demande, il n'y a donc pas besoin de détenir de stocks et les ruptures sont complètement évitées. Le résultat obtenu par la méthode exacte rejoint tout à fait ceci alors que l'AG stipule qu'il faut détenir des stocks et que les ruptures sont inévitables même si ces quantités sont faibles.

Néanmoins, et bien que les résultats obtenus par les AG n'optimisent pas assez la fonction objectif, la littérature (I.1.2.2, page 11) indique qu'il est conseillé d'utiliser cette métaheuristique lorsque le nombre de variables ou de données est important. Ceci n'a pu être effectué faute de temps.

Synthèse des résultats

Les résultats obtenus grâce à la résolution exacte du modèle mathématique nous ont permis d'aboutir aux résultats suivants :

- Baisse des stocks de la classe A de 50%.
- Une baisse des stocks de la classe B de 92%.
- Une baisse des stocks de la classe C de 96%.
- Une baisse du stock total de 63%.
- Une baisse des ruptures de 99%.

Le temps de résolution par la méthode exacte ayant été assez important (102 secondes) sur un processeur i7, nous proposons le recours aux algorithmes génétiques dans le cas où le nombre d'articles, le nombre de périodes de prévisions ou le nombre de lignes de production augmente.

Il est vrai que la méthode exacte est efficace en termes d'exactitude des résultats, mais les AG le sont en termes de temps d'exécution. Bien que la décision revienne à Fruitai et que ce résultat ne peut pas encore être généralisé car nous n'avons procédé qu'à un essai avec 3

articles sur 5 semaines, nous proposons le recours aux algorithmes génétiques dans le cas où le nombre d'articles, le nombre de périodes de prévisions ou le nombre de lignes de production augmente.

SOLUTION N°3

III.1.2.3 Proposition d'une nouvelle organisation de l'entrepôt

Les résultats du modèle mathématique indiquent que le calcul des stocks optimaux permettrait à Fruitall de faire baisser ses stocks de 63%. Cette baisse pourrait être enregistrée avec la disposition actuelle des stocks au sein de Fruitall. De plus, le diagnostic SCOR a montré que l'une des principales raisons du sur-stockage de l'entrepôt était la disposition anarchique des stocks

Ainsi, nous proposons dans cette partie, une nouvelle disposition des stocks qui permettrait à Fruitall d'exploiter au mieux son espace de stockage. Pour ce faire, nous avons adopté la démarche suivante :

- Identifier les espaces consacrés au stockage des produits finis.
- Définir les normes HSE devant être respectées au sein des espaces de stockage.
- Proposer une nouvelle organisation de l'entrepôt.

(1) Identifier les espaces de stockages

L'espace de stockage total des PF est d'une superficie de 5005.18 m² répartie sur 4 zones comme suit:

Zone 1: d'une surface de 582m².

Zone 2: d'une surface de 403.2 m².

Zone 3: d'une surface de 294.64 m².

Zone 4: d'une surface de 3 725.34 m².

Le schéma ci-dessous illustre l'emplacement de chaque zone :

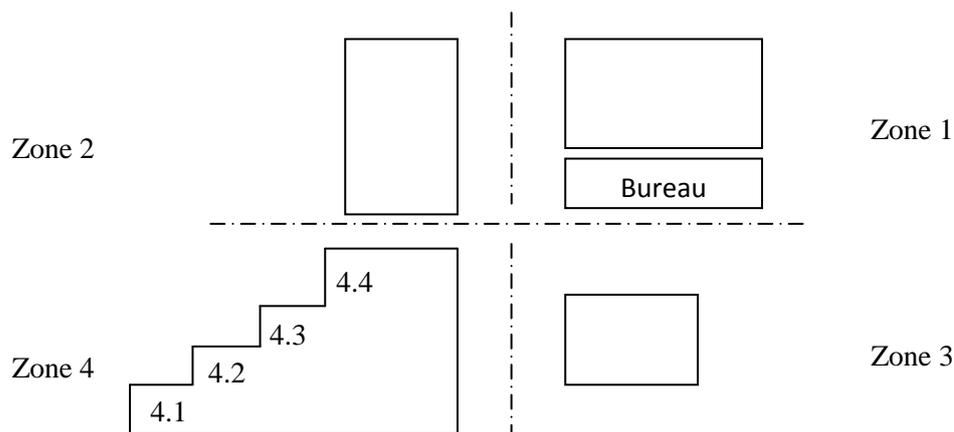


Figure III-2: Vue de haut de l'espace de stockage au sein de Fruital

(2) Les normes HSE liées aux espaces de stockage

Les normes HSE dans le domaine de l'agroalimentaire concernant l'entreposage et avec lesquelles Fruital Coca-Cola travaille sont regroupées dans la norme ISO TS 22002 [Programmes pré requis pour la sécurité des denrées alimentaires] (Annexe 9).

Les normes fournies par le département HSE devant absolument être respectées au sein de Fruital sont les suivantes :

- Espace de 50cm entre la palette et le mur.
- Laisser un espace de 1m entre la palette et le caniveau.
- Laisser un espace de 1.8m entre la palette et le robinet incendie.
- La largeur d'une allée doit être égale à 3m50 pour permettre la manœuvre des caristes.
- Laisser une distance de 3m50 pour les camions de chargement.
- Laisser une distance de 2m50 entre le camion et le cariste.

(3) Proposition d'une nouvelle structure de l'entrepôt

Nous avons suivi les étapes suivantes afin de proposer la nouvelle organisation de l'entrepôt :

- Le traçage global.
- Prise en compte des contraintes HSE.
- Disposition des palettes.
- Disposition des SKUs dans l'entrepôt.

i. Le tracage global

Il a d'abord fallu délimiter les espaces dédiés au stockage des PF de l'entrepôt. Ceux-ci sont représentés par la couleur jaune. Dans ce qui suit, la couleur jaune dans la (ure III-6, page 98).

ii. Contraintes HSE

Les deux principales contraintes devant être prises en considération sont les suivantes :

- **Allée de circulation:** c'est l'allée de circulation des caristes, elle est égale à 2.50m. Cette allée est réservée à la circulation des chariots seulement et non pas pour soulever les palettes.

- **Allée de gerbage:** d'une distance de 3.80m, c'est l'allée entre deux rangées de palettes ou entre la dernière rangée de palette et le mur.

iii. Proposition d'une disposition des palettes en ligne

Actuellement, les palettes dans l'entrepôt des PF sont disposées de manière anarchique. Il n'y a pas d'organisation ou d'agencement précis de ces dernières. Afin de pallier à cela, nous proposons de ranger les palettes en lignes. Le schéma suivant compare la disposition actuelle à la disposition proposée :

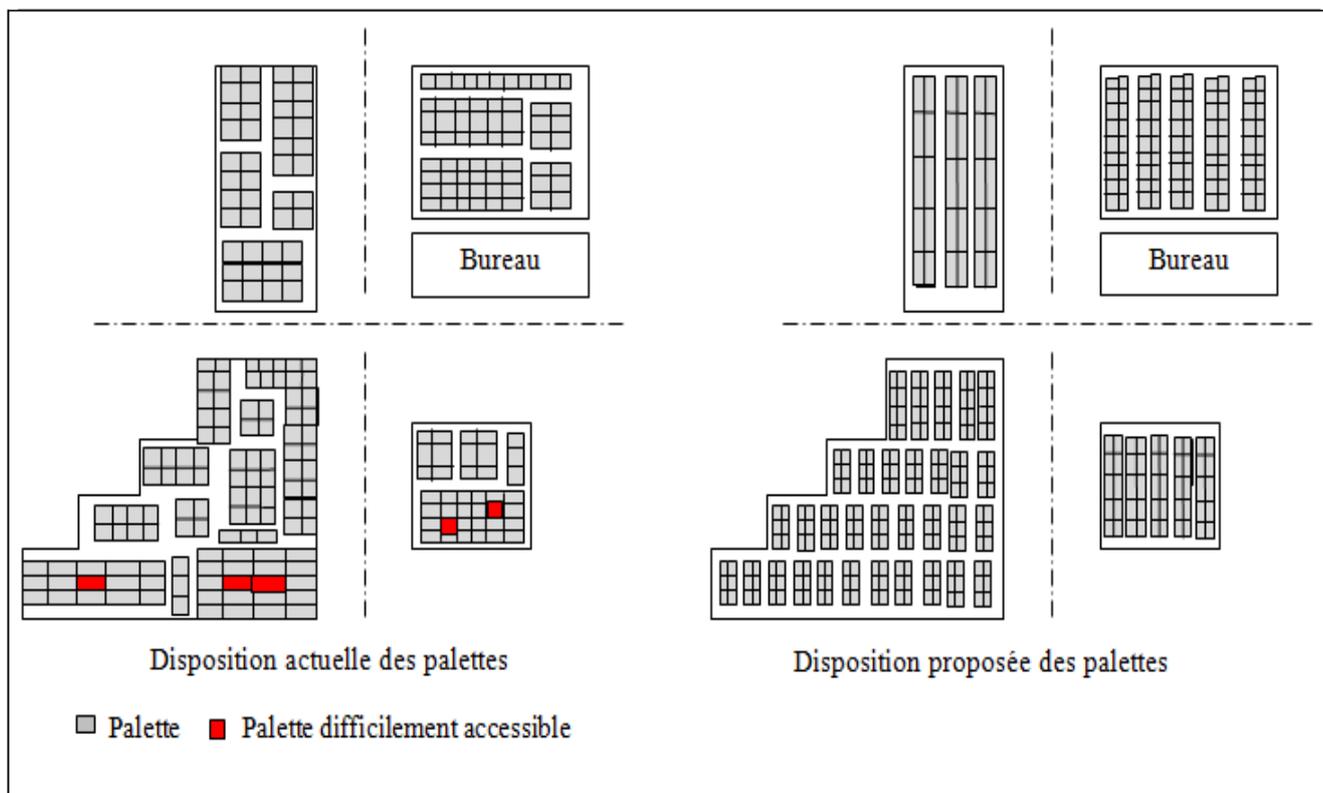


Figure III-3: Comparaison entre la disposition actuelle et la disposition proposée de l'entrepôt

Justification de l'adoption de la disposition des palettes en ligne:

La disposition actuelle des palettes a plusieurs inconvénients :

- Elle ne respecte pas les normes HSE.
- L'accès à certaines palettes est difficile (les palettes en rouge par exemple sur la figure ci-dessus).
- Risque d'erreur et de perte de temps à rechercher le bon article.

Une disposition en lignes ou en rangées qui respecte les normes HSE permettrait de :

- Faciliter l'accès à toutes les palettes.
- Homogénéiser la disposition des palettes en formant des rangées permettra de délimiter de manière précise les zones dédiées au stockage.
- Former des rangées libèrera les allées de circulation : les caristes auront donc une meilleure visibilité des palettes et les retrouveront plus facilement, ainsi, le risque d'erreur diminuera.

REMARQUES :

- Une rangée contient deux lignes de palettes.
- Avoir plus de deux lignes de palettes par rangée rendrait l'accès aux palettes du milieu plus difficile.

La figure suivante illustre de manière détaillée l'agencement des rangées.

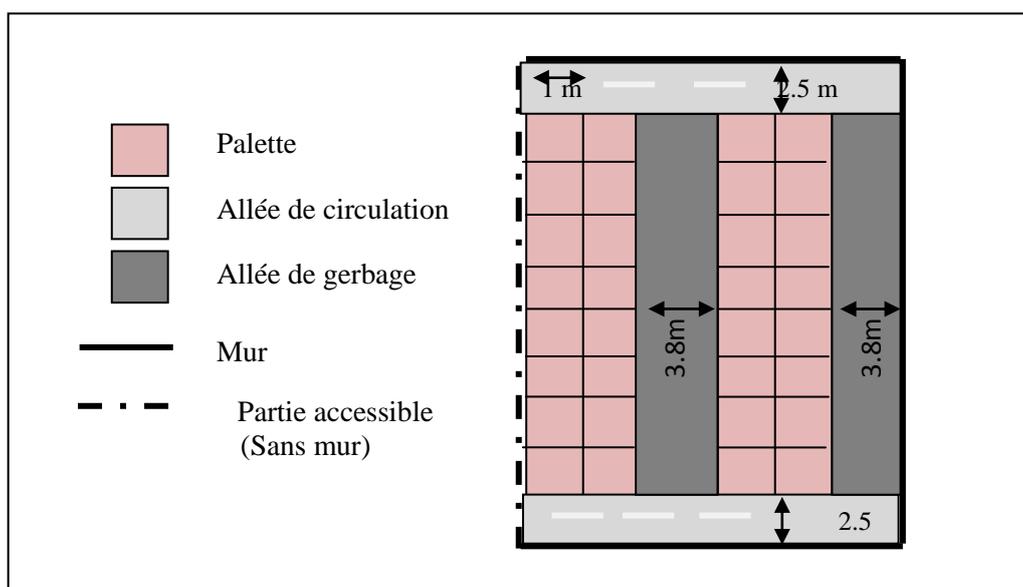


Figure III-4 : Exemple d'un agencement détaillé de la zone 3

Disposition des palettes

La disposition des palettes se fera verticalement et non horizontalement tout en respectant les normes HSE concernant les allées de gerbage et de circulation.

