

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Ecole Nationale Polytechnique



Département de Génie Industriel

Mémoire de projet de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en génie industriel

**Contribution à l'amélioration de la performance
d'un centre de distribution**

Application : PFIZER Pharm Algeria

BENALIOUA Ali (management industriel)
DJOUAHRA Mustapha Taha (management de l'innovation)

Sous la direction de

M^r BENHASSINE Wassim (ENP)
M^{me} BENAMARA Menoune (PFIZER)

Présenté et soutenu publiquement le 21 Juin 2017

Composition du Jury :

Président	M ^r	Ali BOUKABOUS	MAA	ENP
Promoteur	M ^r	Wassim BENHASSINE	MCA	ENP
	M ^{me}	Menoune BENAMARA		Pfizer
Examineur	M ^{me}	Sabeha NAIT KACI	MAA	ENP

ENP 2017

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Ecole Nationale Polytechnique



Département de Génie Industriel

Mémoire de projet de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en génie industriel

Contribution à l'amélioration de la performance
d'un centre de distribution

Application : PFIZER Pharm Algeria

BENALIOUA Ali (management industriel)
DJOUAHRA Mustapha Taha (management de l'innovation)

Sous la direction de

M^r BENHASSINE Wassim (ENP)
M^{me} BENAMARA Menoune (PFIZER)

Présenté et soutenu publiquement le 21 Juin 2017

Composition du Jury :

Président	M ^r	Ali BOUKABOUS	MAA	ENP
Promoteur	M ^r	Wassim BENHASSINE	MCA	ENP
	M ^{me}	Menoune BENAMARA		Pfizer
Examineur	M ^{me}	Sabeha NAIT KACI	MAA	ENP

ENP 2017

DEDICACES

Je dédie ce travail

A la mémoire de mes deux grand-mères,

A mes très chères parents, je vous dois tout, je ne saurais vous témoigner mon immense gratitude pour tous vos efforts et sacrifices que vous avez opérés pour mon instruction et mon bien-être,

A mon frère et à ma sœur qui n'ont pas cessé de croire en moi,

A toute ma famille,

A mon binôme pour tous les moments passés ensemble durant notre formation,

A tous mes amis.

Ali

Je dédie ce travail :

Aux deux personnes m'étant les plus chers au monde, mes deux parents que dieu me les garde ;

A ma petite sœur et mes cousins qui ont toujours crus en moi ;

A mes deux grand-mères ;

A toute ma famille pour son soutien ;

A mon binôme pour tout ce qu'on a vécu au long de notre formation ;

Et enfin à tous mes amis grâce à qui j'ai eu une expérience qui restera toujours gravé dans ma mémoire ;

Taha

REMERCIEMENTS

Nous remercions en premier lieu notre encadreur Monsieur BENAHOASSINE pour ses précieux conseils et sa disponibilité tout au long de notre travail.

Nous adressons ensuite nos vifs remerciements à Madame BENAMARA, notre encadreur au sein de PFIZER, de nous avoir donné l'opportunité de travailler au sein de son département, de la confiance qu'elle nous a accordée et du temps qu'elle nous a consacré pour la réalisation de ce travail.

Nous tenons à remercier Mr CHAIB, Mr BOUARACHE, Mr BENARAB ainsi qu'à l'ensemble du personnel du centre de distribution de PFIZER pour leur chaleureux accueil et leur aide précieuse.

Nous remercions aussi Mr HADJ KHALEF ainsi tous les enseignants qui ont contribué à notre formation au sein de l'Ecole Nationale Polytechnique.

Au final, nous tenons à remercier vivement Abdelmalek et Hocine pour leurs aides pour l'accomplissement de ce travail.

BENALIOUA Ali

DJOUAHRA Mustapha Taha

ملخص

الهدف من هذا العمل هو المساهمة في تحسين أداء المستودع الخاص بفايزر فارم الجزائر. لهذا الغرض, تم تشخيص هذا الأخير بغاية الكشف عن النقائص المتعلقة بعملياته.

لحل هذه النقائص, قمنا باقتراح حلين يتمثلان في: إعادة الترتيب بطريقة تستند على خوارزمية التعنقد, و نظام لمراقبة فعالية هذا المستودع.

كلمات البحث: مستودع, أداء, تحسين, تموضع, تعنقد

Abstract

The Objective of this work is to contribute to the improvement of the performance of Pfizer Pharm Algeria's warehouse. For this purpose, we've made a diagnosis of its process in order to spot the dysfunctions.

To overcome this dysfunctions, we've proposed two solutions: a new slotting based on a clustering algorithm, and a monitoring system of the warehouse's performance.

Key words: Warehouse, performance, optimization, slotting, clustering

Résumé

L'objectif de ce travail est de contribuer à l'amélioration de la performance du centre de distribution de Pfizer Pharm Algérie.

A cet effet, nous avons établi un diagnostic de ces processus, dont le but était d'identifier les dysfonctionnements relatifs à ces derniers. Pour pallier à ces dysfonctionnements, nous avons proposé un nouveau réarrangement basé sur un algorithme de clustérisations ainsi qu'un système de suivi de la performance.

Mots clés : Centre de distribution, performance, optimisation, positionnement, clustérisations.

Table des matières

Liste des annexes

Liste des figures

Liste des Tableaux

Liste des Abréviations

Introduction Générale 12

Chapitre I Etude de l'existant et Problématique 14

I.1 Le groupe Pfizer 15

I.1.1 Présentation de Pfizer Monde 15

I.1.2 Présentation de Pfizer Algeria 16

I.2 Le centre de distribution GSCPM 17

I.2.1 Présentation du centre 17

I.2.2 La structure de stockage 18

I.2.3 La nature des produits 18

I.2.4 Les ressources du centre de distribution 19

I.3 Diagnostic du centre de distribution et analyse des processus 20

I.3.1 Le processus Réception 21

I.3.2 Le processus vignettage 23

I.3.3 Le Processus Mise en Stock 24

I.3.4 Le processus inventaire 25

I.3.5 La préparation de commande 27

I.3.6 Le processus Livraison 28

I.4 Hiérarchisation des dysfonctionnements et problématique 30

Chapitre II Etat de l'art sur la gestion d'entrepôts 32

II.1 La chaîne logistique 33

II.1.1 Définition de la chaîne logistique (Supply chain) 33

II.1.2 Le management de la chaîne logistique (Supply chain Management) 34

II.1.3 Les outils d'analyse de la chaîne logistique 34

II.2 L'entrepôt au sein de la chaîne logistique 35

II.2.1 Définitions et typologies d'entrepôts 35

II.2.2 Les caractéristiques d'un entrepôt 36

II.2.3 Les processus d'un entrepôt 37

II.2.4 L'arrangement des entrepôts 40

II.2.5 La particularité des entrepôts pharmaceutiques 41

II.3 La Gestion de l'entrepôt 42

II.3.1 Complexité et la gestion des entrepôts 42

II.3.2 Les Stocks 42

II.3.3 L'optimisation de la performance d'un entrepôt 43

II.3.4	Gestion de l'entrepôt et les systèmes d'information :	47
Chapitre III	Amélioration de la Performance du centre de distribution	49
III.1	L'optimisation du positionnement dans l'entrepôt	50
III.1.1	La détermination du volume à stocker dans la zone de collecte	51
III.1.2	L'organisation des produits dans la zone de collecte	59
III.1.3	L'Affectation des produits aux emplacements	63
III.1.4	La zone de réserve	66
III.1.5	Simulation et interprétation des résultats	68
III.2	Le suivi par un système de mesure de la performance	74
III.2.1	Le choix des indicateurs de performance	74
III.2.2	Enoncé des indicateurs de performance	75
Conclusion générale	80
Bibliographie	82
Annexes	84

Liste des annexes

Annexe I : Diagnostic de l'entrepôt de Pfizer.

Annexe II : Classement ABC des produits.

Annexe III : Généralités sur les prévisions.

Annexe IV : Résultats des prévisions.

Annexe V : Programme mathématique.

Annexe VI : Résultats Prévisions et emplacements finaux.

Annexe VII : Outils informatiques.

Annexe VIII : Interactive Warehouse.

Liste des figures

Figure I-1:Logo Pfizer.....	15
Figure I-2: Pfizer dans le monde.	16
Figure I-3:Plan de l'agencement du centre de distribution.....	17
Figure I-4: Représentation d'une euro-palette	18
Figure I-5:Exemple de transpalettes, chariot elevateur et filmeuse	19
Figure I-6: Les différentes interactions entre les différents progiciels.....	19
Figure I-7: Les différentes rubriques d'E1	20
Figure I-8: Flux des produits au sein du centre de distribution.....	21
Figure I-9: Les taches du processus réception	22
Figure I-10 Analyse du processus réception.	22
Figure I-11: Les taches du processus vignettage.....	23
Figure I-12 Analyse du processus vignettage.....	24
Figure I-13 Analyse du processus mise en stock.	25
Figure I-14 Analyse du processus inventaire.	27
Figure I-15: Schématisation du processus préparation de commande sur E1	27
Figure I-16 Analyse du processus préparation de commande.....	28
Figure I-17 Analyse du processus livraison.	29
Figure II-1 Schéma représentatif de la Supply chain	33
Figure II-2:Diagramme des flux logistiques (en rouge ceux qui caractérisent l'entrepôt)	35
Figure II-3:Entreposage et ses composantes	36
Figure II-4:Les activités principales de la réception	37
Figure II-5:Illustration de deux méthodes d'implémentation du stockage par classes	39
Figure II-6:Schématisation des opérations de l'entrepôt	40
Figure II-7 Arrangement en flow-through	40
Figure II-8 Arrangement en U-flow	41
Figure II-9 Arrangement hybride	41
Figure II-10 Répartition de cout d'entreposage sur les différents processus.....	44
Figure II-11 Répartition du temps sur les différentes activités	44
Figure II-12 Les différentes heuristiques d'acheminement	47

Figure III-1:Représentation graphique de la série classeA	52
Figure III-2:Résultat du Buys et Ballot	53
Figure III-3:Coefficients saisonniers.....	53
Figure III-4:Résultat du test du facteur de tendance	53
Figure III-5:Résultat du test la racine unitaire	54
Figure III-6:Représentation graphique de la série stationnaire	54
Figure III-7:Représentation du corrélogramme de la série	55
Figure III-8:Corrélogramme des résidus	55
Figure III-9:Représentation de la série avec l'année de prévision.....	56
Figure III-10:Matrice des corrélations	61
Figure III-11:Les emplacements des groupes dans la zone de collecte durant la 5 ^{ème} période	64
Figure III-12 :Les emplacements des groupes dans la zone de collecte durant la dernière période.....	65
Figure III-13 : Les sens de variation des quantités de produits au sein de la zone de collecte	66
Figure III-14: Schématisation 3D de la zone de réserve	67
Figure III-15:Configuration actuelle vs configuration proposée (petite commande 1)	69
Figure III-16:Configuration actuelle vs configuration proposée (petite commande 2)	69
Figure III-17:Configuration actuelle vs configuration proposée (petite commande 3)	70
Figure III-18:Configuration actuelle vs configuration proposée (moyenne commande 1).....	70
Figure III-19:Configuration actuelle vs configuration proposée (moyenne commande 2).....	71
Figure III-20:Configuration actuelle vs configuration proposée (moyenne commande 3).....	71
Figure III-21: Configuration actuelle vs configuration proposée (myenne commande 4).....	71
Figure III-22:Configuration actuelle vs configuration proposée (grande commande 1)	72
Figure III-23:Configuration actuelle vs configuration proposée (grande commande 2)	72
Figure III-24:Configuration actuelle vs configuration proposée (grande commande 3)	73

Liste des Tableaux

Tableau I-1: Les composantes du bon de livraison	29
Tableau II-1 Différents systèmes de préparation de commande	39
Tableau III-1 Les prévisions de ventes mensuelles.....	56
Tableau III-2 Récapitulation des taux par semaine.	57
Tableau III-3 Taux moyen par semaine moyen	57
Tableau III-4: Les produits exclus de l'étude	60
Tableau III-5 Listes des différents groupes et leurs centres.	62
Tableau III-6:Nombre de SKU collectés dans le même couloir	73
Tableau III-7: Indicateurs de performance en relation avec le temps.	76
Tableau III-8:Tableau III 7:Indicateurs de performances en relation avec la productivité.....	77
Tableau III-9:indicateurs de performances en relation avec la qualité de service.	78

Liste des Abréviations

GSPCM: Global Supply Chain and Portfolio Management
SCM: Supply chain Management
PPA: Pfizer Pharm Algeria
PSM: Pfizer Sidal Manufacturing
PASNA : Pfizer Algérie Santé et Nutrition Animale
ELC : European Logistic Center
LNCPP : Laboratoire Nationale du Contrôle des Produits Pharmaceutiques
PS : produit Standard
PC/P : Produit cher/ Psychotrope
PCF : Produit Chambre Froide
PH : Produit Hospitalier
E1 : Entreprise One
STO: Sales to Order
DSS: Decision Support System
SAP: Systems, Applications and Products for data processing
PU : Prix Unitaire
ZPC : Zone Préparation de Commande
FEFO: First Expiry First Out
UGS: Unité de Gestion de Stock
SKU: Stock Keeping Unit
ARMA: Autoregressive Moving Average
ARIMA: Autoregressive Integrated Moving Average

Introduction Générale.

De nos jours, la logistique est un service à part entière dans la plupart des industries qu'englobe l'économie mondiale. Souvent, cette fonction transversale aux autres services est stratégique du fait de son influence considérable sur la performance économique mais également, du fait de son impact sur la productivité et la performance des entreprises, notamment par la réduction des coûts et des délais liées aux activités du transport et stockage.

Lorsqu'on décline cette fonction au niveau interne des entreprises, on schématise généralement les activités en relation avec le stockage, la manutention et l'entreposage. Cette logistique interne est très importante du fait qu'elle constitue une fonction de régulation de la chaîne logistique, en tenant compte de l'impact qu'elle génère vis-à-vis de la réponse aux exigences des clients, en aval ou en amont, de l'entité économique en question.

L'atteinte d'une performance optimale de l'entrepôt nécessite une bonne gestion des différentes tâches qui caractérisent ce maillon. Il en découle une complexité du management des entrepôts, due au fait que ces derniers sont en interaction permanente avec l'environnement de l'entreprise. Ainsi de nombreux problèmes sont recensés sur la totalité des niveaux de décision : Stratégique, tactique et opérationnel.

Afin d'être toujours plus performante, l'entreprise **Pfizer Pharm Algeria** s'inscrit dans une démarche d'amélioration continue. Celle-ci ne peut se réaliser qu'à travers une chaîne logistique efficiente, garantissant la maîtrise, la souplesse et la réactivité nécessaire, à tous les niveaux de la chaîne logistique, notamment au niveau de la distribution car elle représente la courroie de transmission entre les différents flux physiques dans l'entreprise.

Pfizer Pharm Algeria dispose d'un centre de distribution « GSCPM » aux standards internationaux en termes de qualité et de performance lequel comporte d'importants espaces non exploités, l'entreprise souhaiterait exploiter ces avantages afin de mieux rentabiliser son espace.

Menant nos intérêts à sa logistique interne, notre projet concerne ce centre de distribution. Divisé en trois magasins : Un magasin dédié aux produits de Pfizer Sidal Manufacturing (PSM), un magasin propre à Pfizer Pharm Algeria et le troisième représente un surplus d'espace non exploité. Ces magasins ont comme fonctions principales la réception, le stockage et la livraison des produits pharmaceutiques Pfizer locaux et importés.

Actuellement, l'entreprise est engagée dans un projet de prestation d'une partie de son entrepôt ainsi que les services qui vont avec. Ce projet, lancé fin 2016, consiste à promouvoir un service logistique limité en entreposage à un client concurrent¹. Dans ce contexte, elle se retrouve confrontée à une réduction de son espace de stockage.

Par conséquent, l'optimisation de sa performance, c'est-à-dire de son espace de stockage, devient une nécessité.

C'est dans ce cadre de ce projet-là, que Pfizer nous a chargé de mener une analyse des processus de son centre de distribution afin d'améliorer la performance du centre de distribution. Cet objectif constituera l'axe directeur de notre problématique. Sur cet élan, et

¹ **Client concurrent** : Un client qui est à la base un concurrent du même secteur d'activité

Introduction générale.

après avoir établi un diagnostic et analysé les processus logistiques que comporte l'entrepôt, nous avons constaté que les deux processus majeurs du centre de distribution sont les processus « mise en stock » et « la préparation de commandes ».

La problématique à laquelle nous souhaitons répondre est « Comment atteindre une performance supérieure de ces processus du centre de distribution ? ».

La démarche méthodologique que nous proposons nous permettra de proposer des solutions comme pistes d'amélioration de la performance du centre de distribution.

Nos propositions d'amélioration de la performance en deux solutions viseront à répondre aux deux sous problèmes.

En premier lieu, nous proposons un nouveau réaménagement de l'espace de stockage propre à Pfizer en affectant les produits à leurs emplacements optimaux. Cela se fera suivant une démarche consistant à diviser l'espace de stockage en deux zones, la : « Zone de collecte » et la « Zone de réserve », ensuite à calculer les quantités mensuelles prévus pour chaque produit, et enfin à utiliser un algorithme de regroupement des produits afin d'optimiser la collecte. Cette démarche nous conduira à formuler une proposition d'aménagement optimal de la zone de réserve.

En second lieu, nous définirons des indicateurs de performance, ainsi que leurs méthodes de calcul pour faire engager le centre de distribution dans une démarche d'amélioration continue en mesurant sa performance au fil du temps.

Ainsi notre mémoire sera structuré de la manière suivante :

- Le **Premier chapitre** consiste à présenter le contexte de notre étude à partir duquel nous avons pu préciser notre problématique. Ce chapitre est constituée par une description du centre de distribution suivie par une analyse détaillée des processus de ce dernier et au final la formulation de notre problématique.
- Le **Deuxième chapitre** définit le cadre théorique de notre étude à partir duquel la démarche méthodologique de notre étude a été définie, il présente des généralités sur la chaîne logistique et sa gestion, ensuite nous aborderons les notions de base sur les entrepôts et au final nous enchaînerons avec une description des différentes composantes de la gestion des entrepôts.
- Le **Troisième chapitre** présente l'ensemble des solutions proposées et les résultats obtenus.

Nous finirons par présenter une synthèse générale de notre étude, ainsi que l'apport et la valeur ajoutée de notre travail.

Chapitre I Etude de l'existant et Problématique.

Introduction

Ce chapitre sera dédié à la présentation de l'entreprise Pfizer et sa filiale GSCPM, ainsi qu'à l'étude et l'analyse de l'existant.

Nous commençons notre étude par la description du Centre de distribution, son effectif, sa mission et ses processus. Ensuite nous passerons au diagnostic de ce dernier afin de faire ressortir ses points forts et ceux à améliorer. Nous restituerons dans ce diagnostic les différentes observations qui nous ont permis de définir notre problématique.

I.1 Le groupe Pfizer

I.1.1 Présentation de Pfizer Monde



Figure I-1: Logo Pfizer.

Pfizer est une entreprise pharmaceutique d'origine américaine, placée sous la direction d'Ian Read. Il a été nommé Directeur général de Pfizer en 2010 et a été également élu, la même année, Président du Conseil d'Administration.

Tout a débuté en 1849 : un an après son arrivée à New York en provenance d'Allemagne, le chimiste Charles Pfizer s'associe à son cousin, le confiseur Charles Erhart, pour fonder à Brooklyn la « Chas. Pfizer and Company, Inc » une entreprise spécialisée dans les produits chimiques.

A Londres, en 1928, sir Alexander Fleming avait découvert la pénicilline, mais, faute d'un procédé permettant de la synthétiser en grande quantité, elle est demeurée une simple curiosité de laboratoire. C'est en 1942, année où Pfizer est inscrite en Bourse, que l'entreprise met à profit son expertise en fermentation pour devenir la première à réaliser la production de masse de ce médicament. En 1945, Pfizer devient le plus grand producteur de pénicilline au monde.

En 1959, Pfizer lance sur le marché le nouvel antibiotique Terramycine, premier médicament issu de la recherche systématique. Au début des années 1960, Pfizer est le principal fabricant du nouveau vaccin contre la poliomyélite.

Tout au long des années 1970 et 1980, la société continue de mettre au point des médicaments novateurs sous le nom de « Pfizer Inc. ». Les principaux axes de recherche du Groupe Pfizer sont : Diabète, Douleur, Inflammation et immunologie, Maladie d'Alzheimer, Oncologie, Schizophrénie. Le groupe investit aussi dans des univers thérapeutiques pointus, exigeants et en attente de progrès thérapeutiques 500 programmes de recherche sont actuellement en cours.

Pfizer est également connue pour ses fusions avec de nombreuses sociétés concurrentes, notamment son acquisition de Warner-Lambert en 2000, de Pharmacia en 2003 et de Wyeth en 2009.

- **Chiffres clés :**



Figure I-2: Pfizer dans le monde.

I.1.2 Présentation de Pfizer Algeria

Pfizer Algeria fait partie « d'Emergent Market » Business Unit qui constitue une unité de prédilection pour le Groupe Pfizer, réunissant plusieurs pays où l'Algérie occupe une place prépondérante.

Le Groupe Pfizer encourage et oriente de gros investissements dans les pays émergents à l'image de l'Algérie. Pfizer est présent sur le marché algérien depuis 1960, avec quelques années d'interruption. En 1994, Pfizer revient en force en Algérie, suite à l'ouverture du marché du médicament et depuis, importe, produit et commercialise les produits pharmaceutiques Pfizer en Algérie.

« Pfizer Algeria » emploie des cadres diplômés des universités algériennes et étrangères de différentes spécialités, notamment médecins, pharmaciens, vétérinaires et biologistes.

Aujourd'hui, le Groupe Pfizer est implanté en Algérie à travers trois entités : « Pfizer Sidal Manufacturing (PSM) », « Pfizer Pharm Algérie (PPA) » et « Pfizer Algérie Santé et Nutrition Animale (PASNA) ».

- « **Pfizer Sidal Manufacturing (PSM)** » : créée en 1998, est une joint-venture entre Pfizer (70%) et Sidal (30%), PSM produit 14 références destinées à PPA. PSM a pour objectif de produire des molécules, à usage humain sous forme de comprimés et gélules, récentes, issues de la recherche Pfizer. Actuellement, PSM fabrique près de 50% du portefeuille produit en volume de Pfizer Algérie.
- « **Pfizer Algérie Santé et Nutrition Animale (PASNA)** » : créé en 1998, est une joint-venture entre Pfizer (60%) et ONAB (30%), PASNA commercialise, produit et distribue des produits de santé animalière.

- « **Pfizer Pharm Algeria** » : créée en 1994, PPA distribue et commercialise des molécules issues de la recherche novatrice et de la biotechnologie dans le domaine de la santé humaine. L'activité santé animale fait partie depuis 2007, de PPA.

Pfizer Pharm Algeria dispose d'un centre de distribution (GSCPM), implanté dans la zone industrielle de Rouïba, où nous avons effectué notre stage de 4 mois. Sa description fera l'objet de la prochaine partie du chapitre.

I.2 Le centre de distribution GSCPM

I.2.1 Présentation du centre

Le Centre de distribution de Pfizer est unique en Algérie, il a comme principales fonctions la réception des produits, le stockage de ces derniers afin de faire face aux incertitudes du marché, la préparation des commandes clients et l'expédition finale des colis finaux.

Les fournisseurs du centre de distribution se comptent au nombre de deux, un fournisseur international qui est ELC (European Logistic Center) et un fournisseur local PSM (Pfizer Sidal Manufacturing) qui représente l'entité locale de production de Pfizer.

Le centre de distribution est un entrepôt de configuration « hybride » d'une superficie avoisinant les 2000 m², divisée sur cinq espaces de stockage principaux : Espace produits sensible, espace produits « Cold Chain », un espace aux produits standards, un espace propre à PSM et enfin un espace dédié à la prestation logistique.

Concernant la partie propre à GSCPM, elle comporte cinq zones :

- La zone de réception.
- La zone de vignettage.
- La zone de préparation de commande.
- La zone de stockage.
- La zone d'expédition.

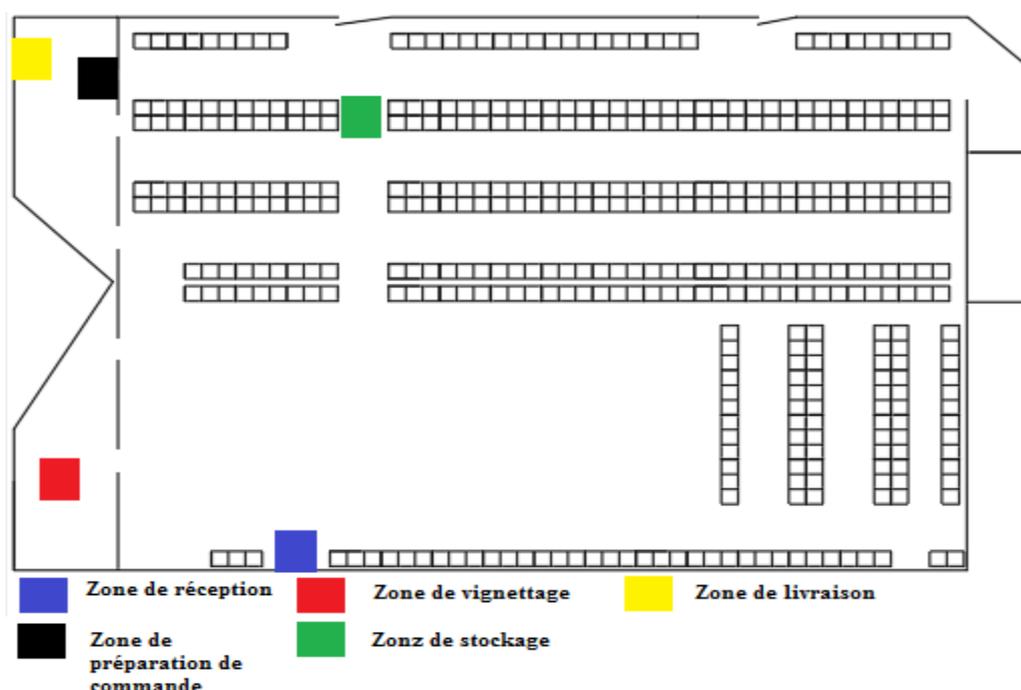


Figure I-3: Plan de l'agencement du centre de distribution.

I.2.2 La structure de stockage

Le centre de distribution se compose de six racks identifiés de « A à G ». Ces racks comportent six niveaux, qui contiennent à leurs tours un ensemble d'alvéoles. Ce centre abrite près de **1920** alvéoles potentielles à être utilisées comme espace de stockage.

Les alvéoles peuvent contenir deux types de palettes :

- * Les palettes industrielles (**100cm x 100cm**).
- * Les euro-palettes (**120cm x 80cm**).

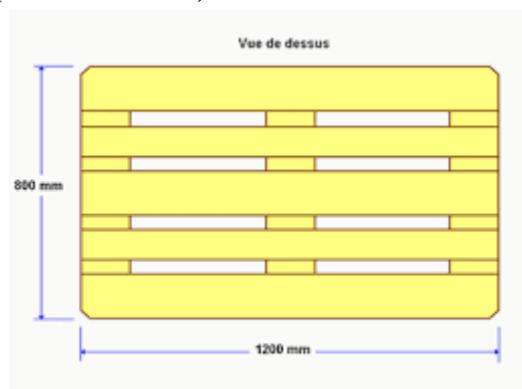


Figure I-4: Représentation d'une euro-palette

I.2.3 La nature des produits

Le centre de distribution de Pfizer compte cinq familles de produits, de sorte que chaque famille nécessite les mêmes moyens de stockage et de manutention, ces cinq familles sont :

- Les produits standards (PS): représentent les produits qui doivent être conservés à une température entre 15 et 25°C et un taux d'humidité entre 35% et 65%.
- Les produits chers et psychotropes (PC/P): Ces produits doivent être conservés à une température entre 15 et 25°C et un taux d'humidité entre 35% et 65%, cependant ils doivent être soumis à une surveillance très stricte (verrous et caméras de surveillance).
- Les produits hospitaliers (PH) : ces produits nécessitent les mêmes conditions de stockage que les PC/P en plus d'une séparation physique obligatoire (normes pharmaceutiques).
- Les produits chambre froide (PCF) : produits dont la température est maintenue entre 2 et 8°C.
- Les produits avariés (PA) : ces produits doivent subir une surveillance particulièrement sévère. Ils comprennent :
 - Les produits rejetés par le LNCPP (produits dont le contrôle est non conforme)
 - Les produits périmés ;
 - Les produits en attente de décision qualité (acceptés ou rejetés) ;
 - Les produits retournés (suite à une réclamation ou un rappel de lot) ;
 - Les produits faisant objet d'un stop distribution ;
 - Les produits endommagés.

I.2.4 Les ressources du centre de distribution

➤ **Ressources matérielles et humaines :**

Comme chaque centre de distribution, le centre de Pfizer possède des ressources en termes d'effectif et d'équipements lui permettant de fonctionner et de satisfaire ses besoins.

L'effectif du centre de distribution se compose de deux responsables de magasin et deux équipes : équipe logistique et équipe vignettage.

La première équipe est composée des personnes qui ont comme tâches de s'occuper de la manutention au sein de l'entrepôt (on les appelle aussi les préparateurs de commandes). Quant à la deuxième, elle est formée du même nombre de personnes, mais qui ont comme mission cette fois-ci de s'occuper du processus vignettage (ce processus sera détaillé dans les parties suivantes).

De plus, le centre dispose des moyens de manutention suivants :

- 3 chariots élévateurs : pour les tâches de mise en stock et de manutention.
- 7 transpalettes : pour les manutentions lors des préparations de commande.
- Une filmeuse : pour filmer les palettes avant la mise en stock.



Figure I-5: Exemple de transpalettes, chariot élévateur et filmeuse

➤ **Les ressources Informatiques**

L'entreprise Pfizer utilise quatre logiciels pour la gestion informatique de ses flux, bien entendu qu'ils sont liés entre eux par une relation de complémentarité. Le schéma suivant explique les interactions entre ces différents logiciels :

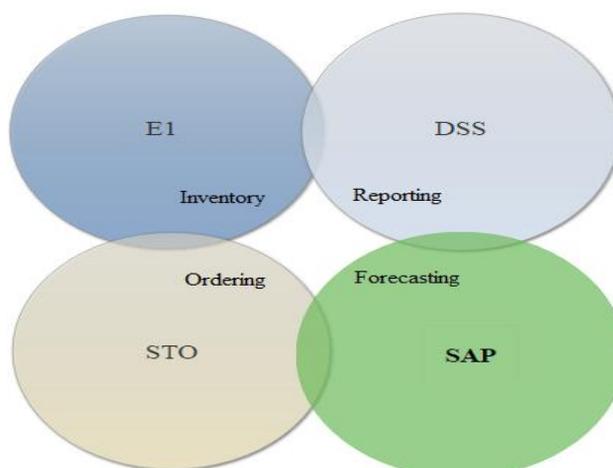


Figure I-6: Les différentes interactions entre les différents logiciels

Dans ce qui suit, nous allons décrire que le logiciel E1, car il est le logiciel responsable de la gestion de l'entrepôt.

E1 « Entreprise One » est le système de gestion informatique actuel de Pfizer, à la place de leur ancien WMS « SUN », E1 est divisé sur des rubriques sous le nom de « Branch-

Plants » ou chaque branch-plant regroupe un certain type de produits et d'activités comme le montre la figure suivante :

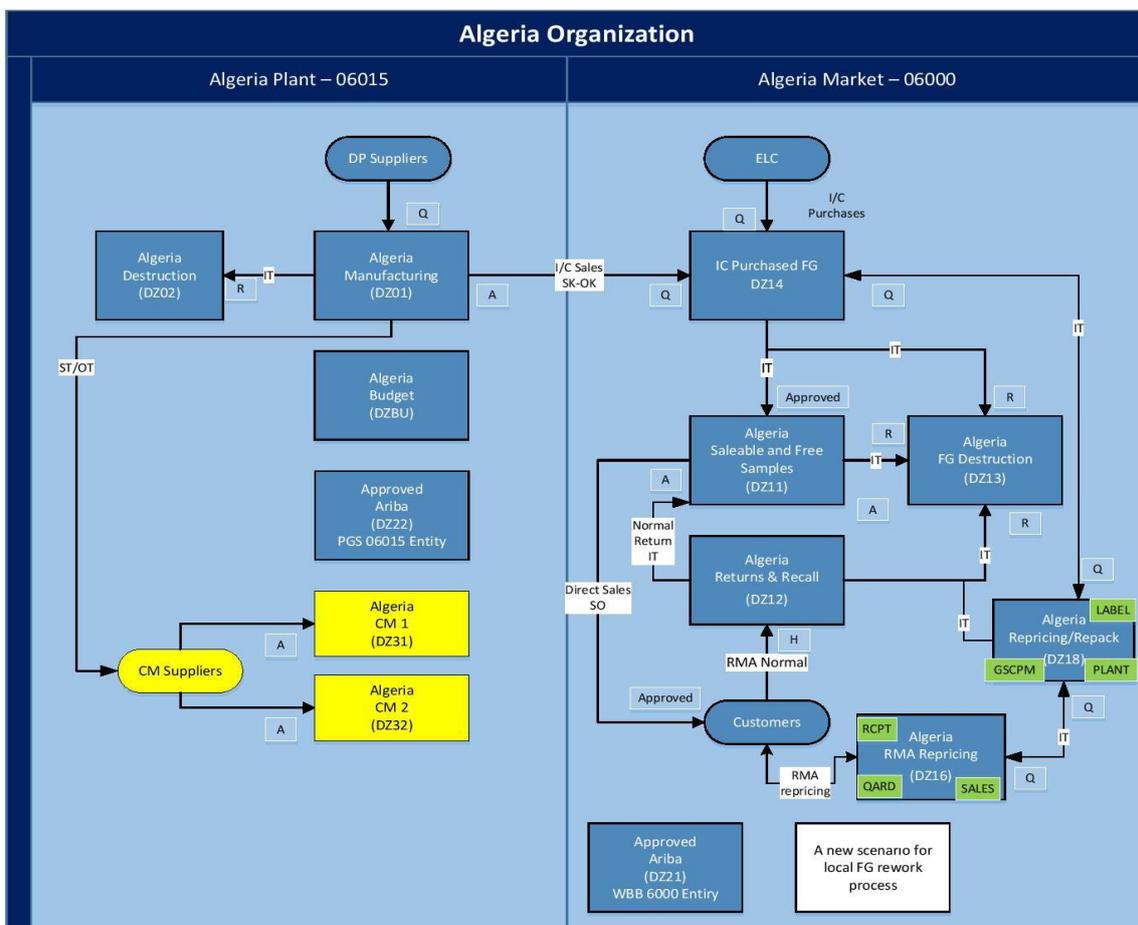


Figure I-7: Les différentes rubriques d'E1

Les produits reçus d'ELC et de PSM seront automatiquement transférés vers le « branch-plant » DZ14 dans E1, ils iront ensuite vers la zone vignettage ce qui les mènent vers le DZ18. Une fois le vignettage ou l'ajustement des prix terminés les produits seront renvoyés au DZ14 pour être transférés vers le DZ11 ou les produits seront prêts à être expédiés. Le DZ 12 est le « branch-plant » qui regroupe les produits retournés pour réclamation ou rappel de lots.

