

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



Ecole Nationale Polytechnique
Département de Génie Industriel

Mémoire du Projet de Fin d'Etudes d'ingénieur

Thème : _____

**Contribution à l'élaboration d'une solution de
stockage de matière première en entrepôt frigorifique**

Application MICHELIN Algérie



Présenté par :

M^{lle} Doria BELAHBIB

M. Amine GHAFFOR

Dirigé par :

M. M. BAKALEM

M. F. KHIARI

Promotion juin 2011

Merci à Monsieur BAKALEM pour son encadrement, ses nombreux conseils et pour toute l'attention qu'il a porté à notre travail.

Merci à Monsieur KHIARI, Directeur des approvisionnements à Michelin Algérie pour son aide et le temps qu'il a bien voulu nous consacrer.

Merci à Monsieur Bouziane, pour les entretiens qu'il nous a accordés et ses précieuses recommandations.

Merci aux enseignants de L'Ecole Nationale Polytechnique d'Alger et en particulier aux enseignants du Génie Industriel auxquels nous devons notre formation d'ingénieur.

Merci à toute personne ayant aidé à l'élaboration de ce travail.

*A mes parents, mon frère et
tous ceux que j'estime.*

B.D

*A mes parents, mes sœurs et
tous ceux que j'estime.*

G.M.A

**Certaines informations retranscrites dans ce document ont été modifiées pour des raisons de confidentialité.*

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION :	13
LA PROBLEMATIQUE ET L'APPROCHE RETENUE :	14
A. PROBLEMATIQUE :	14
B. APPROCHE RETENUE :	15
<u>Chapitre premier : Etat de l'art</u>	17
I. LES STOCKS :	17
I.1. Définition des stocks	17
I.2. Les types de stocks	17
I.3. Utilité et inconvénients des stocks	18
I.4. La classification ABC ou loi de PARETO	19
I.5. Le stock de sécurité :	21
II. ENTREPOTS :	24
II.1. L'entrepôt et la chaîne logistique	24
II.2. La gestion de l'entrepôt	25
II.3. Conception d'un magasin de stockage :	26
II.4. La performance en entrepôt	38
<u>Chapitre deuxième : Analyse de l'existant</u>	43
I. PRESENTATION DE L'ENTREPRISE :	43
I.1. Michelin dans le monde	43
I.2. Michelin Algérie	44
I. LE PNEUMATIQUE	45
II. L'ANALYSE DE L'EXISTANT :	47
III.1. Démarche de l'analyse	47
III.2. Le processus d'approvisionnement des mélanges :	47
III.3. Indicateurs de la gestion des stocks :	54
IV. DETERMINATION DES PARAMETRES POUR LE CALCUL DE LA VOLUMETRIE DU STOCK :	60
IV.1. La production:	60
IV.2. Les délais de livraison :	63
V. CLASSIFICATION DES MELANGES :	65
II.1. 1 ^{ère} classification : méthode ABC	65
I.1. 2 ^{ème} classification : la composition des dimensions :	67
CONCLUSION :	70

<u>Chapitre troisième : Conception de la solution de stockage</u>	72
I. LES DONNEES STATIQUES :	72
I.1. La famille logistique :.....	72
I.2. Le conditionnement :.....	72
II. LE DIMENSIONNEMENT STATIQUE DES BESOINS :	73
II.1. La volumétrie du stock : (Le dimensionnement de la zone de stockage) :.....	73
II.2. Elaboration des scénarios :.....	77
II.3. Synthèse des scénarios :.....	81
II.4. Choix du scénario :.....	82
III. LA LOCALISATION DE L'ENTREPOT :	82
IV. LES DONNEES DYNAMIQUES :	83
IV.1. Les flux d'arrivée :.....	83
IV.2. Les flux sortants :.....	84
V. CONCEPTION DES DIFFERENTES ZONES FONCTIONNELLES :	84
V.1. Conception de la zone de réception :.....	84
III.1. Conception de la zone de stockage :.....	85
V.3. Conception de la zone d'expédition des mélanges :.....	87
IV. DIMENSIONNEMENT DES MOYENS NECESSAIRE :	87
IV.1. Le personnel :.....	87
IV.2. Le matériel de manutention :.....	89
IV.3. Les équipements de l'entrepôt frigorifique :.....	89
V. CONFORT ET SANTE DANS L'ENTREPOT FRIGORIFIQUE :	89
VIII.....LA SECURITE :	
90	
IX. WAREHOUSE MANAGEMENT SYSTEM :	91
X. MISE EN PLACE DE L'ENTREPOT :	91
XI. FONCTIONNEMENT DE L'ENTREPOT :	94
XII. CAHIER DES CHARGES FONCTIONNEL :	94
XIII.ETUDE DE RENTABILITE :	95
XI.1. Coûts de la sous-traitance :.....	96
XI.2. Coût de l'entrepôt frigorifique Michelin :.....	98
XIV.RISQUE DU PROJET :	104
XIV.1. Risque technique :.....	104
XIV.2. Risque de sur ou sous dimensionnement:.....	104
XIV.3. Risque financier:.....	104
CONCLUSION :	105
CONCLUSION GENERALE :	106
Annexe.....	108

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Méthode de classification ABC	20
Figure 2 : Variation de la demande lors de l'approvisionnement	22
Figure 3 : Variation du délai de livraison lors de l'approvisionnement	22
Figure 5 : Les zones de l'entrepôt	27
Figure 6: Processus de réception.....	28
Figure 7: Processus de livraison.....	28
Figure 8 : Empreinte d'un déchargement.....	29
Figure 9: Zonage ABC	38
Figure 10 : Implantation de Michelin dans le monde	43
Figure 11: Composition d'un pneumatique.....	46
Figure 12: Processus d'approvisionnement Michelin.....	48
Figure 13 : Processus d'approvisionnement	53
Figure 14 : Les points de stockage	54
Figure 15: Répartition du cout de possession	59
Figure 16 : Consommation prévisionnelle 2011	61
Figure 17 : Répartition du délai de livraison.....	63
Figure 18 : Délais de livraison port de Bejaia.....	63
Figure 19 : Fonction de répartition des délais « Door to Door »	64
Figure 20 : Classification ABC	66
Figure 21 : Double critère de classification	68
Figure 22: Regroupement des classes	69
Figure 23 : Localisation de l'entrepôt	82
Figure 24: Gestion du FIFO	86
Figure 26 : Coût du projet et de la sous-traitance	102
Figure 27: Délai de récupération.....	103
Figure 28 : Fiche Projet (1/2)	109
Figure 29: Fiche projet (2/2)	110
Figure 30: Planning du projet.....	111
Figure 31 : Résultats de la simulation	120
Figure 33: Test de henry (délais de livraison).....	125

Figure 34: Test de Khi ² (délais de livraison »	126
Figure 35: Test de Kolmogorov Smirnov (délais de livraison)	126
Figure 36: Test de henry (consommation)	127
Figure 37: Test de khi ² (consommation)	128
Figure 38: Test de Kolmogorov Smirnov (Consommation)	128

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Dénomination des mélanges de gomme.....	14
Tableau 2 : Rapport taux de service facteur de service.....	21
Tableau 3 : Largeur des allées de service.....	37
Tableau 4 : Dimensions de pneumatique	46
Tableau 5 : Capacité de stockage (palettes)	55
Tableau 6: Ratio Stock de sécurité / nombre de palettes en stock	56
Tableau 7 : Résultat du ratio (Stock de sécurité / nombre de palettes en stock)	57
Tableau 8 : Taux de rotation des mélanges de gomme	57
Tableau 9 : Frais de la sous-traitance	58
Tableau 10: comparaison prévisions de production (tonnes) et le réel produit ..	60
Tableau 11 : Variation de la consommation	62
Tableau 12 : 1 ^{er} critère de classification.....	65
Tableau 13: 2 ^{ème} critère de classification	67
Tableau 14: Poids/palette (Kg).....	73
Tableau 15: Quantités commandées / mélanges	74
Tableau 16 : Consommation journalière moyenne en palettes (2011)	74
Tableau 17 : Consommation journalière moyenne en palettes (2016)	75
Tableau 18: Variation de la consommation	76
Tableau 19: Stock de sécurité (palettes).....	77
Tableau 20 : Taux de service scénario 1	78
Tableau 21 : Taux de service scénario 2	79
Tableau 22: Taux de service scénario 3	80
Tableau 23: Synthèse des scénarios	81
Tableau 24 : Nombre de réceptions sur une période.....	83
Tableau 25 : Dimensionnement des moyens humains nécessaires	88
Tableau 26 : Coût de la manutention	96
Tableau 27 : Coût de transport	97
Tableau 28 : Coût de la sous-traitance	97
Tableau 29: Coût de l'investissement	99
Tableau 30 : Dotations aux amortissements.....	100
Tableau 31: Coût de l'assurance	100

Tableau 32: Coût du personnel.....	101
Tableau 33 : Coût électricité	101
Tableau 34 : Coût d'exploitation.....	101
Tableau 35 : Relevés chronométriques	112
Tableau 36: Simulation stock initial	114
Tableau 37 : Date et quantités réceptionnés (Kg)	114
Tableau 38: Consommation des mélanges sur 3 mois	115
Tableau 39: Fonction de service.....	135

LISTE DES ABRÉVIATIONS

BL: Bill of Lading

CdCF : Cahier des Charges Fonctionnel

CEF: Chariot Elévateur à Fourche

CF : Chambre Froide

CJ : Consommation Journalière

DR : Délai de Récupération

EDI : Echange de Données informatisées

FIFO: First In First Out

GDS : Gestion Des Stocks

GQAT: Garantie Qualité Atelier

HDV: Hors Délai de Vieillissement

LS : Limite Supérieure

PA : Plan Annuel

PLU: Planning Usine


QC : Quantité Commandée

SS : Stock de Sécurité

UAL: Usine d'Alger


WMS: Warehouse Management System

Z: Atelier Z



Dans les sciences, le chemin est plus important que le but. Les sciences n'ont pas de fin.

Erwin Chargaff



Résumé et mots clés:

ملخص :

من أجل خفض تكاليف تخزين المواد الخام وضعف بسبب الاستعانة بمصادر خارجية ، طلب ميشلان الجزائر لنا تصميم مخزن بارد في المصنع الذي يلبي الاحتياجات الحالية والمستقبلية. ردا على ذلك ، عملنا على ثلاثة محاور : الخطوة الأولى هي تحليل تفصيلي للموجود. ثم تحديد حجم المواد الخام و تصميم المخزن من الأداء الأمثل. وأخيرا ، دراسة مردودية المشروع.

الكلمات الرئيسية: تحليل الاحتياجات، تصميم، مخزن، تحسين، الربحية.

Résumé:

Afin de diminuer les coûts de stockage de la matière première et les dysfonctionnements dus à la sous-traitance, Michelin Algérie nous a chargé de concevoir un entrepôt frigorifique au sein de l'usine qui répond à ses besoins actuels et futurs.

Pour y répondre, notre travail se développe sur trois axes : Il s'agit dans un premier temps d'effectuer une analyse détaillée de l'existant. Puis, de déterminer la volumétrie des articles à entreposer et concevoir l'entrepôt de telle sorte à optimiser son fonctionnement. Et enfin, d'étudier la rentabilité de ce projet.

Mots clés : analyse des besoins, entrepôt, dimensionnement, optimisation, rentabilité.

Abstracts:

In order to reduce storage costs of raw materials and dysfunction due to outsourcing, Michelin Algeria asked us to design a cold store in the plant that meets its current and future needs. In response, our work is on three axes: This first step is a detailed analysis of the existing. Then, determine the volume of the storage, and design the warehouse so as to optimize its operation. And finally, to study the profitability of the project.

Keywords: requirements analysis, Warehouse, dimensioning, optimization, profitability.

INTRODUCTION :

Les stocks de matières premières constituent une valeur très importante à l'actif des entreprises mais leur manque peut conduire à des difficultés de production qui peuvent entraîner d'importantes pertes financières.

Les logisticiens des organisations productives s'appliquent à déterminer les quantités de stocks adéquates et à assurer une gestion performante des entrepôts.

En effet, l'entrepôt est l'un des maillons de la chaîne logistique, il joue un rôle stratégique de régulateur, en termes de maîtrise des flux et des délais.

C'est dans ce contexte la direction logistique et Le planning usine de l'entreprise Michelin Algérie nous a chargés d'un projet de création d'un entrepôt de matières premières.

L'entreposage étant confié à ce jour à un sous-traitant, nous avons tout d'abord effectué une analyse de la situation actuelle qui a permis de mettre en évidence la nécessité d'un changement.

Par la suite, nous avons identifié la volumétrie nécessaire du stock de matières premières, déterminé le mode de gestion de l'entrepôt et dimensionné ses différentes zones. Enfin, nous avons achevé notre étude par une analyse de rentabilité du projet.

Notre étude est structurée en trois chapitres :

- i. Le premier chapitre est une présentation de l'état de l'art de la gestion des stocks, des entrepôts et de la méthodologie projet appliquée au sein de l'entreprise.
- ii. Le deuxième chapitre est une étude de l'existant avec une description du produit à stocker, du processus d'approvisionnement des matières premières jusqu'à leur consommation et l'établissement d'indicateurs de la gestion des stocks. Nous finirons ce chapitre par la détermination des paramètres et la classification nécessaire au calcul de la volumétrie du stock.
- iii. Le troisième et dernier chapitre définit la volumétrie du stock de matières premières, le dimensionnement de l'entrepôt et expose l'étude de rentabilité du projet.

Enfin, on retrouve dans les annexes les informations complémentaires nécessaires à la compréhension de l'étude.

LA PROBLEMATIQUE ET L'APPROCHE RETENUE :

A. PROBLEMATIQUE :

Le composé de caoutchouc utilisé dans les pneus est un mélange complexe composé de caoutchouc naturel, de caoutchouc synthétique et d'autres composants.

A sa création, Michelin Algérie était dotée de sa propre unité de production de mélanges de caoutchouc.

L'obsolescence de l'outil de production, ainsi que le changement de stratégie du groupe qui a décidé d'uniformiser le niveau de qualité de ses produits à travers le monde, a été la raison de l'arrêt de leur fabrication en 2009. Depuis, l'entreprise procède à leur importation à partir d'usines Michelin en Europe.

Ce changement entraîne aujourd'hui des surcoûts logistiques dus à l'allongement et l'irrégularité des délais de livraison. Pour éliminer ces surcoûts, l'entreprise a lancé un vaste projet nommé SAVE dont le but est de réduire les délais et de les uniformiser en apportant des améliorations sur l'ensemble de la chaîne logistique.

Les 15 mélanges utilisés actuellement par l'entreprise sont définis sous la codification suivante :

DENOMINATION DES MELANGES DE GOMME							
X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8
X9	X10	X11	X12	X13	X14	X15	-

Tableau 1 : Dénomination des mélanges de gomme

Ces mélanges sont périssables, leur durée de vie est courte à température ambiante et la longueur du délai d'approvisionnements et son irrégularité sont les raisons pour lesquelles les mélanges de gomme doivent être transportés dans des containers frigorifiques et entreposés dans des chambres froides ce qui permet de prolonger leur durée de et leur utilisation dans le processus de fabrication.

Ainsi, les mélanges sont transportés dans des containers frigorifiques puis stockés dans des chambres froides avant d'être livrés à l'usine.

L'activité d'entreposage en chambre froide est effectuée par un sous-traitant et représente aujourd'hui une part importante du coût d'entreposage mais induit aussi :

- Des risques qualité essentiellement liés à un dépassement des délais de vieillissement (HDV) par une gestion inappropriée du FIFO.
- Des temps morts dus à la distance entre les entrepôts frigorifiques et l'usine.

Notre projet de fin d'étude s'intègre aujourd'hui dans le projet SAVE et porte sur l'étude de solutions d'entreposage au niveau de l'UAL, avec comme enjeux :

- Réduire les coûts de stockage
- Optimiser le dimensionnement de l'entrepôt

L'objectif de notre étude selon le cahier des charges arrêté par le commanditaire (cf. annexe 1) est :

- ⇒ Identifier à partir d'une analyse de l'existant, l'opportunité d'un changement ainsi que les besoins actuels et futurs de l'entreprise en matière de stockage.
- ⇒ Concevoir l'entrepôt frigorifique, organiser son fonctionnement et effectuer l'analyse de rentabilité du projet.

B. APPROCHE RETENUE :

Pour réaliser cette étude nous avons suivi la méthodologie projet établit par l'entreprise et présentée dans l'état de l'art. Notre étude s'articulera autour de 3 étapes :

- Une analyse de l'existant qui va permettre de confirmer l'opportunité qu'apportera la solution d'entreposage propre mais aussi les éléments nécessaires à sa conception (délais de livraison, variation de la production, classification des mélanges...).
- A partir des données recueillies et d'une analyse des besoins de l'entreprise nous allons concevoir l'entrepôt, définir l'organisation ainsi que les éléments nécessaires à son fonctionnement.
- Nous finirons l'étude par une analyse de rentabilité.

Le déroulement de notre étude s'appuie sur un planning établi initialement et qui permet une maîtrise des délais (cf. annexe 2). Le suivi quant à lui est assuré par des réunions hebdomadaires avec le commanditaire ainsi que deux réunions effectuées en compagnie du directeur général de l'usine.

CHAPITRE PREMIER

ETAT DE L'ART

Ce chapitre est consacré aux techniques utilisées pour la conception d'un magasin de stockage avec un rappel des notions liées à la gestion des stocks.

Le mot « stock » peut être défini comme étant un produit que l'on garde en vue d'une utilisation ultérieure. Dans toutes les entreprises, on conserve des stocks. La GDS s'avère de plus en plus comme étant un élément stratégique compte tenu du fait que les membres de la direction se rendent compte que ce poste représente une part importante des dépenses et de l'actif d'une entreprise.

I. LES STOCKS :

I.1. Définition des stocks : [Zermati & Mocellin, 2005] [Cloutier, 2005]

Le stock est une provision de produit en instance de consommation.

Il s'agit des biens ou services entrant dans le cycle d'exploitation de l'entreprise pour être vendus en l'état ou après production, transformation ou être consommés à la première utilisation. Ils doivent appartenir à l'entreprise, et celle-ci doit en être propriétaire au moment de l'inventaire, ce qui signifie en particulier que doivent être compris dans les stocks les produits en cours d'acheminement ou reçus, mais dont la facture n'a pas encore été comptabilisée, et à l'inverse doivent être exclus les produits qui ont été livrés aux clients mais non encore facturés.

I.2. Les types de stocks : [Fournier & Ménard, 1999]

Les articles en stock peuvent être classés en diverses catégories liées à la nature de leur consommation, c'est ainsi que l'on distingue :

I.2.1. Les matières premières :

Dans un contexte économique les matières premières constituent les éléments extraits de la surface de la terre, de l'intérieur de la terre, de la mer et des airs (le bois, le blé, les minerais,...), cependant dans un contexte manufacturier, les matières premières d'une usine donnée peuvent correspondre à un dérivé des matières premières d'un point de vue économique.

I.2.2. Les produits en cours :

Le produit en cours représente un type de stock qui n'est plus une matière première ni un produit rendu à la fin du stade de la transformation. Il constitue un produit qui a subi une ou quelques transformations ayant requis de la machinerie et de la main-d'œuvre.

I.2.3. Les produits finis :

Le produit fini signifie le bien fabriqué qui est passé par tous les stades de la transformation, incluant le conditionnement.

I.3. Utilité et inconvénients des stocks : [Zermati & Mocellin, 2005]

I.3.1. Utilité du stock :

La gestion de la production « à flux tendus » n'a pas fait disparaître complètement les stocks. Ceux-ci assurent en effet différentes fonctions dans l'entreprise.

a. Fonction de régulation :

Les délais d'approvisionnement et de production sont, par nature, intermittents ou irréguliers. La constitution d'un stock diminue le risque de rupture d'un programme de fabrication ou évite de manquer une vente, c'est-à-dire augmente la qualité du service rendu par l'entreprise.

b. Fonction économique :

Constituer des stocks permet de profiter des remises accordées par les fournisseurs sur les achats en grande quantité. D'autre part, ces mêmes fournisseurs imposent souvent des quantités minimales de livraison, contraignant ainsi leurs clients à stocker.

c. Fonction de sécurité :

Les stocks sont constitués pour permettre à l'entreprise de se protéger contre les variations aléatoires de la demande et les retards de livraison.

d. Fonction d'anticipation :

Le stockage permet d'anticiper les hausses de prix des matières ou des produits.

e. Fonction technique :

Le stockage préalable de certains produits est parfois nécessaire pour satisfaire les exigences techniques du processus de fabrication (par exemple, le bois doit être séché et les spiritueux¹ doivent vieillir).

I.3.2. Inconvénients du stock :

Le premier inconvénient vient du caractère périssable de certains produits, les articles en caoutchouc par exemple ne se conservent pendant quelques mois qu'à la condition d'être maintenus à température constante et à l'abri de l'humidité.

Le deuxième inconvénient tient à la présence d'invendus, qui ont immobilisé une part de la trésorerie, sans aucun profit. La vente « au rabais » de ces articles ne permet guère que la récupération d'une partie de la trésorerie.

Le troisième inconvénient est la rupture, la rupture entraîne un manque à la vente, dans une usine, c'est toute la fabrication qui risque de se trouver arrêtée.

Enfin un stock doit être gardé, protégé des intempéries, de l'incendie, des rongeurs et des inondations.

I.4. La classification ABC ou loi de PARETO : [Zermati & Mocellin, 2005]**I.4.1. Nécessité d'un classement :**

Lorsqu'une entreprise gère plusieurs articles en même temps, il est impossible qu'elle accorde à chacun des articles la même priorité dans sa gestion. Une gestion des stocks est donc une gestion sélective, on ne gère pas de la même façon les fournitures de bureau et les articles destinés à la production. De même, dans un ensemble de produits (une voiture par exemple) une vis dont la valeur est faible ne sera pas gérée de la même façon qu'un moteur dont la valeur est très importante. On note donc à ce niveau la nécessité de classification des produits selon plusieurs critères (la valeur, la destination, le volume). [PFE Cherfa & Djenaoui 2002]

¹ Désigne le produit de la distillation qui est la base de la boisson alcoolisée

I.4.2. Principe de la classification ABC :

Un des premiers outils que l'acheteur aura à utiliser dans son travail est ce qu'on appelle la classification ABC. Pour retracer l'origine de cette dernière, mentionnons qu'un économiste et sociologue du XVIII^e siècle nommé Wilfredo Pareto a avancé que 80 % de toutes les richesses de la terre étaient possédées par seulement 20% des individus du globe. Ce constat a servi de base à tous les systèmes de classification utilisés. Dans la gestion des stocks, on peut affirmer qu'environ 20% des articles en stock représentent 80% de la valeur monétaire.

Pour effectuer l'analyse ABC les « n » articles en stock sont classés dans l'ordre des valeurs décroissantes des consommations annuelles et cumulons, au niveau de chacun d'eux, le montant de leur consommation annuelle avec les montants des consommations annuelles des articles qui les précèdent. Enfin, on rapporte ces montants cumulés au montant total des consommations W. On obtient ainsi la figure suivante :

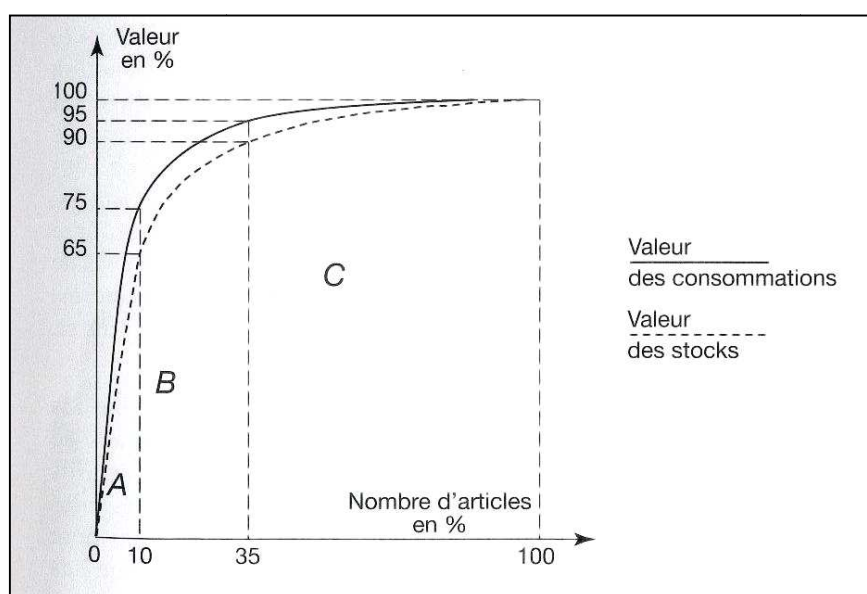


Figure 1: Méthode de classification ABC

On constatera généralement que :

- Les premiers 10% d'articles font environ 75% des consommations (tranche A)
- Les 25% suivants d'articles font environ 20% des consommations (tranche B)
- et que, en conséquence, 65% des articles ne font que 5% du montant total des consommations (tranche C)

I.5. Le stock de sécurité :

Le stock de sécurité est la quantité de stock qui est gardée en réserve afin d'assurer un niveau de service à la clientèle prédéterminée. Ce stock sert à pallier aux variations de la demande (client), de l'offre (rupture de stock du fournisseur) ou des délais (livraison interne ou externe). [Cloutier, 2005]

Compte tenu de la distribution de la demande, de la distribution des délais de livraison et du rapport entre le coût de pénurie et le coût de stockage, le gestionnaire doit déterminer le niveau de service à offrir. Le choix d'un niveau de service détermine donc le risque de rupture que le gestionnaire est prêt à tolérer. Par exemple, un niveau de service de 95 % signifie que la demande sera satisfaite dans 95 % des cas et que le risque de rupture sera de 5 %. Le choix d'un niveau de service permet ainsi de déterminer le niveau du stock de sécurité à partir du « facteur de service », donné par la table de la loi normale. [Crouhy, Greif, 1991]

TAUX DE SERVICE (%)	RISQUE DE RUPTURE (%)	FACTEUR DE SERVICE (Z)
50	50	0
84	16	1
90	10	1,3
95	5	1,6
97,5	2,5	2
99	1	2,3
99,5	0,5	2,6
100	0	3

Tableau 2 : Rapport taux de service facteur de service

I.5.1. Principe de calcul du stock de sécurité : [Cloutier, 2005] [Fournier & Ménard, 1999]

a. La protection contre une variation de la demande :

Comme le comportement du consommateur est quasi impossible à déterminer avec précision face à un produit donné, l'entreprise se doit de conserver du stock pour éviter les pénuries, lesquelles entraîneraient l'insatisfaction chez le client.