La figure suivante illustre les deux dispositions dans les zones 1 et 3 par exemple :

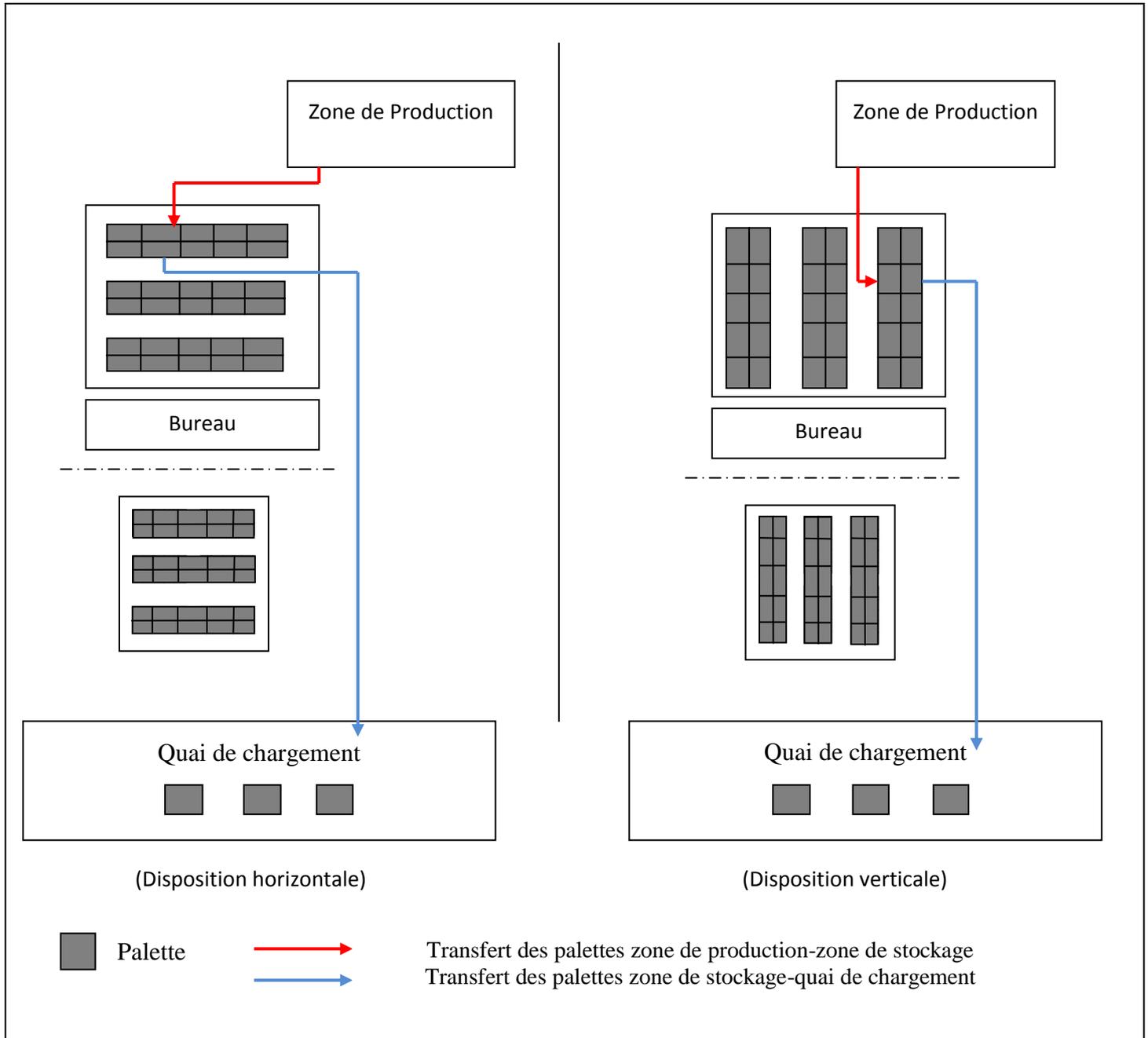


Figure III-5: Dispositions horizontale et verticale des palettes dans les zones 1 et 3

La figure ci-dessus illustre la différence entre la disposition horizontale et verticale des palettes :

- Le remplissage des rayons de stockage ainsi que le transfert des palettes de l'espace de stockage vers le quai de chargement se fera plus facilement avec une disposition verticale car les caristes auront moins de manœuvres à réaliser.

En prenant en considération les données suivantes :

- La dimension des palettes de verre et de cannettes est égale à 1.2m*0.9m.
- La dimension des palettes de PET est de 1m*1.2m.
- Le taux d'occupation de l'espace de stockage des palettes de verre, cannettes et PET (Tableau III-5, page 70).
- Les normes HSE citées précédemment (**III.1.2.3(2)**, page 89).

Nous avons déterminé le nombre de rangées ainsi que le nombre de palettes par rangée pouvant être disposées dans chaque zone de l'entrepôt. Le tableau suivant résume ceci :

Tableau III-11 : Nombre de palettes dans chaque zone

Zone	Nombre de rangées	Nombre de palette par rangée sur 1 niveau	Nombre de palette par rangée sur 2 niveaux	Nombre de palette par rangée sur 3 niveaux	Nombre total de palettes sur 1 niveau	Nombre total de palettes sur 2 niveaux	Nombre total de palettes sur 3 niveaux
1	4	50	100	148	200	400	592
2	2	60	120	178	120	240	356
3	2	34	68	100	68	136	200
4	4.1	12	40	80	118	480	960
	4.2	9	26	52	76	243	468
	4.3	6	14	28	40	84	168
	4.4	4	40	80	118	160	320
Total :					1355	2692	3960

Ainsi, un total de 3960 palettes peut être rangé dans l'entrepôt, contrairement au cas actuel où 2500 palettes peuvent être rangées au plus.

iv. Disposition des SKU dans l'entrepôt

Une fois le nombre de palettes pouvant être stockées dans chaque zone calculé, nous avons déterminé l'emplacement de chaque article. Pour cela, nous proposons un stockage

mixte qui se base sur la méthode des classes (ABC zoning) en allouant des zones aux articles selon leur taux de rotation.

Afin de déterminer l'espace nécessaire à chaque article, nous nous sommes basé sur les taux de rotations des articles, c'est-à-dire, à quelle fréquence l'article entre et sort du stock sur une période donnée, mais également sur le nombre de jours de couverture nécessaire pour chaque article en stock. Les articles avec les taux de rotations les plus importants et les jours de couverture les moins importants seront disposés près des quais de chargement du fait de la grande fréquence de leurs entrées et sorties de l'espace de stockage.

a) Calcul du taux de rotation

Nous avons déterminé les taux de rotation en se basant sur une période d'une année (l'année 2014). La formule appliquée est la suivante :

Taux de rotation d'un article $X = \text{Stock moyen de } X / \text{Chiffre d'Affaires}$

- **Détermination des classes ABC selon leur taux de rotation:**

Après avoir classé les 45 articles par ordre décroissant des taux de rotation (voir Annexe 11), les classes A, B et C déterminées suivant le principe de Pareto sont les suivantes sont les suivantes :

- Les 9 premiers articles représentent la classe A (45*20%).
- Les 13 qui suivent représentent la classe B (45*30%).
- Le reste représente la classe C (45*50%).

b) Calcul des jours de couverture

La détermination du nombre de jours de couverture nécessaires se fait suite au calcul du stock de sécurité approprié pour chaque SKU. Pour cela, les calculs effectués sont basés sur les ventes mensuelles réalisées en 2013 et 2014.

Sachant que la vente journalière est variable et que le délai de fabrication est fixe (égal à une journée), le calcul du S_s se fait en utilisant la formule : $S_s = z \sigma \sqrt{D}$ définie dans la partie (I.1.3.5, page 19).

Les paramètres de la formule (2) sont définis dans la partie (I.1.3.5, page19).

Les coûts de possession unitaires ont été déterminés à partir des coûts de possession des PF obtenus dans le (**Tableau III-4**, page 69) et à partir des taux d'occupation représentés dans le (**Tableau III-5**, page 70). Les coûts de rupture ont été assimilés au manque à gagner, c'est-à-dire à ce qui aurait dû être gagné si aucune rupture n'avait eu lieu pour chaque format. Les résultats sont présentés dans l'Annexe 12.

La substitution des résultats trouvés dans le (**Tableau IV-12**, page 136) dans la formule (1), page 19, permet la détermination du stock de sécurité et par conséquent le nombre de jours de stocks nécessaires pouvant assurer le taux de service optimal pour chaque SKU (Annexe 6).

Le calcul des jours de couverture est obtenu par la formule suivante :

Jour de couverture = Stock de sécurité / consommation moyenne

L'application de ces jours de couverture permettrait au stock journalier d'atteindre une valeur moyenne de 270 000 CP. Cependant, et afin de s'assurer de la fiabilité du résultat, nous avons établi la simulation suivante: remplacer les stocks de sécurité journaliers des deux années 2013-2014 par les nouveaux stocks de sécurité calculés et ce, dans le but de détecter les éventuelles ruptures. Les résultats obtenus sont les suivants :

- Classe A : Rupture maximale de 10 jours répartis sur les 2 années de simulation.
- Classe B : Rupture maximale de 19 jours répartis sur les 2 années.
- Classe C : Rupture maximale de 31 jours répartis sur les 2 années.

Le coût total engendré par ces ruptures est de l'ordre de 400 000 DZD/jour.

Afin de diminuer ces ruptures et dans le but d'atteindre le niveau du taux de service optimal calculé précédemment, le stock de sécurité de chaque article tombé en rupture durant ces 2 années a été ajusté en augmentant sa valeur au cas par cas. Ainsi, un taux de service optimal moyen de 99.82 % (**Tableau IV-12** : Taux de **service** optimal par format permet de tolérer les nombres de jours de ruptures suivants :

- Classe A : 0 Rupture.
- Classe B : 13 jours de rupture.
- Classe C : 20 jours de rupture.

Le coût total engendré par ces ruptures est de : 65 401 DZD/jour.

Le tableau suivant permet de comparer les jours de couvertures imposés par le groupe à ceux calculés dans le (**Tableau IV-6**, page 127) (voir Annexe 6).

Tableau III-12 : Comparaison entre les jours de couverture imposés et ceux calculés

	Jours de stock imposés par le groupe	Nouveaux jours de stock avant ajustement	Nouveaux jours de stock ajustés
Classe A	4 – 5 jours	2 jours	3 jours
Classe B	6 – 7 jours	3-4 Jours	4 – 5 jours
Classe C	9 – 10 jours	5-6 jours	6 – 7 jours

Commentaire :

- Les jours de couverture imposés par ECCBC sont surévalués par rapport aux jours de couvertures optimaux.
- L'application des nouveaux jours de couverture non ajustés permettrait de baisser les stocks à 270 000 CP par jour (un gain de 37 %), ce qui est en dessous de la capacité de stockage de l'entrepôt mais engendrerait un coût de ruptures de 400 000 DZD/jour.
- L'application des jours de couverture ajustés permettrait à Fruitall de passer d'un stock journalier moyen de 430 000 CP à un stock moyen de 290 000 CP, c'est-à-dire, une baisse de 32 % en termes d'espace de stockage, mais ceci permettrait également de faire baisser le coût de sur-stockage de 74612 DZD/jour (**Tableau III-6**, page 70) à 4974 DZD/jour, c'est-à-dire une baisse de **93%**.

Le coût total engendré dans ce cas (coût de rupture + coût de sur-stockage) est de 70 375 DZD/jour.

Bien que le choix revienne aux décideurs, nous recommandons à Fruitall d'opter pour la seconde option car les coûts engendrés sont nettement inférieurs.

Résultat :

Le calcul des taux de rotation ainsi que des jours de couverture nécessaires à chaque article a montré que globalement, les articles de la classe A ont les taux de rotation les plus élevés et les jours de couverture les moins importants. Ces articles seront donc placés près du quai de chargement, suivis des articles des classes B et C.

Pour la détermination des espaces alloués à chaque classe puis pour chaque article, nous avons utilisé dans nos calculs les jours de couverture ajustés car c'est ce qui serait plus profitable à Fruitall.

iv. L'espace alloué pour chaque classe

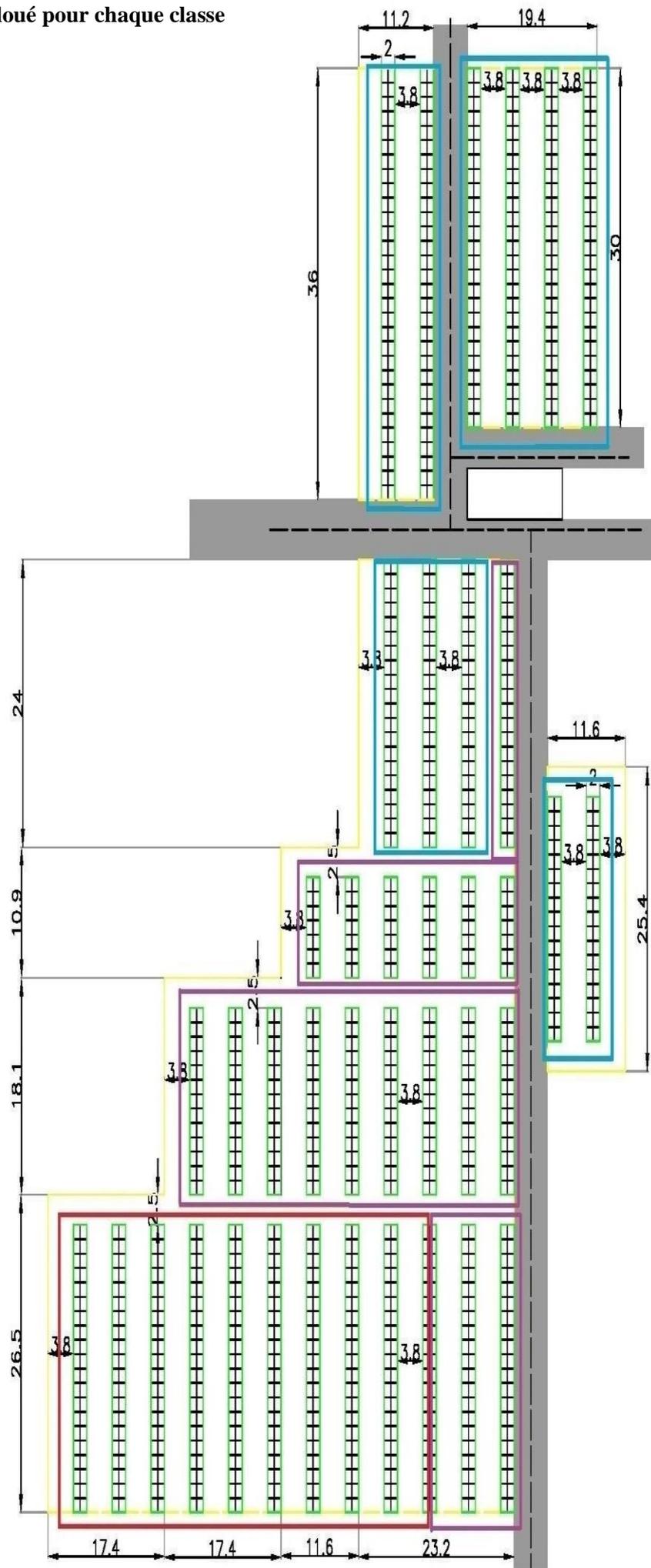
Avant de déterminer l'espace alloué pour chaque article, nous avons d'abord l'espace alloué à chaque classe. Pour cela, les stocks optimaux trouvés lors de la résolution du modèle mathématique (III.1.2.2.1, page 79) ainsi que les capacités de stockage de chaque rangée sur 3 niveaux ont été pris en considération. Le tableau suivant résume les résultats obtenus :