En cas d'avariés ou de péremption des produits, ils doivent être enregistrés dans le DZ13 pour une destruction ultérieure.

E1 contient toutes les fonctionnalités de la gestion des entrepôts : Réception, adressage, inventaire et autres tâches opérationnelles. De plus, il contient d'autres modules fonctionnels comme le commercial, finance pour unifier la gestion des flux informatique au sein du centre GSCPM.

I.3 Diagnostic du centre de distribution et analyse des processus

Après une observation de l'état des lieux et des pratiques existantes dans l'entrepôt relatives aux processus de la logistique, nous avons pu élaborer quelques hypothèses de dysfonctionnements dans des axes de travail de ce dernier. Afin de mieux analyser et valider

ces hypothèses nous nous sommes référés à une modélisation des processus des différents niveaux ainsi qu'un diagnostic logistique ayant comme périmètre d'analyse « la gestion d'entrepôt ».

Le centre GSCPM comme a été décrit précédemment compte six processus principaux depuis l'arrivée des produits jusqu'à l'expédition, ces processus vont être analysés un par un pour un diagnostic détaillé, la modélisation ci-dessous schématise ces processus pour une vision interne globale.

Dans ce qui suit nous allons présenter une description détaillée de ces processus, en recensant chaque opération de chaque processus, ayant comme objectif de faire un rapport exhaustif des tâches de chaque processus en vue d'établir un plan d'amélioration. Nous avons construit cette étude en étant au plus près des intervenants au centre de distribution et en participant nous même aux différentes opérations.

Après avoir décrit ces processus, et pour mieux cerner les enjeux et les acteurs de chaque processus, nous avons eu recours à un questionnaire de récolte d'informations nécessaires, conçu par l'association britannique d'entreposage « United Kingdom Warehousing Association », ce dernier a été personnalisé selon le besoin réel de notre cas d'étude pour une meilleure fiabilité des résultats. L'analyse des processus était basée sur les références proposées à Pfizer ainsi qu'aux attentes de l'équipe en plus des résultats du questionnaire personnalisé inséré en **Annexe I**.

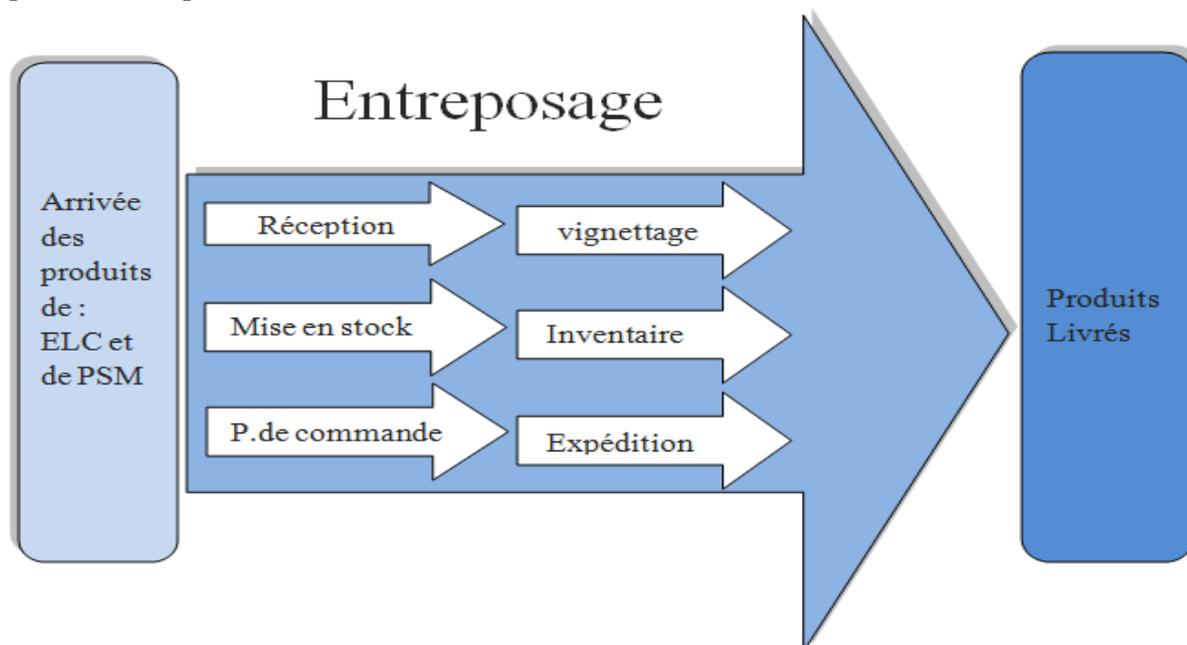


Figure I-8: Flux des produits au sein du centre de distribution

I.3.1 Le processus Réception

➤ Le déroulement du processus

Lors de la réception, une vérification au niveau du centre de distribution est obligatoire. Lors de cette dernière le scellage du conteneur est vérifié par le chef magasinier. Cette vérification est enregistrée sur le bulletin de réception qui doit contenir le N° du conteneur et une description générale de l'état du conteneur (Intact, bien fermé et propre).

Une fois la vérification établie, le chef magasinier exécute les tâches décrites dans la figure suivante:

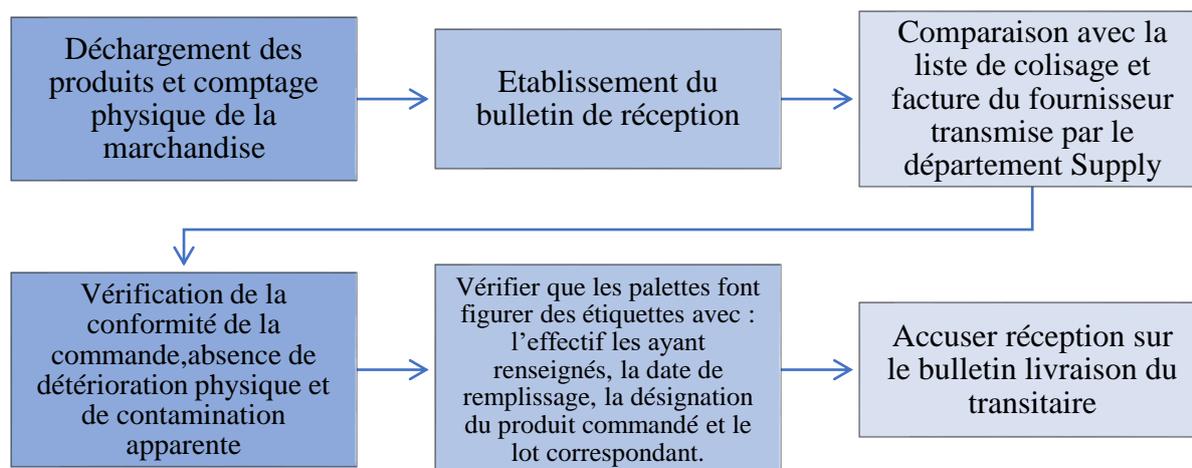


Figure I-9: Les tâches du processus réception

A la réception, toutes les palettes doivent être identifiées par une étiquette interne et une étiquette de statut « Quarantaine ».

Signalement de tout les manques sur les livraisons ou avariés au département supply pour formuler les réclamations (réclamation ELC) auprès des fournisseurs. De même seront signalées les quantités supérieures réceptionnées par rapport aux quantités facturées. Lorsque les manques ne peuvent pas être détectés à la réception, ils doivent être signalés dès leur détection au cours du processus vignetage.

Tous les vols ou avaries doivent être signalés immédiatement à l'expert des assurances par le responsable après accord du département Supply et Market Lead, puis un ajustement des stocks est effectué.

N.B : la même procédure est appliquée pour les produits reçues de l'usine PSM en prenant compte que ces produits sont déjà libérés par le LNCPP.

➤ **L'analyse du processus**

Après avoir décrit les activités et les tâches propres au processus, nous présentons l'analyse de ce dernier dans la figure qui suit :

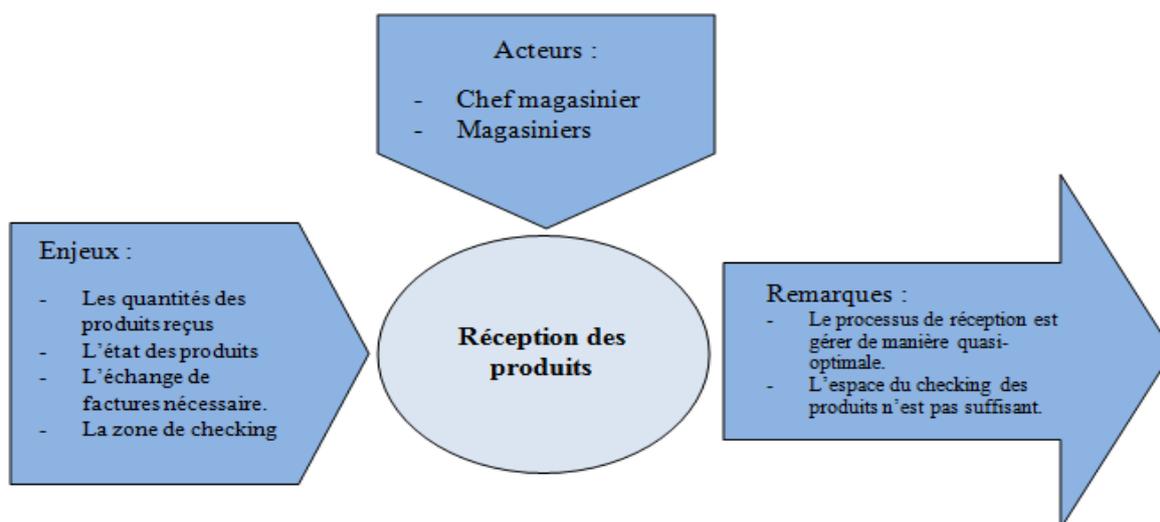


Figure I-10 Analyse du processus réception.

I.3.2 Le processus vignettage

➤ Le déroulement du processus

Une fois réceptionnés, les produits doivent être vignettés avant de passer à la mise en stock, sauf pour les produits fabriqués localement par PSM qui sont réceptionnés comme étant déjà libérés et vignettés, cela dit, ils représentent la seule exception au flux physique dans l'entrepôt.

Le vignettage est tenu par quelques contraintes afin de garantir une performance optimale :

- Chaque lot de produits doit être vignetté seul et à la fois, pour faciliter la tâche car tous les produits ont la même date de péremption.
- Avant de commencer le vignettage, la salle et tous ses éléments doivent être vides pour assurer l'unicité des lots vignettés.

L'activité de vignettage se fait actuellement d'une manière manuelle, à l'aide d'un effectif de huit agents avec une cadence de '6 palettes' par jour.

Après réception du planning de vignettage, l'opération de vignettage se déroule suivant les étapes suivantes :

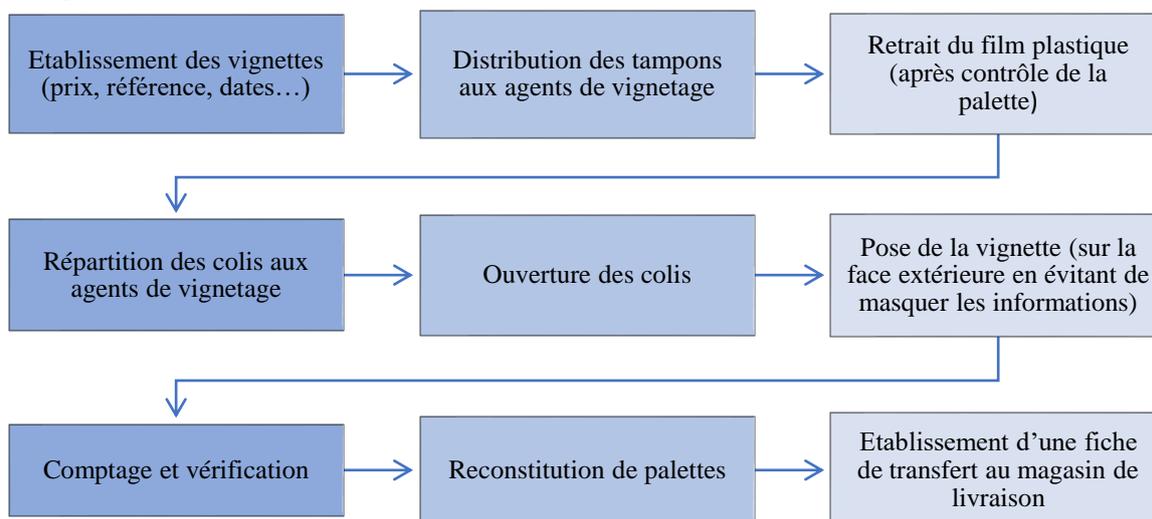


Figure I-11: Les tâches du processus vignettage

Actuellement, le vignettage est effectué après libération du produit, c'est-à-dire sur un produit statué « accepté ». Cependant, le produit en statut « quarantaine » peut être aussi vigneté dans deux situations

- Dans le cas où le produit est prioritaire : cette situation se présente lorsque le produit est en rupture au niveau du stock vigneté et a été commandé par un client, la livraison se fera alors directement après libération.
- Dans le cas où tous les produits en statut « accepté » ont été vignetés : on procède alors au vignettage des produits en quarantaine, ainsi ils seront transférés directement au magasin livraison après libération, cela est possible car le risque de refus de libération des produits est minime, voire très rare.

➤ L'analyse du processus

L'analyse du processus nous a conduits à établir les remarques suivantes :

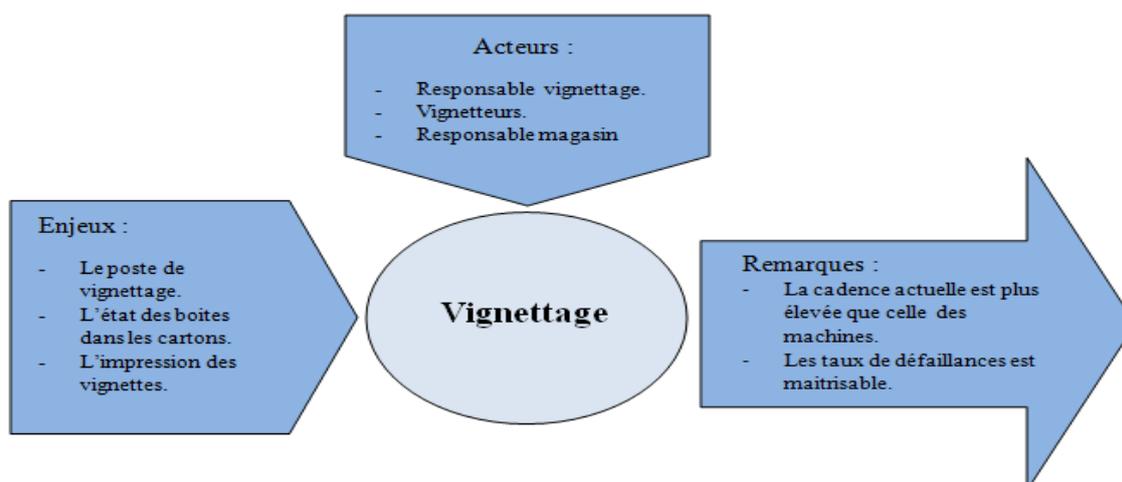


Figure I-12 Analyse du processus vignettage.

I.3.3 Le Processus Mise en Stock

➤ **Le déroulement du processus**

Ce processus tel qu'effectué actuellement ne contient que des tâches physiques, après la mise en quarantaine ces tâches se résument :

* *Pour les produits standards, produits sensibles et psychotropes :*

- Mise en zone de réception quarantaine approprié pour chaque type de produits.
- Après analyse de conformité de la part de LNCPP, en cas de résultat de conformité, ces produits seront mis en zone accepté approprié pour chaque type.
- En ce qui la localisation des produits au sein de l'entrepôt, elle se fait de manière qualitative, c'est-à-dire, les localisations les plus proches (de niveau inférieur) seront favorisés.

* *Pour les produits de type chambre froide (PCF) :*

Pour ce type de produits la même démarche est à suivre, sauf les zone de stockage en quarantaine et en conforme se font au sein d'une chambre froide.

Ce processus est considéré comme le cœur d'activités au sein du centre de distribution, car sa performance a un impact direct sur la performance de l'entrepôt ainsi qu'une influence sur les autres processus (préparation de commande).

➤ **L'analyse du processus**

Son analyse en temps réel nous a permis à formuler les remarques suivantes :

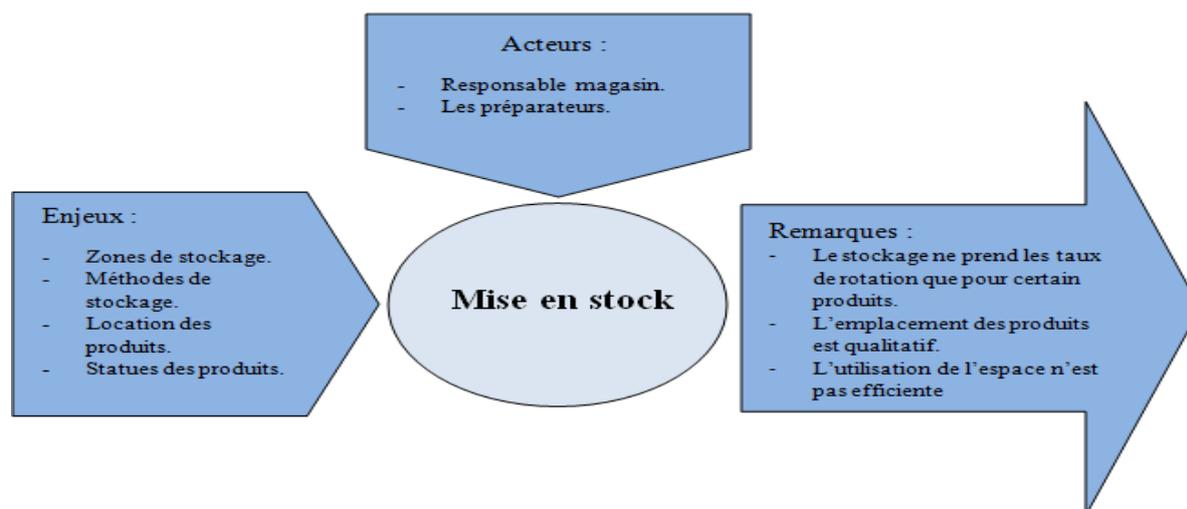


Figure I-13 Analyse du processus mise en stock.

I.3.4 Le processus inventaire

➤ Le déroulement du processus

L'inventaire physique est l'opération consistant à compter manuellement, le nombre de produits de chaque référence, et de chaque lot présent dans le magasin.

L'inventaire physique permet de vérifier que les soldes de stocks disponibles enregistrés sur les systèmes et fiches de stock, correspondent bien aux quantités de produits réellement disponibles dans le magasin.

Le centre de distribution de Pfizer connaît trois types d'inventaire : l'inventaire hebdomadaire, mensuel et annuel ainsi qu'un contrôle de stock quotidien.

i). L'inventaire hebdomadaire :

Les produits finis faisant l'objet de l'inventaire hebdomadaire sont sélectionnés sur la base d'une classification ABC dont les deux critères de classification sont : la valeur financière et le taux de rotation.

La fréquence de l'inventaire hebdomadaire est de :

- Les produits de classe A (2^{ème} semaine après la clôture).
- Les produits de classe B (3^{ème} semaine après la clôture).
- Les produits de classe C (4^{ème} semaine après la clôture).

Le responsable magasin procédera à la comparaison des résultats de l'inventaire physique avec le stock théorique (fichier des stocks) et le stock informatique (dans E1). Le résultat du rapprochement sera partagé avec le responsable magasin et département conformité dans un délai de 24h maximum.

ii). L'inventaire Mensuel :

A la fin de chaque mois (premier lundi après la clôture), un comptage physique est effectué sur tous les produits en stock au niveau du centre de distribution. Un seul comptage est réalisé par lot.

iii). L'inventaire Annuel :

Un inventaire général devra être fait chaque fin d'année et ceci conformément à la législation en vigueur. Un double comptage est réalisé.

Pour cet inventaire de fin d'année la présence du commissaire aux comptes est requise et est gérée avec le support du département finance.

iv). Contrôle quotidien des stocks :

Un contrôle de stock quotidien est effectué chaque fois que possible et par ordre de priorité, cet ordre est le suivant :

- Les produits vendus durant la journée.
- Les PC/P

La vérification se fera sur la base d'une fiche de stock à partir d'E1. Tout écart constaté devra être communiqué immédiatement au responsable magasin.

- *L'organisation des inventaires :*

Tout inventaire doit se faire en dehors des opérations courantes du centre de distribution afin de ne pas gêner l'activité.

Pour l'inventaire annuel, on doit désigner 3 équipes constituées de 5 personnes chacune. Elle devra inclure un représentant du département commercial, un représentant du département finance et 2 éléments de l'équipe logistique, la 5^{ème} personne se chargera de la transcription du comptage physique.

Les équipes permutent entre elles pour assurer le double comptage, ce comptage sera enregistré sur la fiche de stock qui ne doit en aucun cas contenir le stock théorique ou informatique.

- *La gestion des écarts et validation :*

En cas d'écart entre les deux comptages, un troisième comptage doit prendre place en présence du « Logistics & Compliance Manager ».

En cas d'écarts non justifiés, le Logistics & Compliance Manager doit informer le « Market Lead » afin de procéder aux investigations.

Au final un document de validation doit être établi par le LCM et envoyé au département finances.

➤ **L'analyse du processus**

Vu sa contribution à la bonne gestion du centre de distribution, le processus inventaire est considéré comme processus de support, son analyse est comme suit :

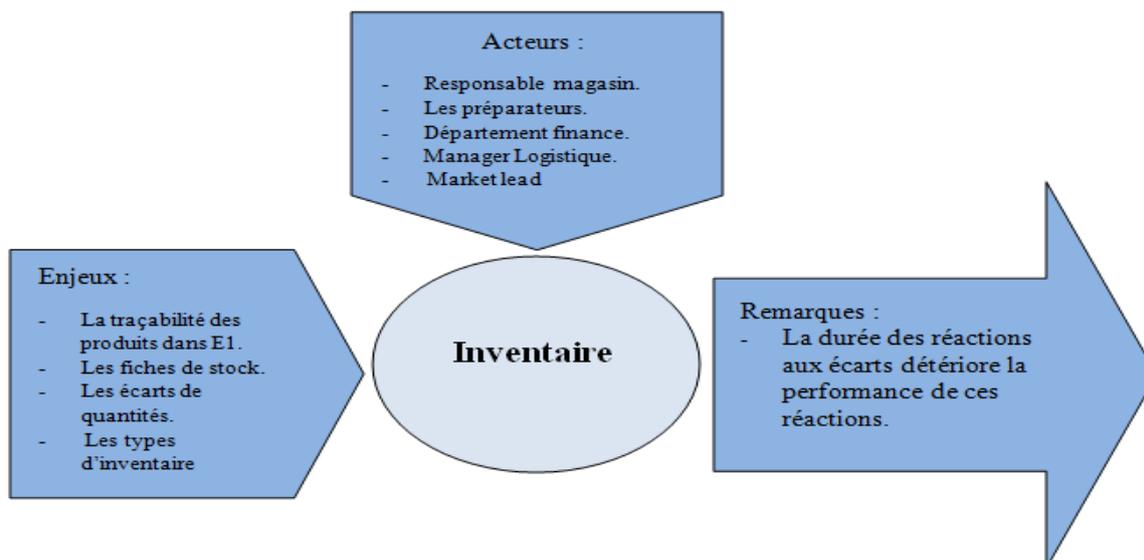


Figure I-14 Analyse du processus inventaire.

I.3.5 La préparation de commande

➤ Le déroulement du processus

Le lancement de commande est tout d'abord un ensemble d'ordre dans E1, pour assurer la traçabilité des produits dans le système ainsi que l'impression des différentes factures nécessaires. Dans E1, les étapes du lancement de la commande à la livraison sont représentées par des statues propres au progiciel, le schéma suivant explique les différentes étapes et leurs statues :

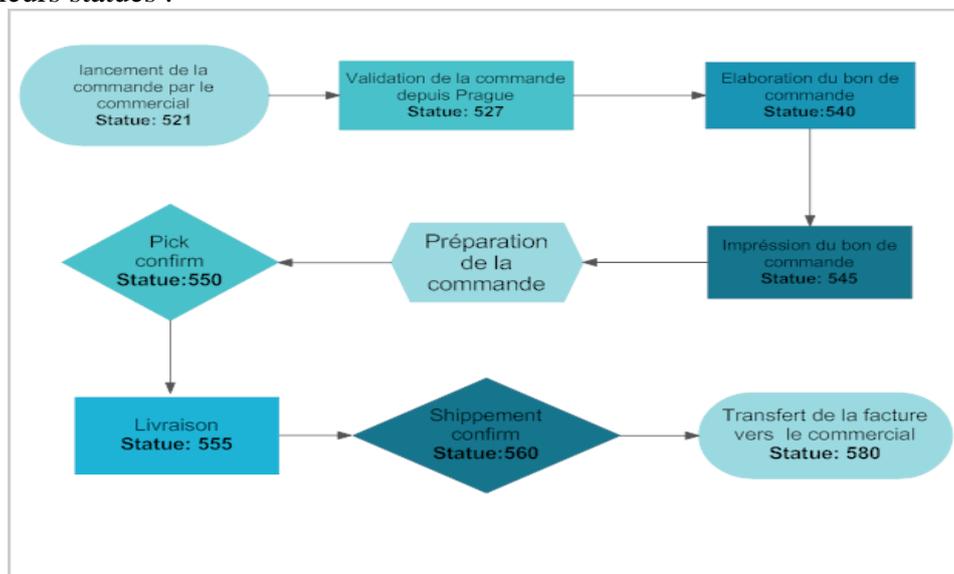


Figure I-15: Schématisation du processus préparation de commande sur E1

La stratégie de collecte adaptée par l'effectif de GSCPM est la : « pick and pack » ainsi que chaque commande est traitée par un seul préparateur sauf pour les grosses commandes qui nécessitent plusieurs préparateurs pour optimiser le temps de la préparation. Le nombre de commandes par jour est classé comme suit :

- Faible : entre 2 et 6 commandes ;
- Moyen : entre 10 et 15 commandes ;
- Important : supérieur à 30 commandes.

Pour des raisons de sécurité ainsi que pour faciliter la collecte des commandes en vrac, le centre est divisé en deux zones de stockage :

- La « pick zone » : qui représente le premier étage de chaque palettier dans laquelle il est permis d'avoir des palettes sans film et des caisses ouvertes.
- Le reste de l'entrepôt (du 2^{ème} au 6^{ème} étage de chaque palettier) est dédié pour le stockage des palettes entières filmées.

Durant la collecte les préparateurs suivront les emplacements des produits indiqués dans le bon de prélèvement tout en respectant les consignes suivantes :

- Les produits lourds sont collectés en premier ;
- Les produits ayant des caisses volumineuses sont souvent priorisés ;
- Il est strictement interdit de se déplacer avec le clark en ayant une charge soulevée.

A la fin de la préparation de la commande, le préparateur déposera la commande dans la zone dédiée accompagné du bon de prélèvement signé (qui va servir au comptage durant la livraison). Sauf pour les produits PC/P et Cold Chain qui devront rester dans leurs zones de stockage jusqu'à livraison.

➤ **L'analyse du processus**

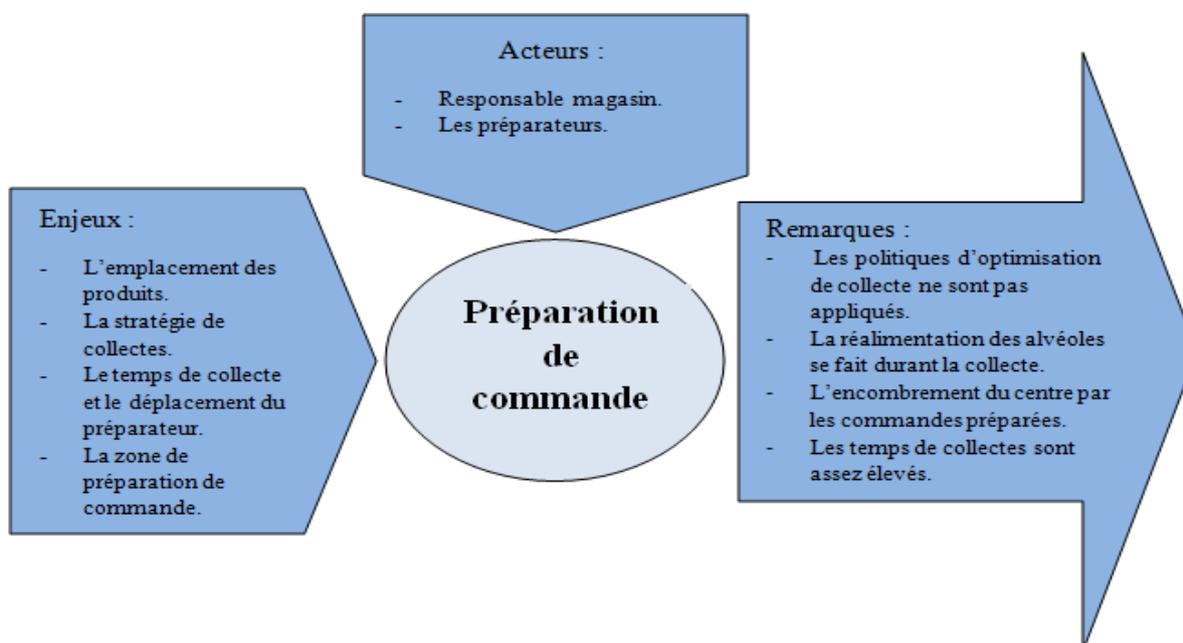


Figure I-16 Analyse du processus préparation de commande.

I.3.6 Le processus Livraison

➤ **Le déroulement du processus**

Après avoir préparé les commandes, le facturier établit le bon de livraison (BL) et la facture conformément au bon de prélèvement et visé par le chef magasinier. La livraison se

fait suivant une liste préétablie des clients ou suivant l'ordre d'arrivée. Le bon de livraison doit reprendre les informations suivantes :

La date
Le numéro du BL
Le code et désignation des produits
Le numéro de lot
La date de péremption
Le code, le nom et l'adresse du client
La quantité
Le conditionnement (nombre de colis)
Le vrac
Le PU gros, PU net, la remise, le montant net et le PPA (Prix Public Algérien)
Total prix grossiste, total remise et montant net à payer

Tableau I-1: Les composantes du bon de livraison

Avant le chargement des produits, le chef magasinier et ses magasiniers doivent procéder à un dernier contrôle des produits prévus pour livraison en présence du client, en insistant sur les points suivants :

- S'assurer de l'intégrité des palettes (film plastique intacte)
- S'assurer de l'intégrité des caisses et de la présence d'étiquettes d'identification sur chaque caisse.
- S'assurer de la présence d'étiquette « produit conforme » sur toutes les caisses.
- Vérifier que les quantités et les numéros de lots des produits préparés correspondent bien à ceux figurant dans le bon de livraison.

L'étape suivante est le chargement des produits dans les moyens de transport, mais avant cela le magasinier doit inspecter le véhicule et s'assurer que les conditions de sécurité sont respectées.

A la fin de l'opération du chargement, le chef magasinier remet au chauffeur une copie du BL accompagnée de la facture visée et cachetée.