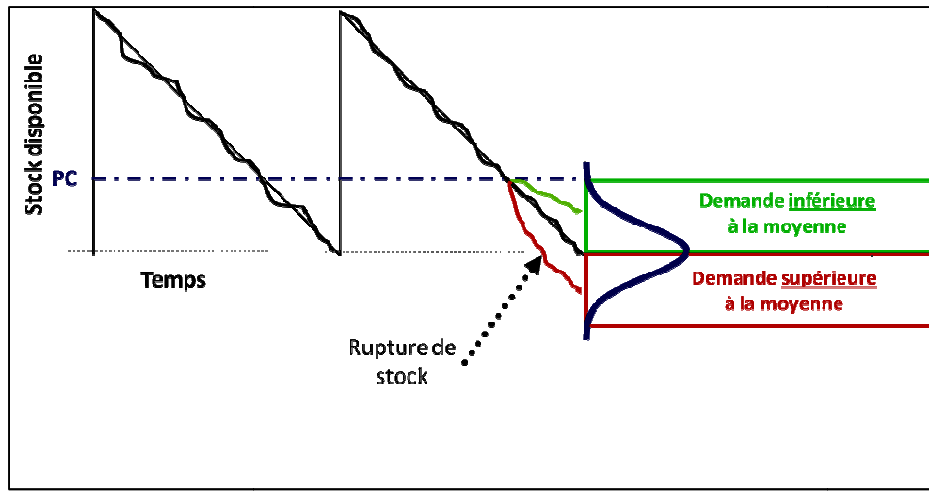


Figure 2 : Variation de la demande lors de l'approvisionnement

Le stock de sécurité est calculé en fonction du niveau de service visé. Le stock de sécurité (SS) est donc:

$$SS = z \times \sigma_{dmdl}$$

où

z = facteur de sécurité (nombre d'écart - type)

σ_{dmdl} = Écart - type de la demande durant
le délai de réapprovisionnement

b. La protection contre un délai de livraison instable :

Il peut arriver qu'un fournisseur promette une livraison dans un certain laps de temps et qu'à cause de certains aléas ce délai ne soit pas respecté, l'entreprise cliente devrait planifier une quantité de stock additionnelle pour ne pas être prise au dépourvu.

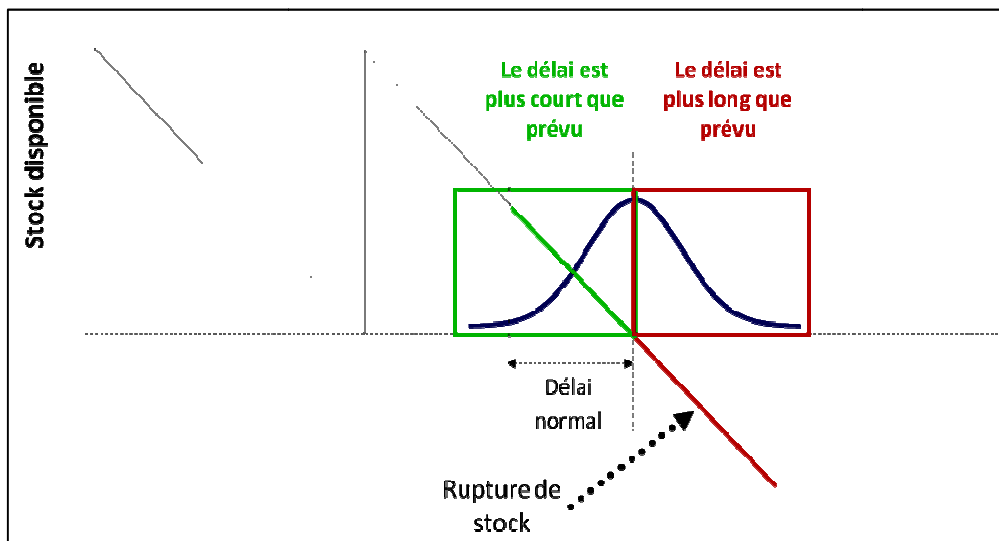


Figure 3 : Variation du délai de livraison lors de l'approvisionnement

Le stock de sécurité devient :

$$SS = z \times \sigma_{dmdl}$$

$$SS = z \times \sigma_{dl} \times \overline{dm}$$

où

z = facteur de sécurité (nombre d'écart - type)

σ_{dl} = Écart - type du délai

\overline{dm} = demande moyenne par unité de temps

c. La protection contre une variation combinée de la demande et des délais de livraison :

Il arrive souvent que l'entreprise éprouve une incertitude totale autant pour ce qui est de la demande que pour ce qui est du délai de livraison. Par exemple, si l'entreprise avait l'habitude de s'approvisionner en Bosnie-Herzégovine, il est fort possible que la guerre qui y a sévi ait nui à la livraison et, qui plus est au réapprovisionnement pour un produit donné.

Le calcul du stock de sécurité tenant compte de la variation combinée des délais de réapprovisionnement et de la demande :

$$SS = z \times \sqrt{\sigma_{dm}^2 \times m + \overline{dm}^2 \times \sigma_{dl}^2}$$

où

z = Facteur de sécurité (nombre d'écart - type)

σ_{dmdl}^2 = Variance de la demande durant
le cycle de réapprovisionnement

σ_{dm}^2 = Variance de la demande

σ_{dl}^2 = Variance du délai

\overline{dm} = Demande moyenne par unité de temps

$m = \frac{\text{Longueur du délai}}{\text{Longueur de la période de calcul de la demande}}$

I.5.2. Fréquence de calcul du stock de sécurité :

Pour la plupart des articles, la demande mensuelle ne varie pas suffisamment d'un mois à l'autre pour qu'il soit nécessaire de revoir les stocks de sécurité de tous les articles tous les mois. Même si les enjeux en terme financier sont considérables (souvent les stocks de sécurité

pèsent pour plus de 25% de la valeur des stocks totaux) il n'est donc pas nécessaire de demander à un gestionnaire de stock de revoir des milliers d'articles en permanence. En général, une mise à jour bi annuelle est une pratique qui permet à la fois de conserver un système adapté tout en évitant de gaspiller un temps précieux. Il arrive que parfois des gestionnaires de stock mettent en place des règles de mises à jour en fonction des catégories ABC :

- Catégorie A : 3 fois par an
- Catégorie B : 2 fois par an
- Catégorie C : 1 fois par an

II. ENTREPOTS :

II.1. L'entrepôt et la chaîne logistique : [Site 6] [Site 7]

L'entrepôt est un maillon de la chaîne logistique mais les entrepôts n'étaient pas, jusque là, intégrés aux décisions stratégiques et tactiques des acteurs de la chaîne logistique.

Aujourd'hui, les choses ont considérablement évolué et les logisticiens des organisations productives et distributives ne considèrent plus les entrepôts comme des centres de coûts mais davantage comme des centres de profit.

Par contre, il est acquis que la rentabilité de ce type de centre de profit ne peut se faire sans une optimisation rigoureuse des flux qui y sont hébergés ou qui y transitent.

Les objectifs de l'entrepôt sont donc de plus en plus importants : meilleure qualité de service, réduction des litiges, réduction des coûts, plus de flexibilité, plus de réactivité... avec des contraintes de plus en plus lourdes : traçabilité des produits, traçabilité et mesure des activités, exécution en temps réel, la réglementation (du transport, de la sécurité des entrepôts) et enfin le travail en flux tendu qui induit un accroissement des activités de réception et de livraison.

C'est cette recherche d'optimisation des entrepôts et de la gestion dynamique des flux qui contribue au maintien d'un haut niveau de performance de la chaîne logistique, et rend possible la satisfaction des clients finaux.

II.2. La gestion de l'entrepôt : [Roux, 2008]

La gestion de l'entrepôt a pour rôle de permettre le pilotage de l'entrepôt et de mettre en œuvre ce qui aura été décidé par la gestion de production et la gestion commerciale.

Ainsi l'entrepôt accueillera ce qui aura été commandé avec la fonction achat et/ou ce qui aura été fabriqué à la suite de l'ordonnancement lancement de la production.

Il gèrera le statut de la quarantaine suivant les instructions de la gestion des stocks et du suivi qualité. Il effectuera les sorties décidées par la fabrication ou le service commercial.

La gestion du magasin a pour rôle essentiel d'optimiser les flux physiques qui lui sont imposés de l'extérieur. L'entrepôt est seulement maître des flux internes : réagencement et réapprovisionnement des zones de préparation à partir du stock de masse.

En dehors de l'éventuelle pré-facturation du transport, la gestion du magasin ne connaît aucune donnée financière. Exceptionnellement la gestion du magasin peut procéder à une valorisation du stock, non pas pour la gestion comptable mais pour gérer les primes d'assurances, si elle en est responsable.

Très généralement, l'entrepôt est également responsable des reconditionnements et de la logistique extérieure. Le logiciel de gestion de magasin devra donc posséder les fonctionnalités correspondantes.

En résumé, la gestion du magasin est responsable du « où », du « comment » et du « quand » mais à très court terme (l'heure, la minute ou le temps réel).

La gestion du magasin dépend de la direction logistique quand elle existe dans l'entreprise, sinon de la direction générale. Elle s'intègre dans la *supply chain*.

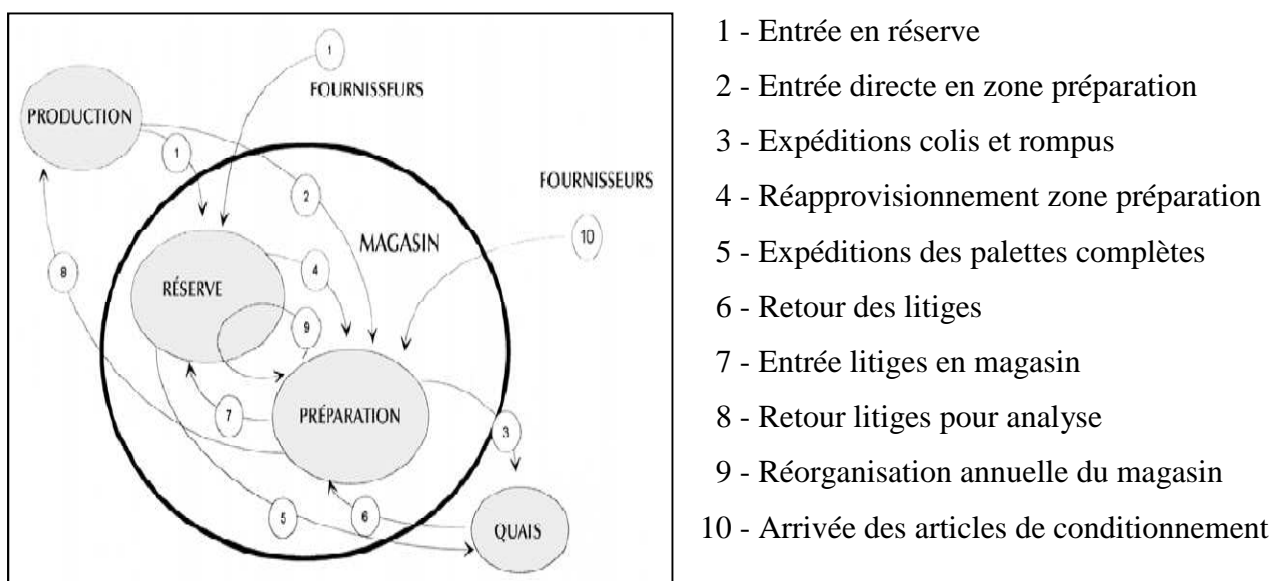


Figure 4 : Flux physique d'un magasin

II.3. Conception d'un magasin de stockage :

II.3.1. Les familles logistiques : [Roux, 2008]

La première tâche de la conception du magasin va consister à étudier le catalogue et classer les articles qu'il aura été décidé de tenir en stock. Ces classements se feront suivant plusieurs critères et seront souvent croisés. Pour chacun des critères, le nombre de classes sera limité à trois ou quatre, cinq au maximum.

Une famille logistique est un ensemble cohérent d'articles qui vont nécessiter les mêmes moyens de stockage, de manutention et de préparation de commandes.

a. Les familles dépendant de la nature des produits :

Chacune des familles suivantes va exiger des mesures particulières imposées le plus souvent par la réglementation ou les contraintes de manutention.

- Aérosols, liquides inflammables... Ils demandent des dispositions de sécurité particulières.
- Produits sensibles ; c'est ainsi que l'on dénomme pudiquement les articles qui sont particulièrement tentants et sont donc victimes de la « démarque inconnue » c'est-à-dire du vol.
- Produits à stocker à une température donnée. Ils nécessiteront bien sûr des enceintes climatisées ou réfrigérées suivant les cas. L'on fera une distinction entre les différentes classes.
- Le stockage sous température dirigée, souvent comprise entre 15 et 25° C.
- Le stockage dit « au froid positif », entre 4 et 15° C.
- Le stockage « au froid négatif » jusqu'à - 35° C. Ces derniers présentent des contraintes particulières.
- Produits longs. Ces produits réclament des équipements de stockage et de manutention tout à fait spécifiques.
- Produits à durée de vie limitée (notion de FIFO, FEFO). Ils demanderont une gestion particulière lors de la préparation de commande
- Produits soumis à quarantaine. Ils exigent une gestion adaptée, voire des zones dédiées.

b. Les familles dépendant des agrès utilisés :

Des modes de stockage spécifiques sont adaptés aux différents agrès utilisés. Parmi les plus courants, citons :

- Produits sur palettes normalisées de type Europe et les dérivés (box palettes, palettes avec rétention pour fûts, palettes plastiques, palettes métalliques, etc.). La qualité de la palettisation et des palettes sera à prendre en compte.

c. Les familles dépendant des données commerciales :

Des catégories de produits peuvent être destinées en exclusivité à un seul client. Les accords commerciaux prévoient alors généralement que les livraisons ne se feront que par palettes complètes. Ces références n'auront nul besoin de se trouver dans les zones de préparation détail.

d. Les familles dépendant du volume :

Les volumes unitaires des articles ont une importance évidente pour la conception du magasin.

e. Les familles dépendant du poids :

Comme les encombrements des articles influencent la définition du magasin, les poids ont leur importance.

f. Les incompatibilités :

Dans la définition des familles logistiques, l'on tiendra compte de certaines incompatibilités de produits qui obligent à les stocker suffisamment loin des autres.

II.3.2. Les zones de l'entrepôt : [Mocellin, 2006] [Roux, 2008]

Un entrepôt est divisé en zones en fonction du flux des marchandises et des produits qui le traversent.

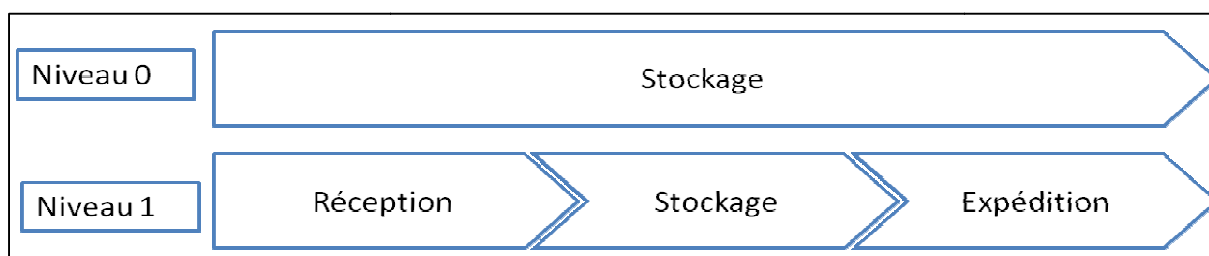


Figure 5 : Les zones de l'entrepôt

a. La zone de réception :

C'est la zone de réception des marchandises en provenance des fournisseurs.

Elle n'a pas pour unique fonction d'entreposer les marchandises suite au déchargement des camions des fournisseurs, mais elle assure également le stockage des produits non conformes, les dédouanements, etc.

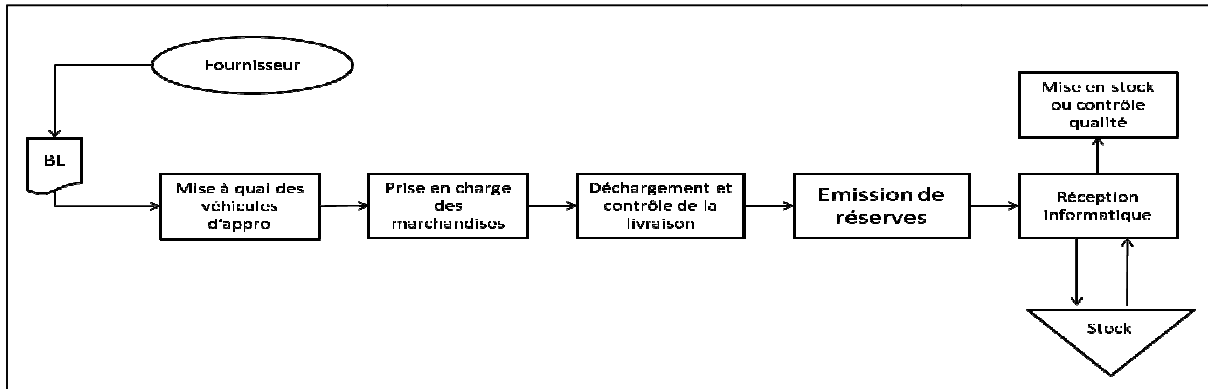


Figure 6: Processus de réception

b. La zone de stockage :

C'est la zone de stockage des palettes ou cartons en attente de livraison vers leur lieu d'utilisation. Des moyens de stockage sont utilisés pour optimiser la surface au sol.

c. La zone de préparation des commandes et d'emballage :

Il s'agit de l'endroit où les magasiniers vont effectuer leur picking², des pièces dans les différents conditionnements afin de constituer des commandes en fonction des besoins des clients. Les moyens utilisés seront différents selon le type de préparation de commande effectué.

d. La zone de livraison :

Cette zone a pour fonction d'entreposer les produits en attente de chargement.

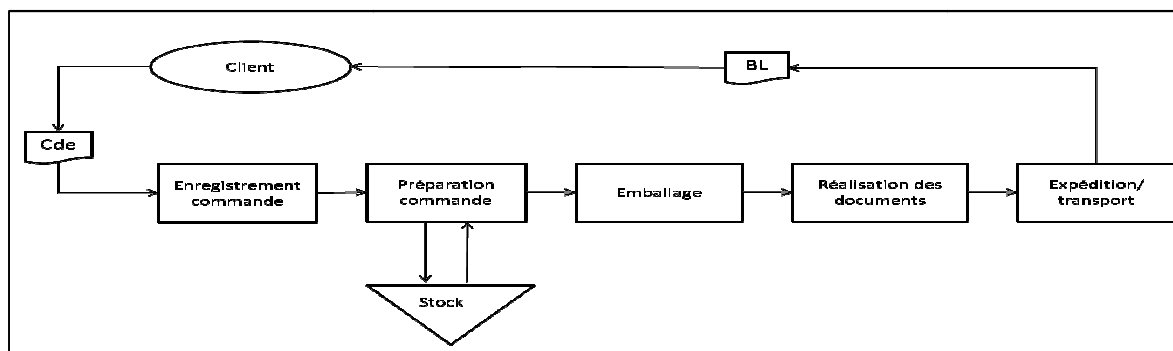


Figure 7: Processus de livraison

² Prélèvement

II.3.3. Dimensionnement des zones de l'entrepôt: [Mocellin, 2006][Roux, 2008]

Dans toutes ces zones, un certain nombre d'opérations sont susceptibles d'être effectuées (contrôle, groupage, etc.). C'est pourquoi il est important, avant de les dimensionner, d'évaluer les opérations à réaliser dans chacune de ces zones. Ensuite seulement, et en fonction des caractéristiques des flux (nombre de colis par jour, nombre de camions par jour, poids réceptionnés, etc.), ces zones pourront être dimensionnées de manière optimale.

a. Le dimensionnement de la zone de réception :

Une zone de réception a plusieurs fonctions qui vont déterminer le dimensionnement adéquat.

i. Le déchargement des camions :

Il s'agit de la zone nécessaire à l'entreposage du contenu des camions en provenance des fournisseurs. Cette zone va dépendre de l'empreinte au sol des camions utilisés.

Par exemple, la longueur des semi-remorques est de 13,5 m et sa largeur 2,5 m, soit 34m² au sol.

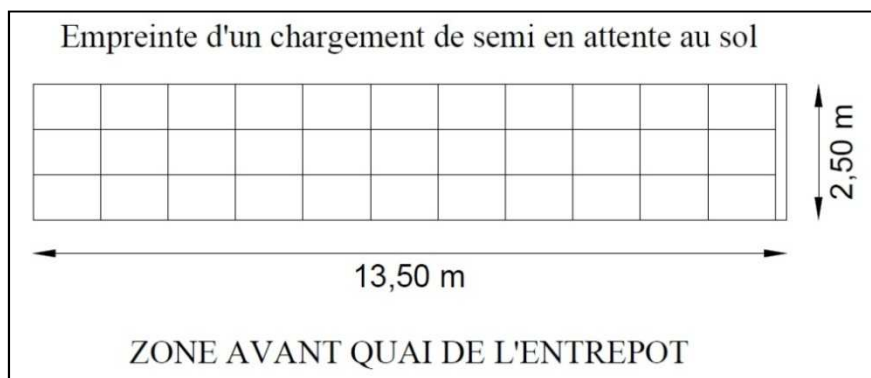


Figure 8 : Empreinte d'un déchargement

ii. Le nombre de quais :

Le nombre de quais est très important, car il va déterminer les ressources à affecter à l'évacuation des produits en vue d'accueillir une nouvelle réception.

Il se calcule à partir du nombre de véhicules attendus dans la journée. Il est égal à un ratio de : 1 quai pour 6 véhicules / jour.

Pour des raisons impératives de productivité, le quai doit se trouver à la même hauteur que le plancher des camions et des remorques, c'est-à-dire approximativement à 1,20 mètre (entre 1,10 et 1,30) au-dessus du sol. Ainsi les chargements et déchargements rapides par transpalettes ou chariots sont possibles avec des gains en temps de 10 à 25 %.

La longueur d'un camion et de sa remorque est de 18,50 mètres et la longueur d'un tracteur et de sa semi-remorque est de 16,50 mètres.

iii. Le déconditionnement des palettes :

Cette zone est souvent confondue avec la zone de déchargement des camions. Il s'agit d'une zone où les palettes reçues vont être déconditionnées pour pouvoir être transportées et mises en stock en fonction des contraintes liées à leurs conditionnements. Si, par exemple, le fournisseur livre de la tôle en palettes alors que, pour des raisons d'ergonomie et de capacité de stockage, ces marchandises sont stockées en chariots verticaux, il est alors nécessaire de reconditionner ces produits.

La bonne pratique logistique tend à supprimer ces opérations sans valeur ajoutée que sont les reconditionnements, mais que parfois des contraintes extérieures commandent néanmoins d'effectuer.

Le gestionnaire de flux va chercher à pousser le plus loin possible le conditionnement du fournisseur à l'intérieur de l'usine sans effectuer de reconditionnement. La relation avec les services méthodes et les gestionnaires d'entrepôts prend alors une tout autre dimension.

iv. Le contrôle réception :

Quantitatif (contrôle des informations contenues sur les bons de livraison) ou qualitatif (en fonction de la stratégie de contrôle définie par le service qualité) ; le contrôle réception n'est pas simultané. En particulier en ce qui concerne le contrôle qualitatif. C'est pourquoi il est nécessaire de prévoir une zone de contrôle qui sera dimensionnée en fonction des pratiques de l'entreprise (contrôle systématique ou échantillonnage) et des délais moyens de contrôle (contrôle dans la journée ou stockage plusieurs jours des produits).

Par exemple, si le flux moyen est de 12 camions de 20 palettes par jour, que le contrat de délai du contrôle est de 24 heures et que l'entreprise effectue le contrôle par échantillonnage de 5%, la zone devra prévoir d'accueillir 12 palettes (20 x 12 x 5%), soit 15m² dans le cas de palettes standards(1000 x 1200).

v. Le dédouanement :

Pour les approvisionnements effectués sous douanes, beaucoup d'entreprises décident d'effectuer leur dédouanement à domicile. Cela leur permet de gagner en réactivité et en délai. Cependant, il est nécessaire de prévoir une zone fermée pour ces pièces afin d'assurer qu'elles ne seront pas utilisées avant que les procédures ne soient effectuées. Le volume à prévoir dépend donc de la taille du flux et du temps nécessaire au dédouanement.

vi. La mise en quarantaine :

Il s'agit de la zone où sont stockés les produits défectueux en attente de traitement. Cette zone est dimensionnée de façon empirique en fonction du flux concerné. Prenons, par exemple, les données chiffrées ci-dessous, à savoir que l'entreprise possède un flux d'entrée d'environ 12 camions semi-remorque de 20 palettes par jour et qu'il a été constaté qu'environ 1% du flux était retourné aux fournisseurs en raison de problèmes qualité. En supposant qu'il est possible de rassembler les pièces défectueuses sur des palettes complètes, il sera nécessaire de réserver près de 3m^2 par jour au sol pour cette zone ($20 \times 12 \times 1\% \times 1,2\text{m}^2$).

Le moindre dérapage (retard au contrôle ou au dédouanement) génère des perturbations dans la zone de réception. Il est fondamental que chacun respecte ses engagements, afin d'éviter de stocker des palettes dans des endroits non prévus à cet effet (pour des raisons de sécurité et de productivité).

Si le responsable d'entrepôt manque de place, ce qui est très fréquent, il devra alors augmenter les fréquences de rotation des différentes actions afin de diminuer la surface nécessaire au niveau de chaque zone.