Tableau III-13 : Nombre de lignes allouées pour chaque article

Classes	Nombre de lignes
A	19 lignes de la zone 4
B	37 lignes de la zone 4
C	6 lignes de la zone 4 Toute la zone 3 Toute la zone 2 Toute de la zone 1

La figure suivante représente les espaces alloués à chaque classe :

Figure III-6 : Espace alloué pour chaque classe



- Classe A
- Classe B
- Classe C
- Traçage global
- Traçage local
- Allée de circulation

Commentaires :

- Dans la zone 4 qui représente 74.43% de la surface totale, les rangées verticales ne sont pas en continues mais des allées de circulation sont ajoutées afin de faciliter l'accès aux différents articles de plusieurs côtés. Ces mêmes allées serviront également d'issue de secours en cas d'accidents ou d'incendie.

Enfin, après avoir déterminé les espaces alloués à chaque classe, nous avons défini les espaces alloués à chaque article en fixant le nombre nécessaire de rangées à chaque article et ce, en se basant sur les stocks optimaux (voir Annexe 11).

Apports de la réorganisation :

La disposition actuelle des stocks à Rouiba permet un stockage qui ne dépasse pas 2500 palettes. Si Fruitall applique la réorganisation que nous avons proposée, elle pourrait gagner entre 192 palettes sur 2 niveaux à 1460 palettes sur 3 niveaux d'espace supplémentaire. Soit une augmentation de **7 à 37%** de la capacité de stockage avec un gain potentiel allant de **1 816 227 DZD/Jour** à **13 810 899 DZD/Jour**.

SOLUTION N°4

III.1.3 Problème de taux de service et de gestion des retours

Nous consacrons cette partie à la proposition de nouveaux indicateurs permettant de mieux apprécier le taux de qualité de service client au sein de Fruital en plus de ceux déjà existants.

En effet, étant donné que Fruital n'a pas encore réalisé d'étude sur la qualité de son service par rapport à sa gestion des commandes, des livraisons et des retours, l'analyse de ces activités pour la première fois nécessitera la prise en compte de différents facteurs pouvant avoir une influence sur ces derniers. Ceci peut se faire en mesurant plusieurs indicateurs liés à la performance de Fruital en termes de taux de service et ce dans le but de satisfaire ses principaux objectifs :

- Un CFR et un PFR de 100 %.
- Connaître les principales raisons de non satisfaction des indicateurs actuels.
- Déterminer les points positifs et ceux à améliorer.
- Fixer les objectifs à atteindre par rapport aux nouveaux indicateurs retenus.

Dans un premier temps, et après avoir recensé les objectifs de Fruital, il est important de choisir les indicateurs les plus pertinents devant être en adéquation avec ces objectifs.

- **Choix des indicateurs**

Un choix pertinent des indicateurs doit être fait. Nous avons basé notre choix sur des indicateurs respectant les caractéristiques de CICERO (Cicero J., 2009). C'est-à-dire :

- Exhaustivité : mesure tous les aspects pertinents.
- Universalité : facilite la compréhension.
- Mesurabilité : les données nécessaires au calcul sont mesurables.
- Cohérence : avec les objectifs de l'entreprise.

Ainsi, en prenant en considération ces caractéristiques et en collaboration avec le DP et le responsable de la planification, nous avons traduit les objectifs de Fruital en indicateurs de performance et ce, en se basant sur les indicateurs qui traitent de taux de service cités dans la littérature, notamment dans les documents : (Gaiga M., 2003) et (USAID Projet Deliver, 2007).

Les deux tableaux suivants (**Tableau III-15**, page 102) et (**Tableau III-15**, page105) permettent de définir les indicateurs que nous avons jugés être les plus pertinents et les plus importants à évaluer pour une première étude du taux de service. Ils permettent également de déterminer leurs objectifs, modes de calcul, pertinence ainsi que la justification du choix de chaque indicateur.

Nous avons séparé les indicateurs proposés en 2 catégories : indicateurs permettant de mesurer la performance en termes de qualité de service et indicateurs permettant de mesurer la performance en termes de temps.

CHAPITRE III : SOLUTIONS PROPOSÉES

Tableau III-14 : Indicateurs de performance mesurant la qualité de service

Indicateur	Objectif	Mode de calcul	Pertinence de l'indicateur	Justification du choix de l'indicateur
Taux de service global	Permet de mesurer de manière globale la satisfaction de l'ensemble des clients.	$\frac{\sum \text{commandes livrées dans les bons délais, références et quantités dans une période donnée}}{\sum \text{commandes livrées dans la même période}} \times 100\%$	Bien que cet indicateur ne soit pas assez pertinent en évaluant le taux de service de manière globale, son calcul demeure tout de même utile car c'est l'indicateur le plus utilisé par les entreprises.	Le choix de cet indicateur est justifié par le fait qu'il permette de mesurer la performance globale de Fruitall ainsi que la satisfaction globale de ses clients en termes de gestion des commandes et de livraison étant donné que celui-ci n'ait jamais été calculé auparavant. De plus, il lui permettra de se comparer à ses concurrents en vue d'améliorer ses performances et de se fixer des objectifs.
Case Fill Rate (CFR)	Permet de mesurer le taux de remplissage des caisses commandées. C'est-à-dire, comparer la quantité commandée par le client à la quantité réceptionnée.	$\frac{\sum \text{commandes arrivées dans la bonne quantité}}{\sum \text{commandes livrées dans la même période}} \times 100\%$	Cet indicateur est pertinent car il permet de mesurer si les quantités commandées sont respectées ou pas. Cependant, il ne permet pas de mesurer si la référence commandée a réellement été livrée.	Cet indicateur est déjà calculé au sein de Fruitall. Il est important de le maintenir vu sa pertinence.
Product Fill Rate (PFR)	Permet de mesurer si les commandes établies sont arrivées dans les bonnes quantités et références.	$\frac{\sum \text{commandes arrivées avec la bonne référence}}{\sum \text{commandes dans la même période}} \times 100\%$	Contrairement au CFR, le PFR prend en considération la référence commandée. Cet indicateur est donc très pertinent car il permet de mesurer le taux de substitution des produits.	Cet indicateur est déjà calculé au sein de Fruitall. Il est important de le maintenir vu sa pertinence.
Taux de service par client	Permet de mesurer le taux de satisfaction de chaque client en termes de délai de livraison, de quantité et de références livrées	$\frac{\sum \text{commandes livrées dans les bons délais, références et quantités dans une période donnée pour chaque client}}{\sum \text{commandes dans la même période}} \times 100\%$	Cet indicateur est très pertinent car les objectifs d'une entreprise en termes de taux de qualité de service devraient augmenter en fonction de l'importance du client et de son chiffre d'affaires potentiel.	La recherche des causes des résultats non satisfaisants des CFR/PFR (II.2.1.4.av, page 41) a montré que la cause principale était de privilégier les clients importants en termes de poids par rapport à d'autres. Le taux de service par client identifiera donc le degré de satisfaction de chaque client, permettant ainsi de fixer des objectifs précis pour chaque catégorie de clients.

CHAPITRE III : SOLUTIONS PROPOSÉES

<p>Taux de service par classe de produits</p>	<p>Permet de mesurer la fiabilité des livraisons en termes de délai, quantité et référence pour chaque classe d'articles.</p>	<p>$\frac{\sum \text{commandes livrées dans les bons délais, références et quantités dans une période donnée pour chaque classe}}{\sum \text{commandes dans la même période}} \times 100\%$</p>	<p>Le calcul de cet indicateur est très important car les objectifs d'une entreprise en termes de taux de qualité de service devraient être plus importants pour la classe A que pour les classes B et C.</p>	<p>Ce calcul permettra à Fruitall de connaître tout d'abord les performances des livraisons de chaque classe, pour ensuite pouvoir juger de la qualité des résultats obtenus ainsi que des actions à mener afin de les améliorer.</p>
<p>Taux de retours global</p>	<p>Permet de mesurer le taux de retour global pour toutes les commandes effectuées durant une période donnée.</p>	<p>$\frac{\sum \text{des livraisons retournées sur une période donnée}}{\sum \text{des livraisons sur la même période}} \times 100\%$</p>	<p>Cet indicateur est pertinent pour n'importe quelle entreprise de production car connaître le taux de retours de ses livraisons permet de connaître la satisfaction de ses clients.</p>	<p>Le choix de cet indicateur est justifié par le fait que Fruitall ne l'ait jamais calculé auparavant. Plus de détails sont présentés dans la partie qui suit.</p>
<p>Taux de retours par client</p>	<p>Permet de mesurer le taux de retour pour toutes les commandes effectuées durant une période donnée par chaque client.</p>	<p>$\frac{\text{Nombre de livraisons retournées sur une période donnée par chaque client}}{\text{Nombre total de livraisons sur la même période}} \times 100\%$</p>	<p>Cet indicateur est pertinent, particulièrement pour juger du taux de retours des clients importants. Un taux de retour élevé pour ces clients implique leur non satisfaction.</p>	<p>Le choix de cet indicateur est justifié par le fait que Fruitall n'a pas d'idée sur ses clients qui retournent le plus les articles commandés ni sur les raisons de ces retours.</p>
<p>Taux de retours par classe de produits</p>	<p>Permet de mesurer le taux de retours par classe d'articles.</p>	<p>$\frac{\text{Nombre de livraisons Retournées sur une période donnée par classe}}{\text{Nombre total de livraisons sur la même période}} \times 100\%$</p>	<p>Cet indicateur est pertinent, particulièrement pour juger la performance de la classe A pour laquelle les retours devraient être non tolérables quel que soit la raison étant donné que c'est Fruitall qui impose les commandes à ses clients. Ceci ne signifie évidemment pas que l'on puisse tolérer des retours pour les articles des classes B et C, mais la gravité est moins importante que pour les articles de la classe A.</p>	<p>Le choix de cet indicateur est justifié par le fait que Fruitall n'ait jamais calculé d'indicateurs liés aux retours de ses articles. La première étude des retours devrait donc inclure tous les indicateurs permettant de mesurer la performance de cette activité, mais également des indicateurs pouvant éventuellement détecter leurs causes.</p>

CHAPITRE III : SOLUTIONS PROPOSÉES

<p>Taux de retours pour non conformité</p>	<p>Permet de mesurer le taux d'articles retournés pour des raisons de non-conformité.</p>	<p>Nombre de livraisons retournées pour non conformité sur une période $\frac{\text{Nombre de livraisons retournées}}{\text{Nombre total de livraisons retournées sur la même période}} \times 100\%$</p>	<p>Indicateur très pertinent car permet de détecter si les retours sont causés par la non-conformité des articles. La non-conformité est peut être causée par la manière de produire, d'emballer ou de transporter les articles.</p>	<p>Fruital ne connaît pas les causes des retours.</p>
<p>Taux de retours pour péremption</p>	<p>Permet de mesurer le taux d'articles retournés pour des raisons de péremption.</p>	<p>Nombre de livraisons retournées pour péremption sur une période $\frac{\text{Nombre de livraisons retournées}}{\text{Nombre total de livraisons retournées sur la même période}} \times 100\%$</p>	<p>Indicateur très pertinent car permet de détecter si les retours sont causés par la péremption des articles. Ceci incitera à plus de rigueur en matière de gestion des stocks ou de contrôle qualité.</p>	<p>Fruital ne connaît pas les causes des retours.</p>
<p>Taux de retours pour raisons externes</p>	<p>Permet de mesurer le taux d'articles retournés pour des raisons externes à Fruital.</p>	<p>Nombre de livraisons retournées pour des raisons externes $\frac{\text{Nombre de livraisons retournées}}{\text{Nombre total de livraisons retournées sur la même période}} \times 100\%$</p>	<p>Indicateur pertinent car il permet à Fruital de séparer les raisons internes des retours (non-conformité ou péremption) des raisons externes (problème technique de transport en cours de route ou absence du client) et ce dans le but de prendre en considération des aléas sur lesquels Fruital n'avait pas de vision.</p>	<p>Fruital ne connaît pas les causes des retours.</p>
<p>Taux de réclamations client</p>	<p>Permet de mesurer le nombre de livraisons suivies de réclamations des clients par rapport au nombre de livraisons totales effectuées sur une période.</p>	<p>Nombre de réclamations enregistrées sur une période $\frac{\text{Nombre de réclamations}}{\text{Nombre total de livraisons retournées sur la même période}} \times 100\%$</p>	<p>Tout comme le taux de service global et le taux de retours global, cet indicateur permet de mesurer directement la satisfaction du client.</p>	<p>Pour une première analyse de taux de service au sein de Fruital, il est nécessaire de mesurer cet indicateur.</p>
<p>Taux d'erreurs sur les commandes</p>	<p>Permet de mesurer le pourcentage de commandes ayant subi des erreurs en termes de quantité, référence ou délai.</p>	<p>Nombre de commandes ayant subi des erreurs sur une période $\frac{\text{Nombre de commandes ayant subi des erreurs}}{\text{Nombre total de livraisons sur la même période}} \times 100\%$</p>	<p>Cet indicateur est pertinent car il permet de vérifier la fiabilité de la préparation des commandes, incitant ainsi à rechercher les causes des erreurs commises telles les erreurs liées à l'enregistrement des commandes.</p>	<p>Cet indicateur, s'il est associé au taux de retours, permettra à Fruital de détecter l'une des raisons impliquant le retour des articles.</p>