➤ **L'analyse du processus**

Vu l'absence du transport dans l'activité de Pfizer, son analyse est comme suit :

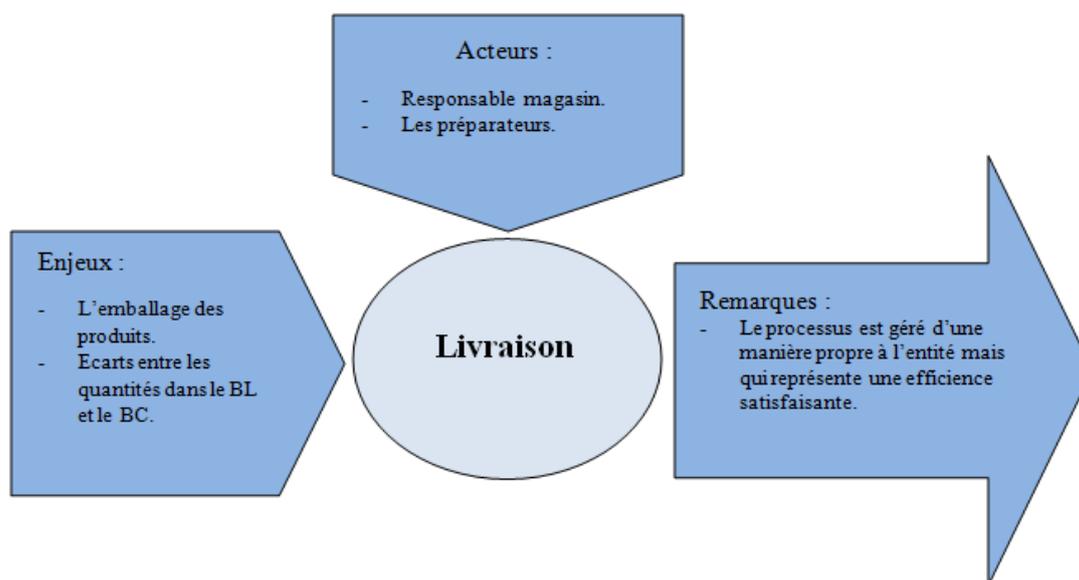


Figure I-17 Analyse du processus livraison.

I.4 Hiérarchisation des dysfonctionnements et problématique

Le diagnostic du centre de distribution de Pfizer GSCPM, nous a menés à l'identification d'un nombre important de dysfonctionnements qui sont de différentes natures et d'importances relatives. Certains d'entre eux peuvent ainsi résulter de problématiques très profondes touchant des activités fondamentales du centre et pouvant toucher à la pérennité de l'entité. Leur importance est jugée capitale. D'autres ne nécessitent qu'une amélioration de la façon d'exécuter une activité ou une procédure. Ceux-là ne remettent que très peu en cause le fonctionnement et la performance du centre de distribution. Leur importance est jugée moindre.

Par conséquent, avant de proposer des solutions aux problèmes détectés, nous avons jugée nécessaire d'établir une classification de ces derniers selon l'ordre de priorité de résolution afin d'évaluer leurs profondeurs afin de les mieux hiérarchiser et déterminer l'ordre de priorité de résolution.

Nous distinguons deux classes de dysfonctionnements :

Classe 1 : regroupe les dysfonctionnements jugés importants, et qui sont présentés comme suit :

- La localisation des produits au sein du centre de distribution

Elle se fait de manière qualitative en respectant dans certain cas une classification ABC selon deux critères (taux de rotation et valeur financière). Dans la majorité des cas cette classification selon la familiarisation des préparateurs avec les emplacements, chose qui présente plus d'inconvénients que d'avantages. De plus, cette allocation aléatoire engendre actuellement le deuxième dysfonctionnement abordé

- L'absence des règles d'allocation de l'espace

Le stockage aléatoire perturbe la gestion de l'espace au sein du centre. En effet, l'équipe se trouve toujours à combler des alvéoles vides sans se fier à une technique d'optimisation. Cela engendre un effort supplémentaire puisque le mauvais emplacement induit un déplacement en plus pour les préparateurs, ainsi qu'une mauvaise visibilité sur le taux d'occupation d'espace et la capacité restant du centre.

- Le manque de politiques de collecte

Mise à part le « pick and pack » aucune autre politique de collecte ni d'acheminement des préparateurs n'est appliquée pour assurer une optimalité en termes de temps de collecte et de déplacement des préparateurs.

- La réalimentation des emplacements

Dans la majorité des cas, la réalimentation des emplacements des produits dans la zone de collecte ou dans les emplacements les plus proches du dépôt se font lors de la préparation des commandes. Cela engendre un temps supplémentaire se traduisant négativement sur le processus de préparation de commande.

Les activités présentant des dysfonctionnements, cités précédemment font tous partie du processus de préparation de commande, En effet, étant donné son poids et sa contribution à la performance de l'entrepôt, la préparation de commande peut être influencée par plusieurs activités touchant à l'emplacement et la manutention des produits.

Classe2 : cette classe comporte les dysfonctionnements de degré de moindre importance. Nous nous contenterons donc pour ce type de dysfonctionnement de proposer des axes d'amélioration par rapport à :

- L'espace de réception insuffisant.
- Au temps de déchargements et d'expédition non enregistrés.
- La fiabilité des inventaires n'est pas mesurée.
- La zone de préparation de commande est souvent débordée.

Pour cette deuxième classe nous remarquons que les dysfonctionnements sont d'un ordre mineur par rapport à ceux de la première classe (c.-à-d. ils ne représentent pas un obstacle pour le fonctionnement du centre de distribution, mais un goulot pour l'amélioration de la performance).

Cet ensemble de dysfonctionnement est le fruit d'une négligence au niveau du suivi de la performance du centre, que ça soit au niveau tactique ou stratégique.

Ainsi, dans notre démarche de recherche de solutions, ces derniers vont se focaliser beaucoup plus sur la résolution des dysfonctionnements de la première classe par la présentation d'un levier d'amélioration permettant une meilleure allocation et gestion de l'espace et réduisant les temps et déplacements de collectes.

Pour la deuxième classe nous avons élaboré une solution de suivi basée sur l'instauration des indicateurs de performance qui feront émerger le centre de distribution dans une démarche d'amélioration continue.

Conclusion

A l'issue de ce chapitre nous avons pu cerner les dysfonctionnements que rencontre le centre, qui sont :

- Le positionnement des produits au sein du centre.
- Le suivi de la performance des processus du centre.

Les deux grands axes de dysfonctionnement précédents sont les piliers du processus préparation de commande qui représente lui-même le processus le plus important au sein du centre (ceci va être détaillé prochainement dans l'état de l'art), donc la nécessité d'amélioration devient cruciale pour ces derniers.

Par conséquent, notre problématique consistera à établir une démarche d'amélioration afin d'atteindre un rendement supérieur de ce processus pour optimiser l'efficacité du centre de distribution. En cela, nous allons suivre deux démarches distinctes, en fonction des problèmes mentionnés : le problème de positionnement des produits au sein de l'espace de stockage, et le problème du suivi de la performance.

Dans le chapitre qui suit nous présenterons les définitions de base des aspects abordés ainsi que les outils utilisés l'or de la réalisation de notre travail pour obvier à ces dysfonctionnements.

Chapitre II Etat de l'art

Introduction

Nous introduirons dans ce chapitre les définitions de base nécessaires à la compréhension des notions aborderons ultérieurement dans notre étude. Nous diviserons pour ce faire ce chapitre en trois sections. La première section permettra d'introduire la définition du concept de la chaîne logistique, « supply chain », et de son management et les outils cruciaux pour l'analyse de sa performance et ses dysfonctionnements. La seconde section comporte des généralités concernant les entrepôts ainsi que leurs caractéristiques et les processus qui les régissent. Et enfin, la troisième section décrit les différentes méthodes citées dans la littérature, ayant pour but d'accroître la performance des entrepôts.

II.1 La chaîne logistique

II.1.1 Définition de la chaîne logistique (Supply chain)

Selon (CHOPRA & MEINDL, 2013) , la chaîne logistique englobe tous les acteurs impliqués, directement ou indirectement, à la satisfaction de la demande du client final. Elle inclut, non seulement le producteur et le fournisseur, mais aussi l'entrepôt, le transitaire, le détaillant et même les clients eux-mêmes.

Au sein de chaque organisation, au même titre que la production, la chaîne logistique comprends toutes les fonctions impliquées dans la réception et la satisfaction d'une demande client. Ces fonctions englobent, sans s'y limiter, le développement de nouveaux produits, le marketing, les finances, la distribution et le service client.

D'autre part, la Chaîne Logistique est un réseau d'entreprises en interaction, liées entre elles par divers flux (flux de matières, d'informations et financiers), depuis l'approvisionnement en matière première jusqu'à la livraison finale, et œuvrant à la réalisation de produits ou de services pour des clients finaux. (Ellram, 1991)

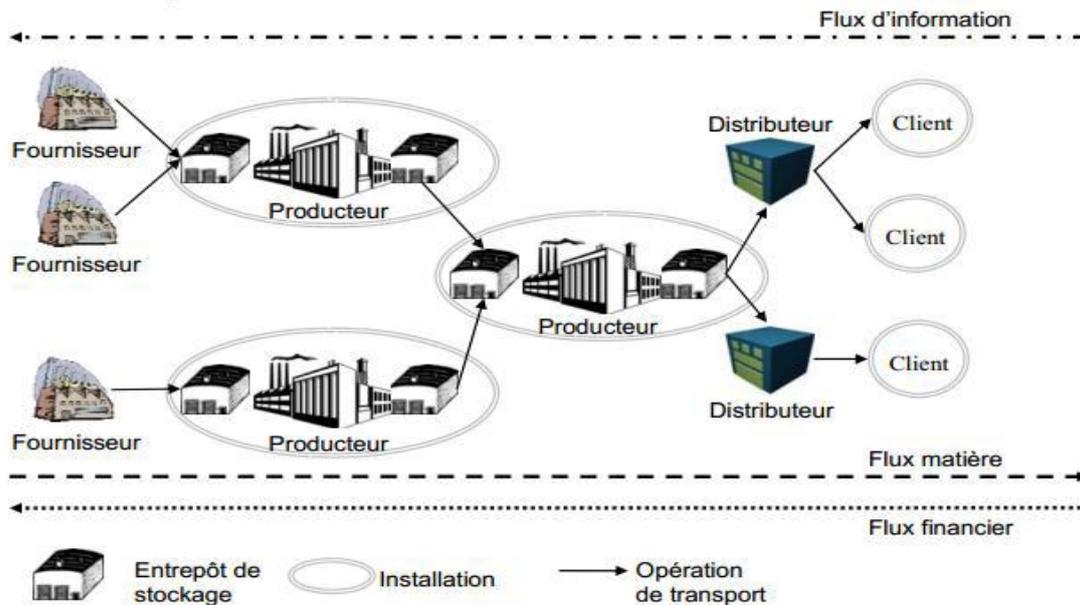


Figure II-1 Schéma représentatif de la Supply chain

II.1.2 Le management de la chaîne logistique (Supply chain Management)

On appelle Supply chain management (SCM) ou en français Gestion de la chaîne logistique (GCL) la gestion de l'ensemble des opérations liées à la supply chain, c'est-à-dire dès la gestion des flux circulant dans l'entreprise et entre l'entreprise et son environnement (approvisionnement, livraison, stockage, information, transactions financières...).

Autrement dit c'est gérer l'ensemble des ressources, moyens, méthodes, outils et techniques destinés à piloter le plus efficacement possible la chaîne globale d'approvisionnement et de livraison d'un produit ou service jusqu'au consommateur final (Glossaire International).

La gestion de la chaîne logistique conduit à intégrer de nombreux outils (notamment informatiques) qui couvrent des domaines variés:

- La planification : MRP, JIT, DRP, etc. ;
- La fabrication (OPT, CRP, Kanban, etc.) ;
- L'optimisation des stocks : méthode endogène ou exogène ;
- Le transport, entreposage ou magasinage (*Warehouse Management Systems*, ...) ;
- La gestion de l'information.

Pour toute chaîne logistique, l'objectif principal du Supply Chain Management est de maximiser la valeur ajoutée globale générée sur tout le long de la chaîne.

La valeur de la chaîne d'approvisionnement (ou bien le surplus de la chaîne logistique), n'est que la différence entre la valeur du produit final pour le client et les coûts qu'a subit la supply chain (CHOPRA & MEINDL, 2013):

$$\text{Surplus de la Supply Chain} = \text{Valeur du Client} - \text{Les coûts de la Supply Chain}$$

II.1.3 Les outils d'analyse de la chaîne logistique

Dans le cadre d'une démarche d'amélioration de la logistique, on peut procéder soit à un diagnostic, soit à un audit.

Le diagnostic est défini comme étant la description et analyse de l'état d'un organisme, d'un de ses secteurs ou d'une de ses activités, en matière de qualité, réalisé à sa demande et à son bénéfice, en vue d'identifier ses points forts et ses insuffisances, et de proposer des actions d'amélioration en tenant compte de son contexte technique, économique et humain.

La mise en œuvre et réalisation d'un diagnostic permet de faire une photographie de l'existant, un état des lieux. Ce travail permet de prendre en compte les spécificités, l'historique, des spécificités et les problématiques propres à une entreprise donnée.

L'audit est quant à lui, conçu pour mesurer la performance de l'entreprise, il concerne l'ensemble ou une partie du dispositif logistique. On vérifie, on valide comme dans un audit qualité qu'un certain nombre de processus sont bien mis en œuvre. On attribue alors des points si le processus est bien en place.

Sa définition selon la norme ISO19011 est la suivante : « 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 »

Il y a une grande différence entre un audit et un diagnostic et pourtant il y a toujours une forte confusion entre Diagnostic et Audit Logistique.

Un diagnostic Logistique est un travail de recherches de causes et d'effets qui concerne un champ particulier de la logistique de l'entreprise et vise à traiter un dysfonctionnement d'organisation et à améliorer la performance de l'entreprise.

Par contre, un Audit est une démarche de contrôle global ou partiel visant à vérifier l'existence de procédures au niveau de différentes fonctions. L'audit ne regarde pas les performances atteintes ou non, il vérifie qu'il existe un processus et des règles d'organisation correctement formalisées.

II.2 L'entrepôt au sein de la chaîne logistique

A partir des définitions précédentes de la chaîne logistique, on constate en effet que ces définitions convergent vers une schématisation de la chaîne logistique comme étant un ensemble de maillons (partenaires) échangeant des matières de l'information, dans le cadre de processus ayant comme but ultime la livraison de produits (ou services) aux clients finaux afin de satisfaire les exigences exprimées de ces derniers.

Etant mis en avant dans la plupart des descriptions de la chaîne logistique, l'entrepôt est sans doute l'un des maillons les plus importants de la Supply Chain, il représente un point d'articulation par lequel transitent les différents flux physiques et informationnels. (HNAIEN, 2008)

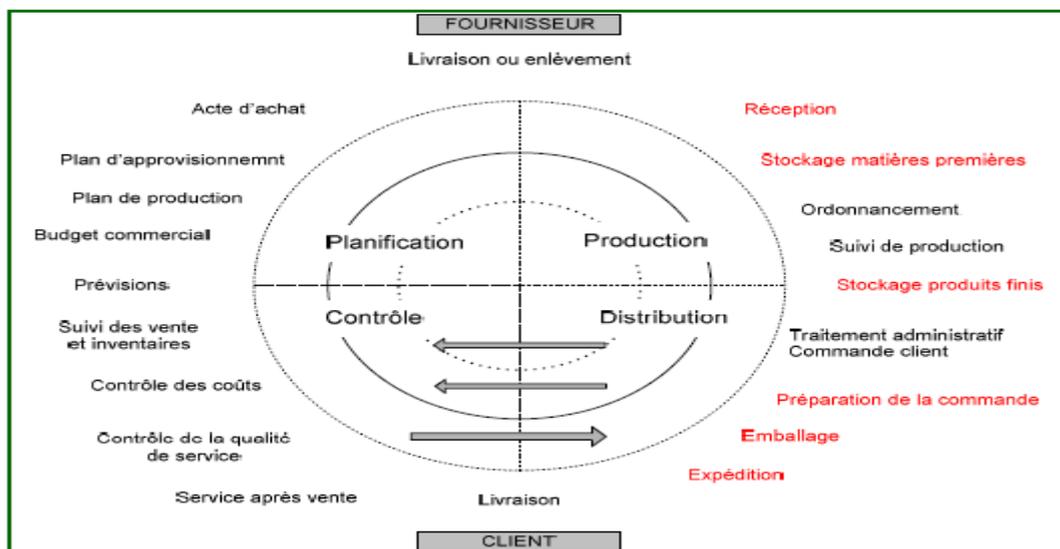


Figure II-2: Diagramme des flux logistiques (en rouge ceux qui caractérisent l'entrepôt) (Marchal, 2006)

II.2.1 Définitions et typologies d'entrepôts

Avant d'entamer les définitions, il faut mettre le point sur la différence entre les trois notions qui sont : entrepôt, magasin et plateforme.

Entrepôts et magasins sont tous les deux des espaces de stockage. La différence fondamentale entre les deux se situe à deux niveaux : la forme de l'infrastructure et le mode de gestion des emplacements.

- * **Le Magasin** est un espace toujours couvert. A l'intérieur, chaque article a un emplacement fixe (gestion statique des emplacements) qui ne change que très rarement au cours du cycle de vie du magasin. Les mêmes produits sont régulièrement approvisionnés. En l'absence d'un produit, son emplacement reste vide.
- * **L'entrepôt** quant à lui est un espace qui peut être ouvert (il est alors appelé « yard » ou « parc »), ou couvert comme un magasin. A l'intérieur, un produit peut régulièrement changer ou occuper différents emplacements (gestion dynamique des

emplacements) cela se justifie parfois par le fait qu'ils appartiennent à des clients différents. Dans l'entrepôt, les produits sont généralement en transit. Un emplacement libéré pourrait être occupé par un nouveau produit totalement différent. (Logistique conseil – Recherches, Information, Etudes, (2009))

- * Et enfin, la **Plate forme logistique** (cross-docking) est un point de consolidation dans un réseau de distribution dans laquelle on dégroupé et regroupe des marchandises reçues selon leurs destinations pour les envoyer aux clients le plus vite possible. vise également à réduire les stocks sur l'ensemble de la chaîne logistique tout en préservant la disponibilité des produits en linéaire, et ce partant du besoin du consommateur. (Rim Larbi, 2015)

II.2.2 Les caractéristiques d'un entrepôt

Un entrepôt (ou la fonction entreposage) peut être vu sous trois angles différents : les ressources, l'organisation. Les produits qui arrivent à l'entrepôt passent par un certain nombre d'étapes appelées processus. Les ressources sont tous les moyens, les équipements et le personnel nécessaires pour faire fonctionner l'entrepôt. Alors que l'organisation inclut tous les plannings et les procédures de contrôle utilisés pour faire fonctionner le système. (Amodeo, 2005)

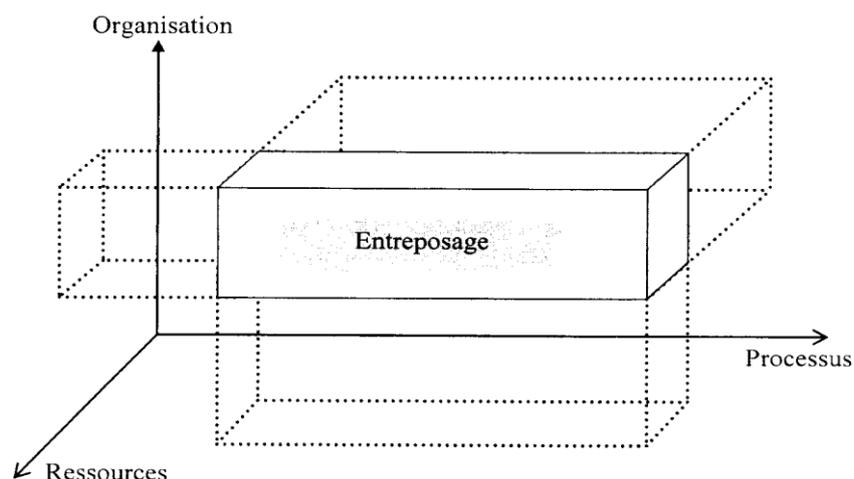


Figure II-3:Entreposage et ses composantes

II.2.2.1 Les ressources d'un entrepôt:

On peut distinguer trois types de ressources : le personnel, le bâtiment et les équipements.

Pour chaque organisation, aussi performante soit-elle ne peut nier l'apport de qualité des employés qui la servent. (Roux, 2008)

Le personnel constitue donc une ressource importante. Par conséquent la performance de l'entrepôt dépend largement de sa disponibilité. (Rouwenhorst, 2000)

Au sein d'un système de stockage, les activités peuvent être dénombrées en postes opérationnel, fonctions annexes, postes de maîtrise, service maintenance, service informatique, direction de l'encadrement et services administratifs. (Amodeo, 2005)

Les bâtiments comptent parmi les ressources fondamentales de tout système d'entreposage. Il est conditionné par différents paramètres dont le terrain, la position géographique, les accès et autres. (Amodeo, 2005)

Les équipements se divisent en deux types : les équipements fixes et les équipements mobiles. Parmi les équipements fixes nous citons: les palettiens (rayonnage à palettes), les cantilevers (systèmes de stockage pour les charges lourdes) et les casiers (dédiés aux produits de petite et moyenne dimension). Et parmi les équipements mobiles nous pouvons citer : les transpalettes (outils de manutention destinés aux transferts horizontaux de charges sur des palettes, les convoyeurs, les chariots élévateurs, les robots et les gerbeurs à bras porteurs.

II.2.3 Les processus d'un entrepôt

Au sein d'une chaîne logistique tout maillon est régi par le cheminement des flux physique et d'informations. Etant maillon de cette chaîne, l'entrepôt n'échappe pas à cette réalité. Dans ce qui suit est décrit l'ensemble des flux physique.

II.2.3.1 La réception

La réception sert d'assise pour assurer une bonne gestion des stocks. Si l'exécution est déficiente à la base, c'est tout le modèle de gestion qui en souffrira. Son déroulement est le suivant :

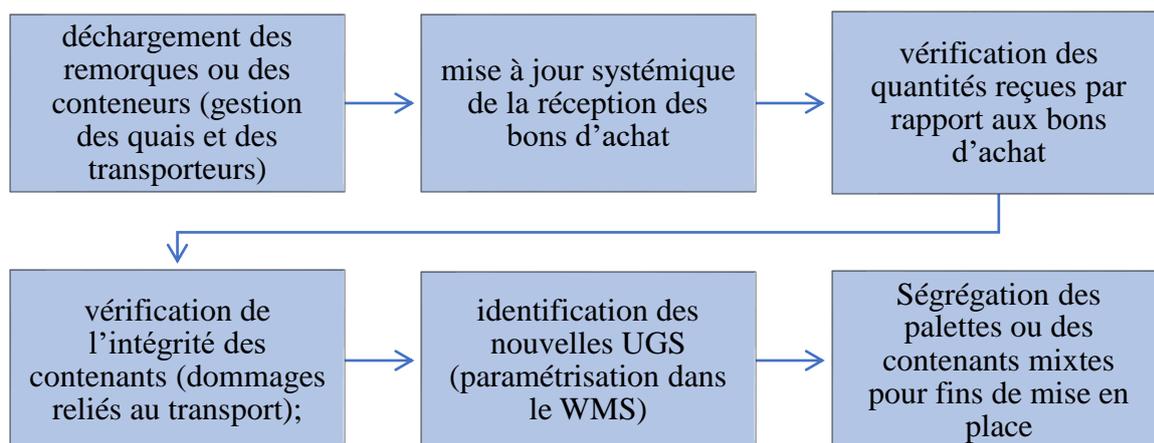


Figure II-4: Les activités principales de la réception

Plus le délai de réception est court, plus la disponibilité des stocks est rapide, ce qui permet de répondre aux besoins des préparateurs de commande et éviter les ruptures de stock. Il est important de comprendre qu'à l'intérieur d'un environnement aussi dynamique qu'un entrepôt, il existe cette notion de clients / fournisseurs entre les diverses fonctions. Les préposés à la réception détiennent un rôle crucial en relation avec les autres activités du magasin. Ils s'assurent que les bonnes quantités sont reflétées dans le WMS, que la mise en place est effectuée rapidement et au bon endroit et que toute anomalie par rapport à l'inventaire est identifiée. (David, 2015)

II.2.3.2 Stockage

Le stockage constitue l'activité majeure de l'entrepôt. Trois décisions fondamentales façonnent cette fonction :

*La quantité en stock d'un SKU à conserver au sein de l'entrepôt.

- *La fréquence de réapprovisionnement pour chaque SKU.
- *La localisation des SKU dans l'entrepôt, leur lieu de distribution parmi les différentes zones de l'enceinte.

Concernant les deux premières décisions convergent vers la résolution des problèmes que rencontrent le « sizing » des lots et leurs politiques de réapprovisionnement. (MARC GOETSCHALCKX, 1989)

D'autre part, selon (David, 2015) un entrepôt doit avoir une stratégie de localisation des SKU afin d'assurer un emplacement et un regarnissage rapide des UGS reçues. Pour gérer ces affectations, plusieurs politiques d'assignement sont envisageables, dans ce qui suit, seront énumérées les six différentes méthodes d'affectation les plus citées dans la littérature:

i). Stockage aléatoire :

Cette méthode consiste à affecter un produit en stock de manière aléatoire pour chaque réception en fonction des emplacements disponibles. L'avantage majeur de cette méthode est l'optimisation de l'espace de stockage dans la mesure où les emplacements sont utilisés en fonction des produits présents. (Mocellin, 2006)

Ce type d'affectation ne peut être réalisable qu'en présence d'un contrôle informatique de l'entrepôt. (Rene de Koster, 2006)

i). Stockage dédié:

Cette méthode consiste à spécifier des localisations fixes pour chaque produit, comme avantage, elle donne la possibilité de gérer l'ensemble des produits dans le cas où il y'a différence de poids ou de format. Cependant, l'inconvénient majeur de cette méthode c'est le fait qu'elle réserve des emplacements même pour les produits absents de l'inventaire. (Rene de Koster, 2006)

ii). La Forward-reserve allocation :

Cette stratégie consiste à séparer l'espace de stockage en deux parties: la première partie est dédiée au stock de distribution (collecte) et une seconde dédiée au stock de réserve. (David, 2015)

Cette stratégie peut être combinée avec les méthodes d'affectation précédente pour un meilleur rendement. Elle a comme avantage principale de diminuer les efforts de manutention, surtout quand les marchandises sont réceptionnées en gros conditionnement et distribuées en petites quantités. (Marchal, 2006)

Pour sa gestion, cette stratégie implique un réapprovisionnement interne à partir de la partie allouée au stock réserve vers la zone de collecte. (Rene de Koster, 2006)

iii). Stockage par classe :

Le concept du stockage par classe combine plusieurs méthodes citées auparavant. (Rene de Koster, 2006)

Cette politique consiste à définir plusieurs classes de références en fonction de leur volume de vente puis à affecter à chaque contenant entrant dans la zone de collecte n'importe quelle position parmi les positions libres de sa classe de référence. Cette politique est donc intermédiaire entre la politique de stockage aléatoire (cas limite avec une seule classe) et la politique de stockage dédié (cas limite avec autant de classes que de références).

En général, le nombre de classes est limité à trois et sont fréquemment nommées A, B et C, c'est pour cela que dans la plupart des revus on la retrouve sous l'appellation « Stockage-ABC ». (MARC GOETSCHALCKX, 1989)

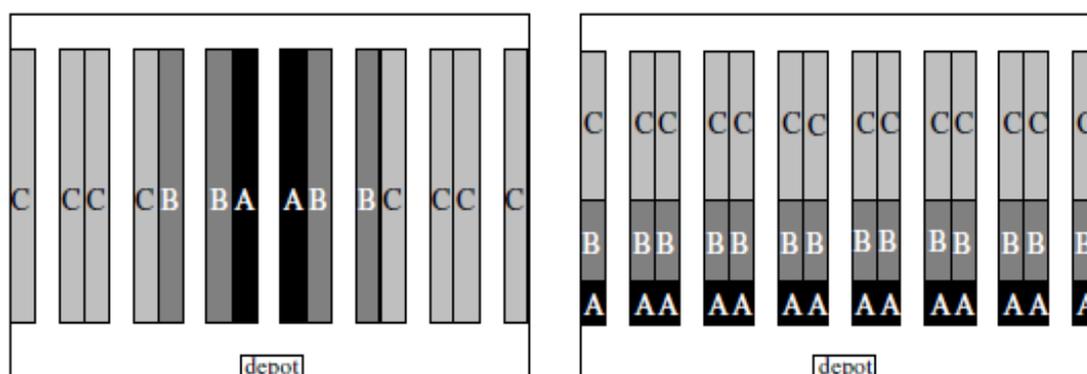


Figure II-5: Illustration de deux méthodes d'implémentation du stockage par classes

iv). Stockage par famille :

Toutes les méthodes de stockage citées au préalable sont fondées sur des critères bien précis mais ne prennent pas en compte la possibilité de présence de relations entre les produits, à titre d'exemple un client peut avoir tendance à commander deux produit conjointement. (Rene de Koster, 2006)

Cette méthode consiste à regrouper les produits en famille selon plusieurs critères, le critère le plus dominant est la corrélation statistique entre produits (c.à.d. fréquence à laquelle ils apparaissent dans la même commande). (Carlos Egas, 2008)

II.2.3.3 La préparation de commande

Cette phase peut se définir comme l'activité consistant à extraire, une quantité réduite de produit, du système de stockage dans le but de satisfaire un nombre indépendant de commandes clients.

L'objectif le plus commun de la préparation de commande est bien de maximiser le niveau de service sous contraintes des ressources disponible. Ce niveau de service est composé par une variété de facteurs qui sont : temps de livraison et l'intégrité de la commande et son exactitude. Ce processus comporte plusieurs système on peut en dénombrer cinq système majeurs (MARC GOETSCHALCKX, 1989)

PDC système	Mode de prélèvement	Utilisation de convoyeur	Qui se déplace	l'agent du prélèvement
Pick & pack	Par produit/commande	Non	Préparateur	Préparateur
Pick to box	Par commande	Oui	Préparateur	Préparateur
Pick & pack	Par produit	Oui	Préparateur	Préparateur
Parts to picker	—	—	Produit	Préparateur
Prélèvement automatique	—	—	—	Machine

Tableau II-1 Différents systèmes de préparation de commande

II.2.3.4 L'expédition

Cette phase constitue l'étape finale des flux physique de l'entrepôt, comme pour tout finalité, elle occupe une place importante pour l'entrepôt .Elle passe par deux étape qui sont : le contrôle de sortie et l'emballage pour les besoins commerciaux ainsi que la manutention et le chargement des moyens de transport. (Amodeo, 2005)

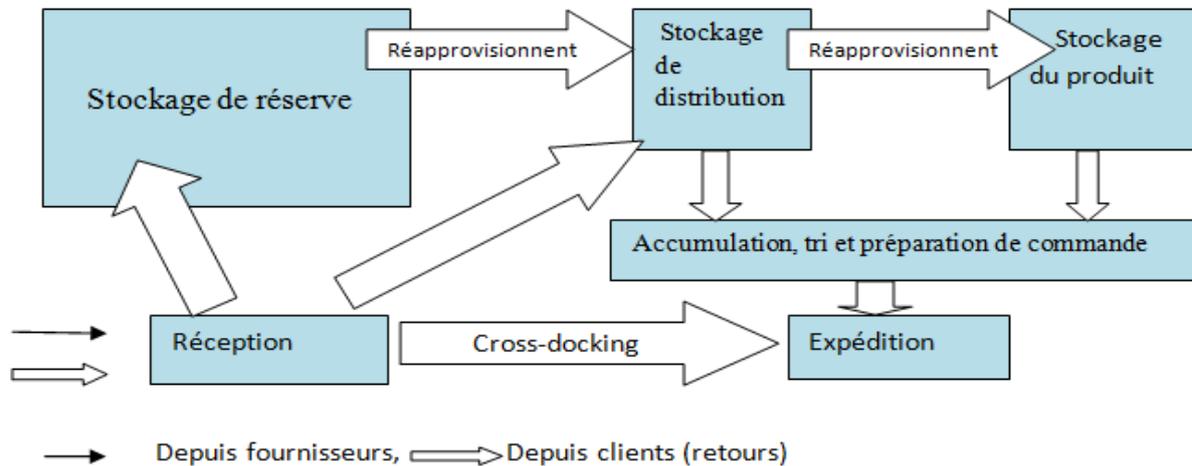


Figure II-6: Schématisation des opérations de l'entrepôt (Tompkins, 2003)

II.2.4 L'arrangement des entrepôts

L'un des facteurs à considérer dans la disposition de l'entrepôt est bien le degré de complémentarité entre les paires d'activités qui y sont menées. Le plus pertinent est l'étendue des flux logistiques (physiques ou d'informations) entre ces paires. De façon logique, plus le degré de complémentarité entre deux activités est grand plus il est convenable de les réaliser dans des zones proches. En fonction des flux logistiques, la disposition peut être conçue sous trois formes :

II.2.4.1 L'arrangement en Flow-through

Généralement appelée par arrangement en « I », elle consiste à implémenter en deux régions opposées les zones d'expédition et de réception. Le plus souvent, on trouve ce genre d'arrangement dans les cas où l'ensemble des produits passe par les mêmes tâches d'entreposage et de manutention. (G.Ghiani, 2013)

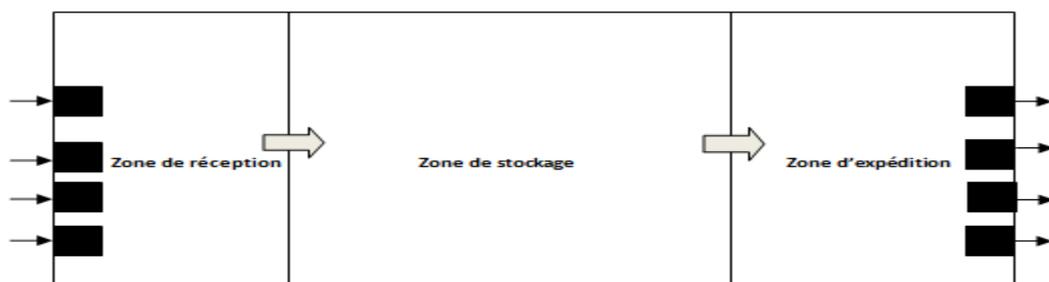


Figure II-7 Arrangement en flow-through (G.Ghiani, 2013)

II.2.4.2 L'arrangement en U-Flow

Nommé ainsi, car cet arrangement consiste à diviser l'entrepôt en deux coté, les zones de réception et d'expédition d'un coté et la zone de stockage de l'autre, les flux formeront ainsi un « U ». (G.Ghiani, 2013)

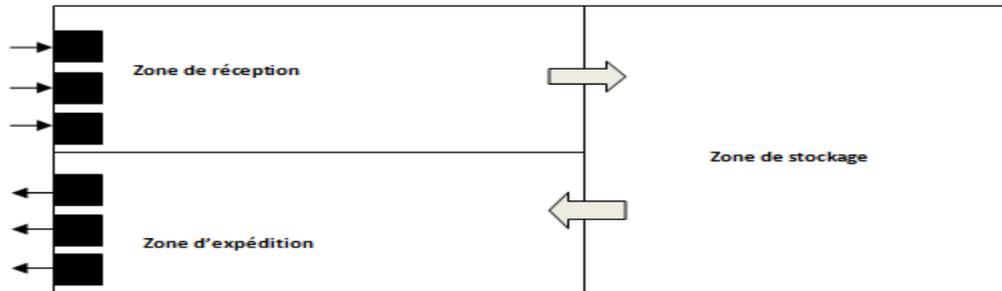


Figure II-8 Arrangement en U-flow (G.Ghiani, 2013)

II.2.4.3 L'arrangement hybride

Ce type d'arrangement ne présente pas une schématisation précise, les différentes zones peuvent se situer dans n'importe quelle région de l'entrepôt. Ce type de configuration est idéal lorsque les produits ne passent pas par les mêmes taches d'entreposage et de manutention dans l'entrepôt. (G.Ghiani, 2013)

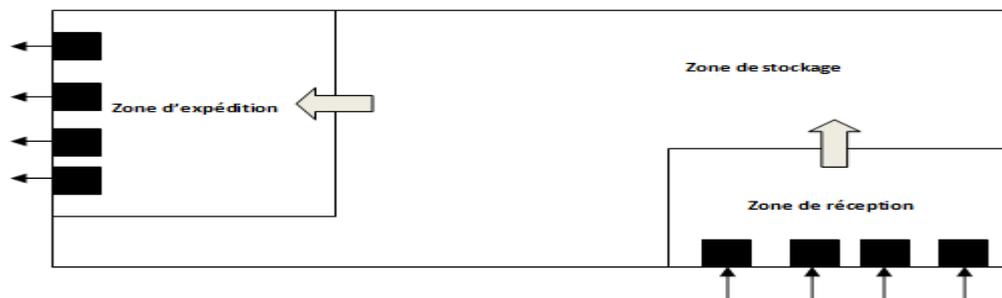


Figure II-9 Arrangement hybride (G.Ghiani, 2013)

II.2.5 La particularité des entrepôts pharmaceutiques

Les entrepôts pharmaceutiques ont une petite particularité par rapport aux autres entrepôts de marchandises, vue les produits stockés et leur sensibilité, ces entrepôts doivent avoir en plus quelques caractéristiques dans la conception et la manutention.