Le dimensionnement de la zone de réception dépend directement des caractéristiques du flux amont. Toute la difficulté de cette tâche consiste donc à identifier ces caractéristiques. Les systèmes d'informations permettent de recueillir ce type d'information à condition qu'ils soient renseignés de manière correcte et efficace.

b. Le dimensionnement de la zone de stockage :

La première étape du dimensionnement de la surface nécessaire au stockage consiste à définir la règle d'affectation des emplacements. Ensuite seulement il est possible d'estimer le volume en fonction du stock moyen, de la saisonnalité et de l'évolution prévue des volumes de l'entreprise.

i. Le choix de la règle d'affectation :

Il existe 2 stratégies possibles :

❖ **La banalisation :**

Elle consiste à affecter un produit en stock de façon aléatoire au moment de la réception en fonction des emplacements disponibles. Les emplacements ne sont alors pas affectés à un type de produit identifié. Il est important dans ce cas d'identifier informatiquement ou physiquement l'emplacement de la palette entreposée, afin de pouvoir la retrouver au moment

du besoin et de permettre le respect du FIFO. L'avantage majeur de ce système est l'optimisation de la surface de stockage dans la mesure où les emplacements sont utilisés en fonction des pièces présentes en stock ;

❖ **L'affectation :**

Elle consiste à affecter un emplacement à un produit et de le positionner toujours à cet endroit. Ce système permet de retrouver facilement les produits dans la mesure où ils sont toujours stockés au même endroit. L'inconvénient est que ce système consomme de la place, dans la mesure où, même si un produit n'est pas en stock à un instant T, son emplacement lui est réservé.

- ii. Dimensionnement d'un stock banalisé : [Mocellin, 2006] [Zermati & Mocellin, 2005]

Dans ce cas, le dimensionnement doit être calculé par type de conditionnement stocké.

La première étape consiste à segmenter le stock en fonction des palettes, cartons, bacs, etc.

La deuxième étape consiste à identifier le volume ou la taille économique d'un lot de pièces fabriquées ou approvisionnées.

Rappelons d'abord quelques notions :

❖ **Le stock outil :**

Il représente la valeur théorique du stock, il est égal à :

$$STOCK\ OUTIL = \frac{LA\ TAILLE\ DE\ LOT}{2} + LE\ STOCK\ DE\ SECURITE$$

❖ **Le stock instantané :**

Il représente le niveau de stock constaté au moment de l'interrogation du stock. Il n'est pas pertinent de dimensionner un stock banalisé par rapport à cette valeur dans la mesure où ce niveau de stock évolue en permanence en fonction de l'état des consommations.

Le stock moyen : représente le niveau du stock constaté sur une période. Il s'agit d'une moyenne des stocks instantanés relevés à la même période sur une plage plus au moins longue.

Si le stock moyen est éloigné du stock outil cela signifie que les stocks ne sont pas contrôlés ; d'autres composants viennent le polluer tels que les écarts d'inventaires, les stocks dormants ou encore les stocks relatifs à des incertitudes chroniques de prévision.

Il est préférable de prendre comme base de calcul le stock outil plutôt que le stock moyen pour dimensionner un stock. Cette opération consiste à estimer le volume nécessaire les années à venir (le dimensionnement d'un entrepôt ne se fait pas pour l'année en cours) et seuls les paramètres d'approvisionnement sont prévisibles. Il est difficile de prévoir le nombre de palettes de telle référence qui seront nécessaires dans l'année X, en raison des écarts d'inventaire ou d'un stock dormant.

La bonne pratique consiste à dimensionner le stock par rapport au stock outil prévisible pour l'horizon du dimensionnement (5ans par exemple), en pondérant par un ratio appelé «*coefficient stock moyen*» qui résulte du pourcentage d'écart entre le stock moyen et le stock outil.

Pour finir, un dimensionnement de surface nécessaire pour accueillir un stock ne peut faire abstraction des données liées à la saisonnalité. Il est fréquent de constater que le volume de stock varie en fonction des mois de l'année.

iii. Dimensionnement d'un stock affecté : [Mocellin, 2006]

Un stock affecté tient compte des paramètres d'approvisionnement.

La formule de dimensionnement ci-dessus concerne le cas d'un approvisionnement en MRP ou en point de commande dynamique.

Le dimensionnement sera la taille de lot plus le stock de sécurité (QC+SS).

Si le système repose sur un point de commande simple ou encore sur un rechargement périodique, la formule de dimensionnement du stock sera (CJ x D+SS+QC), CJ étant la consommation journalière, D le délai de réapprovisionnement.

c. Le dimensionnement de la zone de préparation des commandes :

Après l'entrée en stock vient la sortie des pièces. Cette phase consiste à prélever et à regrouper un certain nombre d'articles d'une collection afin de former une commande. Des études ont démontré que les frais engendrés par la préparation des commandes pouvaient représenter jusqu'à 50% ou plus des coûts de stockage. En effet, nécessitant un effectif important dans le magasin, elle a fait l'objet de nombreuses recherches d'optimisation, d'où l'existence de diverses méthodes. [Mocellin, 2006]

i. Méthodes de préparation : [Baglin & al, 2005]

Nous distinguons les deux cas suivants:

❖ **Inexistence d'une zone de préparation spécifique :**

Le stock de préparation est situé au pied des colonnes de casiers (racks). Le préparateur va prendre les articles à expédier en parcourant le magasin. Il existe à cet effet plusieurs méthodes :

• Prélèvement par commande :

On confie au préparateur la commande du client. Il se déplace dans l'entrepôt pour prélever successivement tous les articles de la commande (les lignes de la commande auront été préalablement triées par zone géographique).

• Prélèvement par zone géographique :

Une variante de ce système consiste à affecter les préparateurs par zone géographique dans le magasin et à scinder la commande par zone. Chaque préparateur, opérant uniquement dans celle-ci, effectue moins de déplacements. On gagne en effectif mais il est nécessaire de rassembler ces fractions de commande sur la zone d'expédition et d'effectuer les regroupements par commande sans erreur.

• Prélèvement par référence :

Une seconde variante vise à cumuler, pour chaque référence, les demandes par lots représentant quelques heures de travail, selon le volume à traiter, et à sortir ces quantités en une seule fois. On réduit ainsi le nombre de prélèvements à réaliser et la longueur des déplacements. Les articles prélevés sont rapportés sur une zone dans laquelle on procédera à la reconstitution des commandes, ce qui impose un temps de préparation supplémentaire.

❖ **Création d'une zone de préparation spécifique :**

Une zone de prélèvement spécifique est créée et approvisionnée régulièrement à partir du stock de réserve par les magasiniers. La zone de préparation est composée de rayonnages dynamiques ce qui permet au préparateur de prélever les articles constituant la commande tout en parcourant de faibles distances. Une telle organisation n'est envisageable que si le nombre de références est limité.

ii. Systèmes de préparation des commandes : [Roux, 2008]

❖ **Le système de préparation détail « pick then pack » :**

Ce système signifie que l'on exécute les prélèvements dans un premier temps puis qu'on les achemine vers une zone de conditionnement pour les mettre en carton. Cela implique donc une double manutention : prise et dépose dans un bac intermédiaire puis reprise et dépose, de nouveau, dans le carton d'expédition. Cette reprise peut être mise à profit pour effectuer des opérations de contrôle. Le système suivant a été conçu pour éviter cette perte de temps :

❖ **Le système de préparation détail « pick and pack » :**

En fonction de la composition de la commande et des données logistiques des références concernées, un système informatique, indispensable, va calculer la taille du carton d'expédition la mieux adaptée (fonction de pré-colisage). L'étiquette d'expédition va immédiatement être apposée pour que le carton soit tout de suite parfaitement identifiable. Ce dernier va ensuite se faire remplir aux différents postes de prélèvement avant d'être fermé puis expédié.

iii. L'optimisation des tournées de prélèvement : [Mocellin, 2006]

Cette pratique consiste à éviter les trajets inutiles dans la zone de prélèvement. Une fois l'implantation optimum effectuée, les emplacements sont identifiés en zone et les tournées optimales sont organisées. Le bon de préparation suivra l'ordre de la tournée afin d'éviter au magasinier de réaliser une gymnastique mentale pour organiser lui-même sa tournée.

d. Le dimensionnement de la zone d'expédition :

Comme pour la zone de réception des marchandises, les fonctions de la zone d'expédition déterminent la surface nécessaire. Ainsi les étapes suivantes sont généralement suivies.

i. La zone de consolidation :

Cette zone a pour vocation de regrouper les articles de provenances différentes en vue d'une même commande ou d'un même transport.

Il est parfois nécessaire d'utiliser des moyens de triage de colis. Dans ce cas, le type de matériel utilisé dimensionne la zone. Lorsque cette opération est effectuée par le transporteur il est alors inutile de dimensionner cette zone. Le dimensionnement dépend directement du temps moyen d'attente des colis avant réexpédition. En effet, au cas d'approvisionnement de provenances multiples, les difficultés de synchronisation imposent des temps d'attente plus ou moins longs.

ii. La zone de contrôle départ :

Elle a pour vocation de contrôler la présence de tous les colis d'une commande après préparation. Cette zone est également consommatrice de place si les arrivées des articles d'une même commande ne sont pas synchronisées.

iii. La zone d'attente départ :

Elle est nécessaire dans la mesure où l'arrivée des articles d'un même transport n'est pas toujours synchronisée. De plus elle permet d'optimiser les temps de chargement. Il est indispensable de préparer l'envoi en fonction de l'occupation au sol du camion : à l'arrivée de ce dernier, il ne reste plus alors qu'à le charger. Cette zone est souvent globalisée avec la procédure afin d'éviter les multiples manipulations des produits, l'élément déterminant étant le couple temps d'attente/nombre de quais disponibles. De plus elle permet un lissage de la charge des caristes (transport des colis entre 2 camions) et également palier les retards des chauffeurs. Une pratique consiste, lorsque cela est possible, à stocker les produits des commandes dans des remorques mises à disposition par les transporteurs. Ce qui évite la reprise des charges et donc améliore la productivité de l'opération de chargement. Le transporteur peut alors venir récupérer sa remorque sans se soucier des contraintes d'horaires des quais de chargement.

II.3.4. Les allées des entrepôts : [Roux, 2008] [Site 8]

- Les matières stockées en vrac sont séparées des autres matières par un espace minimum de 3 m sur le ou les côtés ouverts. Une distance minimale de 1 m est respectée par rapport aux parois et aux éléments de structure.
- Les matières conditionnées en masse sont stockées de la manière suivante :
La distance minimale entre deux îlots est de 2 m (les îlots au sol ont une surface limitée à 500 m²).
- Les matières conditionnées dans des contenants autoporteurs géables sont stockées de la manière suivante :
La distance minimale entre deux îlots est de 2 m (les îlots au sol ont une surface limitée à 1000 m²).

En ce qui concerne la largeur des allées de service, elle est directement dépendante des moyens de manutention envisagés et de l'orientation des palettes.

MOYENS DE MANUTENTION	LARGEUR DES ALLEES DE SERVICE
Transstockeurs automatiques	1,20 m à 1,4 m (suivant orientation des palettes)
Chariots à grande hauteur	1,7 m à 1,85 m (suivant hauteur et orientation palettes)
Chariots équipés d'un filoguidage	1,8 m
Chariots à mât rétractable	2,8 à 3 m
Chariots conventionnels à fourche frontale	3,5 à 4,5 m
Chariot articulé à fourche frontale	2 m

Tableau 3 : Largeur des allées de service

II.3.5. Le choix d'une hauteur de stockage :

La hauteur de stockage peut être imposée par des contraintes extérieures : soit la surface disponible pour la construction de l'entrepôt est limitée, soit la hauteur de construction maximum est fixée par des règlements :

- Les matières conditionnées en masse sont stockées à une hauteur maximale de 8 m
- Les matières stockées sous température positive dans des supports de stockage porteurs tels que les rayonnages ou les palettiers sont stockées à une hauteur maximale de 10 m en l'absence d'extinction automatique.

S'il n'existe pas de contraintes extérieures, le choix sera technico-économique. Un coût optimum d'entrepôt correspond au minimum de la somme des quatre fonctions :

- Le coût du terrain correspondant à la zone de stockage : il décroît directement quand la hauteur augmente.
- Le coût du bâtiment : il croît avec la hauteur.
- Le coût des équipements de manutention : il croît directement avec la hauteur.
- Les coûts d'exploitation qui dépendent directement des équipements choisis et donc indirectement de la hauteur.

L'influence de la variation des autres coûts élémentaires n'est pas significative.

II.3.6. Implantation du magasin : [Zermati & Mocellin, 2005]

Une bonne implantation est une implantation qui ne tient pas compte du hasard. La technique la plus utilisée et celle appelée la méthode par « zonage ABC », cette méthode consiste à implanter le stock en fonction de la classification ABC vue précédemment

En effet, il est beaucoup plus intéressant de positionner dans une « zone d'accès rapide » un produit ayant une rotation forte, article qui va être manipulé fréquemment, en appliquant cette analyse nous cherchons l'économie des temps de manutention. La réussite d'une telle démarche sera donc visible par l'évolution des indicateurs de performance de l'entrepôt.

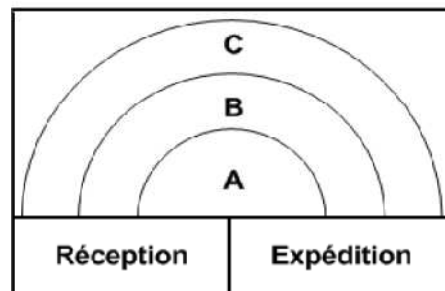


Figure 9: Zonage ABC

II.4. La performance en entrepôt : [Mocellin, 2006] [Roux, 2008]

La gestion des magasins doit être effectuée avec un maximum de performance afin de ne pas retarder les différents délais de la chaîne logistique tout en maîtrisant les coûts associés.

Les principaux critères d'évaluation de la performance d'un magasin sont le service client, les coûts logistiques, l'évolutivité de l'entrepôt.

Ces critères de performance doivent être matérialisés sous formes d'indicateurs de performance.

a. Les indicateurs liés au niveau de stock :

i. La couverture des stocks :

$$LA\ COUVERTURE\ DES\ STOCKS = \frac{Nombre\ de\ pièces\ en\ stock}{Consommation\ journalière\ prévisionnelle}$$

Un niveau de stock est toujours mesuré en jours de couverture afin de mettre en perspective le niveau de stock et sa rotation. La mesure en couverture permet de faire apparaître le temps d'écoulement du stock compte tenu d'une consommation.

ii. Le ratio stock outil / stock total :

$$\frac{\text{Stock Outil}}{\text{Stock Total}} = \frac{\frac{QC^3}{2} + SS^4}{\text{Nombre de pièces en stock}}$$

- $1 < \text{Ratio} < 1.5$ le stock est sous contrôle.
- $\text{Ratio} > 1.5$ le stock est inférieur au stock outil. Cela signifie que la maîtrise du stock de sécurité ou de la consommation est très difficile.
- $\text{Ratio} < 1$ le stock n'est pas sous-contrôle, de nombreux aléas viennent augmenter la valeur mécanique des stocks.

b. Les indicateurs liés au délai :i. Ratio de tension des flux :

$$\text{Ratio de tension des flux} = \frac{\text{Cycle production (file d'attente + temps traversé)}}{\text{Temps opératoire}}$$

Ce ratio permet de faire apparaître la part entre le temps ou les processus de fabrication créent de la valeur ajoutée et la part des temps d'attente divers.

ii. Taux de service client :

$$\text{Taux de service Client} = \frac{\text{Nombre de commandes livrées à l'heure}}{\text{Nombre de commandes à livrer}}$$

Cet indicateur est le plus suivi dans la mesure de la performance d'une chaîne logistique globale. En effet, l'objectif logistique d'une entreprise est de satisfaire ses clients. Ceci est encore plus vrai lorsque le respect du délai est utilisé comme une arme concurrentielle pour l'entreprise. De plus il permet à chaque maillon de s'organiser dans un respect des délais.

c. Les indicateurs liés à la performance de l'entrepôt :i. Taux de remplissage de l'entrepôt :

$$\text{Taux de remplissage de l'entrepôt} = \frac{\text{Nombre d'alvéoles en stock utilisées}}{\text{Nombre total d'alvéoles en stock}}$$

³ Quantité commandée

⁴ Stock de sécurité

Un niveau très bas de cet indicateur (moins de 50 %) peut faire penser que la surface de stockage est surdimensionnée et que les manutentionnaires effectuent donc des trajets inutiles. Au contraire un niveau très haut (90 %) peut laisser entrevoir une certaine saturation de l'entrepôt qui conduira à envisager de nouvelles stratégies de stockage en cas d'augmentation des volumes prévisionnelles ou de saisonnalité forte.

ii. Taux de qualité :

$$\text{Taux de qualité} = \frac{\text{Nombre de pièces envoyées (reçues) bonnes}}{\text{Nombre de pièces envoyées (reçues)}}$$

Les entrepôts doivent effectuer des contrôles en entrée des marchandises reçues ou des contrôles en sortie des nombres des produits fabriqués.

iii. Suivi des couts logistiques :

$$\% \text{ Couts logistiques} = \frac{\sum \text{Coûts logistiques}}{\text{Chiffre d'affaire}}$$

De nombreux coûts logistiques sont supportés par les gestionnaires d'entrepôts. Cela commence par les salaires des personnels y travaillant jusqu'aux factures d'électricité ou aux matériels de manutention.

iv. Suivi des coûts de transport :

$$\% \text{ Couts de transports} = \frac{\sum \text{Coûts de transport}}{\text{Chiffres d'affaires}}$$

Il s'agit d'un gisement d'économies substantielles qui trouvent leurs causes dans l'amélioration de la chaîne logistique globale de l'entreprise.

v. Taux de remplissage des camions :

$$\text{Taux de remplissage des camions} = \frac{\text{Nombre de } m^3 \text{ chargés sur une période}}{\text{Capacité en } m^3 \text{ des camions utilisés sur une période}}$$

Ce taux permet de redimensionner le parc de véhicules utilisés, voire de modifier l'organisation des tournées.

vi. Productivité de l'entrepôt :

$$\text{Productivité de l'entrepôt} = \frac{\text{Nombre de mouvements de stock (ou lignes de commandes)}}{\text{Effectif de l'entrepôt}}$$

Cet indicateur est mis en place car il permet de mesurer la performance de l'équipe logistique sur un maillon précis de la chaîne. Il peut être mesuré sur le maillon « préparation des commandes » ou encore « mise en stock ».

CHAPITRE DEUXIEME

ANALYSE DE L'EXISTANT

Dans ce chapitre, nous nous intéresserons particulièrement au processus d'approvisionnement des mélanges, après une rapide présentation de l'entreprise nous effectuerons une analyse du processus et nous établirons des indicateurs de la gestion des stocks que nous utiliserons pour identifier les dysfonctionnements dus à la sous-traitance et les besoins de l'entreprise en matière de stockage.

Enfin nous finirons ce chapitre par la détermination des paramètres essentiels au calcul de la volumétrie et de la classification qui seront utilisés lors du dimensionnement de l'entrepôt.

I. PRESENTATION DE L'ENTREPRISE :

I.1. Michelin dans le monde : [Site 1] [Site 2]

Michelin est un fabricant français de pneumatiques à dimension internationale, Créée en 1889 par les frères Michelin André et Edouard, l'entreprise est actuellement leader mondial du pneumatique avec 20 % du marché mondial. L'entreprise propose ses produits sur plusieurs marchés : Marché Tourisme Camionnette, Poids Lourd, Activités de spécialités (pneus agricoles, pneus moto, pneus radiaux, génie civil et avion). Parmi ses nombreuses inventions, il y a le pneu démontable, le pneu ferroviaire (« pneurail »), la carcasse radiale qui équipe tous les pneus contemporains et le pneu dit « vert » qui réduit la consommation de carburant par moindre résistance à l'avancement des véhicules.

L'entreprise dispose de 72 sites de production à travers 19 pays et dont le siège social est basé à Clermont-Ferrand, en France.

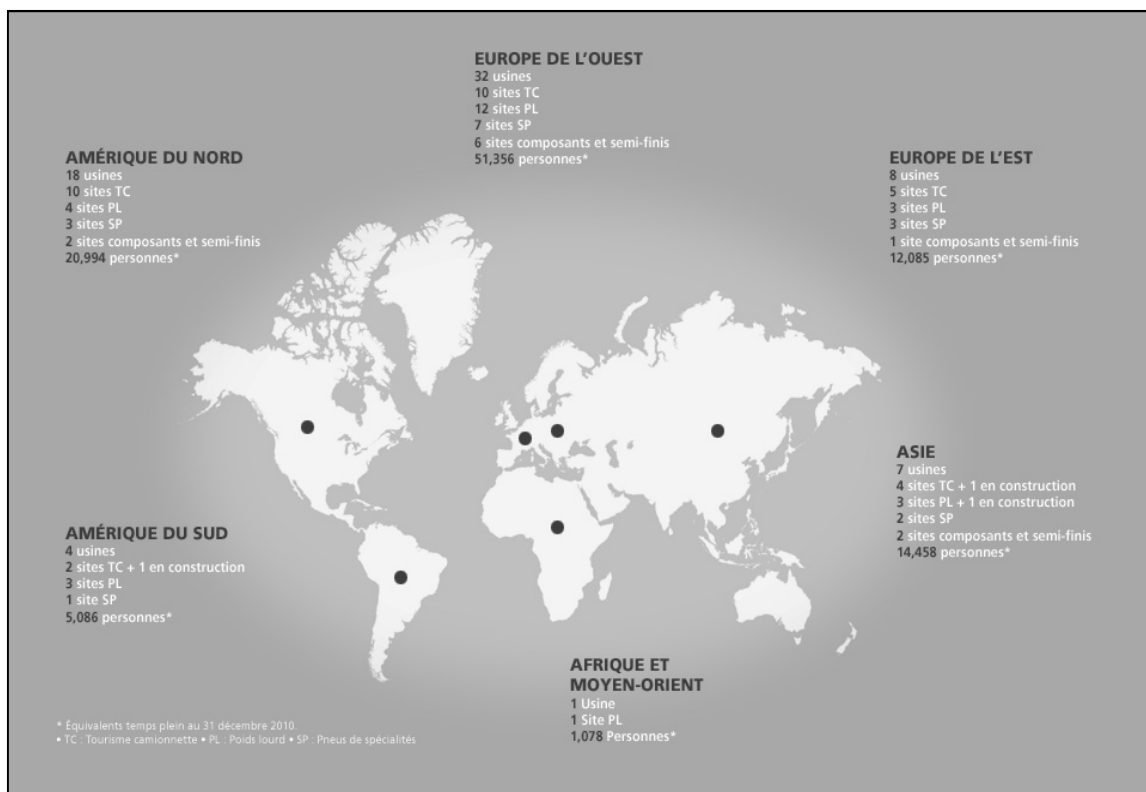


Figure 10 : Implantation de Michelin dans le monde

Depuis sa création, l'entreprise Michelin s'est donnée pour mission de contribuer au progrès de la mobilité des personnes et des biens et, au-delà, au progrès de la société, elle vise à satisfaire le besoin humain fondamental de rencontre, d'échange et de découverte.

Les cinq (05) valeurs fondamentales du groupe Michelin :

- ✓ Respect des clients.
- ✓ Respect des personnes.
- ✓ Respect des actionnaires.
- ✓ Respect de l'environnement.
- ✓ Respect des faits.

Quelques informations clés sur le groupe :

- 109 193 employés.
- Plus de 150 millions de pneus et 10 millions de cartes et guides fabriqués en 2009.
- Ventes nettes : 14,8 milliards d'euros.
- Marché du tourisme et camionnette : 80% des pneus vendus.
- Marché du poids lourd : 80% des pneus vendus.
- 72 sites de production dans 19 pays.
- Une présence commerciale dans plus de 170 pays.

I.2. Michelin Algérie : [Site 3] [Docu 2]

Michelin Algérie est créée en 1959 et commence en 1963 la fabrication de pneumatiques. Couvrant les activités tourisme, camionnette et poids lourds, l'usine arrive en un quart de siècle, à une production record de 24 tonnes de pneumatiques par jour. Mais à partir de 1988, la situation se dégrade. Confrontée à des problèmes de rupture d'approvisionnement dus à une pénurie de devises et à l'insécurité, la direction se décide à interrompre toute activité industrielle en novembre 1993.

La situation s'étant stabilisée, le groupe Michelin décide de reprendre ses activités industrielles en Algérie. Créée en août 2002, la nouvelle société Michelin Algérie a redémarré ses activités industrielles trois mois après.

L'usine d'Hussein Dey se consacre exclusivement aux pneus de poids lourds, dont les matières premières sont importées.

L'autre préoccupation de Michelin en Algérie étant le transfert du savoir-faire technologique aux cadres et techniciens algériens. A ses débuts, l'usine comptait 26 cadres étrangers venus assurer le redémarrage de l'activité. Aujourd'hui, ils ne sont plus que quatre (04), le reste de l'effectif étant algérien.

I. LE PNEUMATIQUE : [Site 5] [Site 4]

Un pneu est un solide souple de forme torique formé de gomme et autres matériaux. Il est conçu pour être monté sur une roue ou une jante et gonflé avec un gaz sous pression, habituellement de l'air ou de l'azote. Il assure le contact de la roue avec le sol, procurant une certaine adhérence, un amortissement des chocs et des vibrations facilitant ainsi le déplacement des véhicules terrestres.

Un pneumatique assure plusieurs fonctions vitales pour la sécurité de tous les usagers de la route. Il sert à rouler, porter la charge, assurer le guidage, transmettre les efforts freineurs et moteurs, amortir les bruits et les vibrations mécaniques. Pour assurer ces fonctions, le pneumatique doit adhérer, assurer la trajectoire, résister à l'usure, être endurant, être confortable, faire le moins de bruit possible mais aussi être capable de supporter le poids du véhicule et de ses passagers.