Tableau III-15 : indicateurs mesurant le taux de service en termes de temps

Indicateurs de temps	Objectif	Mode de calcul	Pertinence de l'indicateur	Justification du choix de l'indicateur
Delivered On Time (DOT)	Permet de déterminer le taux d'articles livrés à la date souhaitée par le client.	$\frac{\text{Nombre de commandes arrivées à la date souhaitée par le client}}{\text{Nombre total de livraisons sur la même période}} \times 100\%$	Cet indicateur est très pertinent car le délai de livraison est l'un des critères de sélection les plus importants entre FO/Client. Sa minimisation sera donc indispensable.	La très grande pertinence de cet indicateur pour Fruitall en termes d'évaluation de la satisfaction du client justifie son choix.
Delivery Cycle Time (DCT)	Permet de déterminer le temps moyen séparant la prise de commande et la livraison du produit (soit au moment où l'article sort de l'entrepôt soit au moment où le client reçoit le produit).	<p>DCT = moment de sortie du produit de l'entrepôt – moment de prise de la commande</p> <p>Ou</p> <p>DCT = moment de réception de la commande par le client – moment de prise de la commande</p>	Cet indicateur est pertinent car il permet de mesurer la performance de la gestion des commandes en termes de temps de préparation.	La minimisation de ce temps permettra à Fruitall d'optimiser le taux de qualité de service global, les taux de service par client et par classe ainsi que le DOT.

D'autres indicateurs permettant de mesurer la performance de la gestion des commandes et livraison en termes de coût ont été proposés à Fruital tels les frais engendrés par la préparation des commandes (main d'œuvre, moyens utilisés, prestation de service pour le transport ou pénalités dues à des retards de livraison), mais Fruital a choisi de ne pas les prendre en compte jugeant que ces derniers n'étaient pas assez importants.

Il est vrai que le nombre d'indicateurs proposés (qui s'élève à 15 indicateurs) semble important, néanmoins, Fruital n'ayant, pour le moment, jamais mesuré sa performance pour les activités de « Gestion des commandes » et de « Gestion des retours » devrait se baser, pour une première analyse, sur des indicateurs couvrant un vaste champ afin de mieux cerner les anomalies plutôt que de se baser sur les indicateurs de performance standards, à savoir, le taux de service global et le taux de retours global.

A l'exception du CFR, PFR, taux de retours global et taux de retours par classe de produits, les autres indicateurs n'ont pu être mesurés pour absence de données (pour des raisons de confidentialité). Le Calcul du CFR et du PFR a été détaillé dans la partie (II.2.1.4a.v, page 41). Nous avons par ailleurs, calculé les taux de retours de la manière suivante :

- Sur une table Excel regroupant les ventes quotidiennes par SKU pour l'année 2014, un tableau croisé dynamique a permis d'extraire le nombre quotidien de retours par article ainsi que la quantité retournée quotidiennement pour chaque article. Ceci a permis d'établir le classement suivant :

- **Classement des articles suivant le taux de retours :**

Nous avons dans un premier temps calculé le taux de retours global par article, c'est-à-dire, la quantité retournée par rapport à la quantité livrée, afin d'identifier les articles les plus concernés par les retours. Les résultats sont représentés dans les tableaux suivants :

Tableau III-16 : Classement Pareto des taux de retours par article (année 2014)

Classement	SKU	Taux de retours global	Classe
1	9221	38%	Classe C
2	3007	27%	Classe C
3	2007	24%	Classe C
4	9231	18%	Classe C
5	2030	16%	Classe C
6	9235	16%	Classe C
7	9217	15%	Classe C
8	9216	12%	Classe A
9	1130	12%	Classe C

Tableau III-17 : Classement Pareto des taux de retours par article (Janvier-Mars 2015)

Classement	SKU	Taux de retours	Classe
1	7104	12%	Classe C
2	4570	7%	Classe C
3	2070	7%	Classe C
4	9235	7%	Classe C
5	1070	6%	Classe C
6	3770	6%	Classe C
7	4530	4%	Classe C
8	3070	3%	Classe C
9	9209	2%	Classe A

Les deux tableaux ci-dessus (**Tableau III-16** et **Tableau III-17**) montrent des résultats tout à fait différents par rapport à ceux obtenus dans les (**Tableau IV-13** et **Tableau IV-14**, page 138) qui ont permis de classer les articles suivant le nombre de retours et des quantités retournées. En effet, ce sont les articles de la classe C qui sont les plus concernés par les taux de retours les plus importants.

Le tableau suivant détermine les taux de retour moyen par classe pour les mois de Janvier, Février et Mars 2015:

Tableau III-18: Taux de retour moyen par classe (Janvier, Février, Mars 2015)

Classes	Taux de retour moyen
Classe A	1%
Classe B	4%
Classe C	25%

Ce tableau montre qu'un article vendu sur quatre pour la classe C est retourné. Nous jugeons ce taux très important. Les raisons sont encore inconnues mais une étude approfondie est nécessaire, tels le calcul des indicateurs permettant d'identifier les raisons des retours (taux de retours pour non-conformité, taux de retours pour péremption, taux de retours pour raisons externes, taux de réclamations client et le taux d'erreurs sur les commandes). Ceci n'a pu être effectué pour des raisons de confidentialité des données, mais également pour manque de données. Fruital n'enregistre actuellement que la référence, la quantité et la date de l'article retourné. Pour cela, ne recommandons d'inclure la raison du retour dans ces enregistrements. Cela permettrait de séparer les causes mais également de les classer selon leur taux d'occurrence et ceux afin de déterminer les actions à mener en priorité.

III.2 Axes d'amélioration

Bien que contribuant largement à l'amélioration de la gestion des stocks par l'établissement d'un modèle mathématique permettant d'optimiser le niveau des stocks, de la production et des ruptures ainsi que par la proposition d'une nouvelle organisation de l'entrepôt, le présent travail reste incomplet. Nous proposons ci-après quelques axes d'amélioration qui nous semblent être les plus pertinents.

III.2.1 Modèle mathématique

Comme pour toute modélisation mathématique, il est nécessaire d'effectuer une analyse de sensibilité en faisant varier les paramètres initiaux. En effet, les résultats obtenus grâce au modèle mathématique dépendent des valeurs initiales des stocks, de la production, des ruptures et des coûts. Il serait intéressant de faire varier ces dernières pour voir quelle influence ceci aura sur le résultat.

CHAPITRE III : SOLUTIONS PROPOSÉES

Nous avons réalisé ceci pour les 3 premiers articles sur 5 semaines de prévisions. Les résultats pour l'article numéro un sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau III-19 : Analyse de sensibilité pour l'article numéro 1

		Valeurs initiales N°1	Valeurs initiales N°2
Semaine 1 Avril	Stock	3721	0
	Production	0	6533
	Rupture	0	0
Semaine 2 Avril	Stock	0	0
	Production	8800	12521
	Rupture	0	0
Semaine 3 Avril	Stock	0	0
	Production	12521	12521
	Rupture	0	0
Semaine 4 Avril	Stock	0	0
	Production	13066	13066
	Rupture	0	0
Semaine 5 Avril	Stock	0	0
	Production	9333	9333
	Rupture	0	0
	Valeur fonction objectif	1860.5	0

Avec :

Valeur initiales N°1 : Stock initial = 10 254;

Rupture initiale = 0;

Production initiale = 9000.

Valeurs initiales N°2 : Stock initial = 0;

Rupture initiale = 0;

Production initiale = 0.

Nous remarquons que les valeurs des stocks ainsi que la production sont différentes pour les 2 premières semaines de prévision car celles-ci ont été directement affectées par les valeurs initiales. En effet, l'existence de stocks initiaux suffisants pour satisfaire la demande de la semaine qui suit permet d'avoir une production nulle pour la semaine une.

Cependant, nous proposons d'effectuer cette analyse pour tous les articles et en faisant varier plus de paramètres.

III.2.2 Réorganisation de l'entrepôt

Dans le cas de l'entrepôt de Rouiba, il n'y a pas de zone de préparation de commandes. Les caristes prélèvent directement les commandes des stocks et les placent dans les véhicules de transport pour les expédier vers leur destination finale. Le problème rencontré dans ce cas est qu'il arrive que le véhicule de transport soit en retard, le cariste se retrouve donc à attendre sans rien faire étant donné qu'à chaque commande est assigné un cariste. Ainsi, prélever les commandes même si les camions ne sont pas encore arrivés et les placer dans les quais de chargement permettrait un gain de temps (en rapprochant les commandes des véhicules) mais également en espace de stockage.

III.2.3 Taux de service

Comme axe d'amélioration, nous proposons d'intégrer les indicateurs proposés dans les tableaux : (**Tableau III-15** et **Tableau III-15**, page 105) dans un tableau de bord et de développer des interfaces graphiques afin de les visualiser.

III.3 Conclusion du chapitre

Ce chapitre a permis de présenter des approches de résolutions pouvant aider Fruitall Coca-Cola à améliorer la performance de sa chaîne logistique. Celles-ci peuvent être résumées de la manière suivante :

- La détermination du split hebdomadaire a permis au FCA de passer de 65% au mois de Février à 88% au mois de Mars 2015.
- La résolution du modèle mathématique permettant d'optimiser les stocks, la production et les ruptures permettrait à Fruitall d'optimiser son espace de stockage.
- La détermination des jours de couverture réellement nécessaires permettrait à Fruitall de diminuer ses stocks de 32% et leurs coûts associés de 93%.
- La réorganisation de l'entrepôt en se basant sur les stocks optimaux issus du modèle mathématique permettrait à Fruitall d'augmenter sa capacité de stockage de 7% à 31%.
- Le calcul des indicateurs de performance proposés dans la partie (**III.1.3**, page 100) permettrait à Fruitall de mesurer la qualité de son service et la performance de sa gestion des retours.

CONCLUSION GÉNÉRALE

L'environnement concurrentiel dans lequel évolue Fruital Coca-Cola l'oblige à améliorer la performance de sa chaîne logistique si elle souhaite maintenir sa place de leader sur le marché. Cette performance doit englober l'amont et l'aval de la chaîne en passant par la maîtrise de la gestion de la production, notamment la gestion des stocks. C'est dans ce cadre que notre travail a été réalisé.

En effet, au terme de cette étude, le dysfonctionnement relatif au sur-stockage dans l'entrepôt de Rouiba a été mis en évidence suite au diagnostic SCOR effectué sur la chaîne logistique de Fruital. En effet, l'entrepôt de Rouiba se retrouve dans une situation permanente de sur-stockage et cela est dû à la planification de production qui n'est pas en adéquation avec l'espace de stockage disponible, mais également à l'organisation anarchique de l'espace de stockage.

Partant de ce constat, nous avons proposé des solutions permettant de remédier aux problèmes de surestimation de la production et de sur-stockage dans l'entrepôt de Rouiba.

Concernant la surévaluation de la production, nous avons noté que les pourcentages introduits sur APO lors du déploiement des prévisions mensuelles en prévisions hebdomadaires n'étaient pas fiables et ne concordaient pas avec la réalité ; si les prévisions hebdomadaires sont biaisées, le plan de production hebdomadaire le sera aussi et cela va directement se répercuter sur l'espace de stockage.

Afin de pallier à ce dysfonctionnement, nous avons établi un nouveau split hebdomadaire qui a eu un impact direct sur l'indicateur de performance FCA qui est passé de 65 % au mois de Février à 88 % au mois de Mars, sachant que sur 6 semaines d'affilée, il est resté supérieur à 85%.

Concernant le problème de sur-stockage, nous avons comparé les coûts engendrés par le maintien du surstock à Rouiba aux coûts engendrés par son transfert vers les entrepôts sous exploités de KEK et de Bouchaoui. Le résultat a montré que maintenir ces quantités à l'entrepôt de Rouiba serait plus profitable pour Fruital. Afin de réduire ces stocks et afin de mieux exploiter l'entrepôt, nous avons proposé deux solutions principales:

- Partant des prévisions de ventes pour l'année 2015 fournies par APO que nous avons ajustées, nous avons établi un modèle mathématique prenant en considérations les contraintes

CONCLUSION GÉNÉRALE

aux quelles fait face Fruitall (espace de stockage limité et capacités des lignes de production), ce qui nous a permis d'obtenir les stocks optimaux ainsi que la production optimale permettant de réduire les ruptures.