Concernant la conception, ce type d'entrepôts doit obéir à des zonages supplémentaires : espace pour vignettage (étiquetage), espace dédié aux produits de type « Cold Chain » et un espace séparé dédié aux produits sensibles (stupéfiant, dérivés sanguins ...).

Pour la manutention, un respect des conditions de stockage (éclairage, humidité, température...) est à gérer, en outre, le mode de gestion de la distribution se fait généralement selon une politique « FEFO » (first expired first out).

II.3 La Gestion de l'entrepôt

II.3.1 Complexité et la gestion des entrepôts

Comme toute entité dans la chaîne logistique, la gestion des entrepôts est concernée par des décisions stratégiques, tactiques et opérationnelles.

Au niveau stratégique on prend des décisions concernant la taille du ou des entrepôts, leur localisation, la sélection du matériel d'entreposage, le niveau d'automatisation des opérations, la taille des différentes zones fonctionnelles, l'agencement physique de la plateforme et tout ce qui concerne sa conception et qui a un impact sur la capacité de stockage.

Les décisions tactiques ont plus à voir avec la gestion de la main d'œuvre comme le calcul du personnel nécessaire, l'allocation des produits aux zones fonctionnelles, le calcul de la capacité de travail de la plateforme, la gestion des négociations avec les partenaires en amont et en aval de la plateforme.

Pour finir, les décisions opérationnelles consistent essentiellement à : déterminer les tournées de collecte, l'affectation du personnel aux différentes missions selon leur niveau de polyvalence, l'ordonnancement des tâches selon le planning d'entrée. (Carrera, 2010)

II.3.2 Les Stocks

Le stock peut être défini comme étant un produit que l'on garde en vue d'une utilisation ultérieure. Le fait de maintenir une quantité considérable de stocks peut avoir un effet néfaste sur la gestion financière d'une entreprise. Cependant, ces stocks sont nécessaires pour pallier les aléas liés aux délais de livraison, aux comportements changeants des consommateurs et aux canaux de distribution.

Le stock en lui-même peut être défini selon plusieurs types qui sont :

- * Matière première : La matière nécessaire pour la fabrication des produits finis.
- * Produits finis : Les biens fabriqués qui sont passés par tous les states de transformation y'compris le conditionnement.
- * Produits semi-finis : Des matières premières ayant subis quelques transformations.
- * Composantes d'assemblage : pièces qui entrent dans l'assemblage du produit fini, elles peuvent être des produits semi-finis comme elles peuvent être des pièces acquises par des sous-traitants.
- * Produits de maintenance : les produits qui servent à maintenir en bon état le fonctionnement des ressources responsables de la fabrication des produits finis.

Les stocks ont deux (02) principaux rôles dans l'entreprise, un rôle de régulation et un rôle de découplage :

- * La régulation : On entend par régulation la capacité des stocks à permettre à toutes les structures de l'entreprise de fonctionner dans les mêmes conditions sur un certain laps de temps : pas d'arrêt de la production, pas d'arrêt des ventes.
- * Le découplage : On entend par découplage la capacité des stocks à éviter à l'entreprise de subir systématiquement et immédiatement les perturbations ou les événements se produisant sur le marché (hausse de la demande, hausse des prix, offre en baisse). (Logistique conseil – Recherches, Information, Etudes, (2009))

➤ **La gestion des stocks**

L'art de la gestion des stocks est de satisfaire deux exigences opposées et contradictoires : assurer un taux de service le plus élevé possible avec un coût de possession le plus faible possible.

Le contrôle de la gestion des stocks se réalise à partir des indicateurs suivants :

- * le nombre de ruptures de stock et le coût des commandes de dépannage enregistrées durant une période rendent compte du niveau de service assuré.
- * les ratios de rotation ou de temps d'écoulement mesurent le poids financier des stocks.

Étant donné son impact notable sur la trésorerie de l'entreprise, la gestion des stocks a été longuement étudiée afin de déterminer les méthodes qui permettent de l'adapter, au mieux, aux besoins de l'entreprise.

À cet égard, on a pu démontrer qu'une bonne gestion des stocks s'appuie sur deux facteurs principaux : la date de la commande et la quantité commandée. En effet, il est possible de commander soit à date fixe, soit à date variable. De même que la quantité commandée peut être fixe ou variable.

En s'appuyant sur ces deux constantes, quatre combinaisons sont envisageables. Elles correspondent à autant de méthodes de gestion possibles :

➤ **La méthode de réapprovisionnement :**

Elle est également appelée « méthode calendaire » et consiste à commander à date fixe une quantité fixe, voisine de la quantité économique de commande (c'est la formule de Wilson ou QEC).

➤ **La méthode de gestion à point de commande :**

Elle adopte un système de commande à date variable mais à quantité fixe dans la mesure où c'est l'atteinte d'un niveau donné du stock (appelé, le point de commande) qui déclenche la commande de réapprovisionnement.

➤ **La méthode de rechargement :**

Il s'agit de commander à date fixe une quantité variable puisque le niveau du stock à compléter varie en fonction du volume de vente alors que la date reste la même.

➤ **La méthode de réapprovisionnement à la commande :**

Elle consiste à passer commande d'une quantité variable, à date variable, en fonction de la demande.

II.3.3 L'optimisation de la performance d'un entrepôt

La recherche sur la gestion des entrepôts et des centres de distribution a connu une augmentation significative au cours des dernières années. Traitant tous les processus d'un entrepôt qui sont réception, stockage, préparation de commande et expédition (respectivement : reception, storage, order picking and shipping en anglais), selon (Kyung Il-Choe, 1991), plus de 90% des revues se sont focalisés sur les deux processus qui sont : stockage et préparation de commande.

Cela est justifié par le fait que la préparation de commande est l'activité la plus exigeante en termes de ressources humaines, surtout pour les systèmes manuels, et celle qui

nécessite le plus important investissement en capital, surtout pour les systèmes automatisés (MARC GOETSCHALCKX, 1989) (Tompkins, 2003). En effet, il est estimé que 55 % des coûts d'opérations dans un centre de distribution peuvent être directement reliés à la préparation de commande.

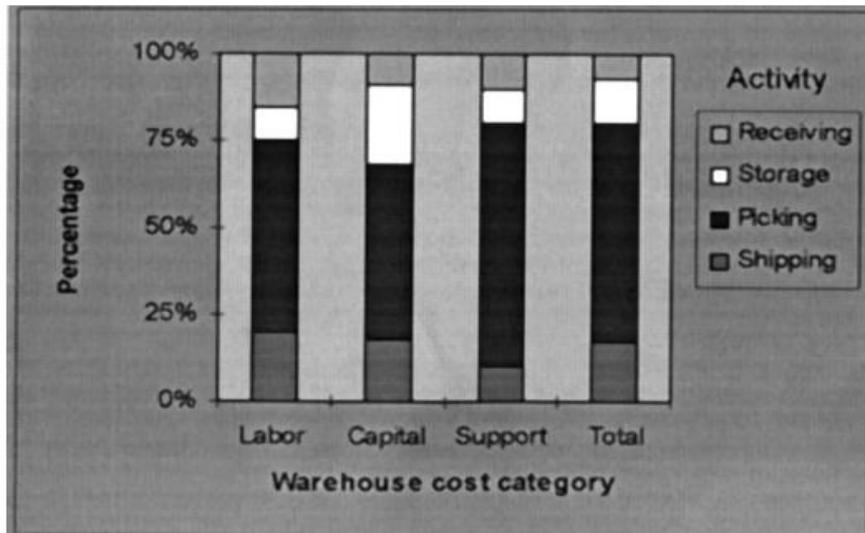


Figure II-10 Répartition de cout d'entrepasage sur les différents processus

Par conséquent, optimiser la performance d'un entrepôt est fortement lié avec l'optimisation du processus de la préparation de commande.

En analysant ce processus de près, on remarque aisément les activités qui influent sur le temps global pour la réalisation d'une commande : Déplacement, recherche du produit, collecte, préparation et autres activités. (Rene de Koster, 2006)

Comme le montre la figure qui suit (figure 12), le facteur le plus dominant reste la distance parcourue. C'est pour cette raison que la distance parcourue est souvent le premier élément à être optimisé.

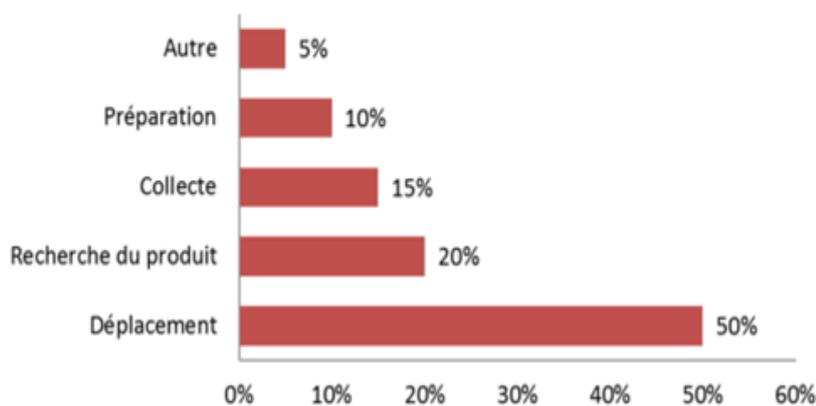


Figure II-11 Répartition du temps sur les différentes activités

Une fois la source du progrès connue, d'après (Rouwenhorst, 2000) les décisions des entreprises varient, entre tactique et opérationnel, vis-à-vis du contrôle et de la gestion de la préparation de commande. Ces décisions peuvent être regroupées selon cinq domaines qui sont : L'organisation et le dimensionnement de l'entrepôt, l'assignement du stock, le zonage, le traitement par lots de commandes et l'acheminement.

II.3.3.1 L'organisation et le dimensionnement de l'entrepôt

Appartenant au niveau tactique, ces décisions se résument aux réflexions concernant ces cinq questions :

- Quelle est le nombre de palletiers et quelles sont leurs dimensions ?
- Présence ou pas des passages entre rangées, si oui, combien ?
- La localisation des zones dans l'entrepôt ?
- Le nombre de rangées et les longueurs qui les séparent ?

II.3.3.2 L'assignement du stock

Déjà énumérées précédemment, les méthodes de localisation des produits jouent un rôle important vis-à-vis de la performance de la préparation de commande, dans ce qui suit on va éclaircir pour chaque politique ses apports à la préparation de commande.

i. Stockage aléatoire

Cette politique pouvant prendre la forme du stockage basé sur le plus proche emplacement vide, elle donne la possibilité aux préparateurs d'arranger l'entrepôt selon leurs convenances fondées sur un objectif de diminution d'efforts lors de la préparation de commande.

ii. Stockage dédié

Cette méthode donne la possibilité aux préparateurs de commande de se familiariser avec les emplacements des produits et donc comme résultat une performance améliorée en réduisant le temps de préparation.

iii. Reserve-Forward allocation

Cette méthode, comme déjà définie, par le biais de la séparation du stock de collecte de celui de la réserve donne une meilleure accessibilité lors de la préparation de commande optimisant considérablement ainsi le temps de collecte des produits.

iv. Stockage par classe (ABC) et le stockage par famille

Ces deux politiques prennent en compte certains critères pour le regroupement des produits, aboutissant ainsi à une réduction du trajet parcouru lors d'une collecte de produits.

II.3.3.3 Le zonage

Cette approche consiste à diviser l'entrepôt en zones, chaque préparateur sera affecté à une zone fixe pour la collecte des produits figurants dans sa zone. Comparer à d'autre méthode, le zonage a reçu peu d'attention malgré son impact important dans la performance des systèmes de collecte.

Parmi les avantages du zonage, le fait que chaque préparateur se déplace dans un périmètre restreint réduit la distance totale parcourue ainsi que l'encombrement lors de la collecte, ainsi que la possibilité que les préparateurs deviennent familiers avec l'emplacement de chaque produit dans la zone. L'inconvénient principal du zonage consiste dans le fait les commandes sont divisées et doivent être regroupées avant la livraison pour le client. De plus, il n'est performant que dans les grandes commandes qui contiennent une grande variété de produits.

II.3.3.4 Le traitement par lots de commande (Batching)

Quand les commandes sont faibles, il est possible d'optimiser le temps de déplacement en préparant un groupe de commande en un seul tour de collecte. La collecte par lots de commandes est une méthode qui consiste à grouper les faibles commandes en lots de commandes pour préparer chaque lot en un seul tour de collecte.

Selon (Kyung Il-Choe, 1991), il existe deux critères pour ce traitement : la proximité des emplacements de collecte et l'intervalle de temps. Le traitement basé sur la proximité des emplacements, regroupe les commandes ayant des produits qui figurent dans des emplacements près les uns des autres, ici la difficulté est de calculer la proximité entre plusieurs produits de plusieurs commandes à la fois. L'autre traitement considère les commandes qui arrivent dans le même intervalle de temps comme un seul groupe.

II.3.3.5 Acheminement (Routing)

L'objectif de l'acheminement est de séquencer les produits dans les commandes pour assurer un déplacement efficace dans l'entrepôt.

Le problème d'acheminement des préparateurs est un cas spécial du problème du voyageur de commerce. Le préparateur commence son voyage à partir du dépôt (sa ville initiale) là où il reçoit la commande pour laquelle il doit visiter tous les emplacements, puis retourner au point de départ.

En pratique, ce problème est résolu par des heuristiques, la figure ci-dessous (figure 11) présente les différentes heuristiques rencontrées dans la littérature.

La plus simple des heuristiques est l'heuristique « S-Shape » : chaque couloir contenant un produit figurant dans la commande doit être visité. Ceux qui ne contiennent pas de produits ne sont pas visités, le préparateur doit terminer son déplacement en retournant vers le point de départ.

Une autre heuristique simple, c'est l'heuristique « Return » : ou les couloirs sont visités et quittés par la même ouverture, les couloirs qui ne possèdent pas de produits figurants ne sont pas entrés.

L'heuristique « Mid-point » divise l'entrepôt en deux, le préparateur se dirige vers le fond et commence à visiter chaque demi-couloir contenant des produits jusqu'au dernier couloir, et il refait le même travail en passant vers l'autre côté.

Une autre heuristique un peu similaire à la précédente, c'est la « Largest gap » : le gap représente la distance qui sépare deux collectes adjacentes, entre la première collecte et le front ou bien entre la dernière collecte et le fond de l'entrepôt.

Pour l'heuristique « Combined », les couloirs contenant des produits sont soit complètement traversés soit visités et quittés de la même ouverture.

Des études montrent que l'heuristique « largest gap » est toujours meilleure que le « midpoint », quelque soit la situation, on peut donc envisager de ne pas considérer l'heuristique « midpoint ». Une autre étude, réalise des simulations numériques sur les trois heuristiques principales (return, midpoint, S-shape), et on a déduit que pour des petites commandes (4 ou inférieur) la meilleure est « return », pour des commandes moyennes, il faut utiliser « midpoint », et pour les grandes commandes (supérieur à 80 produits), « S-Shape » donne les meilleurs résultats. (Rene de Koster, 2006)

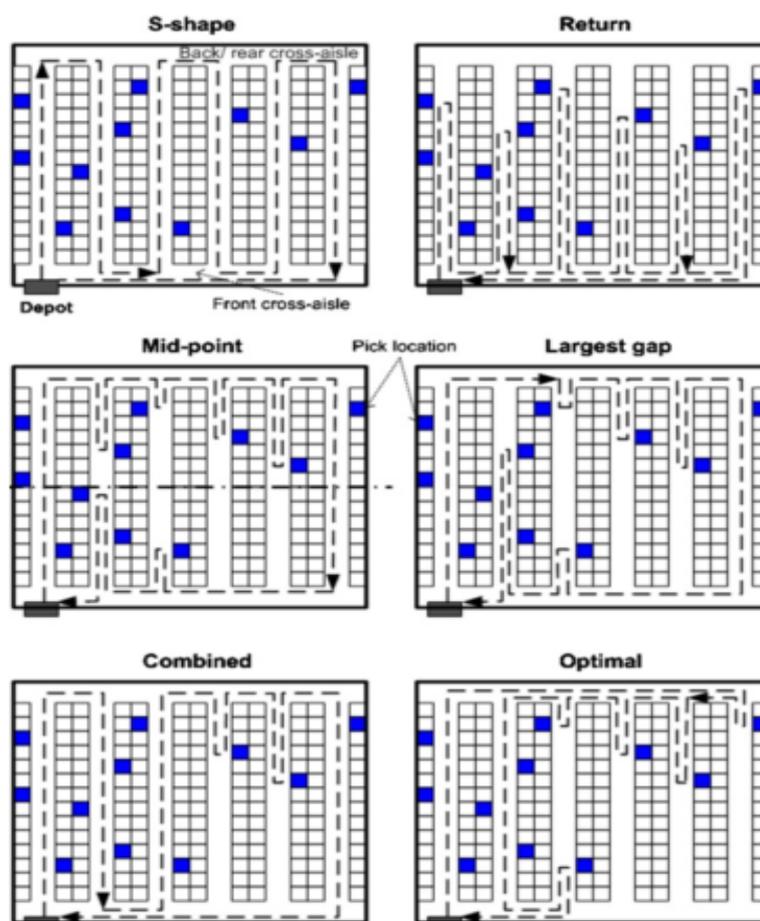


Figure II-12 Les différentes heuristiques d'acheminement

II.3.4 Gestion de l'entrepôt et les systèmes d'information :

Un WMS est un programme informatique destiné à gérer un entrepôt logistique. Son objectif est de gérer des stocks pour préparer et expédier les commandes clients.

Il permet d'enregistrer les flux physiques (entrées, sorties), de gérer les opérations internes (conditionnement, kitting, colisage, ...), et de mettre à disposition les documents administratifs (billet de livraison, récépissé de transport, ...).

Un WMS doit représenter l'entrepôt comme un assemblage de zone de stockage (Accumulation, Rack, ...) contenant des références articles de compte clients (potentiellement différent).

Les flux (entrées / sorties) physiques d'un article dans l'entrepôt sont enregistrées dans le système pour être capable de réaliser à tout moment un inventaire.

Le périmètre d'un WMS est limité et ne couvre pas toute la chaîne logistique, en générale l'outil se borne à générer des fonctions propres à l'entrepôt pour mieux gérer les flux des stocks aussi bien en qualité qu'en quantité. Ses fonctions sont :

- * La fonction générale de gestion de l'entrepôt : Cette fonction doit permettre pour l'entrepôt de définir et de gérer les différentes activités qui s'y déroulent.
- * La fonction articles : cette fonction permet de connaître les données dynamiques, par ex : référence d'articles, date de réception, classe de rotation...
- * La fonction gestion des stocks : elle est l'une des bases essentielles des outils informatiques de gestion d'entrepôt.

- * La fonction réception : elle correspond à l'entrée des produits sur le site. Elle est fondamentale car c'est cette étape qui va permettre de faire entrer les produits dans le système d'information et de les gérer de façon optimisée.
- * La fonction préparation de commandes : elle regroupe plusieurs étapes et activités au sein de l'entrepôt, notamment les opérations de collectes.
- * La fonction expédition : elle constitue le dernier maillon de la chaîne dans la gestion de l'entrepôt. Elle gère l'édition des documents de transport.
- * La fonction synthèse et contrôle.

Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons restitué les outils et les concepts théoriques nécessaires pour traiter la problématique. L'Etat de l'art nous a permis de mieux appréhender le concept de la « supply chain », de se familiariser avec les entrepôts et d'initier les domaines d'action dans une optique d'amélioration de la performance.

Par conséquent, dans notre démarche nous allons proposer une politique de localisation des produits basé sur des algorithmes de regroupement ainsi qu'un ensemble d'indicateurs de performance pour assurer un suivi permanent du centre de distribution, et cela pour augmenter au mieux le rendement et l'efficacité de l'entrepôt.

Chapitre III Amélioration de la Performance du centre de distribution

Introduction

À partir de l'analyse précédente de l'état des lieux de l'entrepôt des produits finis, nous avons constaté que parmi les problèmes aperçus, certains ont un important impact sur le rendement de l'entrepôt, notamment le problème de localisation des SKU's dans le centre de distribution, les déplacements inutiles à travers l'ensemble des zones fonctionnelles et le problème de mesure de la performance des différents processus du centre de distribution. Pour remédier à ces problèmes, nous avons envisagé deux démarches pour la résolution.

La première démarche vise la résolution du problème des localisations et des déplacements inutiles. Dans cette fin nous allons tout d'abord élaborer un nouvel arrangement des localisations par le biais d'un algorithme de regroupement ainsi qu'un chevauchement avec la politique de « Forward-reserve-allocation ».

La deuxième démarche, consiste à présenter une proposition d'indicateurs de performances pour tenter de remédier au problème de mesure de la performance.

III.1 L'optimisation du positionnement dans l'entrepôt

Notre objectif principal de cette solution est de résoudre la problématique liée au positionnement des produits dans le centre de distribution GSPM pour ainsi fluidifier le processus préparation de commande. Cela sera le résultat de la réduction des déplacements et des réapprovisionnements internes.

Pour atteindre ces objectifs, la démarche retenue est la suivante :

- * Etape1: Séparation de la zone de stockage en deux parties : zone de collecte zone de réserve.
- * Etape2: Détermination du volume à accueillir dans la zone de collecte, par le biais de la résolution d'un modèle mathématique.
- * Etape3: Application d'un algorithme de regroupement des produits sur la base des corrélations entre ces derniers sur un historique de commandes.
- * Etape4: Détermination des emplacements adéquats pour chaque produit après étude des résultats précédents.
- * Etape5: Détermination des emplacements de la partie du stock dans la zone de réserve.

La **Première étape** celle de la séparation de la zone de stockage, est une étape essentielle à l'initialisation du processus d'optimisation.

Afin de structurer notre solution d'optimisation, une stratégie d'entreposage est mise en place. Celle ci doit respecter le principe de la stratégie « Forward-reserve allocation », qui consiste à séparer la zone de stockage en deux sous-zones, la réserve (zone de réserve) pour le regarnissage et le stock disponible à être sélectionné par les employés (zone de collecte).

En tenant compte de la disposition du rayonnage du centre de distribution, l'effectif a comme habitude de désigner le premier étage des palettiers comme étant la zone de collecte. En effet certaines mesures de sécurité propre à Pfizer exigent que le stockage des caisses et de palettes ouvertes ne puisse pas se faire que dans le premier étage. Par ailleurs, les produits

stockés à partir du deuxième étage doivent être emballés. Par conséquent dans le cadre de notre solution la séparation aboutira comme suit :

- Zone de collecte : le premier étage des palettières des différents rayons, soit **237** emplacements.
- Zone de réserve : le reste des étages des palettières

Ce n'est qu'après avoir déterminé la zone de collecte que nous pouvons déterminer les volumes à stocker dans cette zone. C'est l'objet de la deuxième étape du processus.

III.1.1 La détermination du volume à stocker dans la zone de collecte

Dans le but de déterminer le volume à allouer aux produits, l'idéale serait d'avoir les prévisions des ventes futures et de les traiter ensuite pour aboutir aux volumes appropriés pour chaque produit. Pour des raisons de confidentialité l'entreprise ne peut point divulguer ses prévisions de ventes pour les mois futurs. Nous les avons donc estimées par nous-mêmes.

Afin d'aboutir au volume à allouer, la démarche se décrit en deux phases, la première consiste à calculer les prévisions des différents produits par le biais de la méthode de box-jenkins, enfin déterminer le volume optimale à stocker en utilisant les résultats d'un programme mathématique.

III.1.1.1 Calcul des prévisions

L'estimation des prévisions sollicite un historique important des ventes, à cet effet nous avons eu à notre disposition l'historique des ventes des quatre dernières années soit 2013, 2014, 2015 et 2016, en nombre de boîte vendues.

Dans cette optique, les données seront regroupées, pour faciliter le calcul des prévisions, en trois classes selon un classement ABC ayant comme critère la quantité de ventes des articles. A la fin du calcul, le résultat des prévisions sera désagrégé sur l'ensemble des produits par le biais d'une pondération des articles suivant leurs poids de ventes dans chaque classe qui les contient.

Tenant compte de la complexité des trois séries, tendances, saisonnalités et fluctuation aléatoires apparentes, la méthode « Box&Jenkins » est la plus adaptée. Effectivement, elle donne la possibilité de construire un modèle, par le biais des modèles ARMA, restaurant au mieux le comportement d'une série temporelle suivant une procédure en trois étapes : identification, estimation et validation (voir **Annexe III**)

La méthode sera détaillée pour la première série (Classe A), et au final les résultats généraux seront donnés pour les deux autres classes.

a). Etude préliminaires de la série brute « Classe A »

La série représente l'évolution mensuelle des ventes sur une période allant de 2013 à 2016.

En examinant la représentation graphique de la série, sur la figure qui suit, on constate la présence d'une tendance et que la série « classe A » est affectée par une saisonnalité, ces constatations seront vérifiées par la suite.

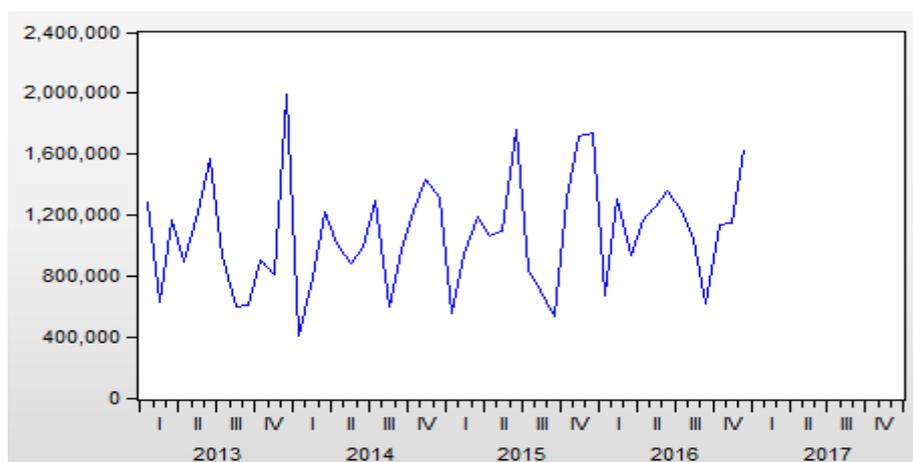


Figure III-1: Représentation graphique de la série classeA

b). Test de saisonnalité de Fisher:

Afin de tester la saisonnalité la série « classeA », on a effectué le test de Fisher sur Excel, par l'utilisation de l'utilitaire d'analyse de la variance, il consiste à tester l'hypothèse nulle d'absence de saisonnalité contre l'hypothèse alternative.

H_0 : Pas de saisonnalité

H_1 : Il y a une saisonnalité

Si la Pvalue est inférieure à 0.05 on rejette l'hypothèse H_0 et on accepte l'hypothèse H_1 , donc une présence de saisonnalité. Ou bien nous pouvons aussi utiliser le test de Fisher, si la valeur du test calculé est supérieure à la valeur tabulée au seuil 5%, on rejette H_0 et on accepte H_1 , donc présence de saisonnalité.

Les résultats montrent clairement que la valeur calculée égale à **2.93** est supérieur à la valeur critique de F à 5% étant égale à **2.83**. On rejette donc l'hypothèse H_0 d'absence de saisonnalité et on accepte l'hypothèse alternative. Cela est confirmé par la valeur de la Pvalue égale à **0,019** et qui est inférieur au seuil étant égale à 0,05.

c). Identification du schéma

Afin de savoir quel type de coefficients il faudra utiliser , nous allons procéder à la méthode analytique qui consiste à calculer pour chacune des années la moyenne et l'écart type, puis vérifier la liaison entre ces derniers par la méthode des moindres carrés, autrement dit, on doit chercher à estimer le modèle suivant : $\sigma x(\text{l'écart type}) = aM(\text{moyenne}) + b$

Deux cas se présentent :

- L'écart type n'est pas une fonction de la moyenne, le modèle est additif, la pente de la droite est non significativement différente de 0 et peut être considérée comme nulle, l'écart type est à peu près constant dans le temps.

- L'écart type est fonction de la moyenne, le modèle est multiplicatif. La pente de la droite est significativement différente de 0.

Ces deux cas se traduisent par le test suivant :

H_0 : a est non significativement différent de 0 → schéma additif

H_1 : a est significativement différent de 0 → schéma multiplicatif

	Coefficients	Erreur-type	Statistique t	Probabilité	Limite inférieure pour seuil de confiance =95%	Limite supérieure pour seuil de confiance =95%
Constante	1.004747546	0.024069186	41.74414318	0.00057337	0.901186197	1.108308895
Variable X 4	0.155879016	1.004747546	0.15514247	0.89095192	-4.167200756	4.478958788

Figure III-2: Résultat du Buys et Ballot

On obtient une Pvalue = 0,89 > 0,05. On accepte donc H_0 . Le coefficient M_i est par conséquent non significatif. On peut conclure qu'il s'agit bien d'un schéma additif.

d). Correction de la série des variations saisonnières

Maintenant que nous savons que la série est affectée d'une saisonnalité et que le modèle de décomposition de la série chronologique est de type additif, nous pouvons procéder à la dessaisonnalisation par le biais des coefficients saisonnier pour un schéma additif. Et nous aurons ainsi une série corrigée des variances saisonnières.

Scaling Factors:		
1		-510988.0
2		-51208.63
3		45928.72
4		9541.748
5		-3835.030
6		287316.3
7		-19611.47
8		-411250.2
9		-345739.0
10		98489.04
11		268514.2
12		632842.4

Figure III-3: Coefficients saisonniers

Testons l'existence de la stationnarité par les tests de Dickey- Fuller.

e). Test de Dickey-Fuller

Afin de déterminer le type de non stationnarité le test de Dickey-Fuller est effectué.

Nous commençons par estimer le modèle avec tendance et testons l'hypothèse de non significativité du paramètre b (coefficient de la tendance).

La règle de décision est la suivante :

- Si la valeur de la P-value de la tendance est supérieure au seuil α , l'hypothèse de non significativité de b est acceptée.
- Sinon, elle est refusée et le paramètre est significatif, d'où l'existence d'une tendance.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
VENTESA(-1)	-1.197817	0.127760	-9.375523	0.0000
C	1159252.	143385.0	8.084894	0.0000
@TREND("2013M01")	4791.217	2219.440	2.158750	0.0364

Figure III-4: Résultat du test du facteur de tendance

Les résultats obtenus montrent que la P-value=0.036 est inférieure à 0.05, ce qui implique que le coefficient b est significatif confirmant ainsi l'existence d'une tendance.