Ces caractéristiques sont le résultat d'une haute précision dans la composition du pneumatique. C'est un produit complexe, constitué de plusieurs éléments : un véritable produit de haute technologie. En effet, le pneumatique est soumis à de multiples contraintes, il doit s'adapter à des conditions d'utilisation différentes et doit satisfaire des besoins différents, voire antagonistes. Chaque élément du pneumatique est conçu pour répondre à ces nécessités. La figure suivante expose les principaux composants d'un pneumatique :

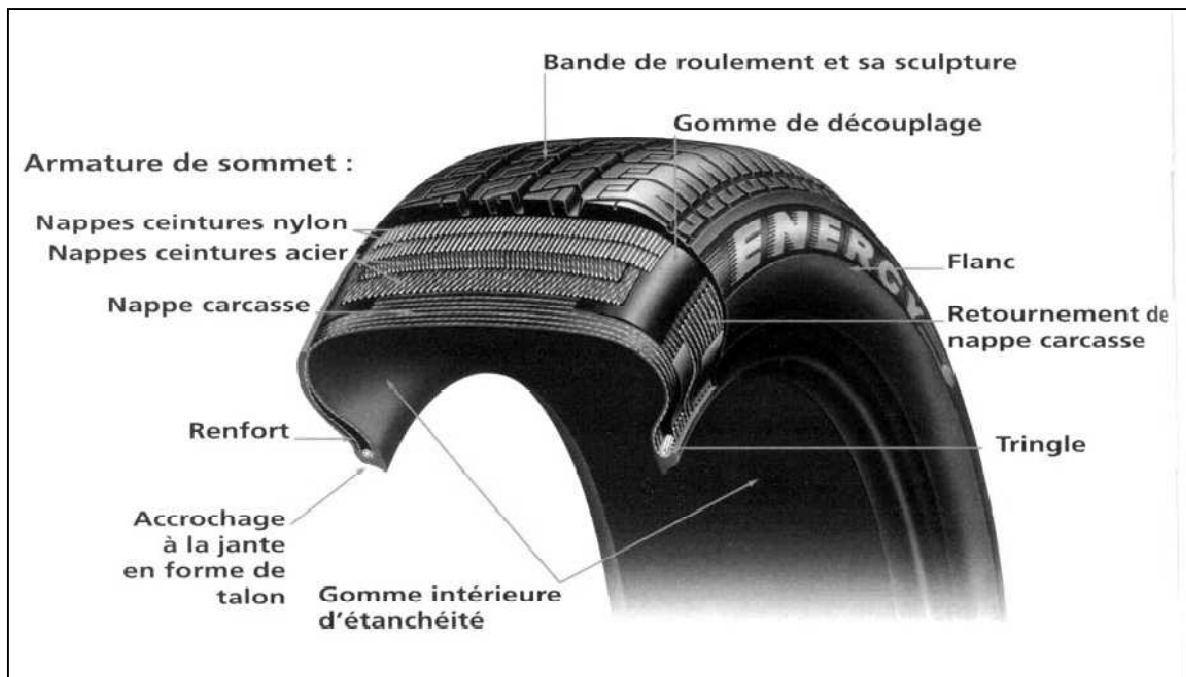


Figure 11: Composition d'un pneumatique

- **Bande de roulement** : Partie du pneumatique en contact avec le sol.
- **Nappes** : Tissus formés de câbles parallèles textiles (pneu tourisme et moto) ou métalliques (poids lourd, génie civil) enserrés entre deux feuilles minces de caoutchouc.
- **Nappe carcasse** : Nappe de caoutchouc renforcée à l'aide de câbles en fibres métalliques
- L'ensemble de ces éléments constitue le **sommet**.
- **Flancs** : Côtés du pneumatique.
- **Tringle** : Anneaux métalliques souples qui servent à maintenir le pneu sur la jante.

L'entreprise Michelin Algérie produit 11 dimensions de pneumatique.

DIMENSIONS										
750	7.50	325/95	325/95	1200	1200	1400	315/80	1200	1200	315/80
R16	R16	R24	R24	R20	R24	R20	R22,5	R20	R20	R22,56
XZE-Y	XS	XD	XZ	XZE2	XZE+	XS	XZ	XS	XZY3	XD

Tableau 4 : Dimensions de pneumatique

Les dimensions de pneumatiques sont composées essentiellement de 15 types de mélanges de gomme de caoutchouc qui représentent environ 75% de leurs poids.

❖ Caractéristiques des mélanges de gomme:

Les mélanges de gomme en caoutchouc sont périssables, d'où la nécessité de les stocker dans des chambres froides à une température de 1 à 5° C.

Le tableau suivant indique les délais de vieillissement des mélanges maintenus à cette température, soit 6 fois la limite supérieure de chaque mélange. Des tests spécifiques selon ces délais sont effectués par le laboratoire qualité avant leur utilisation.

Les mélanges de gomme étant périssables, ils sont soumis à la règle du FIFO (First in First Out) qui est une règle de gestion de lots, elle permet d'assurer le suivi séquentiel et chronologique des éléments, pour des raisons de traçabilité, de péremption et d'obsolescence. Cependant le FIFO appliqué aux mélanges n'est pas littéralement « le 1^{er} entrée au magasin, le 1^{er} sorti » mais plutôt, le lot qui possède le délai de livraison le plus long qui devra être livré en premier.

II. L'ANALYSE DE L'EXISTANT :

III.1. Démarche de l'analyse

L'objectif de l'analyse de l'existant est d'analyser les dysfonctionnements et de déterminer les besoins de l'entreprise Nous avons décomposé cette démarche en deux partie :

- Une analyse du processus d'approvisionnement qui va permettre de représenter la structure et le fonctionnement du processus
- L'établissement d'indicateurs de la gestion des stocks pour évaluer la performance de la gestion de stocks

Cette démarche nous permettra une meilleure compréhension du système d'approvisionnement des mélanges de gomme, de déterminer les dysfonctionnements dus à la sous-traitance et les besoins de l'entrepôt et les paramètres à prendre en considération lors de son dimensionnement

III.2. Le processus d'approvisionnement des mélanges :

Avant d'être utilisés par les ateliers de fabrication les mélanges de gomme parcourent plusieurs étapes qui les mènent successivement par plusieurs points d'attente et de stockage. Avant de concevoir l'entrepôt, nous allons maintenant décrire le processus

d'approvisionnement afin d'identifier les carences identifiées lors du processus. Et par la suite, déterminé les paramètres nécessaires au calcul des besoins de l'entreprise.

La gestion de l'approvisionnement est effectuée conjointement par la direction logistique et PLU selon les étapes suivantes :

- *La direction logistique est chargée de l'approvisionnement de la matière première, de la gestion des stocks et la livraison du produit fini et des relations avec le fournisseur.*
- *Le planning usine est chargé des prévisions, du planning et du suivi de la production.*

III.2.1. Le calcul des besoins par le planning usine (PLU):

Le PLU effectue les prévisions de consommation des mélanges à partir des prévisions de production (PA) et des décompositions par dimensions pneumatiques⁵ (décomp/dim).

III.2.2. La détermination des quantités à commander :

Les quantités à commander sont déterminées par le PLU à partir des prévisions de consommation, du niveau de stock et du suivi des retards et des avances sur les livraisons. Le planning calcule chaque semaine S les quantités à commander pour chaque mélange avec comme objectif un niveau de stock à S+10 de 20 jours de couverture.

Pour réduire les risques de rupture de stocks le planning regroupe l'ensemble des commandes puis répartit les quantités commandées sur plusieurs expéditions.

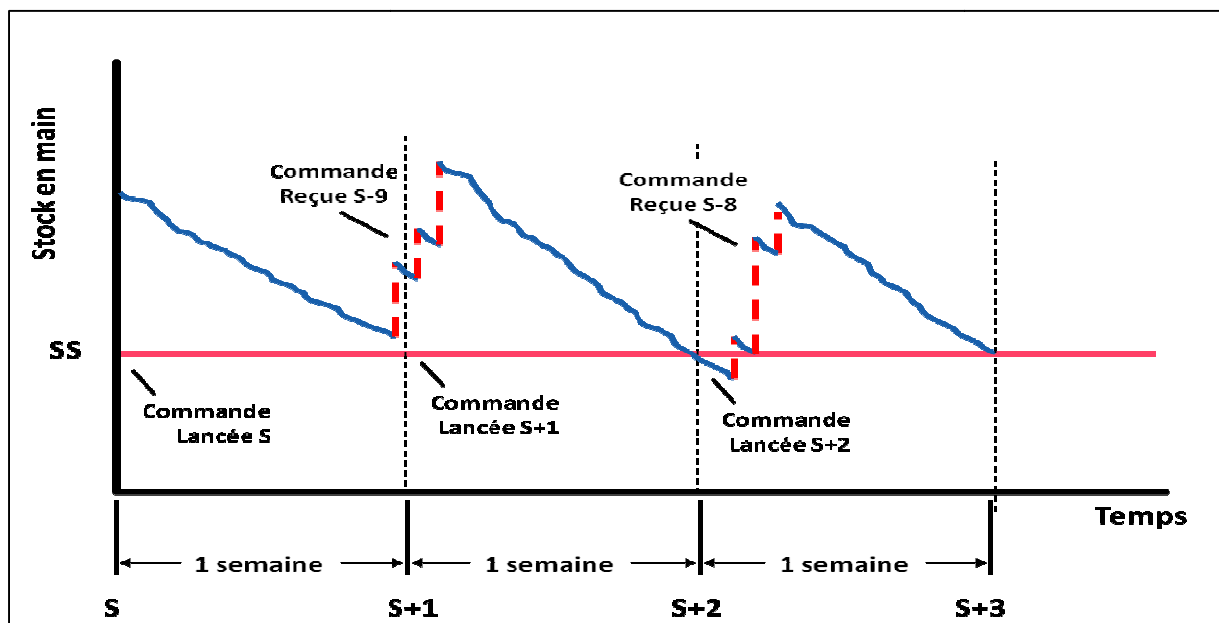


Figure 12: Processus d'approvisionnement Michelin

⁵ Décomposition des dimensions pneumatiques en mélanges.

Michelin utilise comme méthode d'approvisionnement le rechargement, cette méthode a l'avantage de regrouper les commandes d'articles en provenance d'un même fournisseur et de réduire les risques de sur stock.

III.2.3. La validation par le fournisseur :

Après avoir établi les quantités à commander celles-ci sont transmises aux fournisseurs pour validation.

Une fois les commandes validées, le fournisseur se charge de transférer les mélanges au port de départ et envoie à la direction logistique les documents nécessaires à l'expédition :

- Les factures.
- Le certificat d'origine : *Document établi par une autorité qualifiée qui atteste l'origine d'une marchandise dans une opération de commerce international.*
- Le certificat de conformité : *Document établi par une autorité qualifiée qui atteste que le produit est conforme aux normes algériennes.*
- Le Bill of lading : *Document standard et normalisé régissant le transport maritime et comportant (Les coordonnées du chargeur, nom de la compagnie maritime, coordonnées du destinataire, etc).*

III.2.4. L'ouverture des dossiers d'expédition par la direction logistique :

Une fois les documents reçus, la direction logistique ouvre un dossier de suivi où sont inscrites les dates clés de l'expédition :

- Date de départ prévue.
- Date d'arrivée prévue.
- Date d'embarquement.
- Date réelle d'arrivée.

Ainsi que les dates de transmission des documents aux différents acteurs du processus d'approvisionnement (Banque, douane,...).

III.2.5. La domiciliation bancaire et dédouanement:

Après ouverture du dossier les documents sont transmis à la banque pour domiciliation bancaire ; c'est l'acte par lequel un importateur décide de confier à l'une de ses banques une opération commerciale donnée. L'exportateur doit faire parvenir à l'importateur algérien une facture *Proforma* que ce dernier devra domicilier auprès de sa banque.

Le dédouanement s'effectuera une fois les mélanges réceptionnés au port et tous les documents transmis à la douane.

III.2.6. La sortie port :

Les containers frigorifiques transportant les mélanges sortis du port sont envoyés dans la zone de stockage en chambre froide. La logistique se charge de planifier la date et l'heure de livraison des containers vers les chambres froides qui dépendront des délais routiers en informant le planning et le prestataire à J-1.

III.2.7. Réception chambres froides :

Le prestataire réceptionne les containers frigorifiques programmés par la *supply chain* au jour J et procède au déchargement des palettes de mélanges pour les stocker sous une température de 1° à 5° C dans 6 chambres froides. Elles se situent à 20 km de l'usine. Les chambres froides sont de 460 m³ de volume. Les mélanges de gomme y sont stockés en 5 rangées de 24 palettes gerbées⁶ sur 3 niveaux. Le prestataire est chargé de la réception ; il procède à l'étiquetage des palettes de mélanges reçues à J+1, de la manutention (identification des étiquettes, inventaires, ...) et de la livraison. Un bon de sortie et un bon de réception sont établis à chaque mouvement du stock.

VOLUME TOTAL = 2760 m³

CAPACITE TOTALE = 720 PALETTES

- Les moyens de manutention utilisés sont :
 - 2 chariots élévateurs à fourche.
 - 1 transpalette.
- Les réceptions sont effectuées la nuit, conséquence de la réglementation⁷ qui interdit la circulation des véhicules transportant des marchandises de plus de 2.5t entre 7h et 20h dans la capitale.
- Les livraisons sont effectuées à l'aide de 2 semi-remorques non containerisés de 20 t.
- La non containerisation est à l'origine de la pollution des mélanges dans certains cas et entraîne des contraintes lors des journées pluvieuses.

⁶ Entassées les unes sur les autres

⁷ Arrêté 746 du 25 avril 2005

III.2.8. Réception Quai noir :

Sur la base d'un programme de livraison de mélanges défini par Z à J-1 par mail à une fréquence de 2 fois par semaine (Dimanche et Mardi), le PLU se charge de planifier la réception des mélanges des chambres froides vers Z. Le prestataire est informé du programme par téléphone à J-1 par le planning. Le prestataire livre les mélanges à UAL en respectant le FIFO et selon le programme communiqué par PLU.

A la réception des mélanges les magasiniers sont chargés d'éditer 2 types d'étiquettes :

- ⇒ Etiquette collée sur les palettes servant à la traçabilité des produits.
- ⇒ Etiquette Zéro transmise au laboratoire de chimie comportant les délais de vieillissement et utilisée lors de la libération des mélanges.

Pour chaque déchargement au niveau du quai Z les magasiniers procèdent à la vérification de toutes les palettes de mélange (100%) selon les étapes suivantes :

➤ Conditionnement, aspect, pollution, anti-collant :

Le magasinier s'assure :

- ✓ Que les mélanges n'ont pas été déformés par le fournisseur lors du chargement.
- ✓ Que les palettes ne sont pas en bois.
- ✓ Que les mélanges ne sont pas pollués par des matières étrangères (bois, métal, graisse...).
- ✓ Que l'anti collant⁸ est bien séché.

Si le mélange est pollué ou déformé :

- ✓ La palette sera indiquée comme non conforme.
- ✓ Le laboratoire de chimie sera informé et la palette sera orientée suivant ses consignes.

➤ Vérification de l'identification des palettes de mélanges :

Le magasinier s'assure :

- ✓ De la présence et la conformité des marquages (date et groupe de fabrication, n° et indice mélange).
- ✓ Que l'identification de la palette correspond à l'identification des mélanges.

⁸ Empêche la formation de polluants sur les mélanges

Si le mélange n'est pas identifié ou bien l'identification de l'étiquette palette ne correspond pas à l'identification du mélange, le magasinier effectue les mêmes étapes que pour les mélanges pollués.

Avant d'être libérés par le laboratoire, les mélanges sont stockés dans la zone « Mélange en attente de libération » avec la mention « Ne pas prendre ».

Les moyens utilisés pour la manutention des palettes sont 3 magasiniers qui utilisent chacun un chariot élévateur à fourche.

➤ Libération des mélanges par le laboratoire de chimie :

Toutes les palettes réceptionnées sont contrôlées à 100% par le laboratoire.

Nous avons déterminé à l'aide de l'historique des contrôles qualités, que le laboratoire de chimie a détecté des dépassements de délais de vieillissements qui nécessitent des travaux de mesures supplémentaires afin de valider l'utilisation en production.

Ces dépassements sont liés dans la majorité des cas, à des délais d'approvisionnements non maîtrisés (dépendant d'aléas) et nous avons déterminé grâce à l'historique d'autres cas sont dus à une mauvaise gestion dans les chambres froides.

Nous avons identifié les raisons de cette mauvaise gestion :

- 1) Anomalie au cours de l'entreposage : Les mélanges ne sont pas affectés à des emplacements spécifiques et l'entreposage ne respecte pas les normes de circulation ce qui ne permet pas une identification rapide des palettes lors du picking.
- 2) Un mauvais suivi des stocks : Les mélanges ne sont pas priorisés en fonction des délais d'approvisionnement, ce qui entraîne une mauvaise gestion du FIFO.
- 3) Une gestion non informatisée des réceptions et des sorties.

III.2.9. Livraison des mélanges libérés à l'atelier Z :

La décision du laboratoire est transmise aux magasiniers à travers l'avis de réception et l'étiquette « zéro ».

Les magasiniers enlèvent la fiche « ne pas prendre » pour les mélanges libérés et les transfèrent vers la zone de stockage « mélanges libérés » au niveau de Z, en respectant le FIFO. Cette zone permet la mise en température des mélanges pour le tranchage.

Le magasinier transmet les étiquettes Zéro aux responsables secteurs de fabrication ou les agents intermédiaires de qualité. Ces derniers accusent réception sur un registre de mélanges libérés géré par les magasiniers. Une fois libérés, ils sont découpés par des trancheuses puis stockés dans des crémaillères.

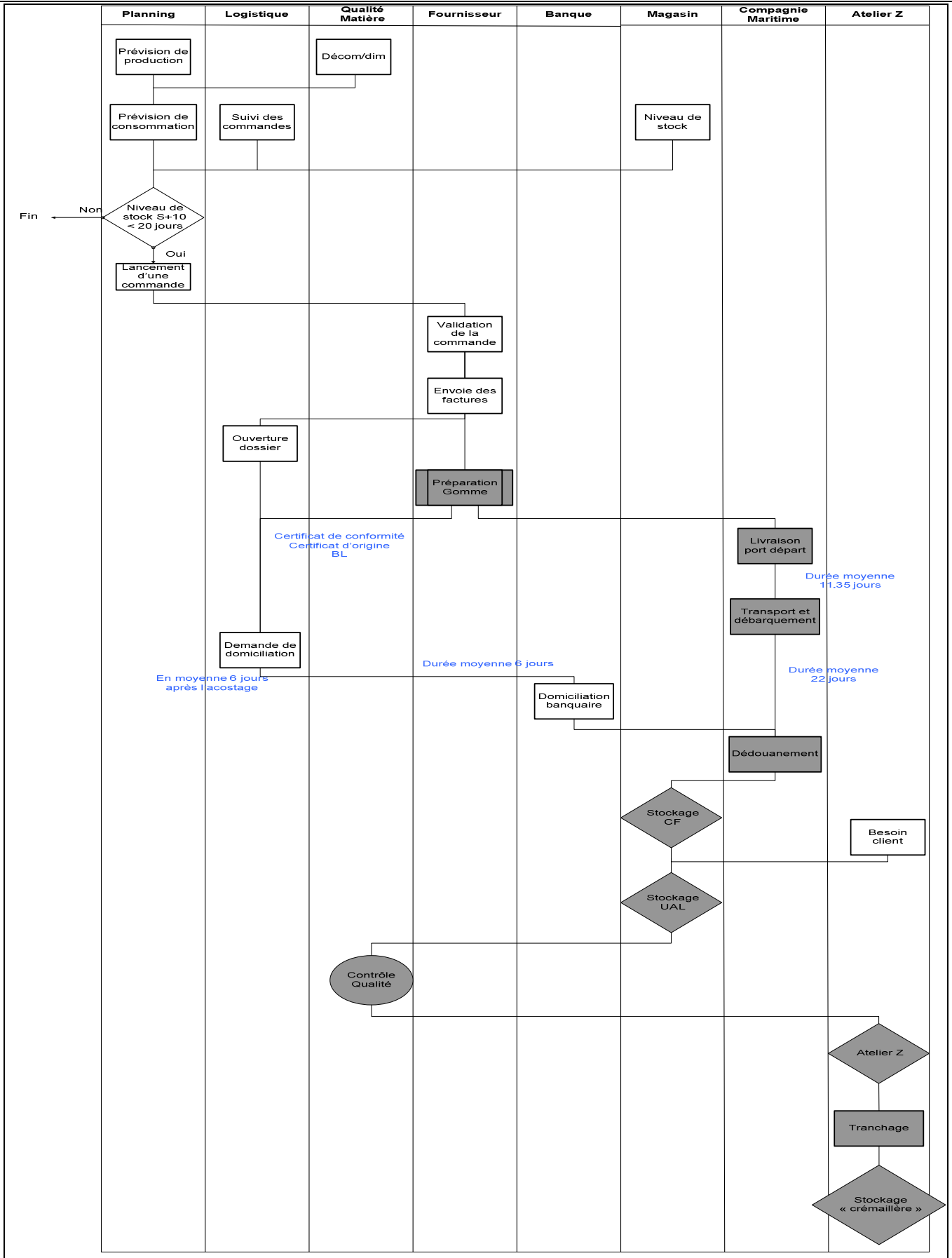


Figure 13 : Processus d'approvisionnement

L'analyse du processus d'approvisionnement nous a permis d'identifier que :

- Les mélanges sont stockés dans 4 points de stockage avant d'être utilisés par les ateliers de fabrication.
- L'entrepôt devra comprendre une zone de réception pour le contrôle quantitative et de non-conformité pour le contrôle qualitative.
- L'entrepôt devra comprendre une zone de mise à température.
- La sous-traitance est la cause de plusieurs carences.

III.3. Indicateurs de la gestion des stocks :

Après avoir effectué une description du processus d'approvisionnement nous allons maintenant effectuer un bilan de la gestion des stocks.

III.3.1. Capacité de stockage :

Les mélanges de gomme sont entreposés actuellement sur 4 points de stockage :

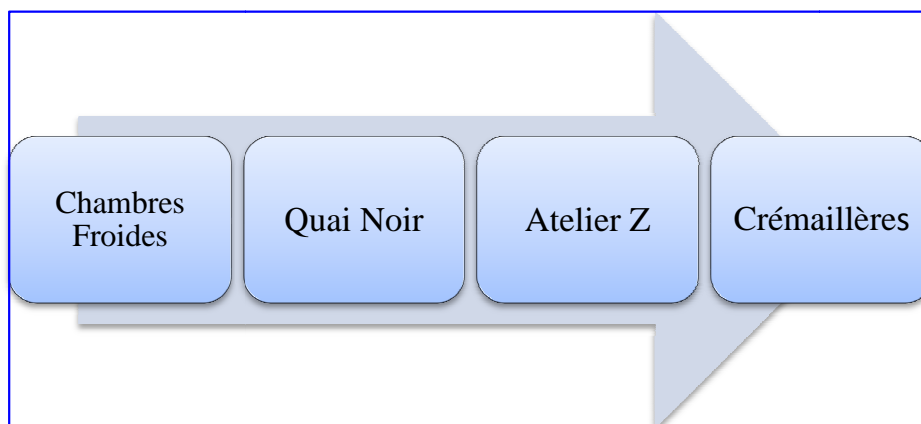


Figure 14 : Les points de stockage

Nous avons déterminé la capacité de stockage maximum des 4 points de stockage, les résultats sont les suivants :

MELANGES	CHAMBRES FROIDES ⁹	QUAI NOIR	ATELIER Z	CREMAILLERES
X1	/	30	16	5
X2	/	20	16	20
X3	/	20	16	20
X4	/	8	4	4
X5	/	20	16	13
X6	/	10	16	8
X7	/	20	16	1
X8	/	20	16	19
X9	/	30	16	36
X10	/	2	4	1
X11	/	10	16	8
X12	/	20	16	16
X13	/	2	16	1
X14	/	2	4	1
X15	/	20	16	22
SOMME	720	224	204	175

Tableau 5 : Capacité de stockage (palettes)

CAPACITE DE STOCKAGE = 1 323 PALETTES

La capacité de stockage au niveau de l'usine est de $224+204+175=603$ palettes mais cette capacité est limitée par une contrainte qualité établi par le laboratoire : la quantité hors frigo ne peut dépasser 465 palettes dans la limite des consignes qualité pour une consommation journalière maxi.

A partir des inventaires de Janvier à Avril, nous avons déterminé un taux d'occupation moyen des capacités de stockages au niveau de l'usine de 44%. Ceci dénote une sous utilisation des capacités de stockage au niveau de l'usine, ce qui signifie une surestimation de la capacité de stockage en chambres froides. Une amélioration par l'augmentation du niveau de stock usine est souhaitable.

⁹ Le stockage dans les chambres froides ne respecte pas de règle d'affectation

III.3.2. Indicateurs de performance

Avant de chercher à déterminer le volume de stockage de l'entrepôt ; il convient d'apprécier la qualité de l'utilisation du stock. Nous avons établi un bilan de la gestion des stocks en utilisant des indicateurs de performance.

a) Stock de sécurité :

Après avoir déterminé le niveau de stock associé au stock de sécurité (20 jours de consommation) nous avons calculé le ratio (stock de sécurité / nombre de palettes en stock) à partir des inventaires.

Cet indicateur permet de représenter l'état de contrôle des stocks :

- $1 < \text{Ratio} < 1.5$ le stock est sous contrôle.
- $\text{Ratio} > 1.5$ le stock est inférieur au stock de sécurité cela signifie que la maîtrise des délais d'approvisionnement ou de la consommation est très difficile.
- $\text{Ratio} < 1$ le stock n'est pas sous-contrôle, de nombreux aléas viennent augmenter la valeur mécanique des stocks.