- Partant des stocks optimaux fournis par le modèle mathématique, nous avons proposé une nouvelle organisation de l'entrepôt en prenant les taux de rotation ainsi que les jours de couverture des différents articles que nous avons du ré-estimer car nous avons prouvé que ceux imposés par le groupe étaient surévalués par rapport aux jours de couvertures optimaux.

Les résultats obtenus sont les suivants :

- L'application des nouveaux jours de stocks permettrait une baisse des stocks de 32% en termes de quantité et une baisse de 93% des coûts engendrés par le surstock.
- Les résultats obtenus grâce au modèle mathématique montrent que la capacité de production actuelle de Fruitall, si la production est planifiée de manière correcte, était suffisante pour satisfaire la demande du marché et qu'il n'y avait pas besoin de détenir des stocks aussi importants que ceux détenus actuellement. Une baisse de 63% des stocks et de 99% des ruptures pourraient être enregistrées.
- La nouvelle organisation de l'entrepôt permettrait un gain en espace de stockage de 7 à 37%.

Enfin, nous avons proposé le calcul de quelques indicateurs de performance liés à la mesure du taux de service et à la gestion des retours qui permettrait à Fruitall de détecter les causes de dysfonctionnement de ces deux activités mais également des axes d'amélioration permettant d'enrichir ce travail, à savoir, l'agencement de zones de préparation des commandes et l'intégration des indicateurs proposés dans un tableau de bord afin de les visualiser grâce aux interfaces graphiques actuellement disponibles.

BIBLIOGRAPHIE

Bibliographie

- Baglin G. et al. 2007.** *Management Industriel et Logistique 5ème édition*. Paris : Editions Economica, 2007.
- Bentz C., Lisser A. 2012.** [En ligne] 2012. [Citation : 27 Mai 2015.]
http://matlesiouxx.free.fr/Cours/Fiifo5/Prog%20Stoch/IntroCPLEX_interactif_et_java.pdf.
- Berger A. 2012.** Thésame mécatronique & management. [En ligne] 2012. <http://www.thesame-innovation.com/Publi/Fichier/Dossier%206%20sigma%20%2857%29.pdf>.
- Bigaouette M., Directeur de projet, Groupe GCL. 2011.** [En ligne] 2011. WWW.gclgroup.com.
- Cabinet de conseil spécialisé en Logistique. 2014.** Diagnostic logistique. [En ligne] 25 Mai 2014. [Citation : 22 Mai 2015.] <http://www.cat-logistique.com/diagnostic.htm>.
- Charon I. et al. 2006.** *Méthodes d'optimisation combinatoire*. 2006.
- Cicero J. 2009.** QUALIBLOG. [En ligne] 2009. [Citation : 15 Mai 2015.]
<http://www.qualiblog.fr/objectifs-indicateurs-et-tableaux-de-bord/comment-definir-des-indicateurs-pertinents-pour-mesurer-lefficacite-des-systemes-de-management/>.
- Cook S. 1971.** The complexity of theorem proving procedures, proceedings of the third Annual ACM Symposium on Theory of Computing. 1971, pp. 151-158.
- COURTOIS A. et al. 2003.** *Gestion de production*. Paris : Editions d'Organisation, 2003.
- Falkenauer E. 1997.** *Genetic Algorithms and Grouping Problems*. s.l. : John Wiley Sons, 1997.
- Goldberg E.D. 1989.** *Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning*. Boston, USA : Addison-Wesley Longman Publishing Co, 1989.
- Gradolatto.A. 2005.** La programmation linéaire en nombres entiers. *polycopié du cours de MOD*. 18 02 2005.
- Gülsen A. et al, G. 2015.** *Applied Mathematical Modelling, A comparative Study of production-inventory model for determining effective production quantity and safety stock*. 2015.
- Hacene.H. 2010.** [En ligne] 2010. [Citation : 10 Mai 2015.] <http://dspace.univ-biskra.dz:8080/jspui/bitstream/123456789/5235/2/m%C3%A9moire.pdf>.
- Harrat.Y. 2003.** *Contribution à l'ordonnement conjoint de la production et de la maintenance: Application au cas d'un job hop*. Université de Franche-comté : Thèse de Coctorat, l'U.F.R des Sciences et Techniques,, 2003.
- IBM Site officiel. 2015.** [En ligne] 2015. [Citation : 21 05 2015.] <http://www-01.ibm.com/software/commerce/optimization/cplex-optimizer/>.
- John.P et Laville.J.J. 2007.** Le modèle SCOR, vecteur d'excellence de la Supply Chain. *Tribune, Supply Chain Magazine N°13*. Mars 2007.

BIBLIOGRAPHIE

- Johnson.J et Boylan.E. 1994.** Relationships between service level measures for inventory systems. *The Journal of the Operational Research Society* Vol. 45, No. 7. Juillet 1994.
- Karp.M. 1972.** *Reducibility Among Combinatorial Problems.* : Plenum, 1972.
- Lambert Veller Sylvain, Lechevalier David, Quirico Tommy. 2011.** *Problème de ramassage dans une ville virtuelle- Algorithme Tabu search.* Bourgogne : Université de Bourgogne, 2011.
- Lasnier.G.** *Gestion des approvisionnements et des stocks dans la chaîne logistique.*
- LAYEB.A. 2010.** *Utilisation des approches d'optimisation combinatoire pour la vérification des applications temps réel.* Constantine : Thèse de doctorat , université Mentouri de Constantine, 2010.
- LEPORI.E. Juin 2012.** *Projet de fin d'études: Apports et limites du modèle SCOR pour l'évaluation de la performance en Supply Chain Management.* Strasbourg : INSA, Juin 2012.
- l'ISO, Les ressources de. 2012.** L'ISO et l'alimentaire: Qualité et sécurité de la ferme à l'assiette. [En ligne] 2012. http://www.iso.org/iso/fr/iso_and_food.pdf.
- M., Gaiga. 2003.** *Le tableau de bord de la gestion des stocks.* s.l. : IAE CANEGE, 2003.
- Magnin V., M. 1998.** *Contribution à l'étude et à l'optimisation des composants optoélectroniques.* Lille : Université Des Sciences et Technologies, 1998.
- Matthieu D. 2002.** *Les algorithmes génétiques.* 2002.
- Mentzer et al. 2001.** *Defining Supply Chain Management.* 2001. pp. Vil.22, No.2.
- Meusnier N., M. 1989.** *La démonstration mathématique dans l'histoire.* Besançon : IREM, 1989.
- Minoux M., M. 2009.** *Programmation mathématique, théorie et algorithmes tome 2.* 2009.
- Minoux, Michel.** *Programmation mathématique, théorie et algorithmes tome 2.*
- OURABIA Y. et BOUKHARI H. 2012.** *Projet de fin d'études: Contribution à l'optimisation de la chaîne logistique.* Alger : Département Génie Industriel, Ecole Nationale Polytechnique, 2012.
- OURABIA Yasmine et BOUKHARI Hamza. 2012.** *Projet de fin d'études: Contribution à l'optimisation de la chaîne logistique.* Alger : Département Génie Industriel, Ecole Nationale Polytechnique, 2012.
- Pirus J.F. 2003.** *Introduction au modèle SCOR: Comment se construit le référentiel mondial des processus de logistique.* 2003.
- Rebreyend P. 1995.** "Algorithmes génétiques hybrides en optimisation combinatoire". s.l. : Thèse de Doctorat, Ecole Normale Supérieure de Lyon, 1995.
- Reix R. 2002.** *Systèmes d'information et management des organisations.* Paris : Vuibert, 4ème édition, 2002.
- RIBOUD-SINCLAIR N. 2009.** *Les entrepôts, notions, diagnostic, optimisation.* 2009.
- ROUX M. 2008.** *Entrepôts et magasins.* Paris : EYROLLES, 4ème édition, 2008.

BIBLIOGRAPHIE

Schoenauer M. et Michèle S. 1996. Contrôle d'un algorithme génétique. *Revue d'intelligence artificielle*. 1996, p. Vol.10.

Siarry P. et Maurice C. 2004. *Une métaheuristique pour l'optimisation difficile: la méthode des essamis particuliers*. s.l. : J3eA,3, 2004.

USAID Projet Deliver. 2007. *Indicateurs de suivi et d'évaluation de performance des systèmes logistiques*. USA : s.n., 2007.

Weise T. 2008. *Global Optimization Algorithms Theory and Application*. 2008.

Yagoubi K. 2007. *Evolution de design de circuit logique*. Bruxelles : Université Libre, 2007.

Yalaouin F. et Amodeo L. 2010. *Logistique inetrène- Entreposage et manutention*. 2010.

ZERARI N. 2006. *Mémoire de Magister: Les algorithmes génétiques en maintenance*. Batna : Université El Hadj Lakhdar Batna, Département de Génie Industriel, 2006.

Autres références:

2013. Comprendre Choisir. [En ligne] 2013. [Citation : 25 Mai 2015.]
<http://stockage.comprendrechoisir.com/comprendre/entrepot>.

2009. conseils-plus. *conseils-plus SAP APO*. [En ligne] 2009. [Citation : 26 Mai 2015.]
<http://www.conseils-plus.fr/sap-apo/>.

2013. Cours de gestion des stocks. Alger : Ecole Nationale Polytechnique, Département de Génie Industriel, 2013.

2013. Cours Université Pierre et Marie Curie. *Chapitre I: L'optimisation linéaire et la méthode du simplexe*. 2013.

2015. developpez.com. [En ligne] 2015. [Citation : 24 Mai 2015.]
<http://khayyam.developpez.com/articles/algo/genetic/>.

2014. entreprise-erp.com. [En ligne] 2014. [Citation : 26 Mai 2015.] <http://www.entreprise-erp.com/articles/definition-erp.html>.

2010. Equatorial Coca-Cola Bottling Compagny. [En ligne] 2010.
<http://www.eccbc.com/?p=countries>.

2013. Gerad. [En ligne] 2013. [Citation : 22 Mai 2015.]
<https://www.gerad.ca/~alainh/Metaheuristiques.pdf>.

groupeisf. *Chapitre 1 Les indicateurs logistiques de niveau de service*. [En ligne] [Citation : 15 Mai 2015.]
http://www.groupeisf.net/logistique_et_transports/QualiteIndicateurs/chapitre1/chapitre1.doc.

BIBLIOGRAPHIE

2010. groupeisf. *Chapitre 1 Les indicateurs logistiques de niveau de service*. [En ligne] 2010. [Citation : 15 Mai 2015.]

http://www.groupeisf.net/logistique_et_transports/QualiteIndicateurs/chapitre1/chapitre1.doc.

2012. insastrasbourg. *insastrasbourg*. [En ligne] 2012.

(http://eprints2.insastrasbourg.fr/1091/1/GM5ISP_2012_LEPORI_Memoire.pdf).

L'algorithme du simplexe. [En ligne] [Citation : 22 05 2015.]

http://homepages.laas.fr/echanthe/Ann_Simplexe.pdf.

2008. Logistique Conseil. [En ligne] 2008. [Citation : 25 Mai 2015.]

<http://www.logistiqueconseil.org/Articles/Entrepot-magasin/Type-entrepot-logistique.htm>.

2010. Ma formation emploi SAP. [En ligne] 2010. [Citation : 26 Mai 2015.]

<http://www.maformationsap.com/sap.html>.

2009. Principaux indicateurs logistiques pour une PMI, Indicateurs d'activité. s.l. : Chambre de commerce et d'industrie de Rennes, 2009.

2010. statisticbrain. <http://www.statisticbrain.com/coca-cola-company-statistics/>. [En ligne] 2010.

<http://www.statisticbrain.com/coca-cola-company-statistics/>.

Supply Chain Management. **Chopra S. et Meindl P. 2004.** 2004, Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall, p. 2 ed.

ANNEXES

Annexe 1 : Notions de base sur les outils informatiques utilisés dans le document

1- Présentation de SAP

Les informations suivantes se basent sur la référence suivante : (2010).

SAP est un progiciel de gestion d'entreprise qui appartient à la famille des ERP. C'est un système dans lequel les différentes fonctions de l'entreprise (finances, production, marketing, etc.) sont reliées entre elles pour l'utilisation d'un système d'information centralisé.

SAP AG est le plus important concepteur de logiciels en Europe et le quatrième au monde. L'une des raisons du succès de ce progiciel est le fait de pouvoir paramétrer chacune des ses composantes afin de l'adapter aux besoins spécifiques d'une entreprise.

SAP APO

Les informations ci-dessous se basent sur la source suivante : (2009)

SAP APO (Advanced Planner and Optimizer) fournit un ensemble d'outil permettant de planifier et d'optimiser la SC et les processus de planification aux niveaux stratégique, tactique et opérationnel. APO permet à l'entreprise d'ajuster au plus proche son offre à la demande.

Les modules de SAP APO sont les suivants :

- **APO SNP** (Supply Network Design): permet de définir l'infrastructure de la SC et aide à la prise de décisions stratégiques (meilleurs FO ou meilleurs réseaux de distribution).
- **APO DP** : permet de créer des prévisions de la demande du marché sur les produits de l'entreprise en prenant en compte différents facteurs : le type de l'historique de la série chronologique et les différents modèles stochastiques.

L'intégration avec APO SNP permet au DP de disposer d'une image réelle de la demande et ainsi que gérer sa planification et de l'ajuster en fonction des contraintes.