On teste l'hypothèse nulle $\Phi-1 = 0$ (existence d'une racine unitaire) contre l'hypothèse alternative $\Phi-1 < 0$ (absence de racine unitaire) en se référant aux valeurs tabulées par Dickey-Fuller. Dans la mesure où les valeurs critiques sont négatives, la règle de décision est la suivante :

- Si la valeur calculée de la t-statistique associée à $\Phi-1$ est inférieure à la valeur critique au seuil de 5%, on rejette l'hypothèse nulle de non stationnarité.
- Si la valeur calculée de la t-statistique associée à $\Phi-1$ est supérieure à la valeur critique au seuil de 5%, on accepte l'hypothèse nulle de non stationnarité.

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-8.808043	0.0000
Test critical values:		
1% level	-3.577723	
5% level	-2.925169	
10% level	-2.600658	

Figure III-5: Résultat du test la racine unitaire

Dans notre cas $t_{cal} = -8.80 < t_{tab} = -2.92$. L'hypothèse nulle est refusée, ceci implique qu'il n'y a pas de racine unitaire. Selon les résultats du test de Dickey-Fuller le modèle étudié est un processus TS.

f). Stationnarisation

Afin de rendre la série stationnaire, une régression sur le temps de la série « QTE » est effectuée à l'aide du logiciel Eviews. Une nouvelle série est générée en retranchant la valeur estimée « $\hat{\alpha}_0 + \hat{\alpha}_1 t$ » de la valeur de « ventes » en t. Le graphe de la nouvelle série « Y » est représenté dans la figure qui suit :

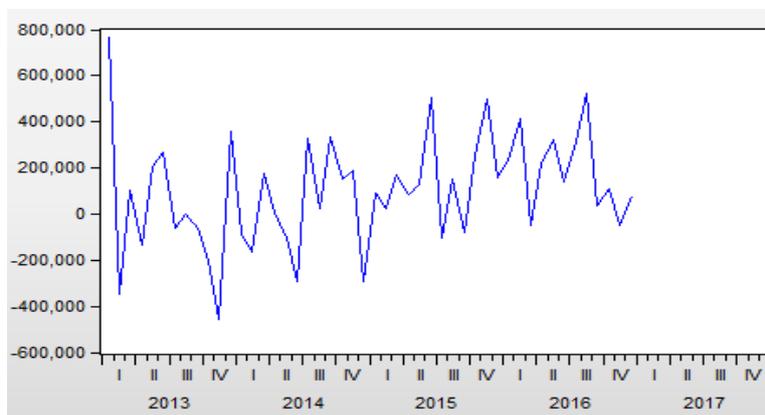


Figure III-6: Représentation graphique de la série stationnaire

Après avoir appliqué le test de Dickey-Fuller sur la nouvelle série on confirme que la série est stationnaire, nous pouvons maintenant passer à l'étape d'identification du modèle.

g). Identification du modèle :

Dans cette étape, il s'agira de déterminer, à partir de l'observation des fonctions d'auto-corrélation simple et partielle, dans la famille des modèles de types ARMA (p, q), autorégressif d'ordre p et moyenne mobile d'ordre q, le modèle adéquat. Les fonctions de corrélation simple et partielle sont représentées dans le corrélogramme de la figure qui suit :

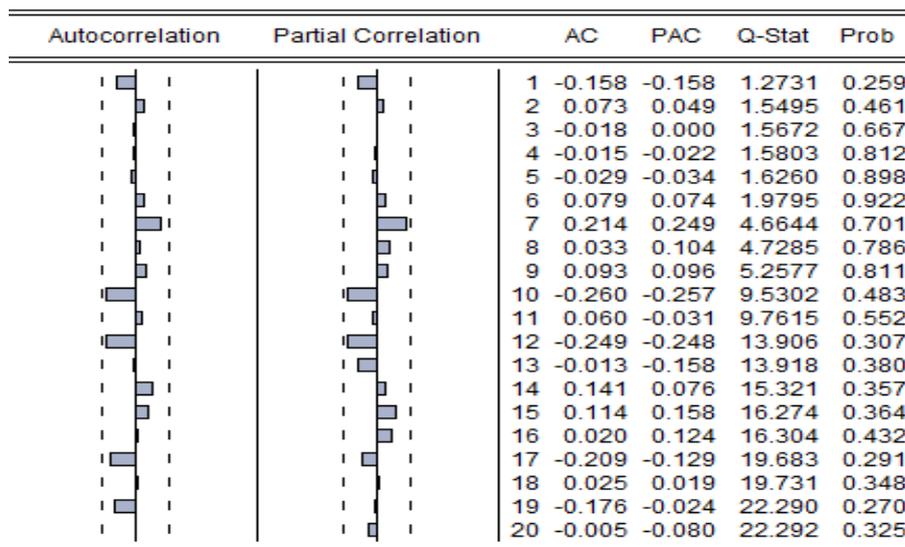


Figure III-7: Représentation du corrélogramme de la série

Nous remarquons des pics significatifs sur la 10^{ème} ligne de l'autocorrélation et de la corrélation partielle, ce qui nous permet d'identifier le modèle ARMA(10,10).

h). Validation du modèle

L'estimation du modèle ARMA(10,10) avec constante permet d'obtenir une faible valeur de la P-value (<0.05) ; l'hypothèse de significativité du paramètre est donc acceptée.

Analyse des résidus

L'analyse des corrélogramme des résidus du modèle, représenté dans la figure qui suit, montre que tout les termes sont à l'intérieur de l'intervalle de confiance, les résidus forment donc un « Bruit Blanc », donc le modèle est validé.

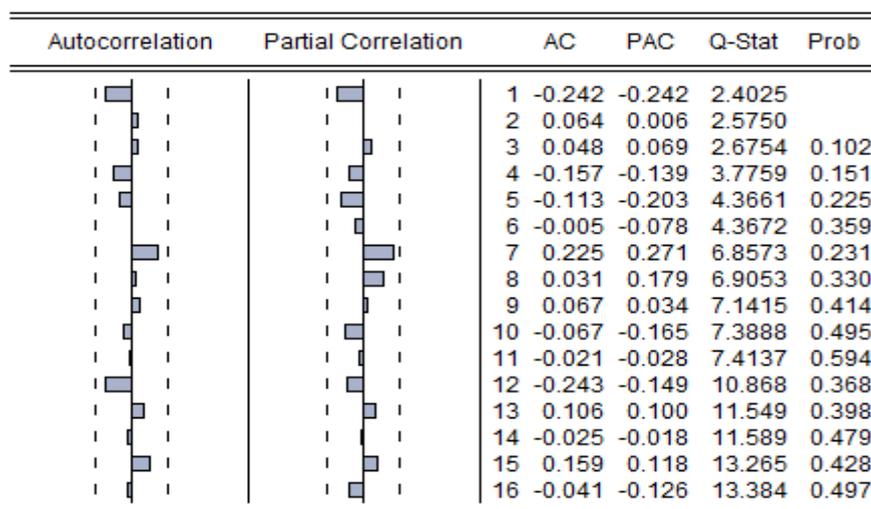


Figure III-8: Corrélogramme des résidus

i). Prévision et recoloration :

Pour finaliser les prévisions, une estimation est faite par le biais du modèle validé, soit ARMA(10,10) et la fonction « Forecast » d'Eviews est utilisée. Ensuite, on recolore la série,

qui veut dire qu'on rajoute les termes $\hat{a}_0 + \hat{a}_1 t$ qui lui avait été retranchée afin de la stationnariser et les coefficients saisonniers. Le résultat finale est représenté dans le graphe la figure qui sui :

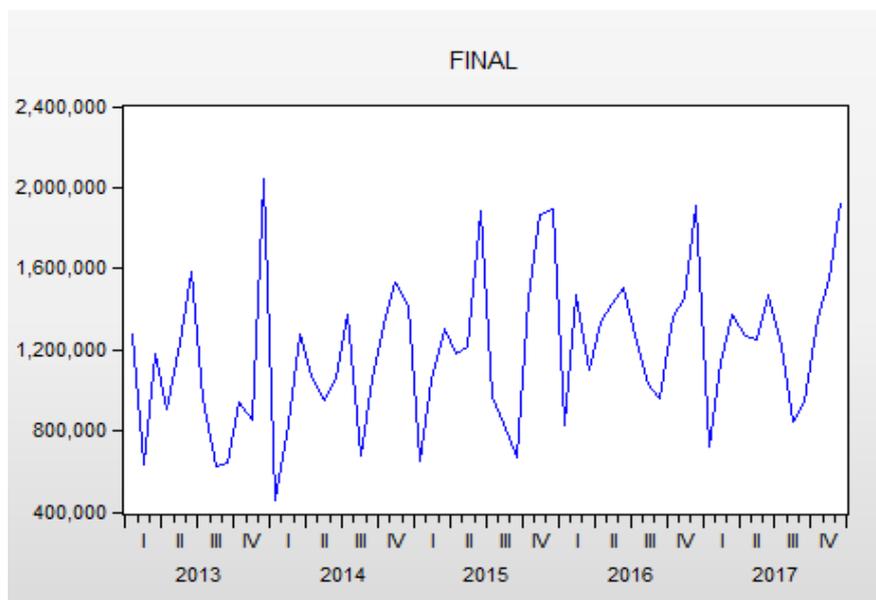


Figure III-9: Représentation de la série avec l'année de prévision

Comme conclusion de cette phase, nous avons obtenu la demande estimée pour chaque produit pour les six derniers mois de 2017, qui seront utilisées comme inputs à la formulation du modèle mathématique.

III.1.1.2 Modèle mathématique

a). Désagrégation des prévisions

Une fois la demande pour chaque produit connue, afin de déterminer le volume optimal à allouer pour chaque gamme de produit, nous avons élaboré un programme linéaire visant à satisfaire la demande semi-mensuelle de manière à planifier le déroulement des réapprovisionnements internes au milieu du mois.

Tenant compte du caractère mensuel des demandes obtenues à partir des prévisions, du volume restreint de la zone de collecte ainsi que la demande assez importante nous avons pris comme période la semaine. Dans cette optique une déclinaison de ces prévisions mensuelles a été faite sur les semaines qui les composent.

Ayant accès à un historique journalier six mois, nous avons procédé en calculant le taux de chaque semaine par rapport au mois de la manière suivante :

$$\text{Taux par semaine} = \frac{\text{Ventes par semaine}}{\text{Ventes par mois}}$$

Mois	Mois1	Mois2	Mois3	Mois4	Mois5	Mois6	Mois7
Ventes (boîtes)	23.386.278	24.754.426	24.710.848	12.318.563	412.738	2.894.037	2.331.975

Tableau III-1 Les prévisions de ventes mensuelles

	Mois1		Mois2		Mois3		Mois4	
	Ventes	Taux	Ventes	Taux	Ventes	Taux	Ventes	Taux
Semaine1	3925460	17%	5324341	22%	6181704	25%	5846779	47%
Semaine2	6718822	29%	6562803	27%	6114540	25%	84535	1%
Semaine3	6021935	26%	6562912	27%	5973778	24%	220549	2%
Semaine4	6720061	29%	6304370	25%	6440826	26%	6166700	50%
	Mois5		Mois6		Mois7			
	Ventes	Taux	Ventes	Taux	Ventes	Taux		
Semaine1	17088	4%	95292	3%	222314	10%		
Semaine2	90566	22%	777564	27%	579817	25%		
Semaine3	220549	53%	202761	7%	720430	31%		
Semaine4	84535	20%	1818420	63%	809414	35%		

Tableau III-2 Récapitulation des taux par semaine.

Une fois les taux de chaque semaine par rapport à chaque mois calculés, nous pouvons calculer le taux moyen de chaque semaine de la manière suivante.

$$Taux\ moyen = \frac{\sum Taux\ par\ mois}{7}$$

Semaine	Semaine1	Semaine2	Semaine3	Semaine4
Taux moyen	18%	22%	24%	36%

Tableau III-3 Taux moyen par semaine moyen

A partir de ces coefficients nous pouvons déterminer la demande de chaque semaine ainsi :

$$Demande_{semaine\ i,mois\ j} = Demande_{mois\ j} * Taux\ moyen_{semaine\ i}$$

b). Enoncé du Modèle Mathématique

Dans cette présente partie, nous déterminons la quantité optimale à stocker pour chaque produit, cela doit se faire en maximisant la réponse du centre de distribution la demande hebdomadaire, c'est-à-dire, minimiser les écarts entre cette dernière et le volume alloué, et d'autre part, respecter la capacité maximale de la zone de collecte.

➤ Définition et notations

Les ensembles

I : Ensemble des produits (43 produits), i un élément de I.

T : Ensemble des quinzaines (deux semaines), de Juin à Décembre, t un élément de T.

Les constantes

a_i : Coefficient de pondération des différentes classes selon classement ABC, $a_i = \{0,6 ; 0,3 ; 0,1\}$.

q_i : Coefficient convertissant la quantité en boîte d'un produit i en nombre de palettes.

Cap : Capacité maximal de la zone de collecte en nombre de palettes.

Les paramètres d'entrée

D_{it} : La demande du produit i pour la période t exprimée en nombre de boîte.

La variable de décision

x_{it} : volume alloué au produit i durant la période j dans la zone de collecte exprimé en nombre de boîte.

➤ La fonction objectif

La fonction objectif vise à maximiser la réponse du centre de distribution à la demande qu'elle subisse, et cela en minimisant les écarts entre la demande d'un produit avec le volume alloué de ce dernier.

Tenant compte la capacité réduite, le centre de distribution ne peut répondre à la totalité de la demande, de ce fait, une pondération des écarts selon le classement ABC, visant à favoriser la réponse aux articles ayant un fort taux de rotation, a été utilisée. Comme résultat, la fonction objectif s'écrit comme suit :

$$\text{Min} \sum_{i \in I} \sum_{t \in T} a_i (D_{it} - x_{it})$$

➤ Les contraintes du modèle

La contrainte de capacité

La somme des quantités allouées des différents produits en palettes, pour les différentes quinzaines, ne doit pas dépasser la capacité maximale de la zone de collecte.

$$\sum_{i \in I} q_i x_{it} \leq \text{Cap} \quad \forall t \in T$$

La contrainte de restriction du volume

Le volume alloué pour chaque produit, durant chaque période, ne doit pas dépasser la demande pour le produit et la période en question.

$$x_{it} \leq D_{it}$$

La contrainte de positivité

Pour des raisons d'obligation de la part de Pfizer, tous les produits doivent se trouver dans la zone de collecte.

$$0 < x_{it} \quad \forall i \in I, \forall t \in T$$

Notre modèle est donc le suivant :

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Fonction objectif: } F(x_{it}) = \text{Min} \left(\sum_{i \in I} \sum_{t \in T} a_i (D_{it} - x_{it}) \right) \\ \text{s/c: } \sum_{i \in I} q_i x_{it} \leq \text{Cap} \quad \forall t \in T \\ \quad \quad \quad x_{it} \leq D_{it} \\ \quad \quad \quad 0 < x_{it} \quad \forall i \in I, \forall t \in T \end{array} \right.$$

Ainsi, pour chaque produit, et en fonction des prévisions et de la capacité de la zone de collecte, ce modèle fournira la quantité optimale à stocker dans cette zone pour minimiser les réapprovisionnements internes.

➤ La résolution du modèle

Les variables de décision du modèle (quantités à allouer) sont des réelles, donc le modèle est un PL.

Pour sa résolution nous proposons une méthode exacte par le biais du logiciel CPLEX, qui fait partie des solveurs les plus utilisés (et le plus adéquat) pour la résolution de ce type de problème. Le programme CPLEX utilisé pour cela sera énoncé en (**AnnexeV**).

➤ Résultats du Modèle

Notre modèle nous a permis d'obtenir trois résultats essentiels pour procéder à l'organisation des produits de la zone de collecte (objet de la 3^e étape):

- Résultat 1 : Le temps de résolution est de 9 seconde sur un processeur i5 (acceptable selon notre jugement).
- Résultat 2 : Les quantités optimales pour chaque SKU durant chaque période sont présentées en (**AnnexeVIII**) (ces résultats sont présentés en nombre de palettes).
- Résultat 3 : Le produit « DEBRIDAT SUSP.BUV. 250ml » est très volumineux, ce qui a engendré des quantités importantes au détriment des autres produits dans la zone de collecte. Par conséquent, nous l'avons enlevé de la zone de collecte pour le mettre dans un emplacement proche dans le 2^{ème} étage (car son poids ne lui permet pas d'être stocké au delà de ça).

III.1.2 L'organisation des produits dans la zone de collecte

Une fois que nous avons déterminé les quantités à accueillir dans les prochains mois ainsi que le volume de chaque produit dans la zone de collecte, nous pouvons déterminer l'emplacement optimal des produits dans cette dernière.

Pour ce faire, nous nous sommes inspirés, pour la formulation de notre propre algorithme, des travaux de Carlos Egas et Dane Masel du département Génie Industriel de l'université d'Ohio USA ; sur les « clustering algorithms ».

Notre algorithme consiste à minimiser le temps et le déplacement des préparateurs lors de la collecte, et ceci en déterminant la corrélation entre les produits, ensuite de classer ces produits dans des groupes de manière à maximiser la distance² cumulée dans chaque groupe et ceci est réalisé par le groupement des produits qui sont souvent commandés ensemble dans le même groupe.

Pour programmer et dérouler l'algorithme nous avons choisis le langage informatique PHP qui est considéré comme langage de programmation libre et peut même fonctionner comme n'importe quel langage interprété de façon locale ce qui fait sa puissance et sa richesse de syntaxe.

La méthodologie de l'algorithme est une procédure itérative décrite comme suit :

² **Distance** : le nombre d'occurrences des produits dans les mêmes commandes.

➤ **1^{ère} phase : Collection des données**

Au début, nous devons collecter l'historique des commandes lequel contient les produits par commandes. La quantité des UGS n'est pas prise en compte car la distance parcourue ne dépend pas de la quantité collectée, le préparateur doit parcourir la même distance pour collecter 1 ou 1000 UGS.

Donc pour commencer, nous avons sélectionnés un historique de sept mois (d'Aout 2016 à Février 2017), et cela est dû au manque de données causé par le changement de système d'information de l'entreprise.

Cette période n'est malheureusement pas trop significative en termes des ventes et des taux de rotations. Mais, grâce au dynamisme des solutions que nous proposons, nous pouvons toujours réajuster les inputs lors des changements

➤ **2^{ème} phase : Traitement des données**

Avant de commencer le traitement on doit mettre de côté les UGS avec le plus fort taux de rotation ainsi que ceux avec le plus faible taux, car la première catégorie va automatiquement attirer toutes les autres UGS vers le groupe dont elle fait partie et du coup un petit nombre de groupes va se former, ce qui n'est pas significatif. La deuxième catégorie est peu souvent demandée ce qui fait qu'elle soit généralement stockée dans la zone de réserve. De plus, les PC/P sont aussi exclus car ils sont stockés dans une partie fixe surveillé et qui ne peuvent pas changer d'emplacement.

Alors, les UGS que nous n'avons pas inclus dans l'algorithme sont présentés dans le tableau ci-dessous. Pour les produits avec un fort taux de rotation, nous avons exclu les produits phares de Pfizer lesquels occupaient les emplacements les plus près de la sortie pendant une longue période. Donc pour ne pas perdre la familiarisation des préparateurs avec leurs emplacements, nous les avons gardés tels qu'ils sont de manière à les regrouper dans un même cluster.

PC/P	Chambre froide	Fast-moving
AROMASINE 25MG 2BL 30CPR DZ	ENBREL PFS 50MG X 4	AMLOR.5mg B/28
DYNASTAT 40MG 10X2ML V DZ	XALACOM 2,5ML PB DZ	AMLOR.5mg B/98
LYRICA Gélules 50MG x 56	XALATAN 0,005P 2,5ML PB 008	TAHOR 10mg
LYRICA Gélules 150MG x 60		TAHOR 20mg
LYSANXIA 10MG COMPRIME B/40		TAHOR 40mg
SUTENT 12.5MG FLC 30CPS DZ		SOLU MEDROL 40mg
SUTENT 25MG FLC 30CPS DZ		
SUTENT 50MG FLC 30CPS DZ		
V FEND 200MG B1 ALG		
VFEND 200MG 28F.TAB DZA		
ZOLOFT 50MG GELULE B/14		

Tableau III-4: Les produits exclus de l'étude

Ensuite, nous avons créé une matrice carrée décrivant le nombre d'occurrence des paires de produits dans les demandes (c.-à-d. les produits sont placés en lignes et en colonnes,

et l'intersection représente le nombre de fois ou le produit I est dans la même commande que le produit J). On nomme cette valeur W_{ij} , la démarche suivie doit respecter la contrainte suivante: Nous ne prenons pas en compte les W_{ii} car ils ne représentent que le nombre de commandes par produits ce qui est inutile dans notre démarche, donc $W_{ii}=0$.

Nous avons utilisé la programmation informatique pour créer cette matrice, le programme est inséré en annexe. Nous avons introduit comme input l'historique des commandes cité précédemment et le programme nous a fourni la matrice de corrélation, Pour mieux expliquer le concept, nous avons représenté dans la figure suivante seulement une partie restreinte de cette dernière juste pour mieux expliquer le concept :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
#		ACUILIX COMP. 20/12,5mg	ACUITEL COMP. 20mg x	ADEPAL	ALDACTA	ALDACTO	ARACYTINE 500 mg	ARACYTINE	ARACYTINE PDR 100 mg x	CARDULAR
1	ACUILIX COMP. 20/12,5mg x 28	0	62	189	307	319	0	0	0	290
2	ACUITEL COMP. 20mg x 28	62	0	33	66	60	0	0	0	47
3	ADEPAL TABS 3 x 21	189	33	0	177	185	0	0	0	200
4	ALDACTAZINE COMP. 25mg x 30	307	66	177	0	340	0	0	0	258
5	ALDACTONE COMP. 75mg x 30	319	60	185	340	0	0	0	0	275
6	ARACYTINE 500 mg	0	0	0	0	0	0	2	2	0
7	ARACYTINE PDR 1 g x 10 ml	0	0	0	0	0	2	0	2	0
8	ARACYTINE PDR 100 mg x 5 ml	0	0	0	0	0	2	2	0	0
9	CARDULAR COMP 2MG B/20	290	47	200	258	275	0	0	0	0
10										

Produits en lignes: I

Produits en colonnes: J

W_{ij}

$W_{ii} = 0$

Figure III-10:Matrice des corrélations

Une fois la matrice obtenue, nous avons ensuite élaboré un autre programme, qui a pour but d'affecter les produits aux groupes adéquats, qui s'occupera de la suite de l'algorithme et prendra comme input la matrice précédente. Le programme est aussi inséré en annexe.

➤ **3^{ème} phase : Affectation des produits aux groupes**

Dans cette étape nous allons attribuer les produits à k groupes aléatoires ayant chacun un nombre de produits aléatoire (par ex : six groupes de quatre produits). La méthode à été testée avec une attribution aléatoire et avec une attribution aux groupes suivant le taux décroissant de demande, et le choix initial n'avait aucune influence sur le résultat final.

Vu que le choix initial n'a pas d'influence, nous avons pris un nombre arbitraire de cinq groupes pour faciliter la résolution et diminuer le nombre d'itérations.

➤ **4^{ème} phase : Déterminer les centres des groupes**

Le centre d'un groupe est l'UGS qui est présent le plus dans les commandes avec tous les autres UGS du groupe. Le centre du groupe K est l'UGS $i \in K$ qui possède la plus grande valeur de W_i tel que : $W_i = \sum_{j \in K} W_{ij}$

Une fois déterminé, le centre du groupe ne doit pas forcément présenter une relation importante avec les autres UGS du groupe, car dans l'étape suivante les UGS peuvent changer de groupes. Autrement dit, sélectionner un centre du groupe consiste à garder ces éléments qui sont déjà en forte corrélation avec le centre.

➤ **5^{ème} phase : Reconfiguration des groupes**

Après la détermination des centres des groupes, tous les autres UGS (non-centres) vont être traités de manière à comparer leurs distances avec les centres des groupes dont ils figurent et les autres centres comme suit :

Si la distance entre l'UGS et son centre est supérieure à toutes les autres distances entre cet UGS et les autres centres : l'UGS ne change pas de groupe. Sinon, l'UGS doit être affecté au groupe ayant le centre avec lequel il a la plus grande distance.

Cette étape nous permettra de placer les UGS dans des groupes ayant au moins un autre UGS (le centre) avec lequel ils apparaissent le plus dans les commandes.

➤ **6^{ème} phase : Répétition des phases 4 et 5**

Cette étape est la dernière étape de l'algorithme. Elle consiste à répéter la 4^{ème} et 5^{ème} phase jusqu'à ce qu'aucun changement dans la configuration des groupes ne soit obtenu ou bien aucune modification ne sera effectuée sur les centres des groupes, à condition qu'à chaque fois que les groupes sont reconfigurés un calcul des centres devra être appliqué.

A la fin du programme, on a eu comme résultats quatre clusters contenant chacun des produits des différentes classes (ABC) mais qui présentent une forte corrélation entre eux. Les configurations sont comme suit :

	Groupe1	Groupe2	Groupe3	Groupe4
	VIBRAMYCINE N Comp. 100 mg x 5	ACUILIX COMP. 20/12,5mg x 28	CELEBREX GELULES 100MG x20	CELEBREX GELULES 200mgx15
	MICROVAL TABS x 28	ACUITEL COMP. 20mg x 28	CELEBREX GELULES 200MG x10	DOSTINEX 0.5 mg TAB 1x8
	MINESSE 1 X 28 CP	ADEPAL TABS 3 x 21	CELEBREX GELULES 200mg x30	SOLU-MEDROL 120mg 2ml
	MINIDRIL TABS 3 x 21	ALDACTONE COMP. 75mg x 30	FELDENE CPS DISP 20mgx10	RELPAK TABS 40 MG x 3
	ZITHROMAX COMP. 500 mg B/3	CARDULAR COMP 2MG B/20	FLUCONAZOLE 50 mg x 3	FRAGMIN 5000IU SSOL 2X0.2ML SY
	ALDACTAZINE COMP. 25mg x 30	DEBRIDAT COMP 100MG B/20	SALAZOPYRINE 500 mg x 100	ZOXAN LP 4MG
	STEDIRIL TABS x 21	DEBRIDAT COMP 200MG B/30		ARACYTINE 500 mg
	MEDROL COMP. 4 mg x 30	SOLU-MEDROL 20mg		ARACYTINE PDR 1 g x 10 ml
	FRAGMIN 2500IU SSOL 2x0.2 ml	TRINORDIOL SLV. TABS x 3 x 21		ARACYTINE PDR 100 mg x 5 ml
		MEDROL COMP. 16 mg x 20		
Centre du groupe	VIBRAMYCINE N Comp. 100 mg x 5	ACUILIX COMP. 20/12,5mg x 28	CELEBREX GELULES 200mg x30	CELEBREX GELULES 200mgx15

Tableau III-5 Listes des différents groupes et leurs centres.

Une fois les groupes formés, on entame l'étape 4 qui consiste à affecter ces groupes aux emplacements adéquats.

III.1.3 L'Affectation des produits aux emplacements

L'étude des quantités à recevoir et le groupement des produits fortement corrélés sont la base de cette étape car une fois ces deux étapes achevées, la prochaine étape consiste à mettre les quantités de produits issues du programme mathématique dans les allées de la zone de collecte.

L'objectif des clusters est que tous les produits du même cluster seront stockés dans des emplacements contigus de la zone de collecte. Mais, la taille des clusters n'est pas contrôlée, donc ils peuvent ne pas contenir assez de produits pour remplir une allée de la zone comme ils peuvent contenir trop de produit. Donc, l'astuce est de diviser les grands clusters sur les allées tout en gardant l'adjacence entre les produits, et fusionner les petits clusters pour que la taille du fusionnement soit approximative à celle de l'allée.

Vu qu'aucun travail sur la méthode optimale de division des groupes n'a été élaboré, et ce problème est toujours une piste pour des éventuelles recherches, nous avons conçu une méthode qualitative qui présente quelques instructions et priorités afin de nous aider à conserver la performance du processus de collecte ainsi que la pertinence de la solution proposée. Ces instructions sont les suivantes :

- ❖ Les groupes possédant des centres de classe A doivent être les plus proches du dépôt que les autres.
- ❖ Les groupes représentent aussi une corrélation entre eux, ce qui fait qu'il faut les places en respectant cette dernière.
- ❖ L'emplacement des produits au sein du groupe doit se faire de manière à rapprocher les produits qui possèdent les grandes distances.
- ❖ Ne pas séparer les palettes des mêmes produits (i.e. le stockage en largeur est appliqué sur les groupes et non pas les produits).

De plus, nous avons élaboré un tableau qui regroupe les corrélations entre les clusters afin de mettre ceux qui possèdent une forte corrélation proches les uns des autres :

Centre 2/ autres groupes	Distance	Centre 1/ autres groupes	Distance
C2G1	1869	C1G2	1855
C2G3	1301	C1G3	1590
C2G4	725	C1G4	788
Centre 3/ autres groupes	Distance	Centre 4/ autres groupes	Distance
C3G1	1854	C4G1	1055
C3G2	1518	C4G2	1024
C3G4	724	C4G3	830

Tableau III-6 : les distances intergroupes

Le tableau ci-dessus représente les corrélations entre chaque centre du groupe et les produits des autres groupes, afin de déterminer l'adjacence optimale entre les différents groupes lors de l'emplacement.

Après l'analyse du tableau précédent nous avons eu les résultats suivants concernant l'adjacence des groupes :

Nous avons trouvé que tous les groupes sont corrélés avec le groupe 1. Donc, le **groupe 1** doit se mettre à coté du **groupe 2** vu leurs distances, ainsi que ce dernier doit se rapprocher du **groupe 3** lequel sera à coté du **groupe 4**. Enfin le cluster regroupant les « fast-moving » sera le **groupe 0** et il occupera l'emplacement dans lequel il pourra communiquer avec tous les autres groupes.

Une fois les corrélations entre les groupes sont élaborées, nous passons maintenant aux emplacements de ces derniers au sein de l'entrepôt, cela doit se faire en respectant les quantités alloués pour chaque produit dans la zone de collecte pour chaque période.

Les résultats issus du programme mathématique varient d'une période à une autre, ainsi qu'ils indiquent l'existence de deux extremum, l'inférieur est atteint l'or de la 5^{ème} quinzaine et le supérieur est atteint dans la dernière semaine (14^{ème}).

Alors, nous avons conçu un arrangement afin de satisfaire les différentes demandes tout en préservant l'optimalité de la solution en gardant l'adjacence étudiée entre les groupes.

Par conséquent, et vu les écarts en terme de quantités qui diffèrent entre chaque période, nous allons juste présenter les emplacements ainsi que les quantités des produits dans la zone de collecte durant la période la plus chargée et la moins chargé, et donner le sens de propagation des quantités pour les autres semaines.

➤ La période la plus faible

La 5^{ème} période (quinzaine) sur laquelle nous travaillons possède la plus faible demande, ce qui implique des faibles quantités des produits dans la zone de collecte. Le tableau suivant comporte les quantités et les emplacements de chaque produit ainsi que les groupes de produits dans la zone de collecte.

Tandis que la figure suivante, illustre de manière explicite les emplacements précédents :

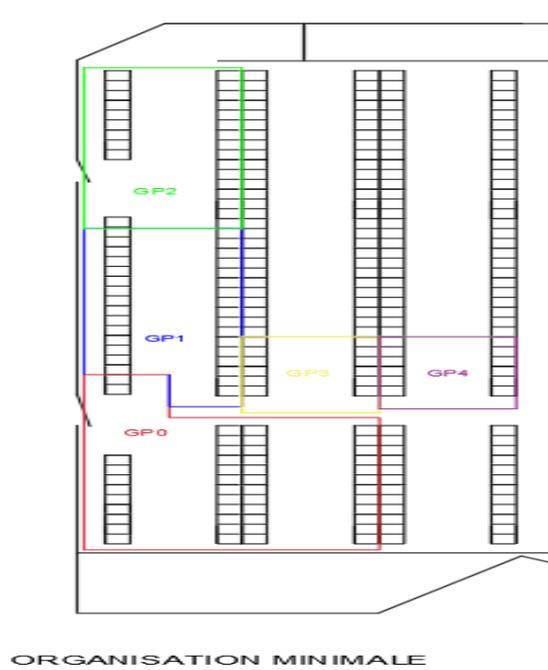


Figure III-11: Les emplacements des groupes dans la zone de collecte durant la 5^{ème} période

L'espace supplémentaire durant les périodes où la zone de collecte n'est pas saturée pourra être occupé par des produits que l'effectif jugera nécessaire sans perturber le bon fonctionnement de la méthode.