STOCK DE SECURITE / NOMBRE DE PALETTES EN STOCK						
	Inventaire 1	Inventaire 2	Inventaire 3	Inventaire 4	Inventaire 5	MOYENNE
X1	0.02	0.01	0.23	0.04	0.02	0.06
X2	0.27	0.27	0.37	5.67	0.40	1.40
X3	0.94	0.78	0.74	2.24	1.07	1.15
X4	1.50	9.00	3.00	2.40	1.71	3.52
X5	0.08	0.10	0.11	0.24	0.20	0.14
X6	0.14	0.60	0.40	0.44	0.00	0.32
X7	2.67	8.00	22.00	3.67	22.00	11.67
X8	0.59	0.70	0.75	1.18	0.78	0.80
X9	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03
X10	30.00	30.00	18.67	28.00	10.80	23.49
X11	3.13	5.00	2.88	3.54	2.82	3.47
X12	0.78	1.33	1.81	3.22	2.25	1.88
X13	5.67	13.60	12.80	64.00	11.47	21.51
X14	2.57	3.60	35.00	2.37	2.57	9.22
X15	2.07	4.15	2.64	3.02	2.64	2.91

Tableau 6: Ratio Stock de sécurité / nombre de palettes en stock

RATIO < 1	1 < RATIO < 1.5	RATIO > 1.5
X1	X2	X4
X5	X3	X7
X6		X10
X8		X11
X9		X12
		X13
		X14
		X15

Tableau 7 : Résultat du ratio (Stock de sécurité / nombre de palettes en stock)

La majorité des mélanges ont un ratio supérieur à 1.5 ce qui démontre un sous-contrôle du niveau de stock et qui est du à l'irrégularité des délais de livraison que nous allons déterminer par la suite.

b) Taux de rotation :

Le rapport de la consommation annuelle au stock moyen permet de mesurer l'efficacité de l'utilisation du stock. Ce rapport s'appelle le taux de rotation du stock :

$$\text{Taux de rotation} = \frac{\text{Consommation annuelle}}{\text{Stock moyen}}$$

$$\text{Stock moyen} = \frac{\text{Consommation annuelle}}{2 \times \text{le nombre de livraison}} + \text{le stock de protection}$$

	Nombre de livraison (Jan-Fév-Mars)	Nombre de livraison annuelle	Consommation annuelle (Palettes)	Stock de sécurité moyen (Palettes)	Stock moyen (Palettes)	Taux de rotation
X8	20	80	1136.24	63.2	70.3	16
X12	22	88	957.72	53.5	59.0	16
X2	13	52	1223.43	69.1	80.8	15
X15	18	72	1321.58	72.3	81.5	16
X9	22	88	2194.63	122.5	134.9	16
X3	21	84	1241.78	69.4	76.8	16
X6	20	80	457.66	25.7	28.6	16
X14	9	36	71.88	4.0	5.0	14
X7	6	24	67.93	3.5	5.0	14
X13	12	48	71.88	4.0	4.7	15
X4	15	60	241.72	13.5	15.6	16
X10	8	32	35.94	2.0	2.6	14
X11	15	60	473.64	26.5	30.4	16
X5	19	76	780.8	44.5	49.6	16
X1	21	84	322.18	18.2	20.1	16

Tableau 8 : Taux de rotation des mélanges de gomme

Les stocks sont utilisés uniformément sur l'ensemble des mélanges, en moyenne 16 fois /an cela indique une activité importante de l'entrepôt avec plus de 400 livraisons / an et un stock moyen de 664 palettes.

III.3.3. Le coût de possession des mélanges de gomme :

Les stocks de mélanges de gomme sont soumis à plusieurs types de frais durant leur acheminement depuis le fournisseur jusqu'à l'usine.

Le coût de possession des mélanges de gomme est composé des frais des chambres froides et des frais de magasinage, nous avons voulu déterminer le poids des frais de la sous-traitance sur le cout de possession

a. Frais des chambres froides :

Selon le contrat que nous avons obtenu les frais de la chambre froide se présentent comme suit :

FRAIS DE SOUS-TRAITANCE	
❖	Coût fixe
1.	Location d'une chambre froide : 250 000.00 Da / mois
❖	Coûts variables
1.	Coûts de manutention : 550.00 Da / tonne
2.	Coûts de transport des chambres froides à l'usine :
•	3500 Da/rotation pour un camion de 2.5 t
•	4500 Da/rotation pour un camion de 5 t
•	6 000 Da/rotation pour un camion de 10 t
•	10 000 Da/rotation pour un camion de 20 t

Tableau 9 : Frais de la sous-traitance

Nous avons ainsi estimé à partir du contrat et de la consommation du mois de mars le coût total de la sous-traitance à : **2 096 641 Da / mois** (détails des calculs dans l'étude de rentabilité)

b. Frais de magasinage au niveau de l'usine :

Ces frais sont inhérents à l'existence du stock, ce sont les frais constitués du salaire, des charges sociales, de l'amortissement d'équipements, des engins de manutention....

Nous avons estimé ces frais à **300 000 Da/mois**. (détails des calculs dans l'étude de rentabilité)

Nous avons ainsi déterminé le coût de la sous-traitance par rapport au cout de possession soit plus de 87%

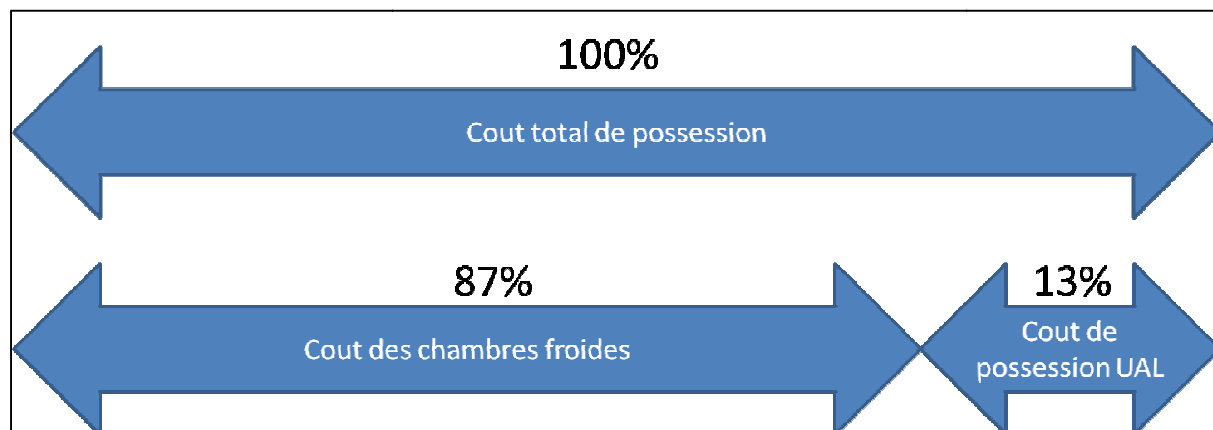


Figure 15: Répartition du cout de possession

Le calcul des indicateurs de la gestion des stocks ont pu mettre en évidence :

- Une mauvaise utilisation des capacités de stockage au niveau de l'UAL.
- Un sous-contrôle du niveau des stocks.
- Une activité importante des chambres avec une utilisation homogène des stocks de mélanges (en moyenne 16 fois/an et plus de 400 livraison/an).
- Le cout important de la sous-traitance.

IV. DETERMINATION DES PARAMETRES POUR LE CALCUL DE LA VOLUMETRIE DU STOCK :

La quantité qui doit être stockée dépend de deux paramètres les délais de livraisons, et le niveau de production, plus ces paramètres sont réguliers et uniforme plus la quantité à stocker sera réduite. Dans ce qui suit nous allons déterminer ces deux paramètres ainsi que leur variation.

IV.1. La production:

IV.1.2. Variation annuelle :

Le stock a pour objectif de satisfaire la demande, son niveau dépendra de la variation de celle-ci. La constitution du stock de mélanges est nécessaire pour satisfaire les besoins prévisionnels de la production qui sont effectués par le planning usine selon un plan annuel de production (PA). Ce plan annuel est affiné mensuellement, de plus le planning dresse des objectifs de production à court terme (1 semaine) qu'on appelle engagement.

Nous avons voulu vérifier la véracité des prévisions en étudiant l'écart entre le PA, la production réalisée et nos résultats sont les suivants.

	Jan 10	Fév 10	Mar 10	Avr 10	Mai 10	Juin 10	Jui 10	Août 10	Sep 10	Oct 10	Nov 10	Déc 10	Jan 11	Fév 11	Mar 11	Avr 11
PA																
Réal	68%	75%	85%	77%	62%	74%	62%	67%	62%	71%	59%	72%	87%	84%	80%	90%

Tableau 10: comparaison prévisions de production (tonnes) et le réel produit

La moyenne des écarts entre le réalisé et le PA est de 15%, Cependant ce résultat est à placer dans un contexte de ralentissement économique, c'est pour cela que nous ne tiendrons pas compte de cet écart dans nos calculs et nous supposerons une production selon le PA.

Ainsi nous avons identifié à l'aide du PA 2011 le mois de consommation maximum de matière première qui est le mois d'octobre.

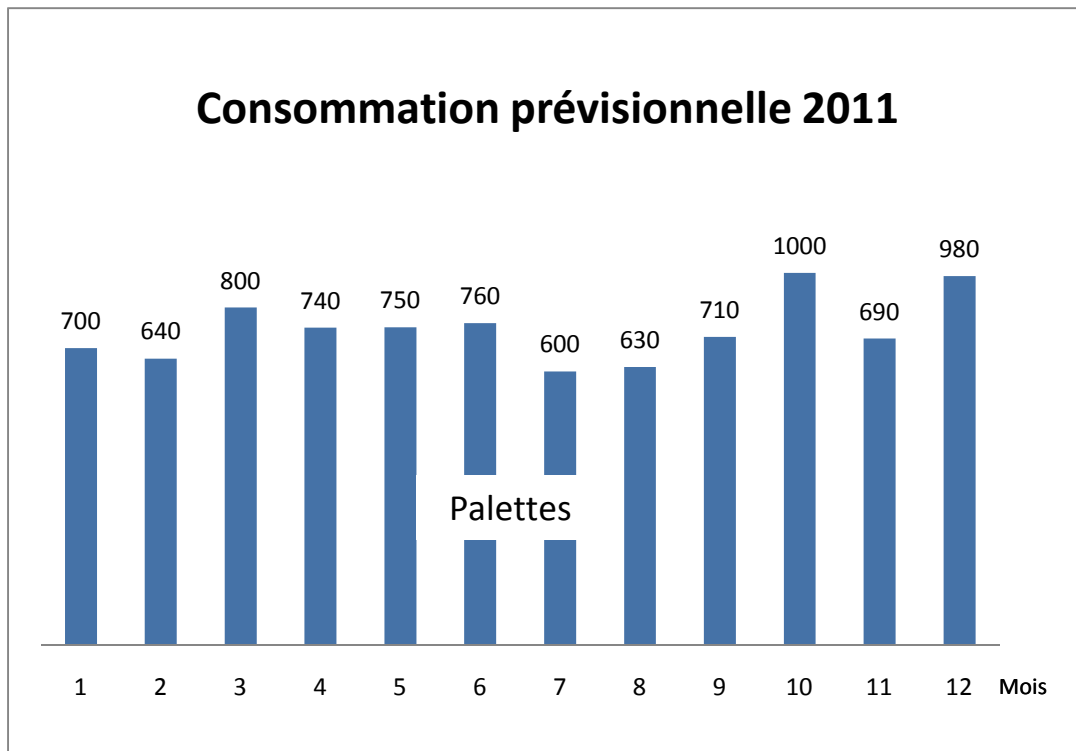


Figure 16 : Consommation prévisionnelle 2011

IV.1.2. Variation journalière :

Le niveau de production journalier dépend de plusieurs facteurs :

- La différence de productivité entre les équipes
- Les changements de mix dimensionnel
- Des aléas tels que les pannes

Le changement de mix dimensionnel : est le changement dans la répartition des dimensions produite par jour et qui est du à une diminution du niveau de stock d'une ou de plusieurs dimensions.

Après avoir vérifié la normalité de la répartition de la consommation journalière (cf., annexe 6), nous avons déterminé l'amplitude de cette variation sur les mois de janvier février et mars 2011 en utilisant l'historique de production.

	CONSOMMATION MOYENNE (KG)	ECART- TYPE (KG)	CONSOMMATION MOYENNE (PALETTE)	ECART- TYPE (PALETTE)
X10	51.42	12.71	0.07	0.02
X6	809.81	268.52	1.23	0.41
X3	1933.13	432.92	3.46	0.77
X4	393.66	83.81	0.58	0.12
X13	134.99	31.27	0.22	0.05
X7	180.14	133.42	0.31	0.23
X11	672.27	145.68	1.12	0.24
X5	1231.81	269.39	1.63	0.36
X14	80.26	18.59	0.16	0.04
X8	1435.57	318.27	2.61	0.58
X12	1465.12	318.46	2.33	0.51
X2	1783.92	385.05	2.55	0.55
X15	2019.02	445.59	4.04	0.89
X1	2226.78	816.48	3.09	1.13
X9	4399.14	1208.14	6.28	1.73

Tableau 11 : Variation de la consommation

Nous avons ainsi obtenu la consommation mensuelle maximale et la variabilité journalière de la production que l'on utilisera lors du calcul de la volumétrie du stock.

IV.2. Les délais de livraison :

Le délai de livraison est l'un des paramètres entrant dans le calcul de la volumétrie du stock. Il représente aujourd'hui le principal problème de l'entreprise lors du processus d'approvisionnement et dépend à la fois des temps de transport et des attentes dues aux contraintes réglementaires et documentaires (domiciliation bancaire, dédouanement...).

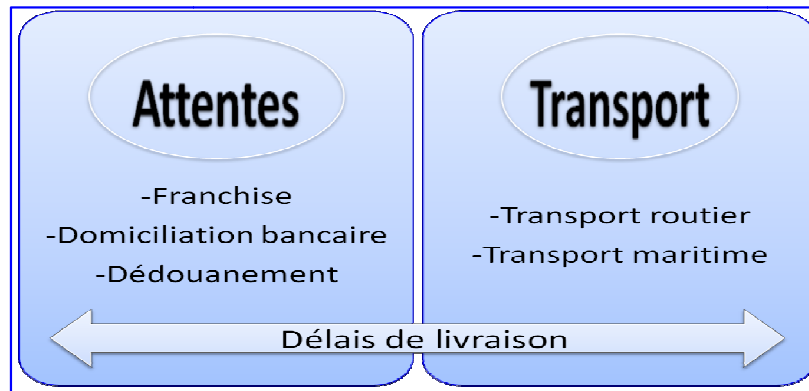


Figure 17 : Répartition du délai de livraison

Le projet SAVE qui a été initié par l'entreprise a pour but de réduire les délais de livraison, la première action effectuée a été de transférer les livraisons au port de Bejaia, ce qui a permis de réduire les délais de livraison et les coûts de stationnement¹⁰ dus au retard sur le déchargement.

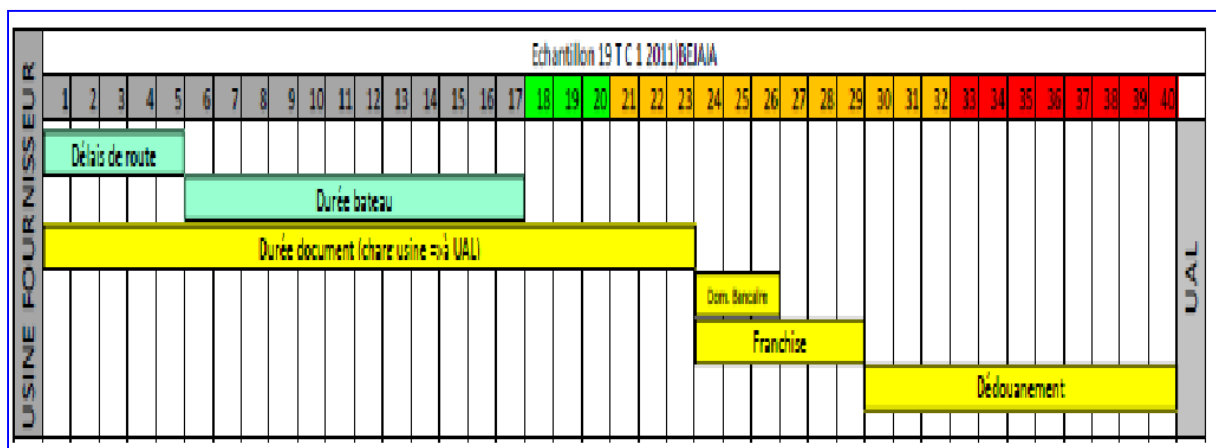


Figure 18 : Délais de livraison port de Bejaia

¹⁰ 40 000 Dinars / jour (après 3 jours de l'accostage) ; 72 000 Dinars/jour (après 14 jours de l'accostage)

La variation des délais de livraison :

D'après l'historique des expéditions que nous avons complété (de Janvier 2011 à Mars 2011) (cf. annexe) qui représente une base de données de 122 dossiers, nous avons déterminé la fonction de répartition « door to door » (délai de livraison depuis le fournisseur jusqu'aux chambres froides).

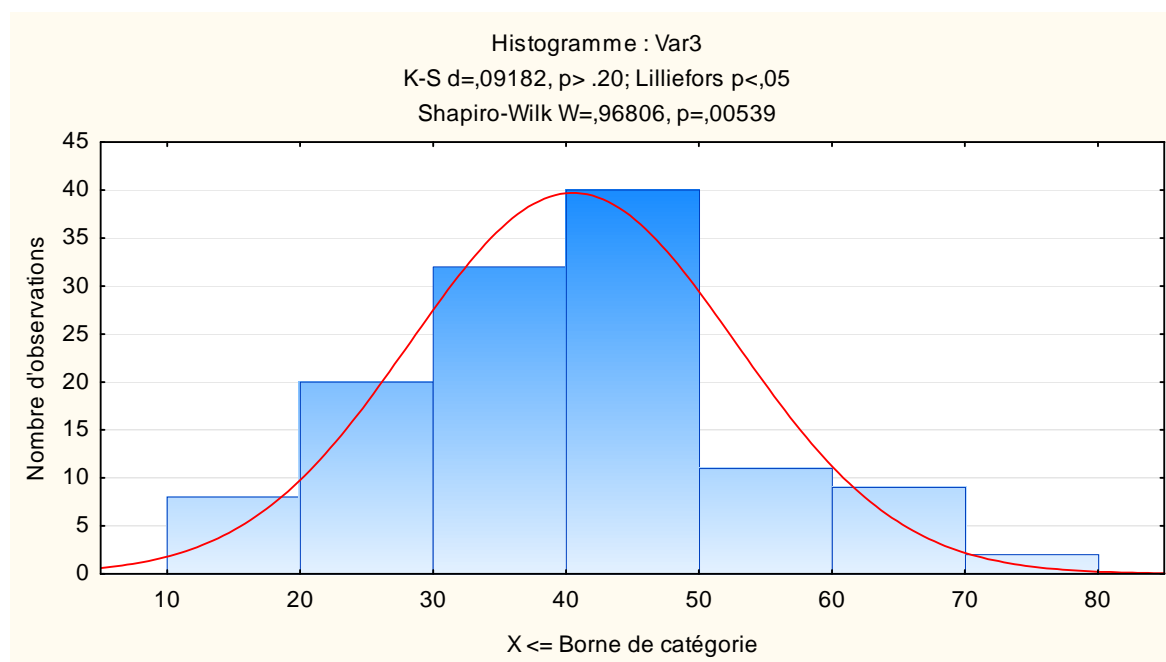


Figure 19 : Fonction de répartition des délais « Door to Door »

Après avoir vérifié la normalité de la fonction de répartition (cf., annexe 6), nous avons déterminé le délai moyen d'approvisionnement et son écart-type.

LE DELAI DE LIVRAISON MOYEN = 40.52 JOURS

L'ECART-TYPE DES DELAIS DE LIVRAISON = 12.25 JOURS

Les délais de livraison des mélanges comportent une irrégularité importante, nous avons déterminé après plusieurs entretiens avec des membres de la direction logistique que cette irrégularité est due principalement à :

- Des erreurs sur les documents.
- Des retards sur la transmission des documents.
- Les aléas de transport.
- Retard dans les procédures réglementaires.

V. CLASSIFICATION DES MELANGES :

Après avoir déterminé les paramètres nécessaires au calcul de la volumétrie, nous effectuons une classification des mélanges de gomme. Cette classification nous permettra de prioriser les mélanges et d'identifier pour chacun d'eux le stock de sécurité ainsi que son emplacement dans l'entrepôt.

II.1. 1^{ère} classification : méthode ABC (cf. état de l'art) :

Nous avons classé les mélanges selon leurs consommations, puis identifier 3 catégories A,B,C

Mélanges	% cumulée des mélanges	Consommation annuelle (palette)	Consommation annuelle %	Consommation annuelle cumulée (palette)	Consommation annuelle cumulée %	Classification
X9	0.07	2194.63	0.207	2194.63	0.207	A
X15	0.13	1321.58	0.125	3516.21	0.332	
X3	0.20	1241.78	0.117	4757.99	0.449	
X2	0.27	1223.43	0.115	5981.42	0.564	
X8	0.33	1136.24	0.107	7117.66	0.672	
X12	0.40	957.72	0.090	8075.38	0.762	B
X5	0.47	780.8	0.074	8856.18	0.836	
X11	0.53	473.64	0.045	9329.82	0.880	
X6	0.60	457.66	0.043	9787.48	0.923	
X1	0.67	322.18	0.030	10109.66	0.954	
X4	0.73	241.72	0.023	10351.38	0.977	C
X13	0.80	71.88	0.007	10423.26	0.983	
X14	0.87	71.88	0.007	10495.14	0.990	
X7	0.93	67.93	0.006	10563.07	0.997	
X10	1.00	35.94	0.003	10599.01	1.000	

Tableau 12 : 1^{er} critère de classification

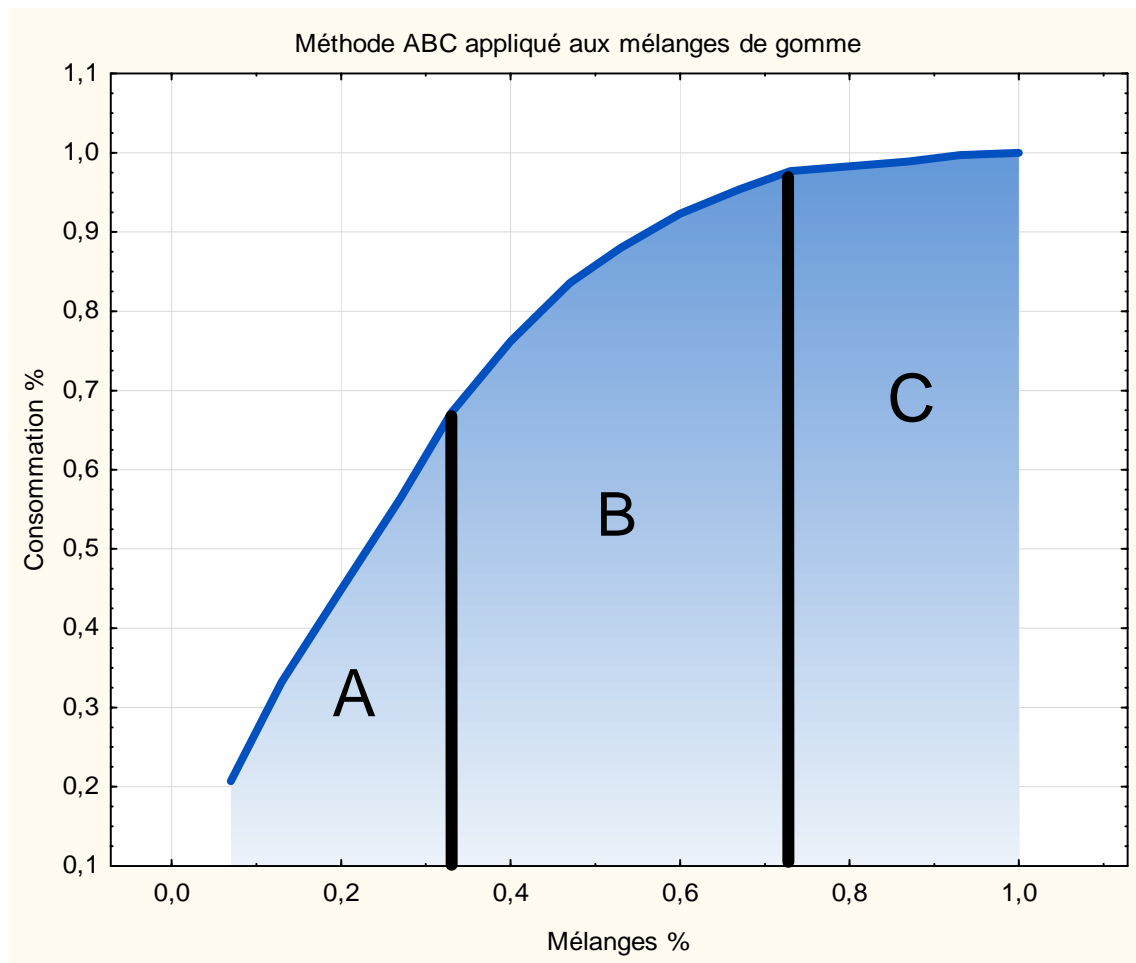


Figure 20 : Classification ABC

a. La classe A :

Les 5 mélanges de la classe A sont les plus consommés (67% de la consommation totale). Ces mélanges sont ceux qui contribuent le plus au stock et leur fréquence de rotation est forte. Ils sont donc à stocker dans des emplacements à accès rapide.

b. La classe B :

Les 6 mélanges de la classe B représentent 30% de la consommation. Ces mélanges contribuent moyennement au stock et leur fréquence de rotation est moyenne. Ils sont donc à stocker dans des emplacements à accès moins rapide que la classe A.

c. La classe C :

Les 4 mélanges de la classe C représentent 13% de la consommation. Ces mélanges contribuent faiblement au stock et leur fréquence de rotation est faible. Ils sont donc à stocker dans des emplacements à accès moins rapide que les classes précédentes.

I.1. 2^{ème} classification : la composition des dimensions :

La consommation n'est pas le seul critère de classification, la méthode ABC n'est donc pas suffisante. Les différentes dimensions ne sont pas toutes composées des mêmes mélanges, il existe des mélanges entrant dans une seule dimension et des mélanges entrant dans la composition de toutes les dimensions.

Nous avons à l'aide du tableau des décomp/dim (Cf, annexe 3) classé les mélanges selon le nombre de dimensions qu'ils intègrent.

LES MELANGES	NOMBRE DE DIMENSIONS	% DES DIMENSIONS	CLASSIFICATION
X4	11	100%	A'
X11	11	100%	
X8	11	100%	
X12	11	100%	
X2	11	100%	
X15	11	100%	
X3	10	90%	B'
X5	10	90%	
X10	9	81%	
X9	7	63%	
X6	5	45%	C'
X1	4	36%	
X13	2	18%	
X14	2	18%	
X7	1	09%	

Tableau 13: 2^{ème} critère de classification

Nous avons ainsi déterminé 3 classes :

- La classe A' : Les mélanges dits « très sensibles », ils contribuent à la fabrication de 100% des dimensions.
- La classe B' : Les mélanges dits « sensibles », ils contribuent à la fabrication de plus de 50% des dimensions.
- La classe C' : Les mélanges dits « moins sensibles », ils contribuent à la fabrication de moins de 50% des dimensions.