- **APO PP/DS** (Production Planning/ Detailed Scheduling) : permet de planifier et d'ordonner la production en fonction des contraintes de l'espace de stockage, des ruptures, de la disponibilité des lignes et des programmes de maintenance.
- **APO-GA TP** (Global Available-To-Promise): permet de contrôler la disponibilité des produits.

- **APO TP/TS** (Transportation Planning/ Vehicule Scheduling): la planification du transport et l'optimisation des acheminements et des lots de chargement.

2- Fonctionnement d'APO pour les prévisions

Cette partie présente l'interface d'APO, explique brièvement chaque ratio, puis, explique la manière dont il procède afin de fournir des prévisions.

Les ratios permettent de stocker des informations numériques qui sont fournies par un système externe (par exemple: les ventes) ou produites par le système (exemple: les estimations) (source: Manuel utilisateur Fruital DP V2).

The screenshot shows the SAP APO interface. On the left is a data table with columns for months from May 2014 to February 2015. The table includes rows for 'Histoire Y-2', 'Histoire Y-1', 'Histoire Corrigée', 'Prévision base', 'Prévision Total', and 'Prévision base corrigée'. Overlaid on the right is a 'Fonctions de répartition' dialog box. This dialog has a 'Période de répartition' section with 'Date début' set to '1 M 05.2011' and 'Date fin' set to '60 M 04.2016'. Below this is a 'Règle de répartition' section with a table containing 'Ratio' and 'Val' columns. The 'Ratio' column lists 'Histoire: corrections' and 'Prévision base corrigée'. The 'Val' column has a value of '1' for 'Histoire: corrections' and is empty for 'Prévision base corrigée'. There are also checkboxes for 'Opérat.' and 'Fonction de répart.'.

	M 05.2014	M 06.2014	M 07.2014	M 08.2014	M 09.2014	M 10.2014	M 11.2014	M 12.2014	M 01.2015	M 02.2015
Histoire Y-2	2.866.760	3.014.330	3.089.758	2.876.470	3.067.915	2.933.455	1.884.315	1.479.970	1.483.096	1.394.684
Histoire Y-1	2.767.097	2.918.763	2.819.281							
Histoire Corrigée										
Histoire										
Histoire: corrections										
Histoire Corrigée interne										
Prévision base	2.755.626	2.934.779	3.047.901							
Prévision base corrigée										
Prévision Totale	2.755.626	2.934.779	3.047.901							
Prévision base antérieure	2.750.027	2.929.180	3.042.302							
Promotion MKT										
Promotion Ventes										
Erreur mensuel (hist)										
Prévision sans promo	2.755.626	2.934.779	3.047.901							
Ordres										
Budget										
Stock de sécurité										
Tendance										

Figure IV-1: Interface d'APO pour les prévisions

Les ratios disponibles sur APO sont les suivants:

Tableau IV-1 : Signification des ratios disponibles sur SAP APO

Ratio	Catégorie	Signification
Histoire	Histoire	Historique des ventes.
Histoire corrections	Histoire	Corrections de l'historique pour éliminer l'effet des événements dans le passé.
Histoire corrigé	Histoire	Résultat des corrections: Histoire corrigée = Histoire + Histoire corrections - \sum promotions
Histoire corrigée interne	Histoire	Identique à l'historique corrigée mais inclut l'effet des profils comme la correction des jours et des valeurs extrêmes.
Histoire - 1	Histoire	Valeur de l'historique corrigée interne un an plutôt. Il est chevauché à l'historique corrigée interne pour permettre d'afficher un effet de saisonnalité de type annuel.
Histoire - 2	Histoire	Valeur de l'historique corrigée interne deux ans plutôt. Il est

		chevauché à l’histoire corrigée interne pour permettre d’afficher un effet de saisonnalité de type annuel.
Prévision ExPost	Prévision	La prévision expost est le résultat de l’application du modèle de prévision actuel pour des périodes antérieures, lorsqu’il y’a assez d’historique pour la faire. Il est calculé pour mesurer la précision du modèle appliqué
Prév.Base	Prévision	Prévisions statistiques calculées par le système en cas de planification automatique. Cette disposition provient grâce à la répartition des prévisions calculées au niveau agrégé.
Prévision de base corrigée	Prévision	Prévision statistique corrigée par le planificateur, qui remplace la prévision de base
Prévision totale	Prévision	Valeur de la prévision que le système sort comme planification. Prév.Totale = {Prév.Base ou Prév.Base corrigée} + \sum promotions
Promotion MKT	Prévision	Évènement de Marketing introduit par le planificateur, qui s’ajoute à la prévision statistique pour donner la prévision totale.
Promotion Ventes	Prévision	Évènement de Vente introduit par le planificateur, qui s’ajoute à la prévision statistique pour donner la prévision totale.
Tendance	Autres	Ratio qui nous permet d’afficher la tendance de l’histoire sans être affectée par des facteurs comme la saisonnalité. C’est un ratio qui est essentiellement calculé pour représenter.
Erreur mesuel (hist)	Autres	Il montre l’erreur entre la prévision totale et l’histoire réelle dans le passé.
Prévisions sans promos	Prévision	Prévision totale sans aucun évènement.
Budget	Autres	Budget annuel.
Ordres	Autres	Commandes fermes.
Stock de sécurité	Autres	En option: valeur du stock de sécurité calculée à l’aide de modèles statistiques.

L’Unité de Prévision par Défaut (DFU) permet de déterminer le niveau de réalisation des prévisions. Chez Fruital, il correspond à la concaténation du produit, famille (format), organisation commerciale et canal de distribution.

Le moteur de prévision décide quel est le meilleur modèle applicable à chaque DFU. Ce processus s'exécute chaque début du mois.

Pour chaque DFU s’appliquent plusieurs modèles de prévisions selon le type de la série chronologique qui compose l’historique. Un Ex-Post est ensuite calculé pour chaque exécution (modèle) et pour chaque ex-post l’erreur est calculée. Le modèle retenu pour chaque DFU est celui qui minimisera l’erreur dans le passé car le moteur de prévision que si l’erreur est minimale au passé elle le sera au futur.

• **Modèles de prévision sur SAP APO**

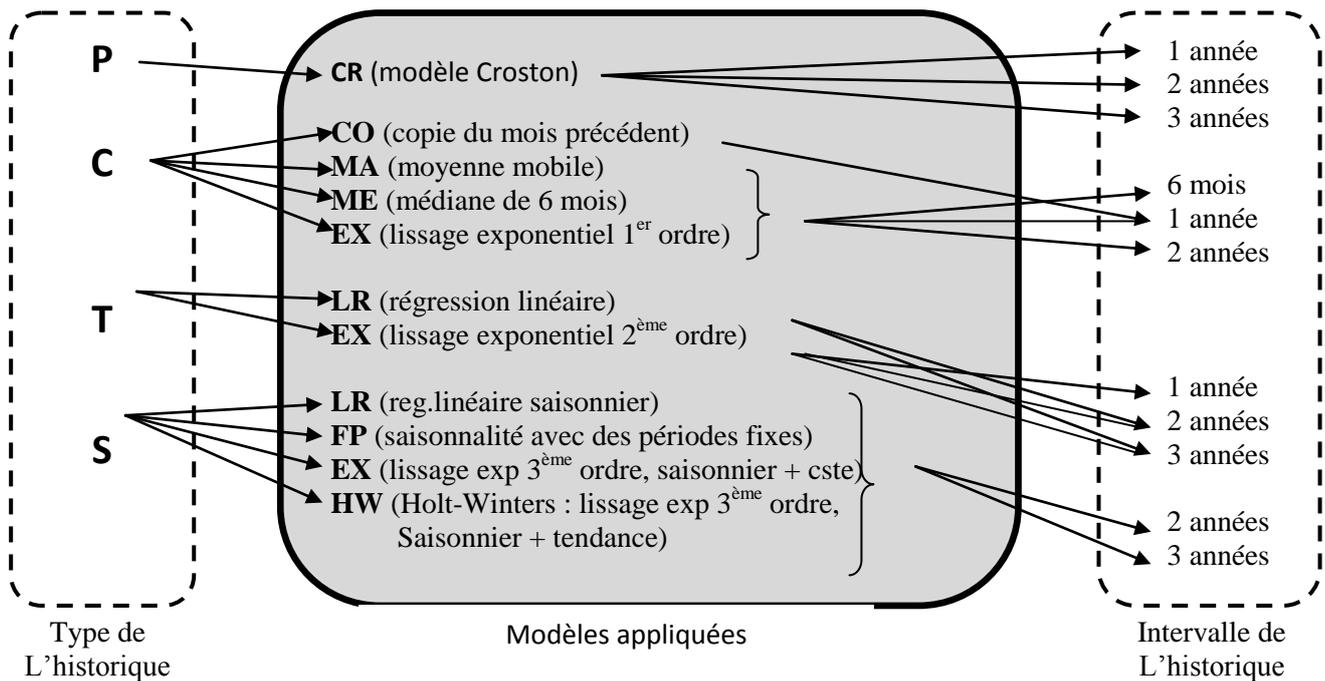


Figure IV-2: modèle de prévisions appliquées sur SAP

P: L'historique de la demande est de type sporadique

C: L'historique de la demande est de type constant

T: L'historique de la demande est de type tendanciel

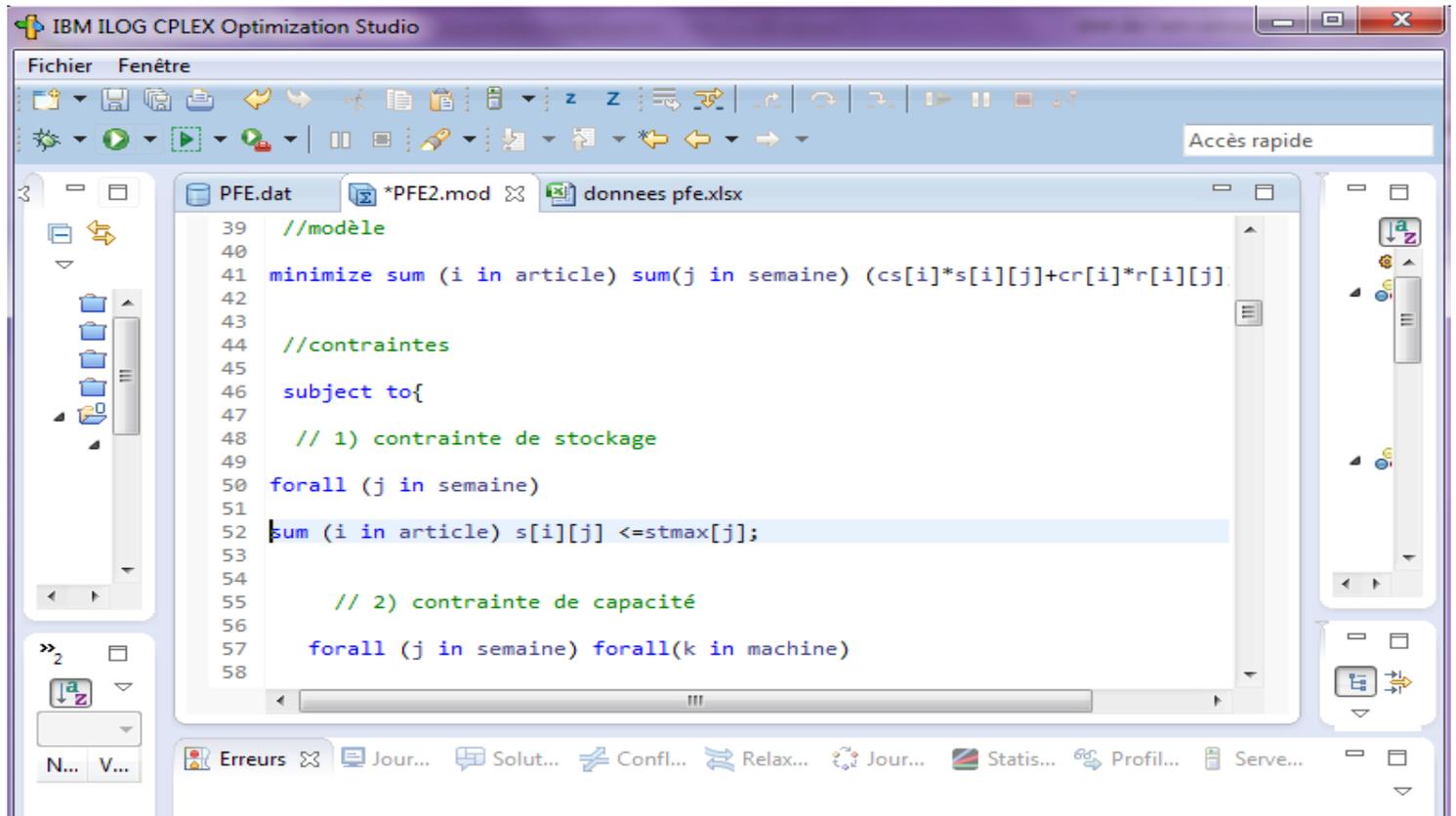
S: L'historique de la demande est de type saisonnier

3- Qu'est-ce que CPLEX ?

Les informations ci-dessous se basent sur la référence suivante : (Bentz C., 2012)

Initialement, CPLEX est un solveur de programmes linéaires. Il repose 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.