➤ La période la plus chargée

La dernière période de l'année (14^{ème} quinzaine), possède une demande importante supérieure à la capacité de la zone de collecte. Par conséquent et en favorisant les produits à fort taux de rotation, notre programme nous a extrait le **groupe 4** vu qu'il ne regroupe que les produits de classe B et C, donc il sera mis en zone de réserve. Le tableau et la figure suivants comportent les quantités ainsi que les emplacements de chaque produit et chaque groupe dans la zone de collecte :

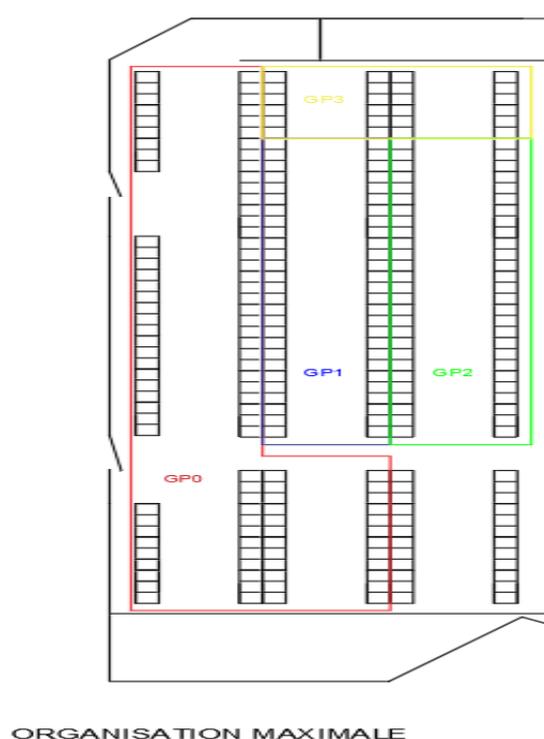


Figure III-12 : Les emplacements des groupes dans la zone de collecte durant la dernière période

➤ Les variations des emplacements des produits

Une fois que nous avons déterminé l'emplacement de chaque groupe, ainsi que l'espace occupé par chacun d'eux pendant la plus faible et la plus forte période. Il nous reste de déterminer comment varie l'espace occupé par chaque groupe durant les autres périodes.

Chose qui est sûre, que les variations des flux des produits se fera dans la plage [min, max] présenté précédemment, et pour mieux appréhender le concept, nous présentons la figure qui illustre le sens de propagation du flux des quantités pendant les autres périodes :

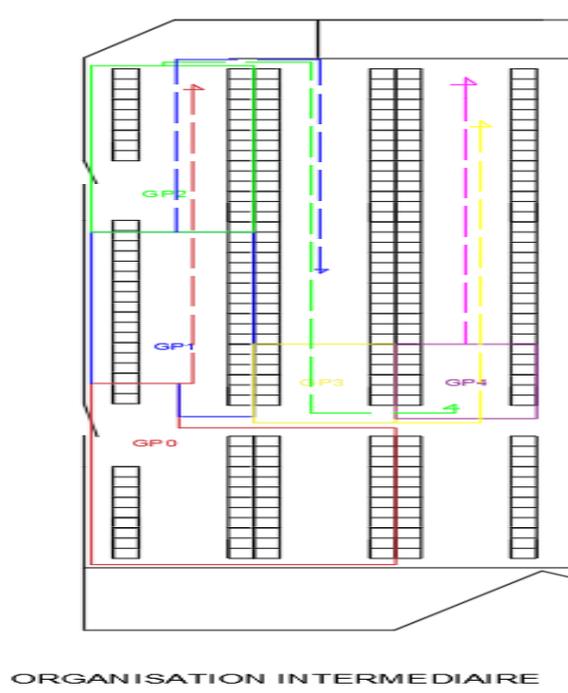


Figure III-13 : Les sens de variation des quantités de produits au sein de la zone de collecte

Chaque groupe suivra son sens de circulation jusqu'au bout de la flèche qui représente la limite de cette dernière. Ainsi, l'ensemble des groupes est entraîné à se déplacer en serpentin au sein de l'entrepôt de manière à ce que les groupes se poussent dans le sens indiqué dans la figure jusqu'à la saturation de la zone de collecte. Le surplus restant occupera les emplacements de la zone de réserve les plus proches du 1^{er} étage.

Les tableaux contenant les quantités ainsi que les emplacements de chaque produit durant chaque semaine sont insérés en **Annexe**.

III.1.4 La zone de réserve

La zone de réserve est la première destination des produits réceptionnés au sein du centre, car la demande est toujours satisfaite par la zone de collecte, ce qui fait que l'optimisation de cette partie doit prendre en compte la distance réception-réserve. De plus, la particularité des produits pharmaceutiques non libérés crée une nécessité de passage par le statut de quarantaine, ce qui rend la zone de réserve indispensable pour la gestion du flux.

Dans la majorité des cas, la zone de réserve ne reçoit pas de grands efforts pour son organisation, vu qu'elle n'a pas d'influence sur la préparation de commande. Mais, puisque notre centre de distribution dispose d'une zone de réserve personnalisée (le dessus de la zone de collecte) nous devons aussi piloter l'organisation et l'agencement de cette dernière.

Donc, après l'organisation de la zone de collecte en affectant les produits aux bons emplacements avec les quantités adéquates, la prochaine et dernière étape consiste à organiser cette zone qui représente le reste du stock.

Du moment où notre travail sur la zone de collecte compte à optimiser le processus de préparation de commande, nous nous sommes intéressés dans la zone de réserve à optimiser le processus réception en minimisant la distance de mise en stock, de façon à allouer les emplacements les plus près de la réception aux produits ayant un fort taux de rotation. Pour ce faire nous avons respecté la démarche suivante :

- **1ère étape**

Vu que nous n'avons pas de visibilité sur l'approvisionnement de l'entreprise, donc nous ne pouvons pas connaître les quantités à réceptionner et pendant combien d'horizon ainsi que la longueur de l'horizon. Alors, nous nous sommes fixés l'hypothèse que les réapprovisionnements se font chaque fin du mois, ce qui fait que les quantités en réserve seront la somme des restes de chaque mois pour chaque groupe de produits.

- **2ème étape**

Diviser le centre de distribution (sans inclure le 1er étage dédiée à la zone de collecte) à partir de la réception jusqu'à l'expédition sur trois zones, chacune disposera du même pourcentage de la classe qu'elle comporte en terme de capacité :

La zone qui comportera la classe A, disposera de 60% de la capacité du centre en commençant par l'allée « F » (le plus proche de la réception). Ce qui fait une capacité de 3 rayons « F, E, D » chacun ayant 5 étages.

La zone qui comportera la classe B, disposera de 30% de la capacité du centre, en d'autres termes des rayons « B, C ».

La zone qui comportera la classe C, disposera de 10% de la capacité, l'équivalent du rayon A du centre.

Ensuite, une fois que nous avons déterminé les zones pour chaque classe de produits, nous allons nous intéresser aux emplacements des produits dans chaque zone.

- **3ème étape**

Dans chaque zone, nous allons stockés les produits de chaque classe selon leurs taux de rotation dans cette classe. La classification va être par ordre décroissant ascendant (c'est-à-dire : Les produits ayant un fort taux de rotation vont être au 2ème et ainsi de suite jusqu'au 5ème étage).

La figure suivante illustre mieux notre travail en schématisant la zone de réserve en 3D pour mieux comprendre le concept.

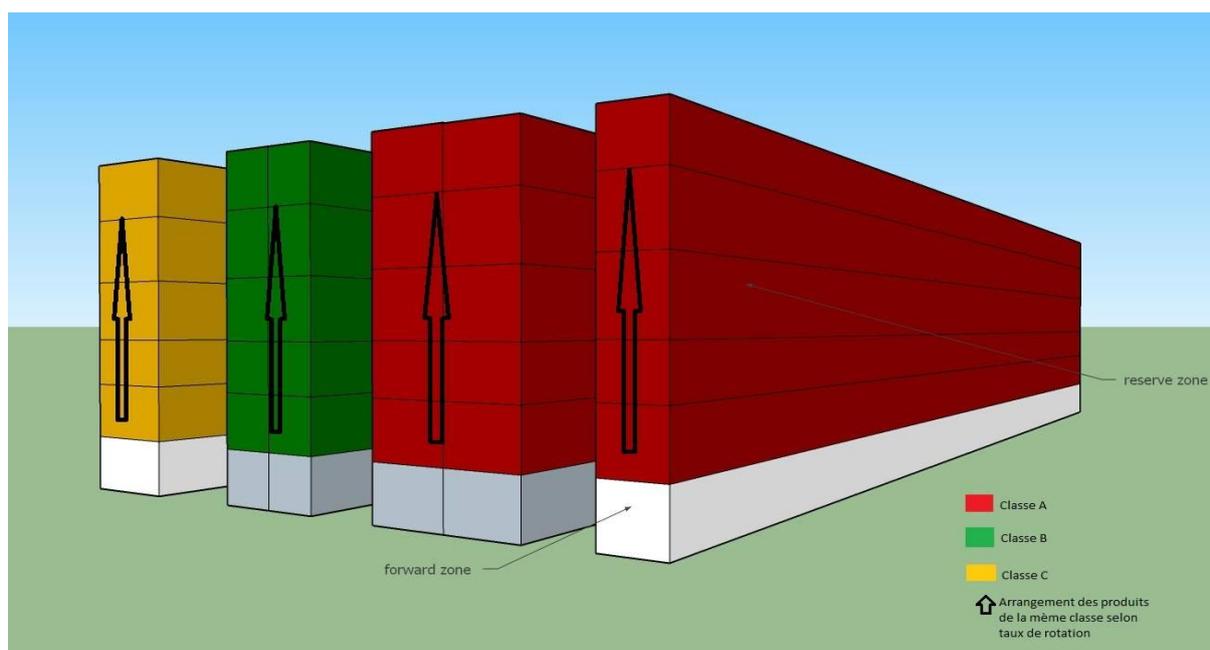


Figure III-14: Schématisation 3D de la zone de réserve

- Cas « DEBRIDAT SUSP.BUV. 250ml » :

Ce produit, est un produit de classe A avec un fort taux de rotation. Mais, faute de son volume et de son poids il ne pourra pas figurer dans la zone de collecte.

Ainsi, sa demande mensuelle est assez importante qu'elle pourra facilement occuper tout le deuxième étage de chaque rayon du centre. Ce qui nous a poussés à élaborer deux conditions en suivant l'ordre de priorité ³entre les produits :

- 1- Dans les périodes ou la zone de collecte ne soit pas saturée : allouer l'espace restant par priorité a ce produit.
- 2- Dans les périodes ou la zone de collecte sera saturée : allouer le prochain espace adjacent de cette dernière (2^{ème} étage et plus).

III.1.5 Simulation et interprétation des résultats

Après avoir traité le premier dysfonctionnement concernant l'emplacement des produits pour avoir comme fruit les résultats suivants :

- 1- Les demandes prévus du mois de Juin jusqu'au mois de Décembre.
- 2- Les quantités à mettre dans la zone de collecte pour 14 périodes (Quinzaines).
- 3- Les clusters des produits corrélés.
- 4- L'emplacement adéquat de chaque groupe au sein du centre de distribution.
- 5- L'arrangement de la zone de réserve.

L'efficacité de ce travail va être testée par deux indicateurs : le premier sera « la distance parcourue » lors de la collecte et le deuxième représentera « le nombre de produits par couloir ». Pour ce faire nous avons utilisé l'historique des commandes précédemment utilisée dans « l'étape 3 » et les emplacements des produits proposés (voir **Annexe**)

III.1.5.1 1^{er} indicateurs : La distance parcourue

Les résultats vont être déroulés dans un logiciel en ligne « Interactive Warehouse ». Ce logiciel interactif permet de concevoir la configuration actuelle de votre entrepôt pour simuler l'acheminement des préparateurs dans ce dernier lors des commandes (voir **Annexe**).

L'objectif de ce logiciel est de comparer les distances parcourues par les préparateurs lors de la collecte des mêmes commandes, en suivant le même type d'acheminements, en affectant les produits aux emplacements suivant les deux méthodes : la méthode actuelle en utilisant les emplacements actuels des produits issus de l'ERP de l'entreprise, et la méthode du groupement que nous avons proposé. Pour une meilleure fiabilité des résultats, nous avons pris trois catégories de commandes dans des périodes différentes (car nos emplacement varient avec les périodes) : petites commandes, commandes moyennes et grandes commandes.

❖ Petites commandes (< =10)

Pour les petites commandes, les produits ne sont pas fréquemment corrélés, car elles peuvent représenter des commandes rares saisonnières, ainsi qu'elle représente la catégorie de produit avec la plus forte probabilité que ces derniers soient de la même classe (elle ne présente pas de mixité entre les produits) et du coup le préparateur pourra collecter toute la commande à partir d'un seul couloir.

³ L'ordre de priorité : c'est un ordre basé sur le critère du taux de rotation

Résultats :

Pour chaque période, une commande à été déroulée avec le logiciel, ce qui a donné les résultats présentés par les figures ci-dessous.

Nous avons eu un succès de **66%** (nos emplacements ont été meilleurs dans 2/3 des simulations) avec une optimisation de **13UM⁴** de distance en moyenne.

- Une commande durant la **9^{ème} période** :

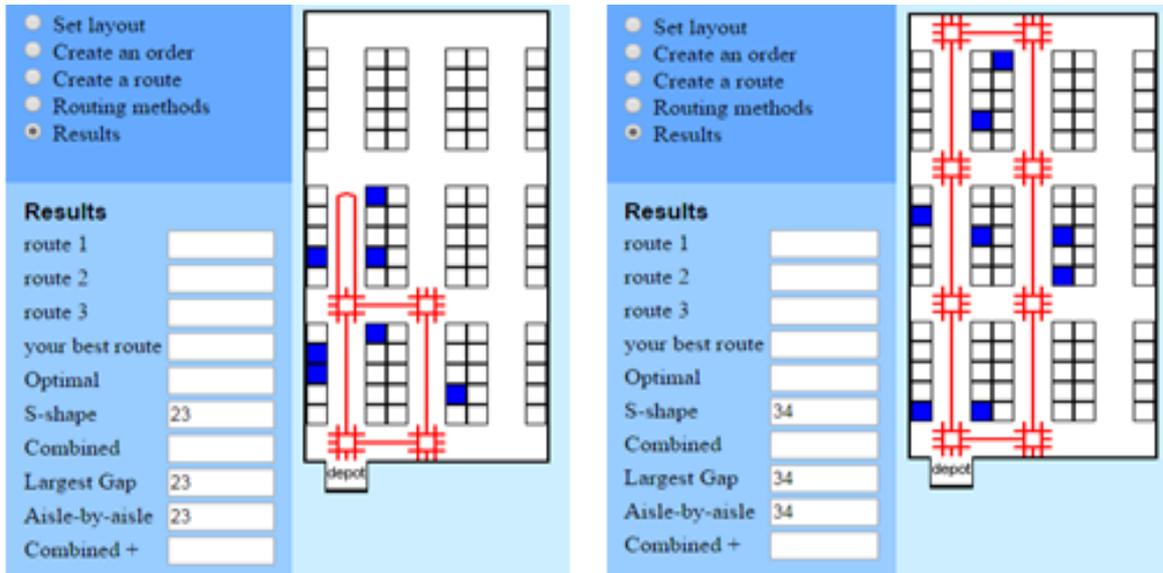


Figure III-15: Configuration actuelle vs configuration proposée (petite commande 1)

- Une commande durant la **5^{ème} Période** :

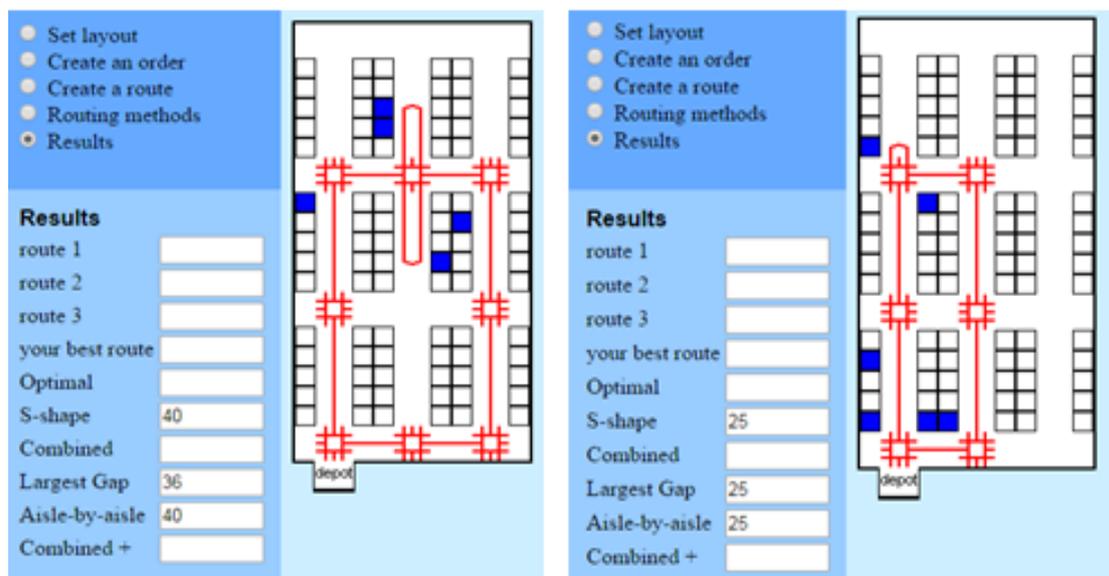


Figure III-16: Configuration actuelle vs configuration proposée (petite commande 2)

⁴ UM : unité de mesure

- Une commande durant la 8^{ème} Période :

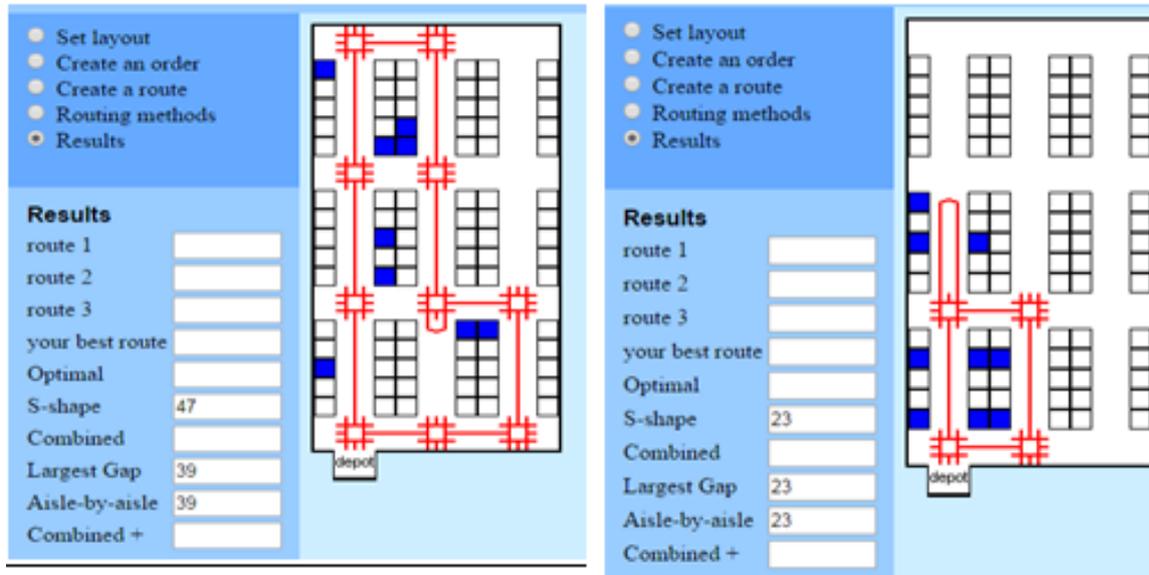


Figure III-17: Configuration actuelle vs configuration proposée (petite commande 3)

❖ **Moyenne commandes (10-20)**

Cette catégorie possède des commandes avec des lignes supplémentaires que la précédente, lesquels augmentent la probabilité d'avoir une variété de classes dans une seule commande, ce qui signifie que c'est la catégorie la plus importante pour la comparaison.

Résultats :

Pour cette catégorie le pourcentage du succès est de **100%** (nos emplacements ont été meilleurs dans 4/4 des simulations), ainsi que les figures ci-dessous indiquent une optimisation de **8UM** de distance en moyenne.

- Une commande Durant la 5^{ème} Période :

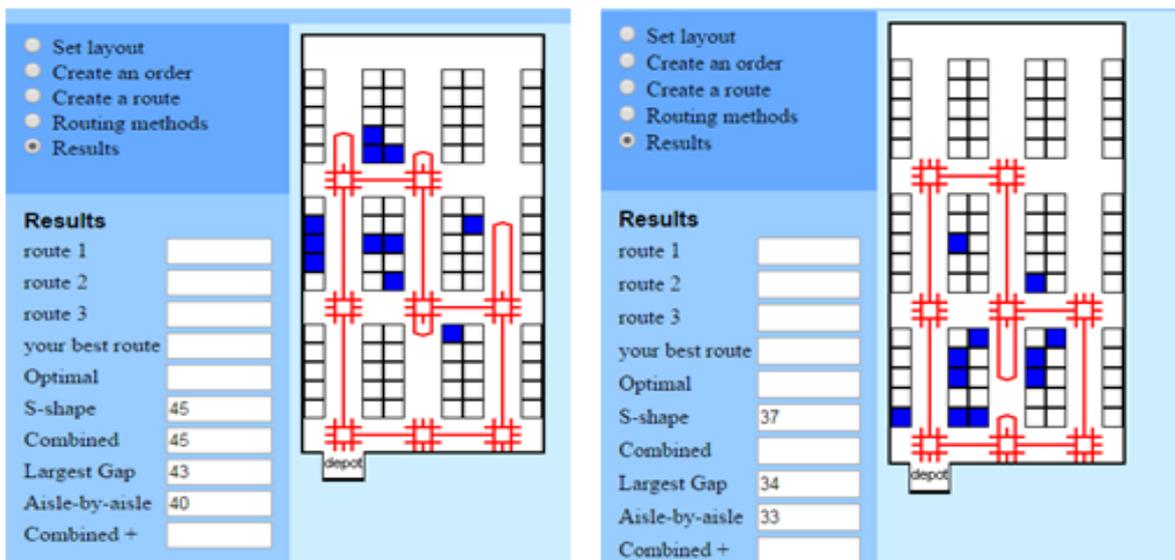


Figure III-18: Configuration actuelle vs configuration proposée (moyenne commande 1)

- Une commande Durant la 9^{ème} Période :

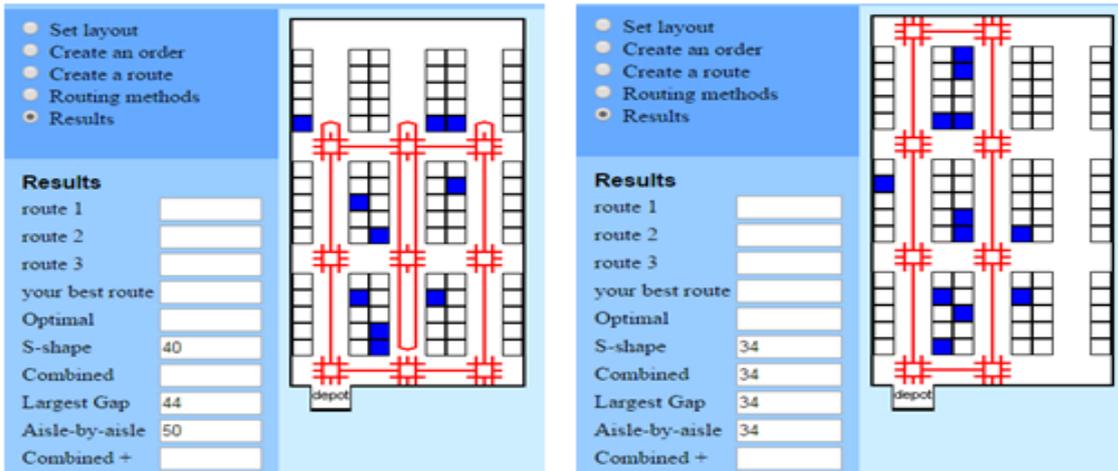


Figure III-19: Configuration actuelle vs configuration proposée (moyenne commande 2)

- Une commande durant la 7^{ème} Période :

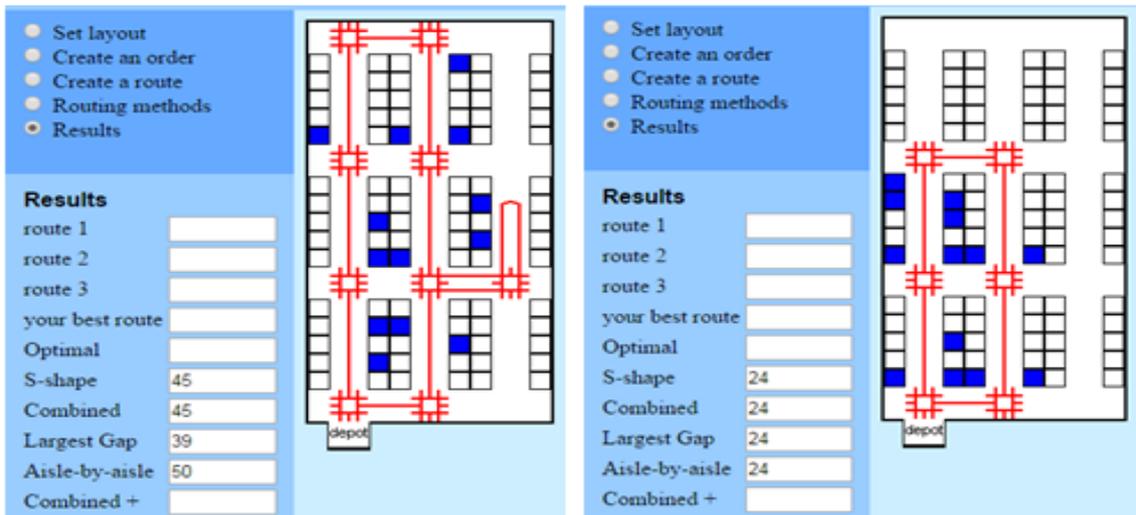


Figure III-20: Configuration actuelle vs configuration proposée (moyenne commande 3)

- Une commande durant la 10^{ème} période :

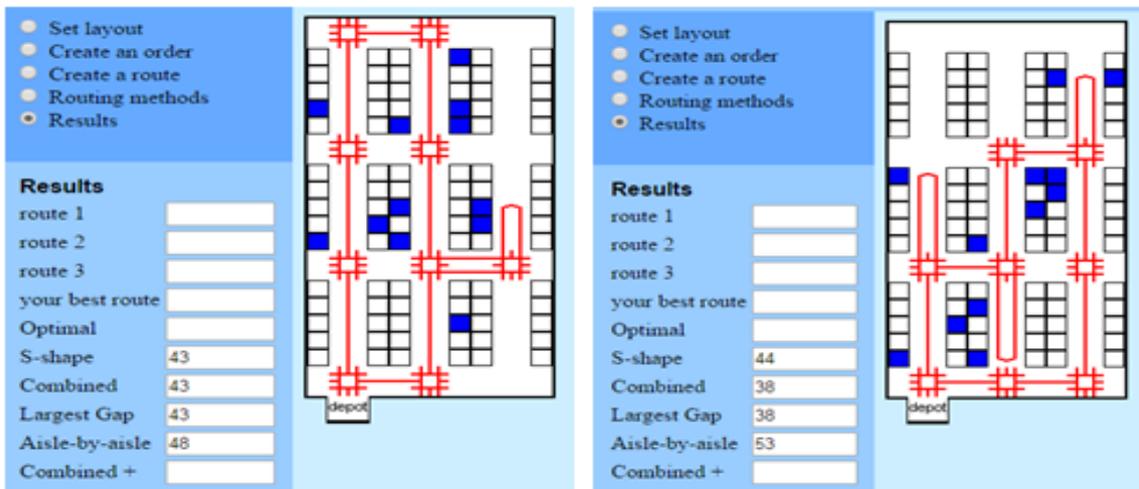


Figure III-21: Configuration actuelle vs configuration proposée (moyenne commande 4)

❖ **Grandes commandes (>20)**

Lors de la collecte des grandes commandes, les préparateurs doivent dans la majorité des cas traverser tout l'entrepôt, ce qui implique une proportionnalité inverse entre le nombre de lignes et l'efficacité de la méthode.

Vu qu'en moyenne les grandes commandes ne dépassent pas les 30 lignes, le succès est de **100%** pour cette catégorie avec une optimisation de **11UM** de distance en moyenne comme indiquée dans les figures suivantes.

- Une commande durant la 5^{ème} Période :

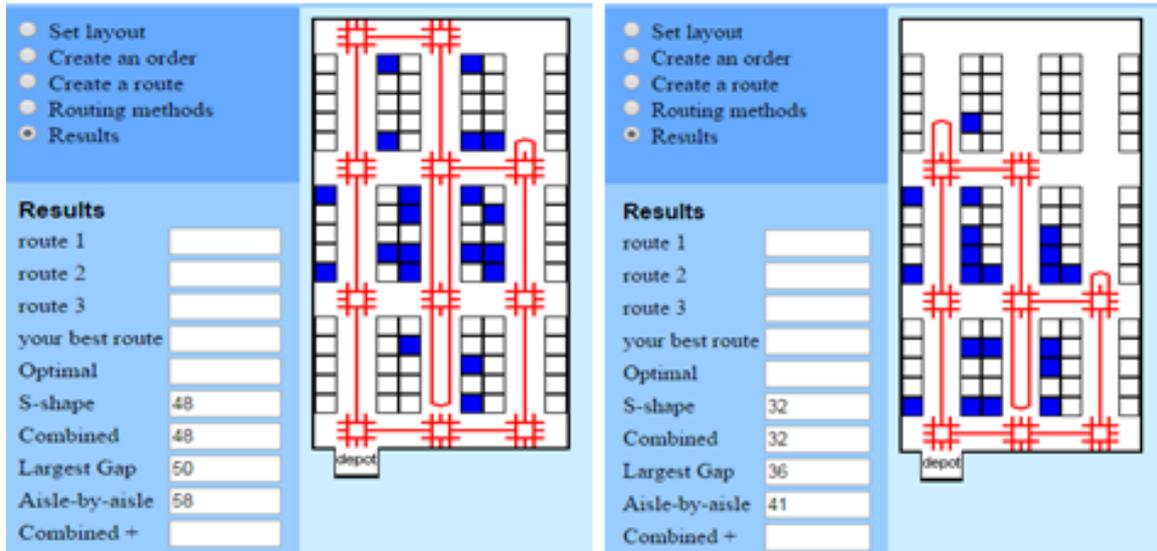


Figure III-22: Configuration actuelle vs configuration proposée (grande commande 1)

- Une commande durant la 10^{ème} période :

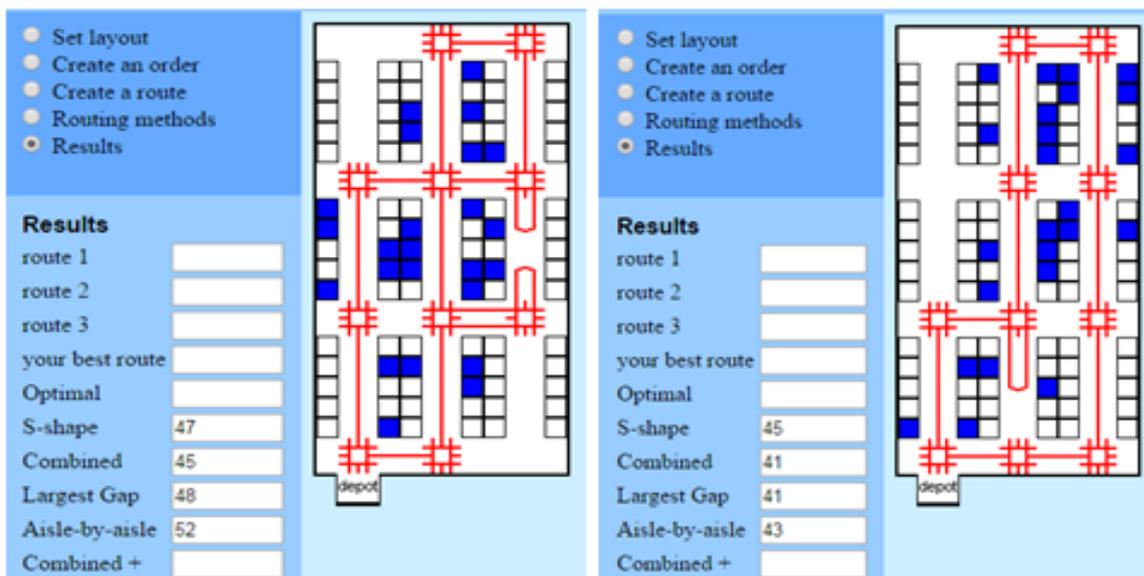


Figure III-23: Configuration actuelle vs configuration proposée (grande commande 2)

- Une commande durant la 8^{ème} période :

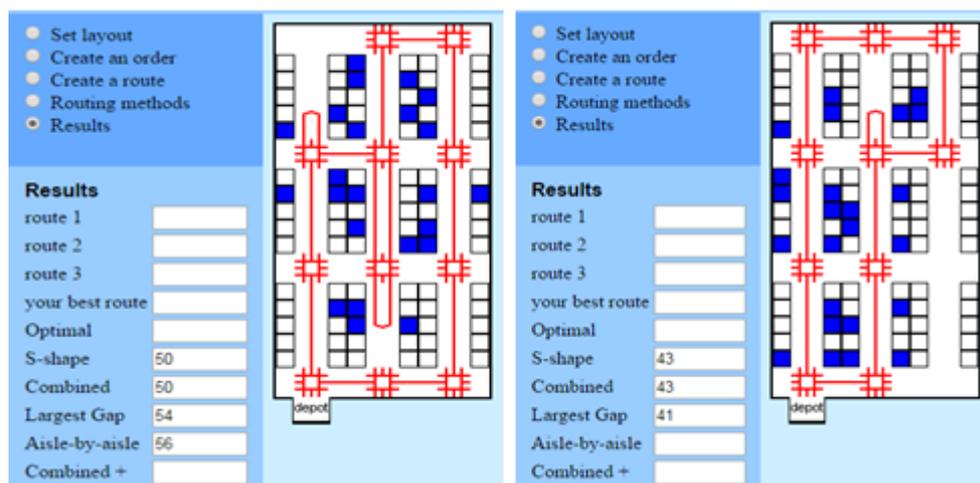


Figure III-24: Configuration actuelle vs configuration proposée (grande commande 3)

Remarque : Nous avons travaillé durant les simulations avec l'hypothèse suivant :

- Vu que le logiciel fournit une illustration 2D de l'entrepôt, nous avons supposés que tous les produits sont dans le 1^{er} étage (même ceux qui se trouvent au-dessus).