La combinaison des deux critères précédents nous a permis d'identifier 9 classes de mélanges : [AA'] [AB'] [AC'], [BA'] [BB'] [BC'], [CA'] [CB'] [CC'].

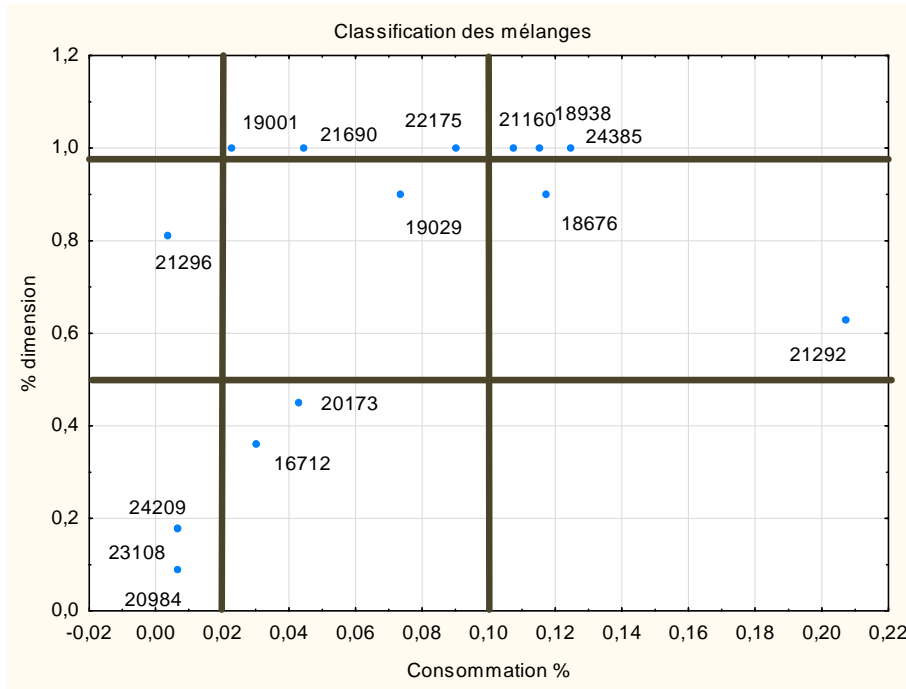


Figure 21 : Double critère de classification

Le nombre de mélanges étant de 15 types, nous avons regroupé les 9 classes pour obtenir 3 classes finales:

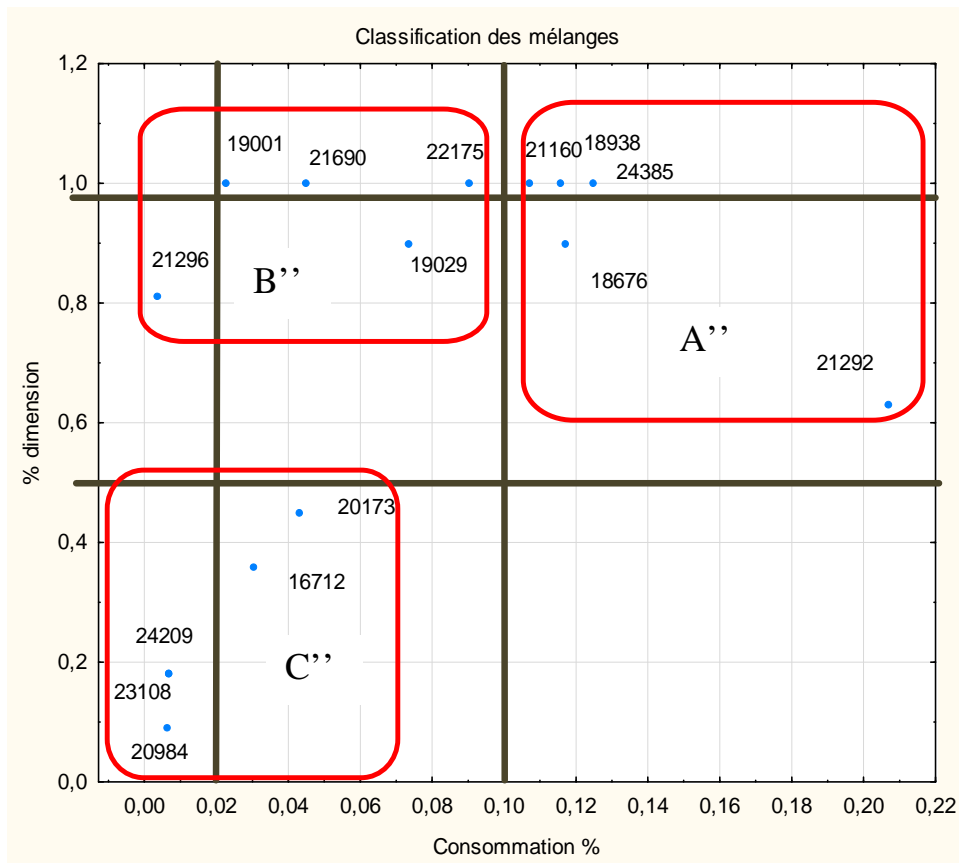


Figure 22: Regroupement des classes

- Classe A'' : Classe des mélanges fortement consommés. Ils représentent 67 % de la consommation et entrent dans plus de 50% des dimensions.

- Classe B'' : Classe des mélanges faiblement consommés. Ils représentent 24% de la consommation et entrent dans plus de 50% des dimensions.

- Classe C'' : Classe des mélanges faiblement consommés. Ils représentent 9% de la consommation et entrent dans moins de 50% des dimensions.

CONCLUSION :

L'analyse de l'existant a mis en évidence plusieurs éléments qui confirment la nécessité de réalisation d'un entrepôt frigorifique :

- Les caractéristiques périssables du produit.
- Une activité importante, une production en 3x8 qui exige un stock permanent et plus de 400 livraisons / an.
- Un planning de production variable qui influe sur la consommation des mélanges dits uniques.
- Un délai de livraison long en moyenne 40 jours et irrégulier un écart-type de 12.53 jours dû aux contraintes réglementaires.

Le coût élevé de la sous-traitance soit 87% du coût de possession représente aujourd'hui le fer de lance de notre étude. Cependant nous avons noté d'autres carences que le projet saura résoudre. Celles-ci sont dues à la sous-traitance actuelle :

- Une capacité de stockage non adéquate.
- Une mauvaise gestion du FIFO chez le sous-traitant qui cause plus de 20% des HDV et un coût de non-qualité sur le produit fini.
- Un mauvais contrôle du flux entre les chambres froides et l'usine due au nombre faible de semi-remorque à la disposition du prestataire.
- Des problèmes de qualité dus au non-containerisation des semi-remorques lors du transport des mélanges des chambres froides à l'UAL.
- Perte de productivité conséquence de la distance des chambres froides par rapport à l'usine.

C'est pourquoi, il est nécessaire aujourd'hui de concevoir une solution d'entreposage qui répondra aux besoins de l'entreprise et qui permettra de réduire considérablement les surcoûts de stockage

La conception devra se faire de telle sorte à optimiser le fonctionnement du magasin avec une gestion des stocks qui tiendra compte de la classification des mélanges lors du calcul de la volumétrie, du dimensionnement de la zone de stockage et lors de la mise en place d'un logiciel de gestion d'entrepôt permettant un gain de productivité.

CHAPITRE TROISIEME

ELABORATION D'UNE SOLUTION DE STOCKAGE

Nous présentons dans ce chapitre les étapes qui nous ont permis de concevoir l'entrepôt frigorifique, avec le calcul de la volumétrie du stock, le dimensionnement des différentes zones de l'entrepôt, des moyens humains, matériels et du mode de gestion à mettre en œuvre pour un fonctionnement optimal. Nous clôturerons ce chapitre par la détermination de l'opportunité financière du projet.

Avant de commencer le dimensionnement il est important de déterminer le nombre d'entrepôts à concevoir. Dans notre cas, un seul entrepôt est nécessaire car il s'agit de stocker de la matière première «15 Mélanges de gommes » qui possèdent les mêmes caractéristiques. De plus, l'entrepôt devra satisfaire les besoins d'un seul client « Atelier Z ».

I. LES DONNEES STATIQUES :

La première étape du dimensionnement d'un entrepôt est de définir la volumétrie à stocker pour se faire une analyse des données statiques est nécessaire. Cette étape consiste à étudier les articles à stocker. Le but de cette étape est de déterminer le mode de stockage, les équipements statiques correspondants ainsi que les volumes de stockage nécessaires.

I.1. La famille logistique :

Les mélanges de gomme possèdent les mêmes caractéristiques de stockage, ce sont des produits périssables devant être conservés à une température de 1° à 5°C. De ce fait, ils sont regroupés dans une seule famille logistique qui nécessite les mêmes moyens de manutention.

I.2. Le conditionnement :

Le conditionnement des mélanges de gomme est effectué dans palettes métalliques de dimension $1200 \times 960 \times 1100$, qui contiennent les wig wag¹¹. Ces palettes sont de type pool, elles sont la propriété du fournisseur et doivent lui être renvoyées une fois les mélanges consommés, une zone de stockage intermédiaire des palettes vides devra être prise en compte lors de la conception de l'entrepôt.

Selon le type de mélanges, le poids unitaire d'une palette métallique varie. Le tableau suivant indique pour chaque mélange le poids que contient une palette métallique.

¹¹ Serpentins des mélanges

LES MELANGES	POIDS CONTENUS DANS UNE PALETTE (KG)
X1	Poids 1
X2	Poids 2
X3	Poids 3
X4	Poids 4
X5	Poids 5
X6	Poids 6
X7	Poids 7
X8	Poids 8
X9	Poids 9
X10	Poids 10
X11	Poids 11
X12	Poids 12
X13	Poids 13
X14	Poids 14
X15	Poids 15

Tableau 14: Poids/palette (Kg)

II. LE DIMENSIONNEMENT STATIQUE DES BESOINS :

II.1. La volumétrie du stock : (Le dimensionnement de la zone de stockage) :

Un calcul important dans la mise en place d'un entrepôt est le dimensionnement des quantités mises en stock. Nous allons estimer quantitativement la volumétrie que doit accueillir l'entrepôt, ainsi que le nombre de palettes qu'il est nécessaire de stocker.

La première étape du dimensionnement de la surface nécessaire au stockage des produits consiste à définir la règle d'affectation des emplacements.

Chaque type de mélanges est affecté à un emplacement bien défini, ils sont toujours positionnés à cet endroit et ceci pour éviter les erreurs lors du Picking¹².

La quantité à stocker est calculée en fonction de la formule suivante :

$$VOLUMETRIE DE STOCK = SS + CJ \times D + QC$$

⇒ *QC* : Quantité commandée. (Les quantités commandées dépendent de la méthode d'approvisionnement. L'entreprise Michelin effectue un approvisionnement par rechargement périodique pour l'ensemble des mélanges)

⇒ *D* : Délais de réapprovisionnement = 7 jours

⇒ *CJ* : Consommation journalière

⇒ *SS* : Stock de sécurité

¹² Prélèvement

MELANGES	QUANTITES COMMANDEES (KG)	QUANTITES COMMANDEES MOYENNE (PALETTES)
X8	7052.61	12.82
X12	6954.46	11.04
X2	14716.46	21.02
X15	11349.86	22.70
X9	21256.39	30.37
X3	11576.56	20.71
X6	5134.29	7.77
X14	762.32	1.53
X7	1673.83	2.89
X13	1419.87	2.32
X4	3001.50	4.45
X10	1811.25	2.52
X11	4462.00	7.44
X5	7628.73	10.09
X1	10363.14	14.40
Somme	109163.28	172.06

Tableau 15: Quantités commandées / mélanges

II.1.1. La consommation :

Le stock devant prendre en considération la variation annuelle de consommation, nous avons utilisé le mois durant lequel la consommation a été la plus élevée, soit le mois d'octobre.

La consommation journalière des mélanges a été la suivante :

Mélanges	Consommation journalière (palettes)
X8	0.13
X12	1.43
X2	3.85
X15	0.83
X9	0.24
X3	0.53
X6	1.67
X14	2.52
X7	0.21
X13	4.01
X4	3.31
X10	4.30
X11	4.54
X5	1.14
X1	7.08
Somme	35.80

Tableau 16 : Consommation journalière moyenne en palettes (2011)

❖ Estimation des besoins futurs :

Il est légitime de prévoir que l'entrepôt sera fonctionnel durant plusieurs années, voir plusieurs décennies. Il est donc indispensable de prévoir les évolutions d'activité à venir.

Les prévisions de production envisagent une augmentation du niveau de la production d'environ X% par rapport à 2011 dans 5 ans. Nous avons donc utilisé cette estimation pour calculer la volumétrie du stock.

MELANGES	CONSOMMATION JOURNALIERE (PALETTES)
X8	0.16
X12	1.93
X2	5.20
X15	1.13
X9	0.33
X3	0.71
X6	2.25
X14	3.40
X7	0.29
X13	5.42
X4	4.47
X10	5.81
X11	6.14
X5	1.53
X1	9.57
Somme	48.32

Tableau 17 : Consommation journalière moyenne en palettes (2016)

II.1.2. Le stock de sécurité :

Pour déterminer le stock de sécurité, nous avons utilisé la méthode statistique car les paramètres tels que définis précédemment possèdent une distribution normale

Nous avons donc calculé le SS en tenant compte de la variation combinée des délais de livraison et de la consommation calculée sur 3 mois de production (Janvier, Février, Mars).

$$SS = Z \times \sqrt{\sigma_{dm}^2 \times m + Cj^2 \times \sigma_{dl}^2}$$

⇒ Z : Facteur de sécurité (nombre d'écart-type) associé à un taux de service

⇒ σ_{dm}^2 : Variance de la consommation

TAUX DE SERVICE	K associé
90%	1.30
92%	1.41
95%	1.65
97%	1.88
99%	2.33

Aucune rupture de stock n'est acceptable pour Michelin ; cependant pour des raisons d'espace, nous avons convenu que le taux de service associé aux mélanges de gomme devra être compris entre 90% et 99%.

Des commandes supplémentaires pourront être mises en place en cas d'aléas exceptionnels non couvert par le stock de sécurité.

MELANGES	ECART-TYPE DE LA CONSOMMATION (PALETTES)	σ_{dm}^2
X8	0.02	0.0005
X12	0.47	0.2223
X2	0.89	0.7841
X15	0.14	0.0190
X9	0.06	0.0033
X3	0.18	0.0339
X6	0.28	0.0762
X14	0.41	0.1714
X7	0.05	0.0021
X13	0.67	0.4449
X4	0.59	0.3440
X10	0.63	0.4001
X11	1.02	1.0476
X5	1.30	1.6887
X1	1.99	3.9581

Tableau 18: Variation de la consommation

σ_{dl}^2 : Variance du délai de réapprovisionnement = 150.153

$$m = \frac{\text{Longueur du delai}}{\text{Longueur de la periode de calcul de la demande}} = 40,52/1$$

Cj : Consommation journalière maximum (PA 2016)

Nous avons obtenu les résultats suivants :

TAUX DE SERVICE	90%	92%	95%	97%	99%
Z	1.3	1.41	1.65	1.88	2.33
JOURS DE COUVERTURE	16	17.3	20	23	28
X8	2.56	2.78	3.27	3.71	4.61
X12	31.02	33.64	39.36	44.85	55.59
X2	83.12	90.16	105.50	120.21	148.98
X15	17.99	19.52	22.84	26.01	32.25
X9	5.34	5.78	6.77	7.72	9.56
X3	11.45	12.42	14.54	16.56	20.53
X6	35.98	39.02	45.67	52.03	64.48
X14	54.33	58.93	68.95	78.57	97.37
X7	4.59	4.98	5.83	6.65	8.23
X13	86.46	93.77	109.73	125.03	154.96
X4	71.43	77.46	90.65	103.29	128.01
X10	92.66	100.50	117.61	134.00	166.07
X11	98.19	106.49	124.63	141.99	175.98
X5	26.62	28.88	33.79	38.49	47.71
X1	153.28	166.26	194.56	221.67	274.74
SOMME	775.03	840.60	983.69	1120.81	1389.09

Tableau 19: Stock de sécurité (palettes)

II.2. Elaboration des scénarios :

Actuellement le stock de sécurité est de 20 jours de couverture soit un taux de service de 95%. La Conception du magasin ayant pour but de réduire les coûts mais aussi d'optimiser la gestion actuelle, l'entreprise nous a chargés d'élaborer des scénarios de volumétrie.

II.2.1. Critères d'élaboration des scénarios :

L'élaboration des scénarios est effectuée selon deux critères :

- La volumétrie du stock
- le taux de service

Pour ce faire, les scénarios ont été élaborés à l'aide de la classification et de la hiérarchisation des mélanges effectuée précédemment (Consommation et intégration des dimensions) et d'une simulation (Cf. annexe 5) du niveau de stock réalisée sur 3 mois (Janvier, Février et Mars) soit l'horizon des prévisions de l'entreprise. Les taux de service seront choisis selon les 5 paliers identifiés précédemment. (90%, 92%, 95%, 97%, 99%).

II.2.2. Scénario 1 : « Réduction du niveau de stock »

Pour diminuer le niveau de stock mais maintenir la production de l'ensemble des dimensions :

- Un taux de service peu élevé est requis pour les mélanges les plus consommés (contribuant le plus à la volumétrie du stock) afin de diminuer le stock. Les retards de livraison de ces mélanges entraîneront seulement une réduction du niveau de production des dimensions qu'ils intègrent.
- Un taux de service plus élevé pourra être attribué aux mélanges moins consommés (contribuant peu à la volumétrie du stock) car les retards de livraison de ces mélanges entraîneront un arrêt de la production des dimensions qu'ils intègrent.

Une simulation sur les 3 premiers mois de consommation avec un niveau de stock initial établi à $t = 0$ nous a permis de choisir les taux de service.

MELANGES	CLASSIFICATION	CONSOMMATION %	TAUX DE SERVICE	JOURS DE COUVERTURE	STOCK DE SECURITE (PALETTES)
X3	A	0.132	95%	20	117.6
X15		0.104	90%	16	71.4
X2		0.144	90%	16	98.2
X8		0.135	95%	20	105.5
X12		0.123	90%	16	86.5
X5	B	0.049	92%	17.3	33.638
X9		0.238	90%	16	153.284
X11		0.085	92%	17.3	58.926
X6		0.052	95%	20	45.667
X1		0.035	95%	20	33.787
X4		0.026	92%	17.3	19.516
X13	C	0.0069	99%	23	20.5275
X14		0.00805	99%	23	9.5565
X7		0.00345	99%	23	4.6115
X10		0.00805	99%	23	8.234
TOTAL		TAUX DE SERVICE PONDERE = 92%			866.93

Tableau 20 : Taux de service scénario 1

II.2.3. Scénario 2 : « Amélioration du taux de service »

Pour augmenter la satisfaction du client et réduire le risque d'arrêt de la production :

-Un taux de service élevé est nécessaire pour les mélanges entrant dans la composition de toutes les dimensions (très sensibles) car une rupture de stock d'un de ces mélanges entrainera un arrêt de la production de toutes les dimensions et donc de l'usine.

-Un taux de service élevé mais moindre est suffisant pour les mélanges entrant dans plus de 50% des dimensions (sensibles) mais de façon moindre car une rupture de stock de ces mélanges entrainera l'arrêt de la production de la majorité des dimensions.

-Un taux de service inférieur aux précédents suffira pour les mélanges entrant dans la composition de moins de 50% des dimensions (moins sensibles) car une rupture de stock de ces mélanges entrainera un arrêt de la production de quelques dimensions seulement.

Une simulation sur les 3 premiers mois de consommation avec un niveau de stock initial nous a permis de choisir les taux de service.

MELANGES	CLASSIFICATION	CONSOMMATION%	TAUX DE SERVICE	JOURS DE COUVERTURE	STOCK DE SECURITE (PALETTES)
X4	A'	0.132	99%	27	166.072
X11		0.026	99%	27	32.246
X8		0.123	99%	27	154.963
X12		0.052	99%	27	64.481
X2		0.104	99%	27	128.007
X15		0.144	99%	27	175.985
X3	B'	0.085	97%	27	78.568
X5		0.003	97%	27	3.715
X10		0.135	97%	27	120.210
X9		0.238	97%	27	221.674
X6	C'	0.008	90%	16	5.336
X1		0.035	95%	20	33.787
X13		0.007	95%	20	14.536
X14		0.008	95%	20	5.831
X7		0.049	90%	16	31.016
TOTAL		TAUX DE SERVICE PONDERE = 97%			1236.4

Tableau 21 : Taux de service scénario 2

II.2.4. Scénario 3 : « Combinaison niveau de stock et satisfaction client »

Nous avons conçu un 3^{ème} scénario en procédant à un compromis entre la volumétrie du stock et la satisfaction client.

- Nous avons augmenté le taux de service des mélanges les moins consommés et entrant dans plus de 50 % des dimensions (sensibles).
- Nous avons réduit le taux de service des mélanges les moins consommés et entrant dans moins de 50% des dimensions (moins sensibles).

Pour les mélanges fortement consommés et entrant dans plus de 50% des dimensions.

- Nous avons décidé d'augmenter légèrement le taux de service.

La simulation effectuée sur les 3 mois de production nous a permis de choisir les taux de service, les résultats obtenus sont les suivants :

MELANGES	CLASSIFICATION	CONSOMMATION %	TAUX DE SERVICE	JOURS DE COUVERTURE	STOCK DE SECURITE (PALETTES)
X8	A''	0.123	97%	23	148.983
X3		0.135	97%	23	120.210
X15		0.144	95%	20	124.626
X2		0.132	97%	23	133.998
X9		0.238	92%	17.3	166.256
X4	B''	0.026	99%	28	32.246
X11		0.052	99%	28	64.481
X12		0.104	99%	28	128.007
X5		0.085	99%	28	97.371
X10		0.003	99%	28	4.612
X6	C''	0.049	90%	16	31.016
X1		0.035	95%	20	33.787
X13		0.008	92%	17.3	5.785
X14		0.008	95%	20	5.831
X7		0.007	90%	16	11.45
TOTAL		TAUX DE SERVICE PONDERE=96%			1108.66

Tableau 22: Taux de service scénario 3

II.3. Synthèse des scénarios :

STOCK TOTAL				
	Taux de service de 95%	Scénarios 1	Scénarios 2	Scénarios 3
X4	35.18	31.86	44.59	44.59
X11	68.89	68.89	87.70	87.70
X8	160.47	137.20	205.70	199.72
X12	133.01	113.78	170.36	170.36
X2	179.29	179.29	227.75	195.67
X15	190.31	163.88	241.67	190.31
X3	162.60	162.60	177.31	177.31
X5	102.87	92.84	112.48	131.28
X10	6.91	8.26	7.36	8.26
X9	291.90	250.63	319.02	263.60
X6	60.66	54.94	52.31	52.31
X1	58.89	58.89	58.89	58.89
X13	11.43	14.21	9.99	10.44
X14	9.37	11.78	9.37	9.37
X7	22.41	28.41	22.41	19.33
Somme	1494.20	1377.42	1746.92	1619.15
		(-) 8%	(+) 17%	(+) 8%
Volume net (m³)	1646	1518	1925	1784
Surface net (m²)	1497	1380	1750	1622
Surface net gerbées sur 2 niveaux (m²)	748	690	875	811
Surface net gerbées sur 3 niveaux (m²)	499	460	583	541
Taux de service	95%	92%	97%	96%
		(-) 3%	(+) 3%	(+) 1%
AVANTAGES	/	<ul style="list-style-type: none"> * Réduction du niveau de stock de 8% * Augmentation de la flexibilité pour les mélanges subissant une variation lors du changement de mix dimensionnel * Maintien la production de l'ensemble des dimensions 	<ul style="list-style-type: none"> * Réduction du risque de rupture de stock * Augmentation du taux de service des mélanges sensibles * Réduction du taux de service des mélanges non sensibles 	<ul style="list-style-type: none"> * Augmentation du taux de service des mélanges sensibles * Réduction du taux de service des mélanges non sensibles k
INCONVENIENTS	/	<ul style="list-style-type: none"> - Réduction du taux de service des mélanges sensibles - Augmentation du risque et réduction du niveau de la production 	<ul style="list-style-type: none"> - Augmentation du niveau de stock de 17% - Réduction de la flexibilité pour les mélanges subissant une variation lors du changement de mix dimensionnel 	<ul style="list-style-type: none"> - Réduction de la flexibilité pour les mélanges subissant une variation lors du changement de mix dimensionnel - Augmentation du niveau de stock de 6%

Tableau 23: Synthèse des scénarios

II.4. Choix du scénario :

Le scénario retenu est le 3^{ème} pour deux raisons : la réduction du taux de service n'est pas tolérée par l'entreprise et par rapport aux contraintes de surfaces. Ce scénario permet d'augmenter le taux de service global de 1% sans pour autant augmenter sensiblement le nombre de palettes à stocker (8%), avec une priorisation des mélanges sensibles auxquels on attribue un taux de service plus important que les mélanges non sensibles.

VOLUMETRIE DU STOCK TOTAL : 1 620 PALETTES

III. LA LOCALISATION DE L'ENTREPOT :

Après avoir déterminé la volumétrie du stock, nous allons maintenant déterminer l'emplacement de l'entrepôt. Ainsi, nous avons choisi trois zones à l'intérieur de l'usine. Car ce choix permet de minimiser les trajets et d'éviter la construction en procédant uniquement à l'aménagement de l'installation frigorifique. D'autant plus, que ces emplacements sont proches des quais actuels, ce qui facilitera la réception des mélanges.