Sa fenêtre est la suivante :



Annexe 2 : Exemple d'une programme de fabrication de la semaine du 22

Mars 2015

Ligne	Produit	Date	Quantité	LIGNE VERRE 30		LIGNE VERRE 100		LIGNE SBO10/14		LIGNE KHS		LIGNE SBO10		LIGNE SBO1420		
				22H 06H	14H 22H	22H 06H	14H 22H	06H 14H	22H 06H	14H 22H	06H 14H	22H 06H	14H 22H	06H 14H	22H 06H	14H 22H
LIGNE VERRE 30	CHANGEMENT DE FORMAT		8													
LIGNE VERRE 100	COCA COLA VERRE 100CL		6000													
LIGNE SBO10/14	FANTA FRAISE PET 2L		12000													
LIGNE KHS	PAS DE BESOIN															
LIGNE SBO10	FANTA FRAISE PET 1L		9200													
LIGNE SBO1420	COCA COLA PET 1L		21000													

Annexe 3 : Caractéristiques des lignes de production

Tableau IV-2: Caractéristiques des lignes de production

	Code de la ligne	Formats	Capacité de production journalière	Durée changement de format / parfum	Nombre équipes par jour
Lignes Verre	L01	Verre 100 Cl (Soda)	12000 CP/jr	/	- 2 équipes*8h - 5 jrs/7
	L 02	Verre 30 Cl	12000 CP/jr	- Changement de format : 8h	- 3 équipes*8h - 5 jrs/7
		Verre 25 Cl	12000 CP/jr		
		Verre 100 Cl (jus) Parfois Soda	9600 CP/jr		
Lignes PET	L03 ou ligne 10-10	PET 50 Cl	15000 CP/jr	- Changement de format : 3h - Changement de parfum : 2 à 3h	- 3 équipes*8h - 5 jrs/7
		PET 100 Cl	30000 CP/jr		
		PET 200 Cl	24000 CP/jr		
	L04 ou ligne 10-14	PET 100 Cl (fabriqué très rarement sur cette ligne)	54000 CP/jr	- Changement de format : 3h - Changement de parfum : 2 à 3h	- 3équipes* 8h - 7 jrs/7
		PET 200 Cl	36000 CP/jr		
	L05 ou ligne 14-20	PET 100 Cl	63000 CP/jr	- Changement de format : 3h - Changement de parfum : 2 à 3h	- 3équipes* 8h - 7 jrs/7
PET 200 Cl		54000 CP/jr			
Canne t-tes	L07 ou KHS	25 Cl	10000 barquettes/jr		- 2équipes* 8h - 5 jrs/7
		33 Cl	25000 barquettes/jr		

Annexe 4 : Processus de Production

L'usine de Fruitall Coca-Cola contient 6 lignes de production: trois pour les bouteilles en PET, deux pour les bouteilles en verre et une pour les canettes.

Le processus de production des produits Coca-Cola passe par les étapes suivantes:

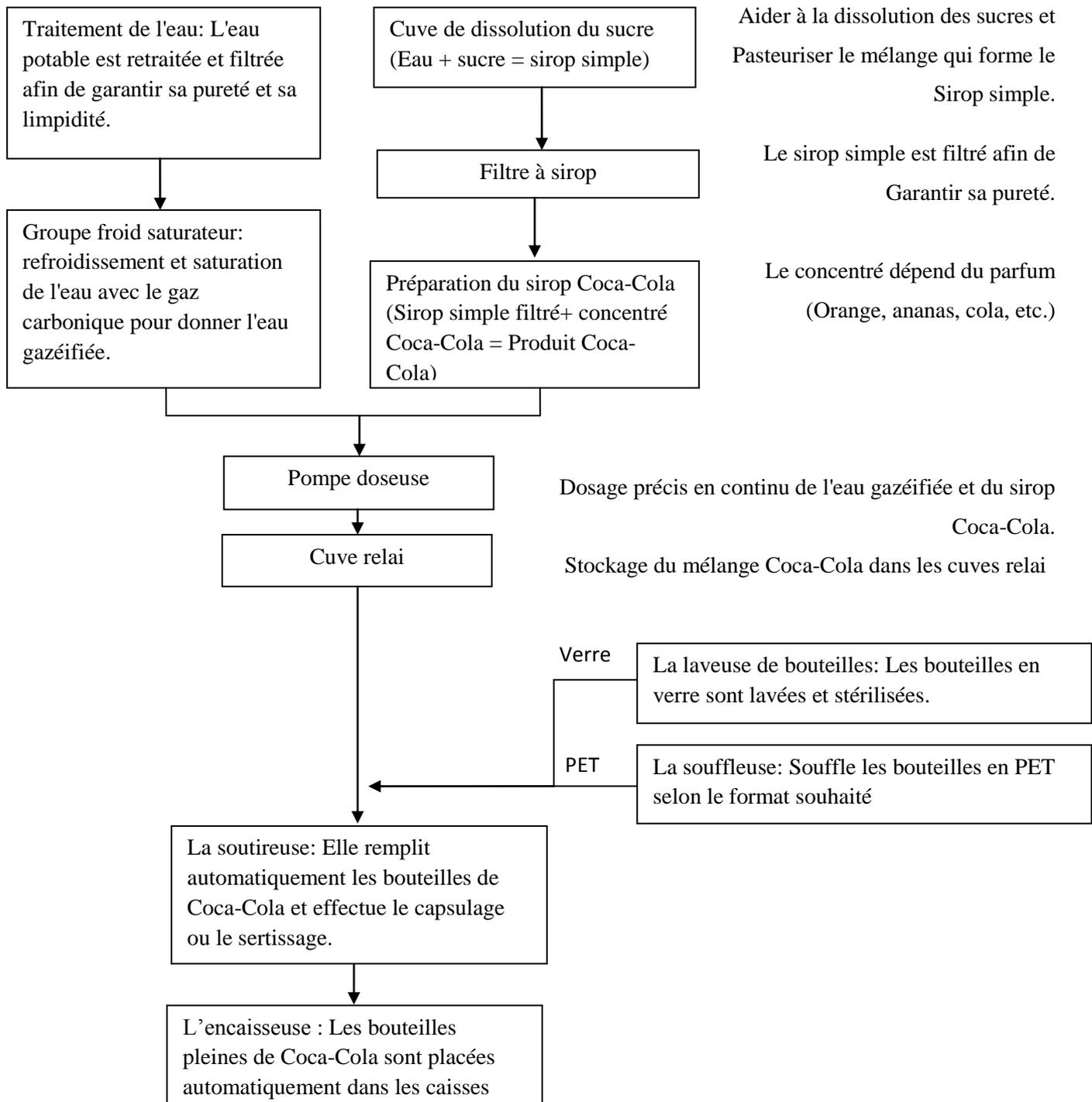


Figure IV-3: Processus de production des boissons Fruitall Coca-Cola

Annexe 5 : Classes A-B-C

Tableau IV-3: Classification A-B-C des articles Fruitail

Code Article	Taille	Parfum	Classe	Code Article	Taille	Parfum	Classe	Code Article	Taille	Parfum	Classe
1054	Pet 200	Coke	A	4570	Cans 33	Ananas	B	9516	Pet 100	Sw Mandarine	C
1081	Pet 100	Coke		7104	Cans 33	Sw Tonic		9533	Cans 33	Parrot	
3054	Pet 200	Orange		7404	Cans 33	Sw Citron		9542	Cans 33	Play	
3081	Pet 100	Orange		7411	Pet 100	Sw Citron		9550	Cans 33	Sw Tropical	
9209	Pet 100	Fanta Fraise		7420	Verre 25	Sw Citron		9551	Verre 25	Sw Tropical	
9216	Pet 200	Fraise		7504	Cans 33	Hawai		9555	Verre 25	Sw Tonic	
1030	Verre 30			7511	Pet 100	Sw Tropical		9574	Verre 25	Pulpy Orange	
1070	Cans 33			7910	Cans 25	Burn		9575	Verre 25	Pulpy Citron	
1080	Verre 100			8066	Verre 25	Sw Mandarine		9576	Verre 25	Pulpy Cocktail	
2070	Cans 33	Sprite		8131	Cans 25	Coke Zero		9577	Verre 100	Pulpy Orange	
3011	Verre 100	Orange	8132	Cans 33	Coke Zero	9578	Verre 100	Pulpy Citron			
3030	Verre 30	Orange	8133	Pet 100	Coke Zero	9579	Verre 100	Pulpy Cocktail			
9225	Verre 100	Fraise	8135	Pet 150	Coke Zero	9591	Verre 30	Coke Zero			
9231	Verre 30	Fraise	8136	Pet 50	Coke Zero	9609	Pet 150	Sprite Zero			
1007	Pet 50		8155	Verre 100	Ananas	9782	Pet 100	Sw Bitter			
1016	Pet 150		8158	Pet 200	Ananas	9783	Verre 25	Sw Bitter			
1107	Pet 50		9056	Cans 33	Sprite Zero	9793	Cans 25	Sw Tropical			
1111	Pet 100		9210	Pet 100	Pomme	9867	Pet 100	Vimto			
1116	Pet 150	Coke Light	9214	Pet 200	Citron	9927	Verre 25	Rani Orange			
1130	Cans 33	Coke Light	9217	Pet 200	Pomme	9929	Verre 25	Rani cocktail			
2007	Pet 50	Sprite	9219	Pet 200	Sprite	9930	Verre 100	Rani Orange			
2008	Pet 50	Sprite Zero	9221	Pet 50	Fraise	9932	Verre 100	Rani cocktail			
2016	Pet 150	Sprite	9223	Pet 50	Pomme						
2030	Verre 30	Sprite	9226	Verre 100	Pomme						
2080	Verre 100	Sprite	9232	Verre 30	Pomme						
2081	Pet 100	Sprite	9234	Cans 33	Fraise						
2085	Pet 100	Sprite Zero	9235	Cans 33	Pomme						
3007	Pet 50	FANTA Orange	9274	Pet 100	Cassis						
3070	Cans 33	Orange	9275	Cans 33	Cassis						
3107	Pet 50	Citron	9276	Pet 100	Cassis						
3130	Verre 100	Citron	9293	Cans 25	Sw Tonic						
3272	Pet 100	Citron	9297	Cans 25	Sw Citron						
3707	Pet 50	Ananas	9299	Cans 25	Sw Mandarine						
3716	Pet 150	Ananas	9360	Pet 100	Ananas						
3730	Verre 30	Citron	9509	Cans 33	Vimto						
3770	Cans 33	Citron	9515	Cans 33	Sw Mandarine						
4530	Verre 30	Ananas									

Annexe 6 : Stocks de sécurité et jours de couverture

Tableau IV-6 : Stocks de sécurité et jours de couverture de chaque SKU

	Articles	Jours de stock avant ajustement	Jours de stock après ajustement	Stock de sécurité	Articles	Jours de stock avant ajustement	Jours de stock après ajustement	Stock de sécurité	
Classe A	1054	2	3	28038	4570	4	6	498	Classe C
	1081	2	3	50359	7104	5	6	158	
	3054	2	3	8456	7910	5	7	165	
	3081	2	3	11448	8132	5	7	651	
	9209	3	3	17160	8133	4	7	11479	
	9216	2	3	14803	8136	4	7	1295	
Classe B	1030	3	4	3410	8155	6	7	566	
	1070	4	5	9409	8158	5	5	6437	
	1080	5	4	2159	9210	4	6	8923	
	2070	3	4	573	9214	4	6	4850	
	3011	3	3	1170	9217	5	5	8562	
	3030	4	4	1624	9219	5	5	7781	
	9225	3	4	999	9221	5	6	915	
	9231	4	4	1743	9226	5	7	576	
Classe C	1007	6	5	5943	9232	6	7	1320	
	1111	4	6	7667	9234	6	7	779	
	2007	6	5	745	9235	6	7	549	
	2030	6	7	1204	9360	4	6	5706	
	2080	6	6	736	9509	6	6	142	
	2081	4	5	9227	9515	4	6	1120	
	3007	4	7	1263	9591	6	7	11108	
	3070	3	6	742	9867	6	6	1280	
	3272	4	7	7940	9927	6	7	5134	
	3770	6	6	473	9930	4	7	2339	
	4530	4	6	1401					

Annexe 7 : Code utilisé sur CPLEX

```
/******  
* OPL 12.6.1.0 Model  
* Author: sihem  
* Creation Date: 20 mai 2015 at 19:00:12  
*****/  
  
//paramètres  
  
int n=45;  
int m=45;  
int k=6;  
int M=378000;  
  
range article =1..n;  
range semaine1 =0..m;  
range semaine =1..m;  
range machine =1..k;  
  
float cs[article]=...;  
float cr[article]=...;  
float stmax[semaine]=...;  
float capa_prod[article][machine]=...;  
float demande[article][semaine1]=...;  
float coef_prod[article][machine]=...;  
float nbre_article [semaine]=...;  
  
//variables  
  
dvar int+ s[article][semaine1];  
dvar int+ p[article][semaine1];  
dvar int+ r[article][semaine1];  
dvar int y[article][semaine] in 0..1;  
  
//function objectif  
  
minimize sum (i in article) sum(j in semaine) (cs[i]*s[i][j]+cr[i]*r[i][j]);  
  
//contraintes  
  
subject to{  
  
// 1) contrainte de stockage  
  
forall (j in semaine) sum (i in article) s[i][j] <=stmax[j];  
  
// 2) contrainte de capacité  
  
forall (j in semaine) forall(k in machine)  
sum(i in article) coef_prod[i][k]*p[i][j] <= sum(i in article) capa_prod[i][k];
```

```

// 3) satisfaction demande
forall (i in article) forall (j in semaine) -s[i][j] +s[i][j-1]+p[i][j]+r[i][j] == demande[i][j];

// 4) nombre d'articles par semaine
forall (j in semaine) sum (i in article) y[i][j] <= nbre_article [j];

// 5) nbre articles produits
forall(i in article) forall (j in semaine) p[i][j] <= M*y[i][j];

// 6) la nature des variable est assurée dans leur déclaration avec le "int+"

//initialisation

s[1][0]==10254;
p[1][0]==9000;
r[1][0]==0;
...
...
s[45][0]==2500;
p[45][0]==500;
r[45][0]==1909; }

```

Les paramètres sont tirés d'une table Excel nommée « données pfe » grâce à la fonction suivante :

```

SheetConnection donnees_pfe ("donnees pfe.xlsx");
cs from SheetRead (donnees_pfe,"cout_ross");
cr from SheetRead (donnees_pfe,"cout_rupt");
stmax from SheetRead (donnees_pfe,"smax");
capa_prod from SheetRead (donnees_pfe,"capa_prod");
coef_prod from SheetRead (donnees_pfe,"coef_prod");
demande from SheetRead (donnees_pfe,"demande");
nbre_article from SheetRead (donnees_pfe,"nbre_article");

```

Annexe 8: Résultats du modèle mathématique par la méthode exacte et par les AG

Le tableau suivant représente quelques résultats obtenus lors de la résolution du modèle mathématique par la méthode exacte. La totalité des résultats n'a pu être représenté vu leur nombre élevé.