Par conséquent, en plus de l'optimisation en terme de distance parcourue lors de la collecte, le temps de collecte sera encore plus optimisé avec nos résultats car nous épargnons aux préparateurs l'utilisation des Clarks et les temps perdus lors de la collecte des étages supérieurs, vu que la zone de collecte satisfera chaque période entièrement.

III.1.5.2 2^{ème} Indicateurs : Le nombre de produits par couloir

L'impact du travail proposé sur la quantité des produits par couloir est présenté par le tableau ci-dessous. Les valeurs de ce tableau correspondent au centre de distribution de Pfizer avec la configuration présentée précédemment. Pour chaque couloir, les commandes à partir de l'historique des commandes précédent ayant des produits figurant dans ce dernier ont été sommées.

Tableau III-6: Nombre de SKU collectés dans le même couloir

Couloir	Actuel	Proposée
1	590	673
2	487	675
3	122	546
Total	1199	1894

Les résultats prouvent qu'il y a **une augmentation considérable** du nombre de produits par couloir en utilisant la méthode proposée, ce qui augmente la chance de collecter toutes les lignes d'une commande en visitant **moins de couloirs**.

III.2 Le suivi par un système de mesure de la performance

Cette partie sera consacrée à la proposition de nouveaux indicateurs de performance permettant d'observer, de juger et d'améliorer les différents rendements de chaque activité au sein du centre de distribution.

En effet, étant donné que Pfizer n'a point analysé sa performance concernant la qualité de service par rapport à sa gestion d'entrepôt (préparation de commande, livraison et gestion des retours). Afin d'évoluer ces activités, il est nécessaire de cerner les facteurs susceptibles d'influencer en bien ou en mal ces dernières. Cela est faisable en calculant de nombreux indicateurs en relation avec la performance du centre de distribution traduisant son rendement et ce sur un optique de réalisation de ces objectifs qui s'énumèrent comme suit :

- Connaître les causes principales des goulots rencontrés dans les processus cités auparavant.
- Cerner les facteurs positifs et ceux à améliorer.
- Déterminer les objectifs à atteindre à partir des nouveaux indicateurs retenus.

Après avoir déterminé les objectifs à atteindre par cette mise en œuvre d'un suivi, il est primordiale de choisir les indicateurs en parfaite adéquation avec ces derniers et permettent un recensement idéal de la performance pour pouvoir juger et au finale l'améliorer.

III.2.1 Le choix des indicateurs de performance

Pour le choix des indicateurs de manière pertinente, nous avons respecté les caractéristiques des indicateurs selon CICERO, qui se traduit par :

- Exhaustivité : qui englobe tout les aspects pertinents.
- Mesurabilité : son calcul nécessite des données mesurables.
- Simplicité : facile à comprendre par tous ses utilisateurs.
- Cohérence : en adéquation avec les objectifs de l'entreprise.

En conséquent, en prenant en considération ses caractéristiques et les résultats de notre analyse qui se traduisent par un manque de suivi des activités citées auparavant, nous avons exprimé les objectifs fixés par des indicateurs de performance, et cela en se référant aux indicateurs cités dans la littérature notamment (Francielly Staudt, 2014) et (Francielly Hedler Staudt, 2015)

Les tableaux qui suivent permettent de définir les indicateurs de performances qu'on a jugé les plus judicieux à évoluer pour une étude du rendement des différentes activités. En outre à cela, nous détaillons leurs objectifs, modes de calcul, importance ainsi que la justification au profit de Pfizer.

Pour une meilleure description nous avons divisé les indicateurs proposés en trois groupes : ceux en relation avec la performance en termes de temps, en termes de productivité et au finale en terme de qualité de service.

Certes, le nombre des indicateurs proposés est assez important (s'élevant à 12 indicateurs). Cependant, étant donné que Pfizer n'a point mesuré ou jugé sa performance en terme de « gestion d'entrepôt » et « gestion de commande », elle devrait se référer, pour une

initiation à un suivi, à un ensemble d'indicateurs offrant une vision assez pointu sur l'ensemble de ses activités, au lieu de se contenter d'un seul indicateur qui est le « taux de retours globale » qui ne donne aucune indication sur la source des défaillances au sein de l'entrepôt.

Comme axe d'amélioration, nous proposons d'intégrer les indicateurs proposés dans les tableaux précédents dans un tableau de bord et de développer des interfaces graphiques afin de les visualiser.

III.2.2 Enoncé des indicateurs de performance

Indicateurs de performance	Objectifs	Mode de calcul	Importance	Justificatif du choix
Dock to stock time (heures/palettes)	Permet de mesurer le temps nécessaire entre l'arrivage du produit et sa disponibilité pour la préparation de commande.	$\frac{\sum \text{Des temps entre l'arrivage et la mise en stock}}{\text{nombre de palettes déchargées (nbr/mois)}}$	Cet indicateur est pertinent car il mesure l'étendue en termes de temps des processus d'un entrepôt : il est à minimiser	Le choix de cet indicateur est justifié par le fait qu'il permet à Pfizer de mesurer le temps nécessaire de mise en disponibilité de ses produits et ainsi de respecter ses délais de commandes.
Replanissement time (heures/palettes)	Permet de mesurer le temps nécessaire pour le transfert des produits de la zone de réserve à la zone de collecte.	$\frac{\sum \text{Des temps de transfert de la zone de réserve à la zone de collecte}}{\text{nombre de palettes déplacées (nbr/mois)}}$	Cet indicateur est pertinent car le temps de réapprovisionnement interne mesure la qualité des autres processus (stockage, réception) : il est à minimiser	Ces deux indicateurs permettent à Pfizer de détecter la source de l'inopérance de la préparation de commande, et ainsi de guider les actions d'amélioration sur le réapprovisionnement ou bien la collecte.
Order picking time (heures/commandes)	Permet de mesurer le temps nécessaire pour la préparation d'une commande.	$\frac{\sum \text{Des temps de préparation de commande}}{\text{nombre de palettes stockées (nbr/mois)}}$	Cet indicateur est pertinent car le temps de préparation de commande conditionne le taux de service ainsi que l'état de la commande préparée : il est à minimiser	

Tableau III-7: Indicateurs de performance en relation avec le temps.

Chapitre III : Amélioration de la performance de l'entrepôt

Indicateurs de performance	Objectifs	Mode de calcul	Importance	Justificatif du choix
Productivité (ou efficience) horaire du travail	Permet de mesurer le rendement des heures de travail par rapport à la quantité de produit géré au sein de l'entrepôt.	Quantité en stock de produit géré par l'entrepôt <hr/> Le nombre global d'heures de gestion d'entrepôt de la quantité.	Sa pertinence apparait dans le jugement de l'efficience du travail des employés.	Pfizer ne connaît pas sa capacité effective en terme d'employé, cela dit, dans le contexte de la sous-traitance une mesure de la performance du travail et primordiale.
Productivité de réapprovisionnement (palette/ht)	Permet de calculer le nombre total de produits déplacés par heure de travail.	Nombre de palettes déplacées durant les réapprovisionnements (nbr/mois) <hr/> Somme des heures de travail des employés (heures/mois)	Etudié avec le (Rep), cet indicateur est pertinent car il permet de mesurer le rendement des employés sur ce processus et ainsi de juger ce dernier de façon plus détaillée.	Pfizer ne juge pas la performance des processus de d'entreposage de façon séparée.
Productivité de la collecte (commande/ht)	Permet de calculer le nombre total de produits collectés par heure de travail.	Nombre de commandes (nbr/mois) <hr/> Somme des heures de travail des employés (heures/mois)	Cet indicateur est pertinent car le temps de préparation de commande ne permet pas à lui seul de détecter les défaillances qui diminuent le rendement de ce processus	Pfizer ne juge pas la performance des processus de d'entreposage de façon séparée.
Occupation du stock (%)	Permet de calculer le taux d'espace occupé par le stockage.	La moyenne de l'espace occupé par le stock (m ³) <hr/> L'espace totale disponible au sein de l'entrepôt (m ³)	La pertinence de cet indicateur se traduit par une aide à la décision sur les approvisionnements futurs et ainsi diminuer le sur stockage.	Son choix est justifié par le surstock dans l'entrepôt du aux approvisionnements qui ne prennent pas en compte de la capacité actuelle de l'entrepôt.

Tableau III-8: Tableau III 7: Indicateurs de performances en relation avec la productivité.

Indicateurs de performance	Objectifs	Mode de calcul	Importance	Justificatif du choix
Exactitude de la mise en stock.	Permet de calculer le taux de stockage adéquat au sein du CENTRE DE DISTRIBUTION	$\frac{\text{Nbr de palettes stockées dans l'emplacement adéquat sur une période}}{\text{Nbr de palettes stockées}}$	Cet indicateur est pertinent car il permet au gestionnaire de suivre le respect ou pas des localisations choisies pour chaque produit.	Résultat du stockage aléatoire chez Pfizer, cet indicateur lui permettra de suivre la localisation optimale de ses produits dans l'espace de stockage.
Exactitude des réapprovisionnement.	Permet de calculer le taux de réapprovisionnements établis correctement.	$\frac{\text{Nbr de palettes réapprovisionnées correctement}}{\text{Nbr de palettes totales déplacées.}}$	Cet indicateur est pertinent car il est primordial de juger le respect du planning et du contenu des réapprovisionnements.	Cet indicateur permettra à Pfizer de suivre et de respecter le plus possible la cadence des réapprovisionnements.
Exactitude des commande.	Permet de calculer le taux de commandes préparés sans erreurs.	$\frac{\text{Nbr de commandes préparées dans le respect de la quantité et de la nature des produits}}{\text{Nbr total de commandes préparées}}$	La pertinence de cet indicateur se traduit par le besoin des centre de distribution de juger ses processus dans ce cas là c'est la préparation de commande.	Pfizer ne mesure pas la performance et la qualité des processus de manière séparée.
Taux de retours global	Permet de calculer le taux de commandes retournées sur une période donnée.	$\frac{\sum \text{des commandes retournées sur une période donnée}}{\text{Le nbr total de commandes livrées}}$	Cet indicateur est pertinent pour un centre de distribution car il donne l'écho sur la satisfaction de ses clients vis-à-vis de sa gestion d'entrepôt.	Il existe déjà instauré par Pfizer, il est donc primordiale de le maintenir vu sa pertinence.
Taux de retours pas classe	Permet de calculer le taux de commandes retournées sur une période donnée pour chaque classe de produit.	$\frac{\sum \text{des commandes retournées sur une période donnée par classe}}{\text{Le nbr total de commandes livrées}}$	Comme le taux de retours global il juge la satisfaction des clients. En plus de ça il permet de déterminer le seuil max de tolérance des retours pour chaque classe.	Il permettra à Pfizer d'affiner l'étude du taux de retours et de fixer des objectifs à atteindre en termes de retours pour chaque classe.

Tableau III-9:indicateurs de performances en relation avec la qualité de service.

Conclusion

À partir des deux démarches appliquées dans la résolution des problèmes cités auparavant, nous pouvons distinguer que les résultats futurs vont être satisfaisants, au point de vue de rendement et de qualité de service de l'entrepôt.

Grace au suivi proposé, l'entreprise pourra, dans un futur proche, avoir une visibilité assez large sur la performance de ses processus, s'il est utilisé avec rigueur.

En outre, le nouvel arrangement du centre de distribution permettra à l'entreprise de constater une meilleure performance de ces processus « préparation de commande » et « mise en stock », et assurer un gain sûr en productivité et en rendement de ces derniers.

Conclusion générale.

Le travail que nous venons de présenter nous a permis d'étudier l'entrepôt sous un nouveau angle qui intègre le concept de l'innovation dans la démarche suivie. Nous avons réalisé dans cette étude une analyse de l'état des lieux de l'entrepôt afin de spécifier les différents problèmes et anomalies perçues sur les différentes opérations et activités logistiques effectuées à son niveau. Ensuite nous avons proposé des solutions pour améliorer sa performance et son rendement sur les deux niveaux tactique et opérationnel.

Dans le cadre du projet, nous avons mené une étude pour pouvoir résoudre deux problèmes pertinents, que rencontrent souvent les centres de distribution de produits pharmaceutiques. Ces deux problèmes sont respectivement : le problème des localisations lors de la mise en stock et le problème de mesure de la performance de différents processus du centre de distribution.

En effet, dans une optique d'amélioration du rendement et de la performance du centre de distribution, nous avons remédié aux deux problèmes en formulant deux solutions.

La première apporte une solution au problème d'affectation des localisations au sein du centre de distribution. Nous avons adopté une démarche consistant à développer un modèle mathématique pour la détermination des volumes de produits à stocker et à élaborer un algorithme de clustérisations pour la détermination des localisations optimales des produits dans le centre de distribution.

La seconde apporte une solution au problème de mesure de la performance. Nous avons opté pour la proposition d'un ensemble d'indicateurs de performances qui pourront être inclus dans un tableau de bord. Ces indicateurs permettront ainsi de suivre la performance des différents processus et de détecter les sources du rendement non optimal du centre de distribution.

Par ailleurs, notre démarche de localisation a rempli le mandat d'optimisation en termes de gaine de temps, de déplacement et de gestion des réapprovisionnements. Bien que les résultats aient été jugés acceptables, il serait intéressant de faire une étude plus approfondie sur l'impact des localisations dédiées sur la productivité et la conformité des commandes.

En outre, notre travail, a été approuvé par la responsable du centre de distribution, et sera l'objet d'une simulation réelle au sein de l'entrepôt.

La réalisation de notre projet de fin d'études nous a permis de tirer un certain nombre d'enseignements qui ont consolidé notre formation d'ingénieur :

- Nous avons appris à faire un état des lieux en Entreprise et à mener une démarche de diagnostic logistique ;
- Nous nous sommes familiarisés avec les différents concepts de gestion de magasin ;
- Et surtout nous avons appris à faire face aux contraintes d'accès à l'information entreprise et de les contourner.

Conclusion générale.

Pour finir, tenant compte du manque de temps et de données nécessaires, nous proposons de juger notre réarrangement par le biais des indicateurs proposés, pour pouvoir ainsi quantifier la proposition en terme de productivité ou de coût.

Bibliographie

- Amodeo, L. &. (2005). *Logistique interne : Entreposage et manutention (éd. 1er édition)*. Paris: Ellipses.
- Baglin, G. B. (2005). *Management Industriel et Logistique (éd. 4e édition)*. Paris: Economica.
- Carlos Egas, D. M. (2008). *Determining Warehouse Storage Location Assignments Using Clustering Analysis*. Ohio University: Department of Industrial and Systems Engineering.
- Carrera, S. (2010). *Planification et ordonnancement de plateformes Logistiques*. Laboratoire Lorraine de recherche en informatique et ses applications.
- David, A. (2015). *Localisation optimale de produits dans un centre de distribution*. Département "Génie Industriel", Ecole nationale polytechnique de Montréal.
- Ellram, L. (1991). *Supply Chain Management: the industrial organisation perspective*. International Journal of Physical Distribution and Logistics Management Vol.21. Iss.1, pp.13-22.
- Francielly Hedler Staudt, G. A. (2015). *Warehouse performance measurement: a literature review*. International Journal of Production Research.
- Francielly Staudt, M. D. (2014). *Warehouse performance measurement: classification and mathematical expressions of indicators*. Netherland.
- G.Ghiani, G. &. (2013). *Introduction to Logistics Systems Management*. New York: John Wiley & Sons, Ltd.
- Glossaire International*. (s.d.). Récupéré sur glossaire-international.com.
- HNAIEN, F. (2008). *Gestion des stocks dans des chaînes logistiques face aux aléas des délais d'approvisionnements* . l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Étienne, Spécialité : Génie industriel.
- Kyung Il-Choe, G. S. (1991). *SMALL PARTS ORDER PICKING:DESIGN AND OPERATION*. School of Industrial and Systems Engineering Georgia Institute of Technology: Georgia Tech Research Corporation.
- Logistique conseil – Recherches, Information, Etudes*. ((2009)). Récupéré sur <http://www.logistiqueconseil.org/>.
- MARC GOETSCHALCKX, J. A. (1989). *CLASSIFICATION AND DESIGN OF ORDER PICKING*. Logistics World, Vol. 2 Issue: 2, pp.99-106.
- Marchal, A. (2006). *Logistique globale*. PARIS: Ellipses.
- Mocellin, F. (2006). *Gestion des entrepôts et plates-formes (éd. 2e édition)*. Paris: DUNOD.
- Rene de Koster, T. L.-D. (2006). *Design and control of warehouse order picking:A literature review*. Rotterdam: European Journal of Operational Research 182 (2007) 481–501.

Rim Larbi, G. A. (2015). *Ordonnancement des tâches de manutention dans une plateforme de cross docking*. Tunis.

Rouwenhorst, B. (2000). *warehouse design and control: Framework and literature review*. European Journal of Operational Research.

Roux, M. (2008). *Entrepôts et magasins (éd. 4e édition)*. Paris: Eyrolles, Editions. Paris: Eyrolles, Editions.

Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation 2013

Tompkins, J. W. (2003). *Facilities Planning*. John Wiley & sons.

Annexes

Annexe I. Diagnostic de l'entrepôt de Pfizer

Le tableau suivant comporte le questionnaire utilisé lors du diagnostic du centre de distribution, divisé en six sections : Opérations entrantes, stockage, mise en place et entreposage, control des stocks, collecte et expédition.

Operations entrantes	0	1	2	3	poids	commentaire
Des instructions pour les produits entrantes sont-elles prévues			★		1	
Obstacle a la ZPC				★	2	
Stock suffisant pour les caisses vides disponible			★		1	
Espace suffisant pour le stockage des caisses vides			★		1	
Espace suffisant pour l'organisation du checking des produits.		★			2	
Enregistrement des palettes reçues.				★	1	
Système des échanges de palettes en place				★	1	
Contrôle des quantités des produits et conditions.				★	1	
Moyens de manutention suffisants			★		2	
Enregistrement des temps de déchargement	★				1	
La zone quarantaine				★	1	
Tous les non conformités sont traités rapidement			★		1	
Une zone de contrôle qualité			★		2	
Les retours sont gérés immédiatement			★		2	
Stockage	----	-----	-----	-----	-----	-----
Suivi de la rotation FEFO.				★	3	
Analyse ABC pour la localisation des produits.		★			2	
Les IDs des localisations sont clairs				★	1	
Localisation précises des stocks		★			2	sauf pour 2 produits
Efficacité de l'emplacement des produits.		★			3	

Annexes

Utilisation de la localisation aléatoire			★		2	
Transfert des produits entre les localisations basé sur l'analyse ABC		★			2	
L'efficacité de l'utilisation de l'emplacement.		★			2	
l'utilisation de l'espace entre 80% et 90%		★			2	
l'utilisation de l'espace et des actions sont entrepris pour minimiser le gaspillage de l'espace		★			3	
Mise en place et Entreposage	----	-----	-----	-----	-----	-----
Le suivi des produits en place				★	1	
Les produits arrivés sont immédiatement identifiés et traités.			★		1	
Les caisses ne surplombent pas les palettes.				★	1	
Control des stocks	----	-----	-----	-----	-----	-----
Ils adhèrent à la rotation FEFO			★		2	
Les produits sont stockés dans les bons emplacements.		★			3	
Les produits chers sont sécurisés				★	1	
Les produits dangereux sont traités correctement				★	1	
les « non-moving products » sont observés FISH (First In Still Here)	★				1	
Des inventaires continus sont mises en place			★		2	
Les inventaires utilisent la « blind count method »				★	2	
Les erreurs sont détectées dans les brefs délais		★			2	
La fiabilité des inventaires est mesurée		★			2	
Collecte	----	-----	-----	-----	-----	-----
« Forward-pick » zone est proche de la zone d'expédition.			★		3	
Les localisations de picking sont réalimentées		★			2	

Annexes

Efficacement.						
La réalimentation se fait durant le picking	★				2	
Stock suffisant détenu dans chaque emplacement.		★			1	
Les produits qui se vendent ensemble sont regroupés ensemble.	★				2	
Les produits similaires sont éloignés.		★			1	
Les produits à rotation élevée sont dans les endroits les plus accessibles.			★		3	
Le stock est arrangé en prenant considération du poids et de la taille.			★		1	
Les listes de préparation de commande fournissent le chemin idéal de picking.	★				2	
Les produits lourds sont sélectionnés en premier l'or de la préparation.				★	1	
Les instructions de préparation de commande sont claires et concises.			★		2	
Des scanners et unités vocales suffisantes pour le personnel.	★				1	
Expédition	----	-----	-----	-----	-----	-----
Les temps d'expédition sont planifiés.		★			2	
Espace suffisant pour mettre les produits à expédier.		★			2	
optimisation de la livraison		★			1	
Les palettes sortantes sont enregistrées.				★	1	

L'objectif de ce questionnaire est de détecter les anomalies dans les différentes sections afin d'améliorer la performance du centre de distribution.

Nous avons choisis une échelle de 0 à 3 selon l'influence de l'activité sur le déroulement du processus dont elle parvient.

Une fois remplis, nous ne prenons en considérations que les activités faiblement satisfaites fortement pondérés.

Résultats :

- Les emplacements des produits ne sont pas adéquats.
- Le processus préparation de commande n'est pas optimal.

Annexe II. Classement ABC des produits

Produit	Identification	Packaging boites/palette	Classement ABC
SOLU MEDROL POUUDRE 40MG	1001	12 000	Classe A
AMLOR 5mg B/28	1002	7 000	Classe A
DEBRIDAT PDR SUSP BUV 24MG	1003	900	Classe A
DEBRIDAT COMP 100MG B20	1004	7 200	Classe A
VIBRAMYCINE	1005	7 000	Classe A
MICROVAL TABS x 28	1006	8 960	Classe A
CELEBREX 200MG B/10	1007	6 000	Classe A
TAHOR 10mg	1008	6 000	Classe A
ADEPAL TABS 3 x 21	1009	5 520	Classe B
DEBRIDAT COMP 200MG B30	1010	6 000	Classe B
CELEBREX 200MG B/30	1011	3 360	Classe B
SOLU MEDROL POUUDRE 20MG	1012	12 000	Classe B
MINIDRIL TABS 3 x 21	1013	5 520	Classe B
FELDENE CPES	1014	7 000	Classe B
CARDULAR	1015	7 000	Classe B
CELEBREX 100MG B/20	1016	6 000	Classe B
TAHOR 20mg	1017	1 600	Classe B
FLUCONAZOLE	1018	7000	Classe B
STEDIRIL TABS x 21	1019	8 960	Classe B
ZITHROMAX CPES	1020	7 000	Classe B
TAHOR 40mg	1021	1 600	Classe B
AMLOR 5mg B/98	1022	2 240	Classe C
ALDACTONE COMP 75MG	1023	3 840	Classe C
MEDROL TAB 16 MG	1024	8 400	Classe C
MEDROL TAB 4 MG	1025	8 400	Classe C
ACUILIX COMP 20/12,5mg	1026	3 200	Classe C
ALDACTAZINE COMP 25MG	1027	3 840	Classe C
TRINORDIOL SLV. TABS x 3 x 21	1028	7 200	Classe C
SOLU MEDROL POUUDRE 120MG	1030	12 000	Classe C
DOSTINEX	1031	4 320	Classe C
SALAZOPYRIN 500MG X100	1032	1 440	Classe C
CELEBREX 200MG B/15	1033	6000	Classe C
RELPAK TABS 40 MG x 3	1034	4 320	Classe C
MINESSE 1 X 28 CP	1035	3 584	Classe C
ZOXAN LP 4mg	1036	2 400	Classe C
ARACYTINE 100MG	1037	3 840	Classe C
ACUITEL TABS 20MG	1038	3 200	Classe C
ARACYTINE 1G	1039	4 320	Classe C
ACUITEL TABS 5MG	1040	3 200	Classe C
ARACYTINE 500 MG	1041	4 320	Classe C
FRAGMINE INJ 2500	1042	5760	Classe C
FRAGMINE INJ 5000	1043	5760	Classe C

Annexe III. Généralités sur les prévisions.

1. Définition d'une série chronologique :

Une série chronologique est la réalisation d'un processus aléatoire indicé par le temps, noté $\{X_t\}$. Pour chaque t , X_t est une variable aléatoire dont on a une réalisation, x_t .

2. Les composantes d'une série chronologique :

Avant le traitement d'une série temporelle, il convient d'en étudier ses caractéristiques.

- La tendance (ou trend) (Z_t) représente l'évolution à long terme de la série étudiée. Elle traduit le comportement "moyen" de la série.
- La composante saisonnière (ou saisonnalité) (S_t) correspond à un phénomène qui se répète à intervalles de temps réguliers (périodiques).
- La composante cyclique correspond à un phénomène qui se répète à intervalles de temps dépassant une année.
- La composante résiduelle (ou bruit ou résidu) (Q_t) correspond à des fluctuations irrégulières, en général de faible intensité mais de nature aléatoire.

Une série chronologique est stationnaire si elle est la réalisation d'un processus stationnaire. Ceci implique qu'elle ne comporte ni tendance, ni saisonnalité et plus généralement aucun facteur n'évoluant avec le temps.

3. Les types de processus :

- Processus stationnaire : Une série chronologique est considérée comme stationnaire, si ses caractéristiques stochastiques sont invariants, c'est-à-dire son espérance et sa variance ne se modifie pas dans le temps.
- Processus Bruit blanc : Un processus bruit blanc est une suite de variable de même distribution, mutuellement indépendantes.
- Processus DS : (Differency Stationary) qui est un processus non stationnaire à tendance stochastique. Il évolue de manière aléatoire et est généralement régressif sur lui-même.
- Processus TS : (Trend Stationary) qui représente un processus non stationnaire à tendance déterministe⁵. Il dépend quasi-exclusivement du temps.

4. Le test de Dickey-Fuller : (test de la racine unitaire)

Les tests de Dickey-Fuller permettent de mettre en évidence le caractère stationnaire ou non d'une chronique par la détermination d'une tendance déterministe ou stochastique. Il est basé sur l'estimation des trois modèles suivant :

$$[1] x_t = \phi x_{t-1} + \varepsilon_t \text{ Modèle autorégressif d'ordre 1.}$$

$$[2] x_t = \phi x_{t-1} + \beta + \varepsilon_t \text{ Modèle autorégressif avec constante.}$$

$$[3] x_t = \phi x_{t-1} + b t + c + \varepsilon_t \text{ Modèle autorégressif avec tendance.}$$

La méthode détaillé à suivre pour effectuer le test est décrite dans la figure qui suit :

⁵ Par définition, un processus est aléatoire d'où l'ambiguïté du terme de processus déterministe

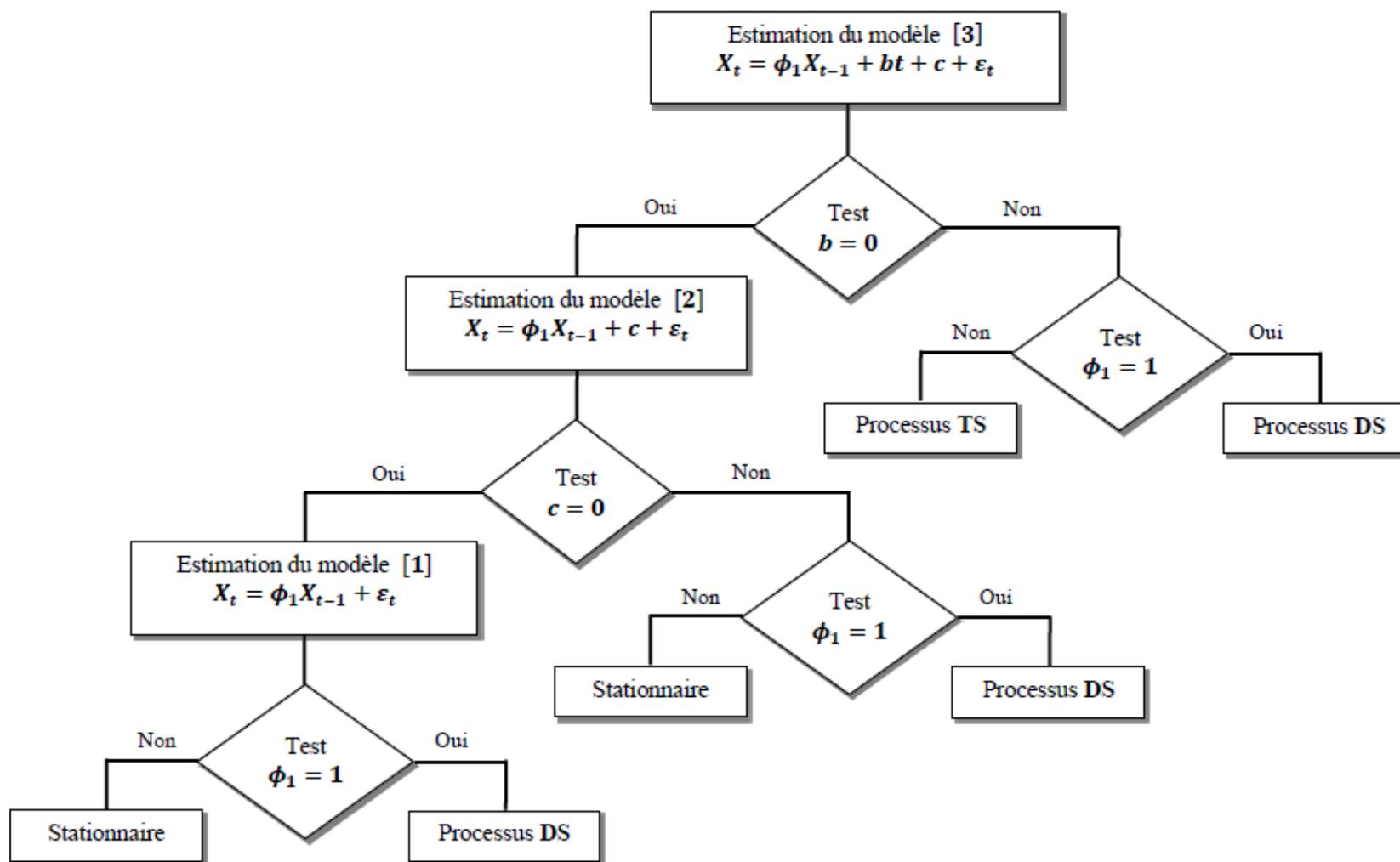


Figure Annexe 1: Stratégie simplifiée des tests de racine unitaire.

5. La méthodologie de Box et Jenkins :

➤ Recherche de la représentation adéquate :

Elle consiste à déterminer le modèle adéquat dans la famille des modèles ARIMA. Elle est fondée sur l'étude des corrélogrammes simples et partiels.

- **Dessaisonalisation** : Dans le cas d'une série saisonnière il convient de la retirer préalablement à tout traitement logistique. Cette saisonnalité est ajoutée à la série après la prévision.

- **Recherche de la stationnarité en termes de tendance** : Il convient d'étudier les caractéristiques de la série selon le test de Dickey-Fuller pour ensuite la stationnariser selon qu'elle soit un processus TS ou DS.

- **Identification du modèle** : Après la stationnarisation, il faut identifier les valeurs des paramètres p , q du modèle ARMA.

- Si le corrélogramme simple n'a que ses q premiers termes différents de 0 et que les termes du corrélogramme partiel diminuent lentement, nous pouvons pronostiquer un MA(q).

- Si le corrélogramme partiel n'a que ses premiers termes différents de 0 et que les termes du corrélogramme simple diminuent lentement, cela caractérise un AR(p).

- Si les fonctions d'autocorrélation simple et partiel ne paraissent pas tronquées, il s'agit alors d'un processus de type ARMA, dont les paramètres dépendent de la forme particulière des corrélogrammes.

➤ Estimation des paramètres :

Dans cette étape il s'agit d'estimer les paramètres du modèle sélectionné à l'étape de l'identification.

Dans le cas d'un modèle AR (p), la méthode des moindres carrés peut être appliquée. Cependant l'estimation d'un modèle MA (q) s'avère plus complexe, et Box & Jenkins suggèrent d'utiliser une procédure itérative de type balayage. De nos jours, la plupart des logiciels fournissent les valeurs estimées des paramètres du modèle.

➤ Tests d'adéquation du modèle et prévision :

Les paramètres du modèle étant estimés, il faut examiner les résultats d'estimation.

- Les coefficients du modèle doivent être significativement différents de 0 (application du test de Student). Si un coefficient n'est pas significativement différent de 0, il convient d'envisager une nouvelle spécification éliminant l'ordre du modèle AR ou MA non valide.

- L'analyse des résidus : Les résidus doivent être bruit blanc, les statistiques de Q et Q' de Box-pierce et de Ijung-Box permettent de tester cette hypothèse. Si les résidus ne sont pas bruit blanc, cela signifie que la spécification du modèle est incomplète et qu'il manque au moins un ordre à un processus.

Lorsque le modèle est validé la prévision peut être calculée.

Annexe IV. Résultats des prévisions

Résultats pour la classe B :

Les résultats obtenus après études des tests sur Eviews sont :

- Série non saisonnière.
- Test de dicky-Fuller :
 - * b significativement égale à 0.
 - * c significativement égale à 0.
 - * Absence de racine unitaire.
- Série stationnaire.
- Modèle ARMA(12,12).