Nous avons identifié 3 emplacements susceptibles de recevoir l'entrepôt frigorifique :

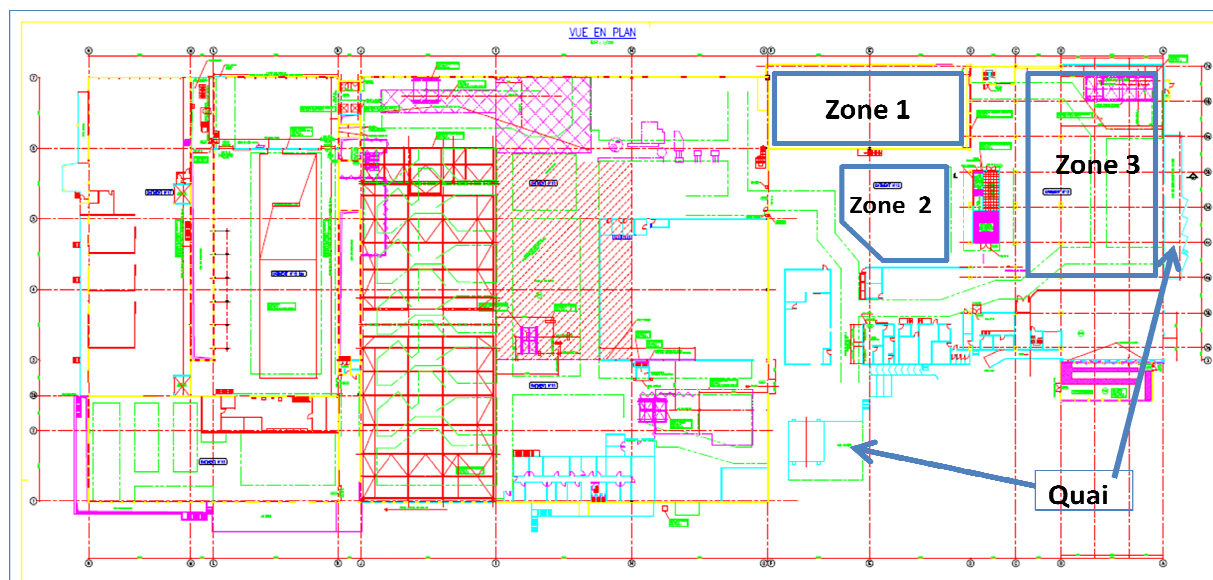


Figure 23 : Localisation de l'entrepôt

- **Zone 1:** D'une superficie de 788 m², une partie de cette zone est actuellement occupée par un stock de jantes.
- **Zone 2 :** D'une superficie de 661m², cette zone est actuellement occupée par une mélangeuse qui n'est plus utilisée à cause de l'arrêt de son activité, elle sera démantelée.
- **Zone 3 :** C'est l'atelier Z, il est 1412 m² d'une superficie, il est actuellement utilisé pour le stockage des mélanges.

Notre choix s'est dirigé vers la zone 3 car la surface correspond à notre besoin et elle est la plus proche des quais.

Le stock total de mélanges est de 1620 et sera réparti sur :

- L'entrepôt frigorifique (1 241 palettes)
- Quai noir (204 palettes)
- Crémaillères (175 palettes)

IV. LES DONNEES DYNAMIQUES :

Un magasin peut abriter un stock important mais immobile alors qu'un magasin de taille plus modeste peut être le lieu d'un trafic intense.

C'est l'aspect trafic, l'aspect dynamique de l'activité qui va être examiné dans les paragraphes suivants.

IV.1. Les flux d'arrivée :

L'irrégularité des délais de livraison entraîne un flux d'arrivée non uniforme, plusieurs réceptions peuvent être effectuée par jours, cependant nous avons estimé le nombre moyen de livraisons à 7 réceptions / semaines.

Les livraisons sont effectuées par des camions frigorifiques contenant entre 28 et 30 palettes, le temps nécessaire pour réceptionner l'ensemble des palettes = 30 minutes.

NOMBRE DE RECEPTIONS	DATE
227	Du 04 / 11 / 2010 Au 19 / 05 / 2011

Tableau 24 : Nombre de réceptions sur une période

IV.2. Les flux sortants :

Actuellement l'atelier Z effectue 2 commandes par semaine. Les livraisons sont effectuées par des camions transportant 22 palettes. Le nombre de livraison varie de 1 à 8 livraisons /semaine. Le futur entrepôt est situé à l'intérieur de l'usine et pour une pleine utilisation des capacités de stockage, les palettes seront transférées vers la zone de livraison (quai Noir) quotidiennement (1 livraison/jours)

V. CONCEPTION DES DIFFERENTES ZONES FONCTIONNELLES :

V.1. Conception de la zone de réception :

Nous avons dimensionné les sous zones de la zone de réception :

❖ Le nombre de quais

- Le nombre de quais se calcule à partir du nombre de véhicules attendus dans la journée. Il est égal à un ratio de 1 quai pour 6 véhicules / jour. Le nombre de livraisons n'excédant pas 6 camions / jour et l'entreprise possédant déjà 2 quais il ne sera pas nécessaire de construire de quais supplémentaires.
- La zone de réception : 100% des flux d'entrées sont contrôlés quantitativement par le contrôle des informations contenus sur les bons de livraison. La zone de réception permettra de contrôler la totalité des palettes d'un container soit au maximum 30 palettes. La trace au sol des 30 palettes représente 35 m^2 . Cette surface est retenue pour la dimension de la zone de réception.
- La zone de non-conformité : Un emplacement devra être pris en compte pour les mélanges jugés non conformes par le laboratoire qualité et qui ne devront pas être utilisés. Le laboratoire qualité nous a indiqué que ce nombre était relativement faible et qu'il n'excède pas 5 palettes. La zone de non-conformité = 5 m^2 .

III.1. Conception de la zone de stockage :

V.2.1. Hauteur de stockage :

La hauteur de stockage est imposée par 3 contraintes, de sécurité, de surface et de coût :

- Le coût lié à la surface décroît quand la hauteur augmente.
- Le niveau de stockage maximum est de 3 niveaux, au-delà de cette hauteur l'entreprise devra faire l'acquisition de palettiers¹³ et de moyens de manutention appropriés pour des raisons de sécurité. Le choix est donc technico-économique, pour minimiser les coûts liés à l'acquisition de matériels additionnels le gerbage sera effectué sur 3 niveaux.

La hauteur de stockage est de 3 m et une distance minimale de 1 m doit être maintenue entre le sommet des charges et le système d'extinction automatique. L'entrepôt aura donc une hauteur de 4 m.

V.2.2. Mode de stockage :

Nous allons présenter des règles de stockage qui vont permettre d'optimiser la gestion de l'entrepôt :

- 1) La première étape consiste à définir la règle d'affectation des emplacements. Comme cité précédemment nous avons choisi l'affectation car ce système permet de retrouver facilement les produits dans la mesure où ils sont toujours stockés au même endroit.
- 2) La classification des produits sera prise en compte dans le stockage ; On affectera les produits selon leur consommation, des plus forts aux plus faibles.
 - ✓ Les mélanges de classe A à forte rotation seront stockés dans les emplacements les plus rapides d'accès et à proximité de la zone d'expédition.
 - ✓ Les mélanges de la classe B à moyenne rotation seront stockés dans des zones d'accès moins rapide.
 - ✓ Les mélanges de la classe C à faible rotation seront stockés dans des zones d'accès lentes.
- 3) Les lots les plus récents seront placés au fond des travées.

¹³ Rayonnage pour palettes

- 4) Pour faciliter la gestion du FIFO et un gain de productivité, les lots utilisés en premier seront stockés au 3^{ème} niveau, ainsi au fur et à mesure des réceptions et selon leurs délais de vieillissement les lots passeront du 1^{er} niveau au 3^{ème} avant d'être livrés.

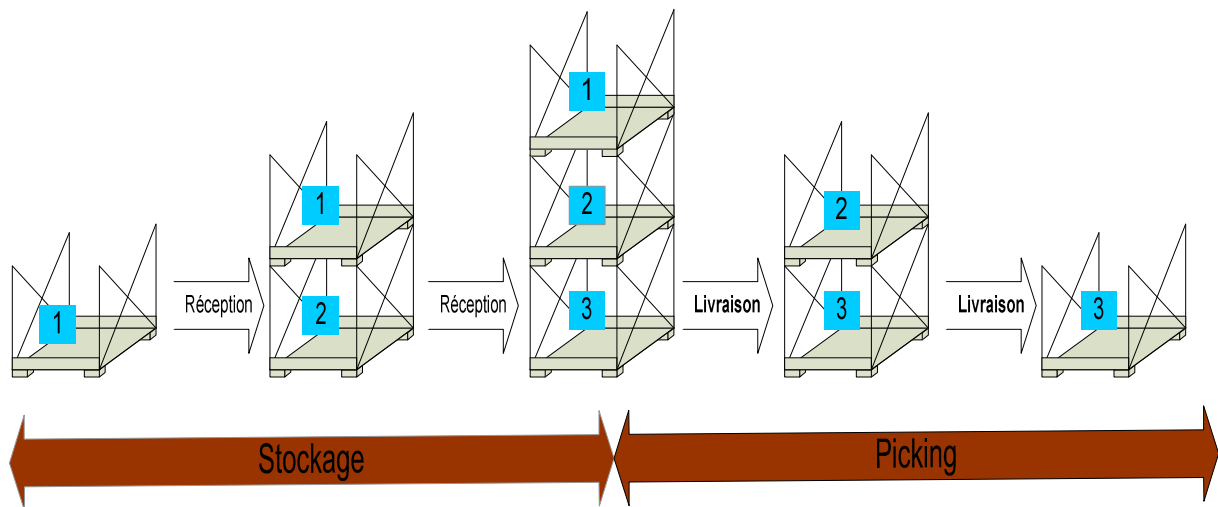


Figure 24: Gestion du FIFO

V.2.3. Les allées de l'entrepôt :

- ✓ Une distance minimale de 1 m est respectée par rapport aux parois et aux éléments de structure.
- ✓ Il faudra prévoir des passages de 0.8 m de large afin de laisser un espace piétons, et de pouvoir évacuer en cas d'incendie.
- ✓ L'espace entre deux ilots¹⁴ sera de 0.8 m, il permettra aux magasiniers d'effectuer les opérations d'inventaires et d'identifications sur les palettes.
- ✓ La largeur des allées de service dépendant des moyens de manutention envisagés. Le chariot élévateur est le moyen de manutention choisi, sa largeur est de 1,2 m. Nous considérerons le besoin de pouvoir faire passer 2 chariots en même temps dans la même allée afin de simplifier la manutention entre les allées dans la zone de stockage. Pour cela, il nous est recommandé de prendre la largeur d'un chariot, de la multiplier par 2 et d'y ajouter 1.4 m afin de pallier la place prise par la manutention.

LARGEUR DE L'ALLEE ZONE DE STOCKAGE : $1.2 \times 2 + 1.4 = 3.8 \text{ m}$

¹⁴ 2 rangés de palettes

V.3. Conception de la zone d'expédition des mélanges :

Les mélanges doivent atteindre une température de 17°C pour une utilisation optimum, nous utiliserons le Quai noir qui représente 4 jours de consommation comme zone de livraison permettant la mise en température des mélanges avant d'être tranchés.

IV. DIMENSIONNEMENT DES MOYENS NECESSAIRE :

IV.1. Le personnel :

Nous allons maintenant déterminer le nombre de personnes nécessaire au fonctionnement du magasin, selon les temps opératoires actuels et les besoins futurs de l'entrepôt.

Afin de déterminer l'effectif des Magasiniers de l'entrepôt nous procéderons au calcul de la charge de travail journalière. Pour ce faire la démarche suivante:

- 1) Type de matériels : Nous allons utiliser 1 seul type d'engin (chariots élévateurs à fourche)
- 2) Détermination de l'unité de temps : nous avons choisi la seconde pour deux raisons :
 - L'usage de la seconde comme unité de temps permet de garder un contrôle intuitif des calculs.
 - Il est plus facile de comptabiliser les relevés de temps avec cette unité de temps.
- 3) Opérations de manutention : Nous avons considéré au maximum toutes les actions que le cariste aura à faire pour manipuler les palettes. Nous avons pris en compte le déplacement du magasinier vers les engins de manutention jusqu'au quai de réception/zone de livraison. Le tableau du dimensionnement que nous présenterons, donnera plus de détails relatifs à ces opérations. On supposera un taux d'engagement de 95% de la part des magasiniers.
- 4) Calcul du temps opératoire: Nous l'avons estimé en fonction du déplacement qu'auront nos magasiniers tout en tenant compte de la fréquence de nos réceptions et de nos livraisons (2 réceptions, 1 livraison) journalières. Une fois que celui-ci est déterminé nous le multiplions par la fréquence journalière.
- 5) Calcul du temps réel : Ce calcul prend en compte les temps de non opération, la pose entre 12h et 13h ainsi que les temps morts (pause...) et le résultat est : 6h30 utile /jour.

6) Coefficient de roulage : Compte tenu des mesures que nous prendrons dans l'aménagement du magasin et de l'état de nos engins nous supposons qu'il n'y aura aucun impact sur le temps opératoire. Nous estimons alors que le coefficient est de 1.

7) L'effectif nécessaire : Il est égal à la somme des temps d'exécution divisé par le temps utile.

Ci-dessous, un tableau récapitulatif des temps moyens nécessaires pour déplacer les palettes sur l'entrepôt entre le moment de leur arrivée et celui de leur départ.

Ces temps ont été calculés à partir de deux relevés chronométriques au sein de l'atelier Z (Zone de libération des mélanges). (CF. annexe 4)

OPERATIONS	TEMPS UNITAIRE (SEC)	DISTANCE (METRES)	FREQUENCE JOURNALIERE	TEMPS MOYEN POUR REALISER L'OPERATION
Préparation des étiquettes "palettes et Zéro"	245	0	60	14700
Déplacement vers engins	42	30	1	42
Déplacement à vide vers Quai	38.5	50	60	2310
Déchargement camion	123.5	3	60	7410
Etiquetage palette	58	1	4	232
Prise palette	40	1	60	2400
Déplacement en charge Réception-stockage	49	50	60	2940
Dépose d'une palette	118	1	60	7080
Pose des étiquettes ne pas prendre	19.5	1	60	1170
Remise des étiquettes « zéro » au laboratoire	600	100	2	1200
Suppression des étiquettes ne pas prendre	21.5	1	60	1290
Vérification bon de commande	60	0	42	2520
Déplacement vers engins	40	30	1	40
Déplacement à vide vers stockage	37.5	10	42	1575
Prise palette	34.5	1	42	1449
Déplacement en charge stockage-Livraison	33.5	20	42	1407
Dépose d'une palette	116.5	1	42	4893
Transmission des étiquettes zéro au responsables secteur fabrications	60	40	1	60
Opérations administratives	9000	0	1	9000
		TEMPS TOTAL BRUT		61718
Coefficient de roulage	100%			
Taux d'engagement	95%			
Taux de majoration	15%			
Temps total net	74710			
Temps utile	23400			
PERSONNEL NECESSAIRE	3.19			

Tableau 25 : Dimensionnement des moyens humains nécessaires

Le personnel nécessaire au fonctionnement de l'entrepôt est de 3, un responsable de site et 2 magasiniers qui seront chargés de la gestion du magasin à temps plein.

IV.2. Le matériel de manutention :

❖ Chariot élévateur à fourche:

Le chariot élévateur à fourche permet de passer dans des allées de petites tailles. Il forme la clé de voûte de nombreux systèmes d'entreposage et de distribution pour des tâches de chargement, d'empilage et de transport horizontal. La largeur de ce type de machine est de 1.2 m. Ce genre de chariot peut aller au maximum entre 3 et 5 m selon le modèle. Pouvant transporter jusqu'à 5t, il est adapté à nos palettes qui empilées (2 palettes l'une sur l'autre) peuvent atteindre au maximum 2t.

IV.3. Les équipements de l'entrepôt frigorifique :

Parmi ces équipements, nous distinguons les équipements nécessaires à la réfrigération et ceux nécessaires à l'isolation de l'entrepôt :

- 06 Groupes de condensation.
- 06 Evaporateurs de marque FRIGA-BOHN.
- 06 Kit de régulation.
- Des panneaux sandwich de 100 mm pour l'isolation.
Ceux sont des panneaux constitués d'un isolant thermique placé entre deux parements rigides, nous devons placer 1500 m² de ces panneaux.
- 02 portes isothermes : 4 m x 3 m.

Aussi, il est nécessaire de prévoir 06 armoires électriques et 01 groupe électrogène.

V. CONFORT ET SANTE DANS L'ENTREPOT FRIGORIFIQUE :

❖ Eclairage :

Nous prévoyons l'installation des luminaires étanches, dans l'optique d'avoir un entrepôt chambre froide claire.

❖ Confort olfactif :

La ventilation pourra pallier les odeurs et assurer une bonne qualité de l'air.

❖ La santé des employés :

Il est obligatoire d'équiper toutes les personnes de chaussures de sécurité en entrant dans le bâtiment. Celles-ci seront résistantes aux glissements et auront des embouts renforcés.

Aussi, le personnel sera équipé de gants de manutention.

La température des chambres froides étant de 1 à 5°C, il est nécessaire d'équiper les employés de combinaisons anti froid.

Ces équipements seront renouvelés tous les ans.

Pour finir, une formation à la sécurité doit être faite périodiquement afin d'instruire les employés sur les opérations de manutention. Celle-ci permettra de montrer aux collaborateurs les différents risques auxquels ils peuvent être soumis

VIII. LA SECURITE :

La sécurité est primordiale. En effet afin de limiter les accidents de travail et toutes les détériorations du matériel, il est important de prévoir, dès la construction d'un entrepôt chambre froide, certaines installations.

❖ La sécurité incendie :

Dans notre cas, les entrepôts chambres froides contiennent des palettes en métal et des mélanges en caoutchouc. Le risque est donc évalué comme étant "dangereux". Les installations contre incendies sont donc obligatoires dans ce genre de bâtiment.

❖ Les parois coupe-feu :

Séparant les différentes zones du bâtiment sont nécessaires afin de contenir le feu en cas d'incendie.

❖ Les sprinklers :

Ils sont eux aussi essentiels à la sécurité des bâtiments. Leur rôle est de déceler un début d'incendie, de donner l'alarme et d'éteindre un incendie

La première nappe de sprinkler doit se trouver au moins à 3.5 m de hauteur. Cette installation est faite par des professionnels qui facturent l'achat des sprinklers ainsi que leur installation. La surface protégée par un sprinkler est de 9m² environ. Une citerne de 120 m³ est nécessaire à leur alimentation en eau.

Nous mettrons en place, comme l'exige la réglementation :

- ⇒ Des extincteurs portatifs et mobiles de 9 L par tranche de 200m². Dans notre cas, 5 extincteurs sont requis. Ces extincteurs à eau pulvérisée et additif sont obligatoires pour les activités industrielles y compris de stockage.
- ⇒ Un robinet d'incendie armé : doit être présent tous les 100 m, 1 seul robinet armé est donc nécessaire.

IX. WAREHOUSE MANAGEMENT SYSTEM :

Dans l'objectif d'optimiser la gestion de l'entrepôt, la mise en place d'un outil de gestion de magasin informatisé sera nécessaire.

Une gestion informatisée de l'entrepôt va permettre :

➤ Améliorer la gestion du FIFO :

La saisie informatisée des réceptions/sorties et l'étiquetage des palettes permettra d'identifier rapidement les délais de vieillissement d'un lot et leur priorité par dans l'entrepôt.

➤ Gain de temps au niveau des mouvements :

Par l'échange de données informatisées entre le laboratoire et l'entrepôt lors de la libération des mélanges, entre l'atelier Z et l'entrepôt par la réception des commandes et entre la logistique et l'entrepôt pour les demandes d'inventaire.

➤ La connaissance de l'état du stock :

En fonction des mouvements d'entrée et sortie.

➤ La traçabilité et la gestion des inventaires.

Pour une utilisation optimum du WMS, sa mise en place devra être suivie d'une formation de ses utilisateurs.

X. MISE EN PLACE DE L'ENTREPOT :

Après avoir déterminé la volumétrie, dimensionner les différentes zones de l'entrepôt, les allées de circulation et les moyens matériels et humains. La figure qui suit décrit l'organisation au sol dans l'emplacement choisi, ainsi que le mode de gestion tel-que nous l'avons conçu :

- Zone A : la zone A est la plus rapide d'accès aucun obstacle ne se présente lors de la manutention des palettes.
- Zone B : la zone B est moins rapide d'accès ce qui est dû à la présence de piliers, le magasinier mettra plus de temps lors du picking des palettes.
- Zone C : la zone C est la zone d'accès la plus lente. Elle est la plus éloignée de la porte de livraison et les piliers augmentent les temps d'accès.

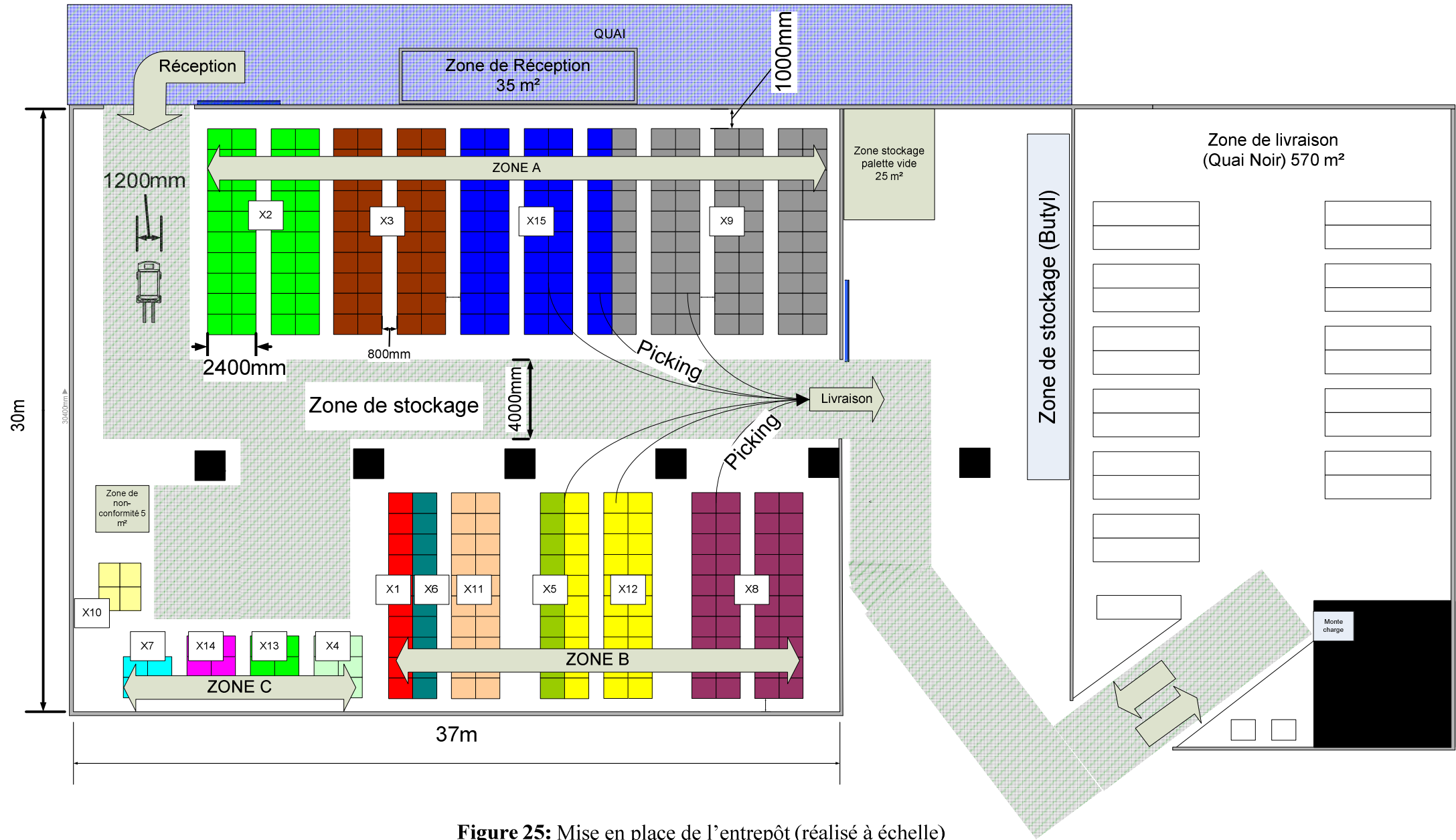


Figure 25: Mise en place de l'entrepôt (réalisé à échelle)

XI. FONCTIONNEMENT DE L'ENTREPOT :

a. La réception :

Les réceptions se font sur le quai, le magasinier est chargé d'effectuer la réception, le contrôle quantitatif et l'identification des palettes à l'aide des étiquettes qu'il aura éditées, dans la zone de réception.

b. Le stockage :

Après leurs réceptions, les mélanges seront affectés à des emplacements spécifiques à l'intérieur de la zone de stockage qui dépendra de leur classification. Le magasinier sera chargé durant cette étape de toutes les opérations de manutention et du respect des règles d'entreposage et d'affectation.

Les palettes seront gerbées sur 3 niveaux. Un contrôle qualitatif sera effectué par le laboratoire qualité pour les palettes ayant dépassé leur délai de vieillissement. Les mélanges qui seront indiqués comme non conforme seront dans l'emplacement prévu à cet effet.

La libération des mélanges sera effectuée à l'aide du WMS qui indiquera les lots qui ont été libérés par le laboratoire qualité et qui peuvent être utilisés.

c. La livraison :

Une fois les mélanges libérés et selon le bon de commande, ils seront transférés vers la zone de livraison qui représente une zone de mise en température (17°) avant d'être livrés aux ateliers de fabrication.

Les palettes y sont entreposées à l'air ambiant gerbées sur 2 niveaux.

XII. CAHIER DES CHARGES FONCTIONNEL :

Le cahier des charges fonctionnel est un document de dialogue entre le demandeur et le ou les concepteurs pressentis, il exprime ce que souhaite obtenir le demandeur et non pas obligatoirement ce que le réalisateur s'engage à tenir.

L'accent est mis sur les services attendus, en précisant les conditions d'utilisation déjà connues ou souhaitées en exprimant l'importance des fonctions demandées.

Le « CdCF » exprime essentiellement :

- Les besoins primordiaux que le projet est appelé à satisfaire

- L'ensemble des conditions d'utilisation
- Les différentes fonctions à assurer
- Les éventuelles contraintes

Après avoir déterminé l'ensemble des besoins de l'entrepôt nous les avons synthétisés dans un cahier des charges fonctionnel (cf., annexe 7).