- **Résolution exacte :**

		Avril					Mai					Décembre				
	Article	Variables	S1	S2	S3	S4	S5	S1	...	S1	S2	S3	S4	S5		
i=1	1007	Production	0	8800	25587	0	9255	7077	...	0	11198	11198	11684	8276		
		Stock	3721	0	13066	0	0	0	...	0	0	0	0	0		
		Rupture	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0	0	0		
		Y	0	1	1	0	1	1	...	0	1	1	1	1		
i=2	1030	Production	1295	24256	0	12656	23364	0	...	0	9156	18710	0	6767		
		Stock	0	12128	0	0	14400	9200	...	0	0	9554	0	0		
		Rupture	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0	0	0		
		Y	1	1	0	1	1	0	...	0	1	1	0	1		
i=3	1054	Production	27504	167716	167716	175008	123964	121557	...	122375	216510	216510	225923	160029		
		Stock	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0	0	0		
		Rupture	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0	0	0		
		Y	1	1	0	1	1	0	...	0	1	1	0	1		
i=4	1081	Production	91795	358023	358023	373590	264626	200529	...	195639	346130	346130	361179	255835		
		Stock	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0	0	0		
		Rupture	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0	0	0		
		Y	1	1	1	1	1	1	...	1	1	1	1	1		
...		
i=45	9932	Production	0	0	0	0	3501	0	...	0	0	0	0	0		
		Stock	2245	1756	1267	756	3895	1765	...	3384	1254	978	489	0		
		Rupture	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0	0	0		
		Y	0	0	0	0	1	0	...	0	0	0	0	0		

Tableau IV-7 : Quelques résultats de la résolution exacte du modèle mathématique

- Résolution approchée pour les 3 premiers articles :

Tableau IV-8 : Résultats obtenus sous Matlab pour les 3 premiers articles avec 5 semaines de prévision

Article	Semaine	Ruptures	Stock	Production
1	1	8	3	6522
1	2	16	33	12472
1	3	14	78	12429
1	4	3	25	13038
1	5	4	12	9317
2	1	8	14	1295
2	2	58	2128	34198
2	3	1	15	0
2	4	13	56	12589
2	5	13	14400	23351
3	1	3	23	27497
3	2	13	1222	156716
3	3	5	103	167118
3	4	2	53	175000
3	5	12	34	123905

Annexe 9 : La norme ISO TS 22002

Les informations suivantes ont été tirées de la source (l'ISO, 2012).

La norme **ISO/TS 22002-1:2009** spécifie les exigences pour établir, mettre en œuvre et mettre à jour des programmes pré requis (PRP) afin d'aider à maîtriser les dangers liés à la sécurité des denrées alimentaires.

Cette spécification technique est applicable à tous les organismes, quelle que soit leur taille ou leur complexité, qui interviennent dans l'étape de fabrication de la chaîne alimentaire et qui souhaitent mettre en œuvre des PRP.

Parmi ces exigences:

➤ **Disposition des locaux et de l'espace de travail:**

- Les locaux intérieurs doivent être conçus, construits et entretenus de manière à faciliter les bonnes pratiques d'hygiène et de fabrication.
- La disposition des équipements et les plans de circulation des matériaux, produits et personnes doivent être conçus pour assurer une protection vis-à-vis des sources de contamination potentielles.

➤ **Conception interne, disposition et plans de circulation**

- Le bâtiment doit offrir un espace adapté avec une circulation logique des matériaux, produits et personnes, et une séparation physique entre les zones où se trouvent les matières premières et les matières traitées/fabriquées.

NOTE: La séparation physique peut par exemple se présenter sous forme de murs, de barrières ou de cloisons, ou être constituée par une distance suffisante afin de minimiser le risque.

➤ **Entreposage des denrées alimentaires, matériaux d'emballage, ingrédients et produits chimiques non alimentaires**

- Tous les matériaux et produits doivent être entreposés à distance du sol et avec un espace suffisant entre les matériaux et les murs pour permettre les activités d'inspection et de maîtrise des nuisibles.

Annexe 10 : Quelques conversions

- L'unité de mesure des concentrés de la matière première chez Fruital est « l'Unité ».
- 1 Unité d'un concentré permet d'obtenir l'équivalent de 2000 Litres de PF à titre d'exemple car ça diffère selon les concentrés.
- L'unité de mesure des PF est la « caisse physique » et le lot de production est mesuré en « palettes ». Le tableau suivant résume les principales conversions entre ces deux unités :

Format	La palette contient :	La caisse physique contient :
Verre 100 Cl	32 Caisses Physiques (CP)	12 Bouteilles
Verre 30 Cl	48 CP	24 Bouteilles
Verre 25 Cl	48 CP	24 Bouteilles
PET 200 Cl	80 CP	6 Bouteilles
PET 100 Cl	140 CP	6 Bouteilles
PET 50 Cl	132 CP	12 Bouteilles
Cannette 33 Cl	120 CP	24 Cannelles
Cannette 25 Cl	160 CP	24 Cannelles

Tableau IV-9 : Conversions Palette / Caisse Physique

Annexe 11 : Taux de rotation et stock optimal par article

Tableau IV-10 : Taux de rotation et nombre de lignes allouées par article

	Article	Taux de rotation	Stock optimal	Stock optimal en palette	Nombre de lignes réservées	Zone
A	1081	170	35610	255	5	ZONE 4
	1054	150	19827	248	5	
	8133	140	8325	60	1	
	9216	120	8284	104	2	
	9217	115	6220	78	1	
	2081	113	8310	60	1	
	9210	111	8904	64	1	
	9214	100	7326	92	2	
	3272	107	6117	44	1	
B	9209	106	7383	53	1	
	9360	90	7707	56	1	
	3054	88	10219	128	2	
	1007	85	9629	73	1	
	9219	80	5034	63	2	
	3081	75	7503	54	2	
	9231	70	4372	92	3	
	1030	60	8990	188	5	
	1070	59	5055	43	1	
	3030	55	4784	100	3	
	2030	55	1833	39	1	
	8136	45	2753	21	1	
1080	40	11154	349	14		
C	2007	39	2599	20	1	
	2080	30	3017	95	1	
	3007	30	4417	34	1	
	3011	25	5810	182	3	
	9225	25	5707	179	4	ZONE 3
	9867	23	5513	40	2	ZONE 2
	9932	17	1982	62		
	8132	17	2451	21		
	9221	17	2044	16		
	9932	17	1734	51		
	9235	16	2252	19	2	
9929	14	2077	44			
9927	13	3452	72			
2070	10	2731	23			

C	4570	9	2367	20		
	9234	9	2302	48	1	ZONE 1
	3070	8	3772	32		
	9515	7	1697	15	1	
	3770	7	1719	15		
	1130	5	1635	14		
	9930	5	2473	78		
	7910	2	968	7		
	7104	1	1598	14		
	9509	1	1641	14		

REMARQUE :

Les taux de rotation réellement calculés n’ont pu être présentés pour des raisons de confidentialité. Ceux présentés dans le tableau ci-dessus sont des données de simulation.

Annexe 12 : Coûts de possession et de rupture unitaires

Tableau IV-11 : Coûts de rupture unitaires par format

Format	Coût de possession unitaire (DZD/CP/Jour)	Coût de rupture unitaire (DZD/CP/Jour)
Verre 30 Cl	0.4974107	100
Verre 25 Cl	0.4975000	90
Verre 100 Cl	0.4975000	120
Cannettes 25 Cl	0.4974026	150
Cannettes 33 Cl	0.4974107	100
PET 50 Cl	0.4974405	70
PET 1L	0.4974107	50
PET 2L	0.4974138	89

L'application de la formule (2), page 19, a permis de déterminer dans le tableau suivant le taux de service optimal pour chaque format :

Tableau IV-12 : Taux de service optimal par format

Format	Taux de service optimal
Verre 30 Cl	99.85%
Verre 25 Cl	99.83%
Verre 100 Cl	99.87%
Cannettes 25 Cl	99.90%
Cannettes 33 Cl	99.85%
PET 50 Cl	99.77%
PET 1L	99.67%
PET 2L	99.83%

Commentaires :

Les résultats obtenus concernant le taux de service optimal pour chaque format dépassent les 99.67 % et leur moyenne est de 99.82 %. Ces résultats sont assez élevés, ce qui était plutôt prévisible étant donné que ce ne sont pas les clients qui émettent leurs commandes mais plutôt Fruital qui leur impose le format, la quantité et le parfum de l'article qui leurs sont attribués (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.II.2.1.4a.v**, page 41).

D'autre part, le fait que ce soit Fruital qui impose les quantités à commander à ses clients devrait impliquer un taux de service égal à 100%. Cependant, la formule (2), page 19, en

incluant les coûts de possession et les coûts de rupture, permet de mieux confronter le taux de service à la réalité.

En effet, l'existence même de coûts de ruptures signifie que le taux de service n'est pas égal à 100%.

Par exemple, le coût de rupture est parfois dû au fait que Fruitall privilégie certains clients ayant un poids élevé. Si un client important par son poids établit une commande urgente et que Fruitall ne dispose pas de l'article ou de la quantité commandée, elle retirera cette quantité ou cet article à un client moins important par son poids, engendrant ainsi une rupture pour le second client et les coûts associés.

Annexe 13 : Classement des articles suivant le nombre de retours et les quantités retournées

Nous avons classé les articles suivant le principe de Pareto, c'est-à-dire, les 20% d'article représentant les 80% du nombre de retours et les 20% d'articles représentant les 80% de la quantité retournée. Classifier les articles par rapport à leur nombre de retours permet de mesurer la fréquence des retours de chaque article sur une période donnée. Les classer par rapport aux quantités retournées permet de mesurer quels articles sont retournés en grandes quantités. Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau IV-13 : Classement Pareto des SKU suivant le nombre de retours et quantités retournées (année 2014)

Classement	SKU	Nombre de retours 2014	Quantité retournée	Classe
1	1054	635	533105	Classe A
2	1081	629	342119	Classe A
3	9216	307	139579	Classe A
4	1070	262	79738	Classe B
5	3054	191	67951	Classe A
6	9209	116	53374	Classe A
7	1080	101	27260	Classe B
8	1030	96	26987	Classe B
9	1007	79	24493	Classe C

Tableau IV-14 : Classement Pareto des SKU suivant le nombre de retours et quantités retournées (Janvier-Mars 2015)

Classement	SKU	Nombre de retours 2015	Quantité retournée	Classe
1	1070	37	11168	Classe B
2	1081	30	9527	Classe A
3	1054	29	8517	Classe A
4	9209	8	1401	Classe A
5	7104	6	1350	Classe C
6	3770	5	958	Classe C
7	3081	3	781	Classe A
8	1030	3	628	Classe B
9	1080	1	103	Classe B

L'analyse des (**Tableau IV-13** et **Tableau IV-14**, page 138) montre que la Classe A représente en moyenne 50% des retours en termes de nombre de retours et plus de 87% en termes de quantité retournée. La classe B représente en moyenne 30% des nombres de retours et 10% des quantités retournées. La classe C, quant à elle, représente en moyenne 20% des nombres de retours et 3% en termes de quantités retournées. De plus, les SKU qui rapportent 60% de la valeur, c'est-à-dire, le 1054 et le 1081 sont présents dans les deux classements avec des nombres de retours et quantités retournées assez importants.

Le classement établi dans les (**Tableau III-16** et **Tableau III-17**, page 107) est plus significatif car mesurer les retours en termes de quantité retournée/quantité commandée est plus parlant que de les mesurer en termes de nombre de retours ou de quantités retournées. De plus, les résultats obtenus dans les (**Tableau IV-13** et **Tableau IV-14**) ci-dessus étaient plutôt prévisibles car les articles des classes A et B sont livrés en quantités bien plus importantes et par conséquent les quantités retournées vont être plus importantes, mais cela ne signifie pas que le taux quantité retournée/quantité livrée soit important.

Soit l'exemple suivant :

- L'article 1054 (**Tableau V-11**) a le plus grand nombre de retours et la plus grande quantité retournée, mais il n'apparaît même pas sur le (**Tableau III-17**, page 108) car son taux de retours n'est que de 5% par rapport aux autres articles.
 - De l'autre côté, l'article 9221 a le plus grand taux de retours avec une valeur de 38% (**Tableau III-17**, page 111) mais celui-ci n'apparaît pas dans le (**Tableau V-12**) ci-dessus car la quantité retournée à elle seule n'est pas significative si elle n'est pas rapportée à la quantité livrée.