ANALYSE DE VARIANCE						
Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	Valeur critique pour F
Entre Groupes	58519517576	3	19506505859	0.07058244	0.97536177	2.816465827
A l'intérieur des groupes	1.21601E+13	44	2.76365E+11			
Total	1.22186E+13	47				

Figure Annexe 2:Analyse de la variance (test de saisonnalité)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
CLASSEB(-1)	-1.573751	0.287620	-5.471625	0.0000
D(CLASSEB(-1))	0.449387	0.215388	2.086406	0.0434
D(CLASSEB(-2))	0.271841	0.152821	1.778819	0.0829
C	1026842.	196537.5	5.224662	0.0000
@TREND("2013M01")	-4169.398	2266.933	-1.839224	0.0733

Figure Annexe 3:Test de b

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
CLASSEB(-1)	-0.996540	0.152677	-6.527110	0.0000
C	582469.4	92249.56	6.314062	0.0000

Figure Annexe 4:Test de la constante c

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-6.527110	0.0000
Test critical values:		
1% level	-3.577723	
5% level	-2.925169	
10% level	-2.600658	

Figure Annexe 6:Test de la racine unitaire

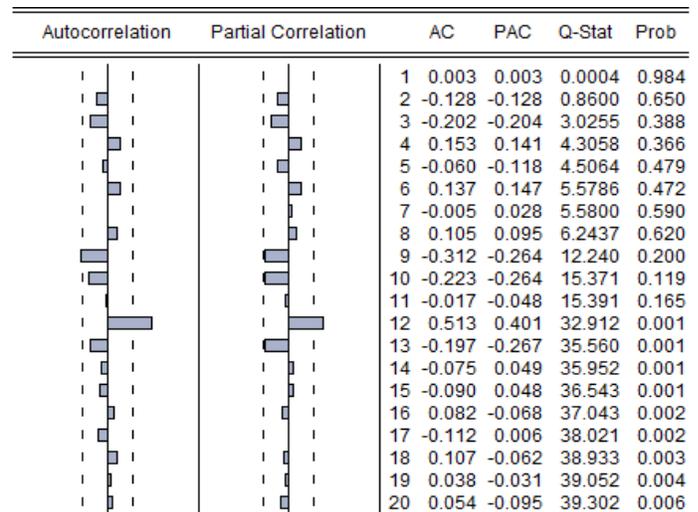


Figure Annexe 5:Corrélogramme de la serie classe B

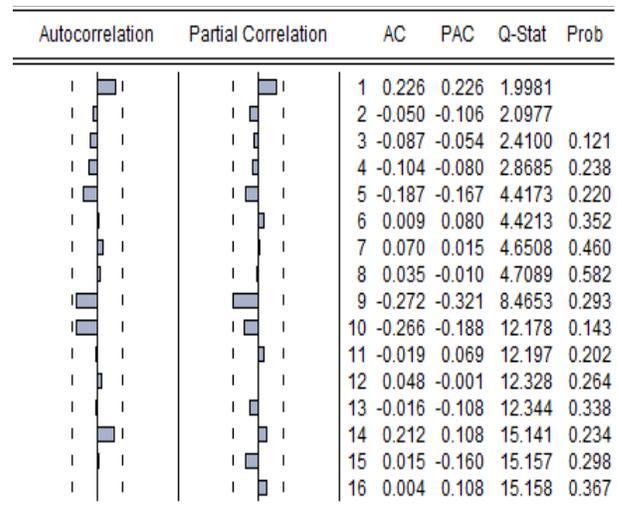


Figure Annexe 7:Corrélogramme des résidus

Résultats pour la classe C :

Les résultats obtenus après études des tests sur Eviews sont :

- Série affectée par une saisonnalité.
- Test de dicky-Fuller :
 - * b significativement égale à 0.
 - * c significativement égale à 0.
 - * Absence de racine unitaire.
- Série stationnaire.
- Modèle ARMA(3,3).

ANALYSE DE VARIANCE						
Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	Valeur critique pour F
Entre Groupes	87849460034	3	29283153345	0.048500346	0.965987512	2.816465827
A l'intérieur des groupes	1.45588E+13	44	3.30882E+11			

Figure Annexe 8:Analyse de la variance (test de saisonnalité)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
CLASSECSA(-1)	-0.764957	0.146424	-5.224256	0.0000
C	179461.5	37527.39	4.782146	0.0000
@TREND("2013M01")	-441.2384	563.0425	-0.783668	0.4374

Figure Annexe 10: Test de b

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
CLASSECSA(-1)	-0.748203	0.144233	-5.187475	0.0000
C	165179.4	32664.02	5.056921	0.0000

Figure Annexe 11:Test de c

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-5.187475	0.0001
Test critical values:		
1% level	-3.577723	
5% level	-2.925169	
10% level	-2.600658	

Figure Annexe 12:Test de la racine unitaire

Scaling Factors:

1	-118236.8
2	-53434.62
3	-36570.01
4	-10068.90
5	-34440.96
6	-1539.791
7	22487.18
8	7097.487
9	8644.640
10	62339.77
11	11680.54
12	142041.5

Figure Annexe 13:coefficients saisonniers

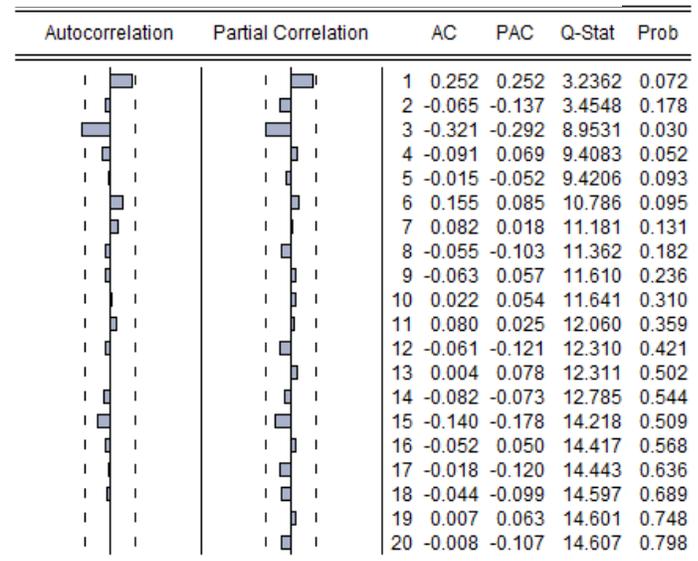


Figure Annexe 9:Corrélogramme de la série Classe C

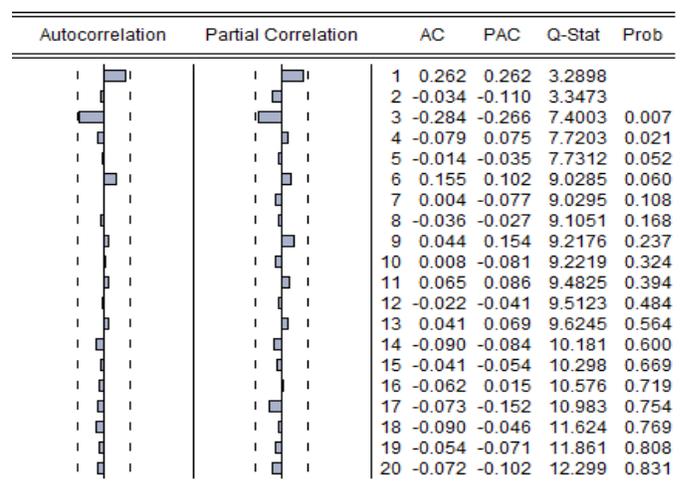


Figure Annexe 14:Corrélogramme des résidus

Annexe V. Programme mathématique

Le code suivant représente l'algorithme Cplex responsable de la résolution de notre programme mathématique dont l'objectif est la détermination des quantités dans la zone de collecte.

➤ **Le corps du programme :**

//data

```
int n=...;
int k=...;
range produit =1..n;
range periode =1..k;
float D[produit][periode]=...;
float a[produit]=...;
float capacite=...;
```

//variable de decision

```
dvar float+ qte[produit][periode];
```

//foction objectif

```
minimize sum(i in produit, t in periode) a[i]*(D[i][t] - qte[i][t]);
subject to {
  forall (t in periode)
    sum(i in produit) qte[i][t] <= capacite;
  forall(i in produit, t in periode)
    qte[i][t] <= D[i][t];
  forall (i in produit, t in periode)
    qte[i][t]>0
}
```

➤ **Les données :**

```
n=41;
k=14;
capacite = 237;
SheetConnection my_sheet ("classeur.xlsx");
D from SheetRead (my_sheet, "demande");
a from SheetRead (my_sheet, "a");
```

Annexe VI. Résultats Prévisions et emplacements finaux

Ci-dessous sont présentés les quantités des produits dans la zone de collecte ainsi que leurs emplacements durant toutes les périodes que nous avons traités.

	Produit	Periode 1		Periode 2		Periode 3	
		QTE	Emplacement	QTE	Emplacement	QTE	Emplacement
Groupe 0	1001	11	D[144,140]B[139,133]	17	D[141,140]B[139,125]	9	D[145,140]C[142,140]
	1002	18	A[142,125]	27	A[142,116]	15	A[142,128]
	1008	8	B[141,140]C[151,146]	12	B[151,140]	7	C[149,143]
	1017	10	B[151,142]	15	C[151,140]D[151,149]	9	B[151,143]
	1021	8	C[145,140]D[151,150]	11	C[148,140]D[151,150]	6	D[151,146]
	1022	5	D[149,145]	8	D[149,142]	5	C[142,140]D[151,150]
Groupe 1	1005	8	A[124,117]	12	B[124,113]	7	B[139,133]
	1006	6	B[107,112]	9	A[115,107]	5	B[132,128]
	1013	4	B[111,114]	5	C[107,111]	3	B[127,125]
	1019	2	B[115,116]	3	B[107,109]	2	A[127,126]
	1020	2	B[117,118]	3	B[110,112]	2	A[125,124]
	1025	2	B[119,120]	2	D[107,108]	2	A[123,122]
	1027	3	B[121,123]	4	D[109,112]	3	A[121,118]
	1035	1	B124	1	C112	1	A117
1042	1	A116	1	C113	1	B124	
Groupe 2	1038	1	D124	1	D116	1	A107
	1026	3	D[139,137]	5	D[124,120]	3	A[110,108]
	1009	6	D[136,131]	9	C[127,119]	5	B[123,119]
	1023	3	D[130,128]	4	C[118,115]	3	A[116,114]
	1015	3	D[127,125]	4	D[119,116]	3	A[113,111]
	1004	8	C[139,132]	12	C[139,128]	7	B[118,112]
	1024	5	C[131,127]	8	D[139,132]	5	B[111,107]
	1010	2	C[126,125]	2	D[131,130]	2	C[107,108]
	1012	2	C[124,123]	3	D[129,127]	2	D[107,108]
1028	1	C122	2	D[126,125]	1	C109	
Groupe 3	1016	8	C[121,114]	12	E[139,128]	7	C[139,133]
	1007	7	D[122,116]	10	F[139,130]	6	D[139,134]
	1011	3	D[115,113]	4	E[127,124]	3	D[133,131]
	1014	3	D[112,111]	5	F[129,125]	3	D[130,128]
	1018	2	C[113,112]	3	F[124,122]	2	C[132,131]
	1032	2	C[111,110]	3	E[123,121]	3	C[130,128]
Groupe 4	1030	1	E139	1	E118	1	E139
	1031	1	E138	1	E117	1	E138
	1033	1	E137	1	E116	1	E137
	1034	1	E136	2	E[115,114]	1	E136
	1036	1	E135	1	F118	1	E135
	1037	1	F139	1	F117	1	F139
	1039	1	F138	1	F116	1	F138
	1041	1	F137	1	F115	1	F137

Annexes

	1043	1	F136	1	F114	1	F136
		Periode 4		Periode 5		Periode 6	
	Produit	QTE	Emplacement	QTE	Emplacement	QTE	Emplacement
Groupe 0	1001	14	B[141,140]C[151,140]	7	D[151,145]	10	B[137,128]
	1002	23	A[142,120]	11	A[142,132]	16	A[142,127]
	1008	10	B[151,142]	5	B[142,140]C[151,150]	7	D[144,140]
	1017	13	D[151,140]B139	9	B[151,143]	13	B[151,140]C151
	1021	9	B[138,130]	7	C[149,143]	10	C[142,140]D[151,145]
	1022	8	B[129,122]	5	D[144,140]	8	C[150,143]B[139,138]
Groupe 1	1005	10	A[118,109]	5	A[131,127]	7	B[127,121]
	1006	8	B[121,114]	4	B[139,136]	6	B[120,115]
	1013	5	B[113,109]	3	A[124,122]	5	B[114,110]
	1019	2	B[109,107]	2	A[126,125]	2	A[124,123]
	1020	3	C[107,109]	2	B[135,134]	3	A[122,120]
	1025	2	A[108,107]	2	B[133,132]	2	A[119,118]
	1027	4	D[110,107]	3	B[131,129]	4	A[117,114]
	1035	1	C110	1	B128	1	A113
1042	1	A119	1	B127	1	A125	
Groupe 2	1038	1	D117	1	B126	1	A119
	1026	5	C[121,117]	3	B[125,123]	4	C[131,128]
	1009	8	C[129,122]	5	B[122,118]	8	C[139,132]
	1023	4	D[129,126]	3	B[117,115]	4	C[127,124]
	1015	4	D[125,122]	3	B[114,112]	4	C[123,120]
	1004	10	C[139,130]	5	A[121,117]	7	D[139,133]
	1024	7	D[139,133]	2	B[111,110]	7	D[132,126]
	1010	2	D[121,120]	5	A[116,112]	2	D[125,124]
	1012	3	D[132,130]	2	A[111,110]	3	D[123,121]
1028	2	D[119,118]	1	A109	2	D[120,119]	
Groupe 3	1016	10	D[139,130]	3	C[133,131]	7	E[139,133]
	1007	8	E[139,132]	5	D[139,135]	8	E[132,125]
	1011	4	E[131,128]	6	C[139,134]	4	F[139,136]
	1014	4	E[127,124]	3	D[134,132]	4	F[135,132]
	1018	3	D[129,127]	2	D[131,130]	3	F[131,129]
	1032	4	D[126,123]	2	D[129,128]	3	F[128,126]
Groupe 4	1030	2	E[121,120]	1	E139	1	E118
	1031	1	E119	1	E138	1	E117
	1033	1	E118	1	E137	1	E116
	1034	2	E117 D117	1	E136	2	E[115,114]
	1036	1	F121	1	E135	1	F118
	1037	1	F122	1	F139	1	F117
	1039	1	F123	1	F138	1	F116
	1041	1	F124	1	F137	1	F115
	1043	1	F125	1	F136	1	F114

		Periode 7		Periode 8		Periode 9	
	Produit	QTE	Emplacement	QTE	Emplacement	QTE	Emplacement
Groupe 0	1001	7	C[146,140]	7	C[146,140]	11	D[151,141]
	1002	12	A[142,131]	12	A[142,131]	17	A[142,126]
	1008	5	C[151,147]	5	C[151,147]	7	B140C[151,146]
	1017	8	D[151,144]	8	D[151,144]	11	B[151,141]
	1021	6	B[151,146]	6	B[151,146]	8	D140B[139,130]
	1022	6	B[151,146]	6	B[151,146]	6	C[145,140]
Groupe 1	1005	6	A[130,125]	8	A[130,123]	8	A[125,118]
	1006	4	B[139,136]	6	B[139,134]	6	A[117,112]
	1013	3	A[124,122]	4	B[133,130]	4	B[129,126]
	1019	2	B[135,134]	2	B[129,128]	2	B[125,124]
	1020	2	B[133,132]	3	B[127,125]	2	B[123,122]
	1025	2	B[131,130]	2	A[124,123]	2	B[121,120]
	1027	3	B[129,127]	4	A[122,119]	3	B[119,117]
	1035	1	B126	1	A121	1	A110
1042	1	B125	1	A122	1	A111	
Groupe 2	1038	1	A111	1	C131	1	D128
	1026	3	A[119,117]	5	C[130,126]	4	D[135,132]
	1009	5	A[124,120]	7	C[125,119]	6	C[131,126]
	1023	3	A[116,114]	4	D[139,136]	4	D[139,136]
	1015	2	A[113,112]	3	D[135,133]	3	D[131,129]
	1004	6	B[124,119]	8	C[139,132]	8	C[139,132]
	1024	4	B[118,115]	6	D[132,127]	5	C[125,121]
	1010	2	B[114,113]	2	D[125,126]	2	C[120,119]
	1012	2	B[112,111]	2	D[124,123]	2	D[127,126]
	1028	1	B110	2	D[122,121]	1	D125
Groupe 3	1016	5	C[139,135]	8	A[120,113]	8	D[107,114]
	1007	5	C[134,130]	8	B[124,117]	7	D[115,121]
	1011	3	D[134,130]	4	B[116,113]	3	C[107,109]
	1014	3	D[139,137]	4	B[112,109]	3	C[110,112]
	1018	2	D[136,135]	3	A[107,108]B[107,108]	3	C[113,115]
	1032	3	D[134,132]	4	A[112,109]	3	C[116,118]
Groupe 4	1030	1	E139	2	E[121,120]	1	E139
	1031	1	E138	1	E119	1	E138
	1033	1	E137	1	E118	1	E137
	1034	1	E136	2	E117 D117	1	E136
	1036	1	E135	1	F121	1	E135
	1037	1	F139	1	F122	1	F139
	1039	1	F138	1	F123	1	F138
	1041	1	F137	1	F124	1	F137
	1043	1	F136	1	F125	1	F136

Annexes

		Periode 10		Periode 11		Periode 12	
	Produit	QTE	Emplacement	QTE	Emplacement	QTE	Emplacement
Groupe 0	1001	16	B[128,113]	12	D[151,140]	12	D[151,140]
	1002	25	A[142,118]	19	A[142,124]	19	A[142,124]
	1008	11	B[151,141]	8	C[141,140]B[139,134]	8	C[141,140]B[139,134]
	1017	16	D[144,140]B[139,129]	10	C[151,142]	10	C[151,142]
	1021	11	B140C[151,142]	7	B[151,145]	7	B[151,145]
	1022	9	C[141,140]D[151,145]	5	B[144,140]	5	B[144,140]
Groupe 1	1005	11	A[117,107]	9	A[123,115]	13	A[123,111]
	1006	9	C[107,115]	7	A[114,108]	10	B[135,126]
	1013	6	B[112,107]	4	B[132,129]	5	B[125,121]
	1019	3	C[116,118]	2	B[128,127]	2	B[120,119]
	1020	3	D[107,109]	2	B[126,125]	3	B[118,116]
	1025	3	D[110,112]	2	B[124,123]	2	B[115,114]
	1027	4	D[113,116]	3	B[122,120]	4	A[110,107]
	1035	1	D117	1	B119	1	B113
	1042	1	D118	1	A107	1	B112
Groupe 2	1038	1	D139	1	D123	1	D116
	1026	5	D[119,123]	3	C[124,122]	5	D[131,127]
	1009	9	C[127,119]	6	D[139,134]	8	D[139,132]
	1023	5	D[124,128]	3	C[127,125]	4	D[126,123]
	1015	4	D[129,132]	3	C[130,128]	4	D[122,119]
	1004	12	C[139,128]	9	C[139,131]	13	C[139,127]
	1024	8	E[139,135]F[139,137]	5	D[133,129]	7	C[126,120]
	1010	3	D[133,135]	2	D[128,127]	2	C[119,118]
	1012	3	D[136,138]	2	D[126,125]	3	C[117,115]
	1028	2	F[136,135]	1	D124	2	D[118,117]
Groupe 3	1016	11	E[111,121]	9	D[107,115]	13	E[107,119]
	1007	10	F[111,120]	6	C[107,112]	9	D[115,107]
	1011	5	F[121,125]	3	C[113,115]	4	C[114,111]
	1014	5	F[126,130]	3	C[116,118]	4	C[110,107]
	1018	4	E[122,125]	2	D[116,117]	3	F[107,109]
	1032	4	E[126,129]	2	D[115,114]	3	F[110,112]
Groupe 4	1030	2	E[107,108]	1	E139	1	E139
	1031	1	F107	1	E138	1	E138
	1033	2	E[109,110]	1	E137	1	E137
	1034	2	E[111,112]	1	E136	2	E136
	1036	1	F108	1	E135	1	E135
	1037	1	F109	1	F139	1	F139
	1039	1	F110	1	F138	1	F138
	1041	1	F111	1	F137	1	F137
	1043	1	F112	1	F136	1	F136

Annexes

		Periode 13		Periode 14	
	Produit	QTE	Emplacement	QTE	Emplacement
Groupe 0	1001	15	B[134,120]	22	A[132,120]
	1002	24	A[142,119]	36	A[142,107]
	1008	10	B140C[151,142]	15	B[151,140] C[151,149]
	1017	11	B[151,141]	16	C[148,140] D[151,145]
	1021	8	C[141,140]D[151,144]	12	D[144,140] B[139,133]
	1022	9	D[143,140]B[139,135]	13	B[107,119]
Groupe 1	1005	11	A[118,108]	16	C[139,124]
	1006	8	B[119,112]	12	D[139,128]
	1013	4	C[107,110]	6	D[127,122]
	1019	2	D[107,108]	3	D[121,119]
	1020	2	D[109,110]	3	C[123,121]
	1025	2	D[111,112]	3	C[120,118]
	1027	4	B[111,108]	0	
	1035	1	B107	0	
	1042	1	A107	0	
Groupe 2	1038	1	D119	0	
	1026	5	D[139,135]	1	F114
	1009	7	D[134,128]	10	F[139,130]
	1023	5	D[127,123]	7	F[121,115]
	1015	3	D[122,120]	5	E[126,122]
	1004	11	C[139,129]	16	E[139,127]
	1024	6	C[128,123]	8	F[129,122]
	1010	2	C[122,121]	3	E[121,119]
	1012	2	C[120,119]	3	E[118,116]
	1028	2	C118D118	0	
Groupe 3	1016	11	E[139,129]	16	D[107,114]
	1007	7	F[139,133]	10	C[107,116]
	1011	3	F[132,130]	5	F[107,111]
	1014	4	F[129,126]	5	F[112,116]
	1018	3	E[124,122]	4	D[115,118]
	1032	4	E[128,125]	0	
Groupe 4	1030	2	E[121,120]	0	
	1031	1	E119	0	
	1033	1	E118	0	
	1034	2	E117 D117	0	
	1036	1	F121	0	
	1037	1	F122	0	
	1039	1	F123	0	
	1041	1	F124	0	
	1043	1	F125	0	

Annexe VII. Outils informatiques

➤ **Le logiciel Cplex :**

CPLEX est un outil informatique d'optimisation commercialisé par IBM depuis son acquisition de l'entreprise française ILOG en 2009. Son nom fait référence au langage C et à l'algorithme du simplexe. Il est composé d'un exécutable (CPLEX interactif) et d'une bibliothèque de fonctions pouvant s'interfacer avec différents langages de programmation : C, C++, C#, Java et Python.

➤ **L'application VBA :**

Visual Basic for Applications (VBA) est une implémentation de Microsoft Visual Basic qui est intégrée dans toutes les applications de Microsoft Office. Comme son nom l'indique, VBA est très lié à Visual Basic (les syntaxes et concepts des deux langages se ressemblent), mais ne peut normalement qu'exécuter du code dans une application hôte Microsoft Office (et non pas d'une application autonome, il requiert donc une licence de la suite bureautique Microsoft). Il peut cependant être utilisé pour contrôler une application à partir d'une autre (par exemple, créer automatiquement un document Word à partir de données Excel). Le code ainsi exécuté est stocké dans des instances de documents, on l'appelle également macro.

➤ **Langage Php :**

PHP: Hypertext Preprocessor, plus connu sous son sigle PHP (acronyme récursif), est un langage de programmation libre, principalement utilisé pour produire des pages Web dynamiques via un serveur HTTP, mais pouvant également fonctionner comme n'importe quel langage interprété de façon locale. PHP est un langage impératif orienté objet.

PHP a permis de créer un grand nombre de sites web célèbres, comme Facebook, Wikipédia, etc. Il est considéré comme une des bases de la création de sites web dits dynamiques mais également des applications web.

➤ **Serveur HTTP :**

Un serveur HTTP ou daemon HTTP ou HTTPd (HTTP daemon) ou (moins précisément) serveur Web est un logiciel servant des requêtes respectant le protocole de communication client-serveur HyperText Transfer Protocol (HTTP), qui a été développé pour le World Wide Web.

➤ **Logiciel EVIEWS**

Logiciel d'économétrie moderne et convivial offrant toutes les fonctions nécessaires en analyse financière, prévision macro-économique et simulations :

- * Estimations, prévisions, analyses statistiques, simulations, gestion de données, réunies dans une puissante interface orientée objet
- * Techniques d'estimation d'équations pour des séries chronologiques, des tableaux croisés.
- * Évaluation de modèles : tests d'hypothèse, modèles ARCH.
- * Prévision et simulation : simulation stochastique, méthode de Monte-Carlo, prévisions statistiques et dynamiques.
- * Gestion des données : conversion automatique des fréquences, prise en charge des formats Excel 2007 et ASCII, import de fichiers de la base de données FRED, interaction avec les programmations sous MATLAB et R, plus de 4 millions d'observations par séries...

Annexe VIII. Interactive Warehouse

Ce logiciel de simulation en ligne est disponible sur le site :

<http://www.roodbergen.com/warehouse/frames.htm>. Il comporte trois fonctions principales qui permettent de concevoir l'entrepôt ainsi que dérouler les commandes suivant l'acheminement choisis. Ces trois fonctions sont :

1- « Set layout » :

Cette fonction permet à l'utilisateur de configurer l'entrepôt afin de ressembler a son entrepot réel, en choisissant : le nombre de blocks, le nombre de couloirs, le nombre de locations par rayons et le nombre d'issues d'expédition.

Pour notre cas, nous avons conçu l'entrepôt suivant :

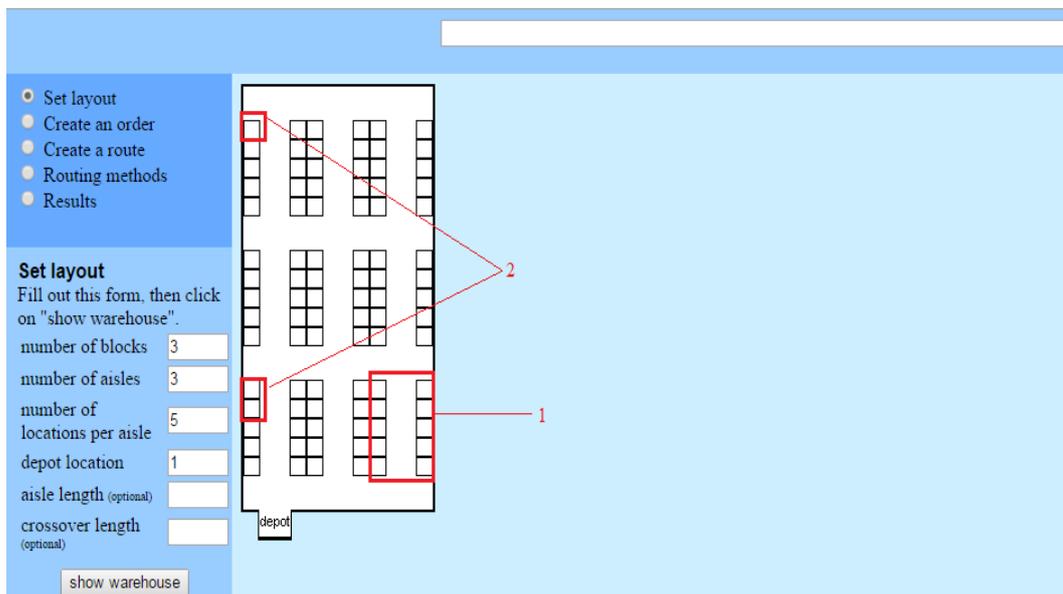


Figure Annexe 15:conception de l'entrepôt actuel

Nous n'avons pas pu concevoir un entrepôt similaire de l'existant, donc nous avons pris le max d'emplacements qui est 15, ensuite nous avons condamné les parties en rouge car elles représentent respectivement : la zone de PC/P et des emplacements inexistant au sein du centre de distribution de Pfizer.

2- « Create an order » :

Cette fonction consiste à choisir les emplacements des produits figurants dans les commandes de façon automatique (hasardeuse) ou bien manuelle.

Dans cette partie, nous avons mis en place les produits dans leurs emplacements actuel, dérouler les commandes ensuite les replacés dans les emplacements que nous avons conçus pour pouvoir ensuite comparer entre les deux.

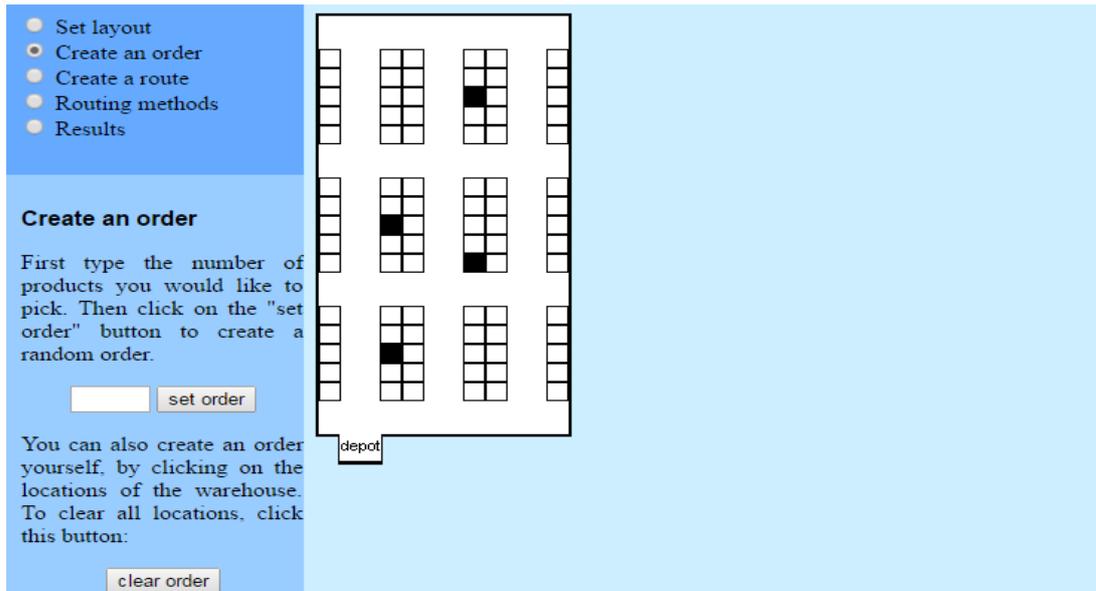


Figure Annexe 16: La création des ordres de commandes par le logiciel

3- « Create a route » et « Routing methods » :

Ces deux fonctions, permettent de choisir l'acheminement avec lequel les préparateurs suivront durant leurs collectes. La première fonction permet de créer une route à la main, ainsi que la deuxième fonction consiste à choisir parmi les acheminements prédéfinis.

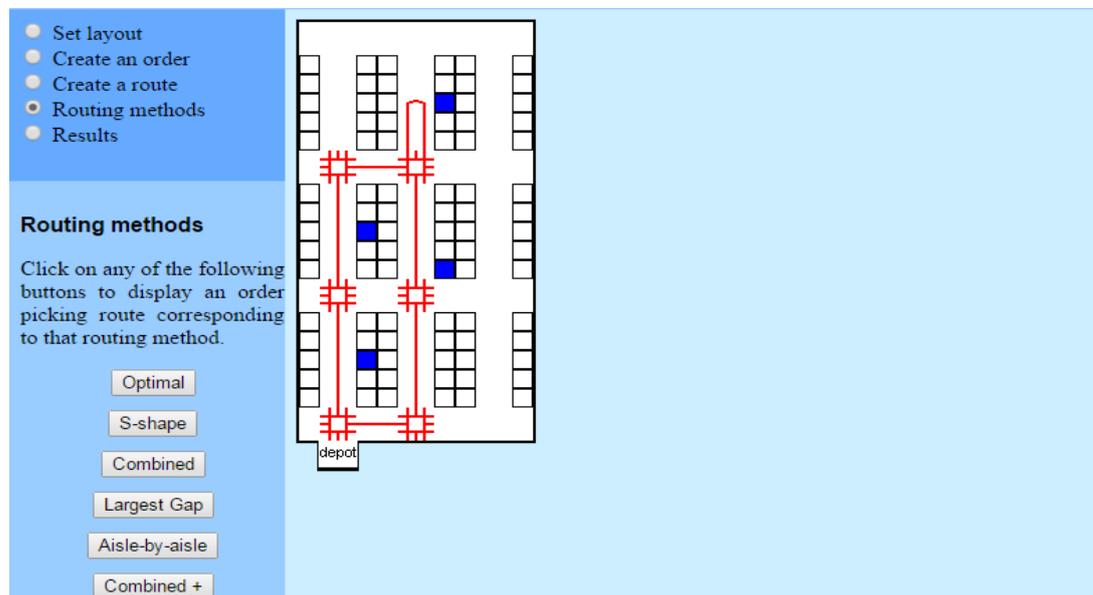


Figure Annexe 17: La création des ordres de commandes par le logiciel

Nous avons utilisé la fonction « Routing methods » pour utiliser les mêmes acheminements avec les deux types d'emplacements afin de pouvoir ensuite comparer les distances parcourues.

En final, le bouton « Results » a comme mission de calculer et afficher la distance parcourue lors de l'utilisation des différents acheminements.