Ce cahier des charges fonctionnel sera utilisé lors de la réalisation de l'entrepôt et lors de la détermination des coûts d'investissement pour l'analyse de rentabilité.

XIII. ETUDE DE RENTABILITE :

Les entreprises sont amenées à investir pour se développer. Le critère de base à prendre en compte est la rentabilité. Un projet non rentable ne sera évidemment pas retenu. Aussi, faudrait il que le projet soit réalisable, compte tenu des possibilités de financement.

L'étude de rentabilité du projet consiste à démontrer que le projet d'entreposage des stocks au niveau de l'usine est réalisable et qu'il est financièrement plus avantageux que le maintien de la sous-traitance.

Pour ce faire, nous projetons les coûts cumulés des deux situations sur un graphe. L'intersection des courbes permet de déterminer le délai de récupération pour mesurer la rentabilité du projet, la différence entre les deux courbes représente l'économie faite par le choix de la situation la moins couteuse.

XI.1. Coûts de la sous-traitance :

Nous avons calculé le coût annuel de la sous-traitance qui est un coût variable.

➤ Coût de la location des chambres froides :

⇒ Coût de la location d'une chambre froide : 250 000 Da / mois

L'entreprise loue actuellement 6 chambres froides. L'évolution de l'activité (CF. Page 89 tableau des prévisions annuelles) nécessitera une augmentation du nombre de chambres froides louées. Nous avons estimé, selon cette augmentation que l'entreprise louera une chambre froide supplémentaire à partir de 2014 (X% de consommation en plus par rapport à 2011) et une autre à partir de 2016 (X% de consommation en plus par rapport à 2011).

⇒ Coût de la location des chambres froides :

- 2011 - 2014 : 1 750 000 Da / mois
- A partir de 2016 : 2 000 000 Da / mois

➤ Coût de la manutention :

⇒ Coût de la manutention : 550 Da / T

Nous avons calculé le coût de manutention à partir des prévisions de consommation selon le PA 2011(CF. Page 74) et avec une augmentation annuelle selon le tableau des prévisions annuelles (CF. Page 87).

COUT DE LA MANUTENTION (Da)												
Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
2011	274860	265358	312527	293865	294112	298155	253489	257400	285357	344659	283784	341799
2012	300586	290194	341777	321369	321639	326061	277214	281491	312064	376917	310344	373789
2013	318671	307654	362341	340705	340991	345679	293893	298428	330840	399595	329017	396279
2014	336757	325114	382905	360041	360343	365297	310573	315364	349616	422273	347689	418769
2015	354789	342523	403408	379320	379638	384857	327203	332251	368337	444884	366307	441192
2016	373088	360189	424215	398884	399219	404707	344079	349388	387335	467830	385200	463948

Tableau 26 : Coût de la manutention

➤ Coûts de transport des chambres froides à l'usine :

Pour déterminer le coût de transport, nous supposons un seul moyen de le faire et qui est le plus utilisé soit le camion de 22T, avec un coût de 10 000 Da / T. Comme pour le coût de manutention, nous avons utilisé les prévisions de consommation selon le PA et une augmentation annuelle selon le tableau des prévisions annuelles (Cf. page 87).

COUTS DE TRANSPORT (Da)												
Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
2011	249873	241235	284115	267150	267374	271050	230445	234000	259415	313326	257985	310726
2012	273260	263813	310707	292154	292399	296419	252013	255901	283695	342652	282131	339808
2013	289701	279686	329401	309732	309992	314254	267176	271298	300764	363268	299106	360254
2014	306142	295559	348095	327310	327585	332088	282339	286695	317833	383884	316081	380699
2015	322535	311385	366735	344836	345126	349870	297457	302046	334852	404440	333006	401084
2016	339171	327445	385650	362622	362926	367916	312799	317625	352123	425300	350182	421771

Tableau 27 : Coût de transport

Le coût total de la sous-traitance est égal à la somme des coûts de location, coûts de manutention et coûts de transport :

COUT DE LA SOUS-TRAITANCE (Da)												
Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
2011	2024733	2006592	2096642	2061015	2061486	2069205	1983933	1991400	2044772	2157985	2041769	2152525
2012	2073846	2054007	2152484	2113523	2114038	2122480	2029227	2037393	2095759	2219569	2092475	2213598
2013	2108372	2087340	2191742	2150437	2150983	2159933	2061069	2069726	2131605	2262863	2128123	2256533
2014	2392899	2370673	2481000	2437351	2437928	2447385	2342911	2352059	2417450	2556157	2413770	2549468
2015	2427324	2403908	2520142	2474156	2474764	2484728	2374659	2384297	2453189	2599324	2449313	2592276
2016	2712258	2687634	2809864	2761506	2762145	2772623	2656878	2667013	2739458	2893130	2735381	2885719

Tableau 28 : Coût de la sous-traitance

XI.2. Coût de l'entrepôt frigorifique Michelin :

Pour déterminer le coût de construction, d'installation et d'exploitation de l'entrepôt frigorifique. Nous avons contacté plusieurs entreprises pour établir une liste que nous avons voulue des plus exhaustives :

- Michelin Algérie (Frais du personnel).
- L'entreprise General Maintenance (Devis de réalisation de l'entrepôt frigorifique).

Les fournisseurs potentiels des différents équipements :

- Entreprise Cirta Soft (WMS).
- Entreprise Biamo (chariots élévateurs à fourches).
- Entreprise Elwissam (matériel anti incendie).
- Amimer énergie (générateur électrique).

a. L'investissement :

Les coûts d'investissements se répartissent en immobilisations incorporelles et corporelles tels qu'ils figurent dans le tableau suivant :

COÛT DE L'INVESTISSEMENT			
DENOMINATION	QUANTITE	PRIX UNITAIRE	PRIX TOTAL
Immobilisations incorporelles			
Système d'information			
WMS avec formation	1	2 500 000 Da	2 500 000 Da
Total			2 500 000 Da
Immobilisations corporelles			
Construction			
F/P Construction	120m ²	2500 Da	1 657 620 Da
Total			1 657 620 Da
Ouvrage d'infrastructure			
F/P Panneaux sandwich 100m	1608m ²	1 500 Da	4 050 000 Da
F/P Isolation du sol	1080m ²	1 700 Da	1 836 000 Da
F/P Porte isotherme : 2,2m*4m	2	254 770 Da	509 540 Da
F/P Cable électrique 3*2,5	480 MI	120 Da	57 600 Da
Total			6 453 140 Da
Matériel de réfrigération			
F/P Groupe de condensation	6	1 507 500 Da	9 045 000 Da
F/P Evaporateur FRIGA-BOHN	6	667 500 Da	4 005 000 Da
F/P Kit de régulation	6	57 000 Da	342 000 Da
F/P Groupe électrogène 150 KVA	1	1 760 000 Da	1 760 000 Da
F/P Armoire électrique+disjoncteur +interrupteurs étanches	6	55 000 Da	330 000 Da
F/P Néons étanches 2*40 w	65	5 500 Da	357 500 Da
Total			15 839 500 Da
Matériel de manutention			
Chariots élévateurs à fourches	3	2 150 000 Da	6 450 000 Da
Total			6 450 000 Da
Matériel anti incendie			
Sprinkler	1	600 000 Da	600 000 Da
Robinet d'incendie armé	1	35 000 Da	35 000 Da
Extincteur	5	6 500 Da	32 500 Da
Total			667 500 Da
Total			33 576 760 Da

Tableau 29: Coût de l'investissement

Le coût au m³ est de : 30 241 Da /m³.

Remarque :

Le budget alloué est de 36 702 000 Da.

Le budget 36 702 000 Da sera donc respecté avec un investissement de 33 567 760 Da.

Le projet est donc réalisable, compte tenu des possibilités de financement.

b. Calcul du coût d'exploitation :

Les tableaux suivants représentent les différents coûts d'exploitation : coût des dotations aux amortissements, coût annuel de l'électricité, coût annuel de l'assurance ainsi que le coût annuel lié à la gestion du personnel :

i. Dotations aux amortissements :

Les durées d'amortissements suivantes sont établies à partir des tables de comptabilité Michelin.

DOTATIONS AUX AMORTISSEMENTS			
DENOMINATION	PRIX D'ACHAT	DUREE D'AMORTISSEMENT (AN)	AMORTISSEMENT
Systèmes d'information(WMS)	2 500 000 Da	3	500 000 Da
Construction	1 657 620 Da	20	82 881 Da
Ouvrage d'infrastructure	6 453 140 Da	20	322 657 Da
Matériel de réfrigération	15 839 500 Da	12	1 319 960 Da
Véhicules de manutention	6 450 000 Da	5	1 290 000 Da
Matériel anti incendie	667 500 Da	12	55 625 Da
TOTAL T.T.C PAR AN			3 571 123 Da

Tableau 30 : Dotations aux amortissements

ii. Coût assurance :

Nous avons choisi la même assurance que le sous-traitant et appliqué les mêmes modalités par rapport à la quantité à stocker.

COUT ASSURANCE :		
DENOMINATION	PRIX MENSUEL	PRIX ANNUEL
Assurance	14 000 Da	168 000 Da
TOTAL T.T.C		168 000 Da

Tableau 31: Coût de l'assurance

iii. Coût du personnel :

La rémunération ci-dessous est établie selon la grille des salaires Michelin Algérie.

COUT PERSONNEL				
TYPE DE PERSONNEL	NOMBRE	SALAIRE MENSUEL	CHARGES SOCIALES	PRIX ANNUEL
Responsable de site	1	45 000 Da	11 700 Da	680 400 Da
Magasinier	2	28 500 Da	7 410 Da	430 920 Da
TOTAL T.T.C				1 111 320Da

Tableau 32: Coût du personnel

iv. Coût de l'électricité :

Nous avons estimé les coûts de l'électricité à partir des simulations de la consommation des groupes frigorifiques et de l'éclairage en se référant aux tarifs SONELGAZ. Nous n'avons pas considéré le coût de l'électricité variable car c'est une estimation.

COUT ELECTRICITE		
DESIGNATION	COUT MENSUEL	COUT ANNUEL
Equipements de réfrigérations + Eclairage	45 601 Da	547 212 Da
TOTAL T.T.C		547 212 Da

Tableau 33 : Coût électricité

L'ensemble des coûts d'exploitation est représenté dans le tableau suivant :

Pour réduire le risque de sous-estimation, taux de majoration de 10% du coût total d'exploitation sera utilisé pour prendre en compte les coûts d'entretien, de réparation et de carburant.

COUT D'EXPLOITATION	
DENOMINATION	COUT ANNUEL
Dotations aux amortissements	3 571 123 Da
Coût assurance	168 000 Da
Coût personnel	1 111 320Da
Coût électricité	547 212 Da
Taux de majoration	539 765 Da
TOTAL	5 937 420 Da

Tableau 34 : Coût d'exploitation

Nous avons évalué la rentabilité du projet de réalisation de l'entrepôt frigorifique par rapport à la sous-traitance. Pour ce faire, nous projetons les coûts cumulés des deux situations sur le graphe suivant :

Remarque :

L'activité de stockage ne peut être arrêtée durant la réalisation, le coût de la sous-traitance est donc pris en compte durant la durée de réalisation qui est de 7 mois (5 mois pour la réalisation de la construction et des ouvrages d'infrastructure et 2 mois pour l'installation du matériel de réfrigération).

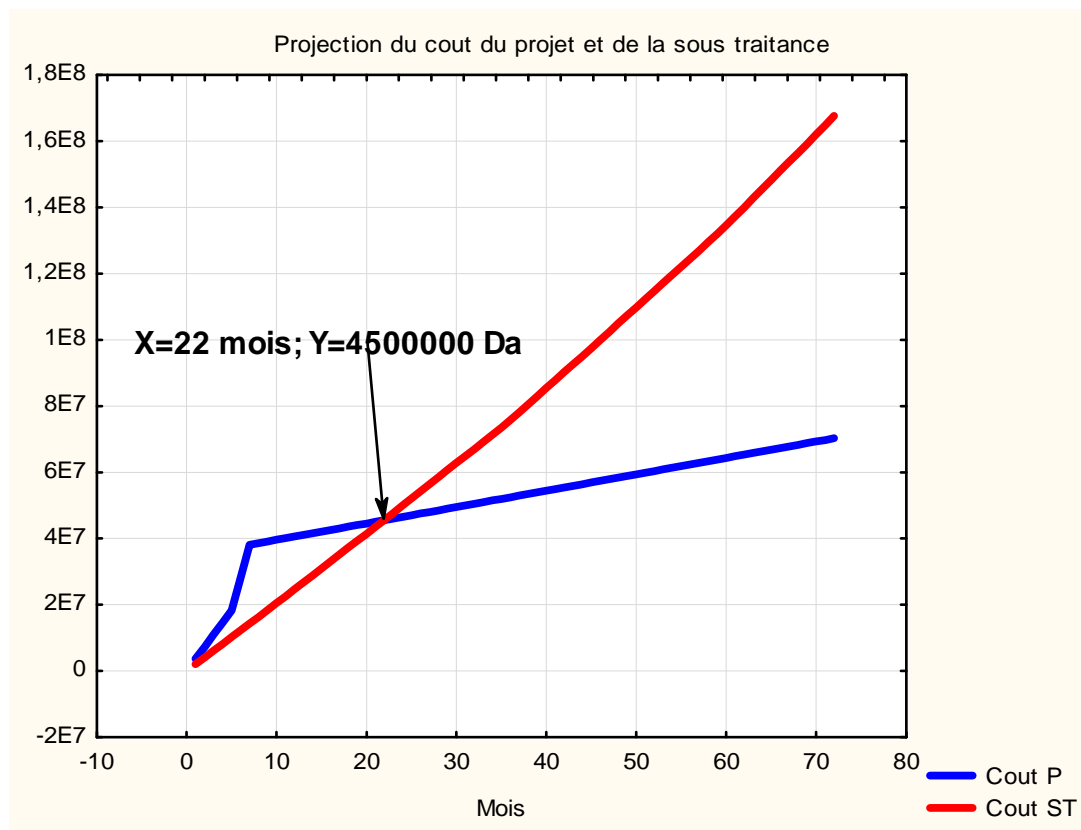


Figure 26 : Coût du projet et de la sous-traitance

Le graphique suivant représente la différence entre les coûts des deux situations, il illustre le délai de récupération (DR) du projet :

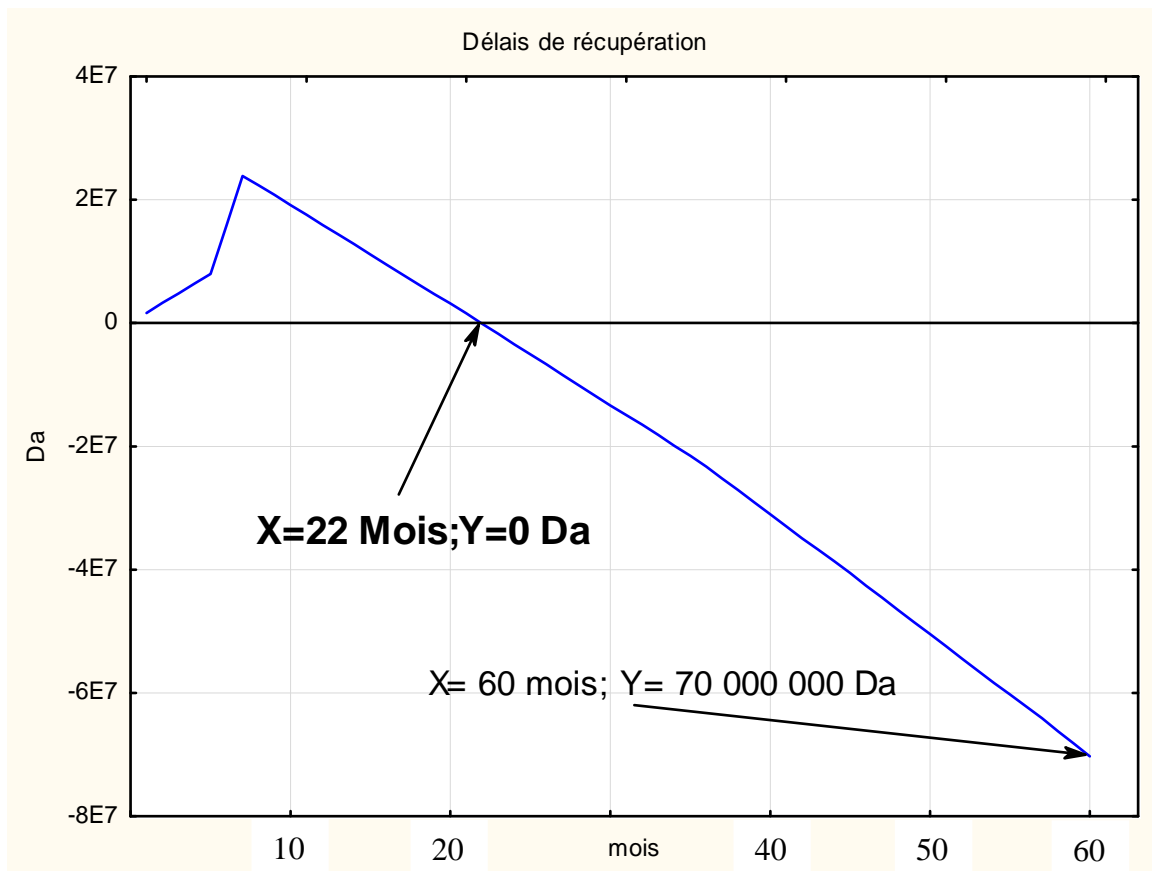


Figure 27: Délai de récupération

Remarque :

Dans notre cas, la VAN et le TRI ne sont pas des indicateurs significatifs car le projet est un investissement de gestion et pas un investissement d'actif.

❖ **Interprétation :**

L'analyse de rentabilité du projet démontre l'avantage financier de la solution envisagée.

En optant pour la réalisation de l'entrepôt frigorifique, l'entreprise investira dans un projet rentable avec un délai de récupération rapide :

- L'investissement de 33 567 760 Da respecte le budget alloué au projet. Le projet est réalisable selon les possibilités de financement.
- Le délai de récupération est de 22 mois seulement.
- L'entreprise effectuera une économie substantielle de 70 000 000 Da sur une période de 5 ans.

XIV. RISQUE DU PROJET :

Avant de conclure notre étude nous avons voulu établir une esquisse des éventuels risques du projet.

XIV.1. Risque technique :

L'emplacement de l'entrepôt à l'intérieur de l'usine pourrait entraîner des contraintes de réalisation. Cependant, nous avons convenu avec le bureau d'étude de Michelin que cela ne comportait pas de risque majeur sur le projet.

XIV.2. Risque de sur ou sous dimensionnement:

La volumétrie du stock étant calculée à partir de deux paramètres, le risque dépendra donc du changement de l'un des deux :

- La production : Le dimensionnement a été effectué en prévision d'une augmentation de 35% de la production d'ici à 2015 (objectif de l'entreprise).
- Les délais de livraison : Le projet devant être placé dans un contexte particulier avec des réglementations en matière d'importation qui influent majoritairement sur la durée des délais de livraison ainsi que le projet SAVE qui a pour but de les réduire.

XIV.3. Risque financier:

- L'estimation de l'investissement que nous avons voulu des plus précises représente 91 % du budget cependant une réévaluation de ce budget devra être effectuée pour parer aux surcoûts lors de la construction et de l'installation de l'entrepôt.
- La forte rentabilité du projet démontre que des surcoûts d'exploitation n'influeront pas sur l'avantage financier du projet.

CONCLUSION :

Notre étude dans ce chapitre, nous a permis de :

- Déterminer la volumétrie du stock répondant aux besoins actuels et futurs de l'entreprise.
- De concevoir l'entrepôt en dimensionnant chaque zone et moyens nécessaires.
- D'élaborer plusieurs recommandations visant à une organisation optimale de l'entrepôt.
- Démontrer via une analyse de rentabilité que le projet permettra de faire une économie substantielle pour l'entreprise.

Ceux sont là des éléments pertinents en faveur de l'opportunité d'un stockage propre, puisqu'ils assurent une meilleure organisation d'entreposage avec une diminution importante des coûts de possession.

CONCLUSION GENERALE :

Depuis l'arrêt de la production des mélanges de gomme et le début de leur importation, l'entreprise Michelin Algérie constate un surcoût important conséquence de l'irrégularité du délai de livraison et dont une partie est liée au coût de sous-traitance de l'entreposage.

Notre étude, telle qu'elle nous a été soumise par l'entreprise, était de dimensionner un entrepôt frigorifique au sein de l'usine qui puisse répondre aux besoins actuels mais aussi futurs de celles-ci, afin de réduire les coûts d'entreposage et de supprimer les dysfonctionnements induis par la sous-traitance du stockage des mélanges de gomme.

Pour répondre aux objectifs de l'étude, nous avons mené les étapes suivantes :

Dans un premier temps, une analyse de l'existant durant la quelle nous avons suivi l'ensemble des acteurs du processus d'approvisionnement. Cette analyse a mis en évidence les dysfonctionnements dus à la sous-traitance et confirmer la nécessité d'un stockage propre. Aussi, cette analyse a permis de déterminer les paramètres nécessaires au calcul de la volumétrie du stock.

En second, nous avons déterminé la volumétrie du stock répondant aux besoins actuels et futurs de l'entreprise. Puis, effectué la conception de l'entrepôt en dimensionnant chaque zone et moyens nécessaires et élaboré plusieurs recommandations visant à une organisation optimale de l'entrepôt.

Et enfin, démontré via une analyse de rentabilité que le projet permettra de faire une économie substantielle pour l'entreprise.

Les résultats obtenus par cette étude, même s'ils sont sujets à amélioration, peuvent constituer une bonne référence pour la prise de décision concernant le réalisation d'un entrepôt propre à l'entreprise.

Finalement cette étude nous a permis d'enrichir nos connaissances en matière de gestion de projet d'une part et d'autre part d'apprendre à concevoir et à dimensionner un entrepôt de stockage.

ANNEXES

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 Fiche Projet	110
Annexe 2 Planning Projet	112
Annexe 3 Relevés chronométriques	113
Annexe 4 Simulation niveau de stock	114
Annexe 5 Test de normalité	123
Annexe 6 Cahier des charges fonctionnel	131

LP/UOT	FICHE PROJET		Page 1
AIM/UAL	Titre du projet : Etudes de solutions de stockage propre des mélange importé en chambres froides.		
	N° de projet :	Identification UOT :	
Date 1ère rédaction : 21/03/2011	Indice version : 1	Classification : D3	
Date dernière mise à jour :			
Commanditaire : F.Khiari			
Chef de Projet : A.Ghafour D.Belhabib			

1 - Description succincte :
Supprimer sous-traitance actuelle de chambres froides. Etudier la possibilité de Stockage propre au niveau UAL

2 - Enjeux, finalité (But du but) :

Fin 1^{er} sem 2012 :
Réduction du coût matière à l'import (Projet SAVE global)

Indicateurs de réussite :
CF indicateur projet SAVE

3 - Origine de la demande :
(en particulier étude d'opportunité, cahier des charges fonctionnel)

Projet ZETA avec Arrêt de la fabrication des mélanges noir à UAL
Contrainte Réglementaire avec augmentation de la durée de transit et des aléas physique et documentaires

4 - Autres alternatives examinées :
Ne rien faire

5 - Objectifs : Description de l'objectif du projet (quoi, pour qui, pour quand) :

Au 30/06/2011 :
L'étude de faisabilité est réalisé et validé par le commanditaire SAVE.
Les impacts de variation des principaux leviers sont évalués.

Indicateurs de réussite :

1- CDC du magasin de stockage établi.
2- Coût de stockage final au m² ou m³ définis en fonction de :
Besoin Surface / volume
Besoin en manutention et matériel de stockage:
Besoin de transport :
3- Analyse de rentabilité réalisée pour les différents scénarios en fonction des impacts éventuels sur les principaux leviers du projet SAVE.

FOR 055 F SGO.
Édition du 03/02/2003

Figure 28 : Fiche Projet (1/2)

LP/UOT	FICHE PROJET		Page 2
AIM/UAL	Titre du projet : Etudes de solutions de stockage propre des mélange importé en chambres froides.		
	N° de projet :	Identification UOT :	
Date 1ère rédaction : 21/03/2011	Indice version : 1	Classification : D3	
Date dernière mise à jour :			

6 - Limites (périmètre du projet) :

Entrée processus : Mélange Gomme disponible pour UAL (sortie processus Approvisionnement)

Sortie Processus : Livraison des mélanges aux Ateliers de fabrication

7 - Contraintes :

- Prendre en considération l'ensemble des coûts logistique (transport, stockage, manutention...)
- Prendre en considération les contraintes Qualité
- Inclure les modes de gestion FIFO du magasin.
- Faire ressortir les variation des leviers du projet SAVE sur l'analyse des risques et evaluer les impact sur les indicateurs du projet ainsi que sur l'étude de rentabilité
- Travail dans le respect des normes de sécurité.
- Respect des règles et mesures de confidentialité Michelin Algérie.
- Ne pas dépasser le budget alloué

8 - Lignes Guides :

- Suivi de l'avancement de l'étude 1 fois par semaine (réunion formalisé)
- Découverte du processus de fabrication ainsi que du processus d'approvisionnement
- Prendre connaissance des contraintes qualité, flux, réglementaires.
- Dresser une image de la situation actuelle.
- Utiliser au temps que possibles des outils visuel tel que : matrice d'aide à la décision, analyse des flux pour justifier les choix recommandé.
- Se référer à la Méthodologie Projet et la présentation types 22 points X1
- Identifier et impliquer au plus tôt les personnes pouvant contribuer à faire avancer le projet

9 - Situation initiale :

Mélange importé puis stocké sur chambre froide en sous-traitance avant d'être livré par un prestataire aux ateliers de fabrication :

- Capacité : ██████████
- Coût de stockage et manutention : ██████████
- Coût de transport : ██████████

10 - Jalons, déroulement prévisionnel :

Jalon	Prévu		Réalisé	Observations
	Initial	Actualisé		
X0 :	02/2011		Fait	Projet SAVE
X1 :	06/2011			

FOR 055 F SGQ,
Édition du 03/02/2003

Figure 29: Fiche projet (2/2)

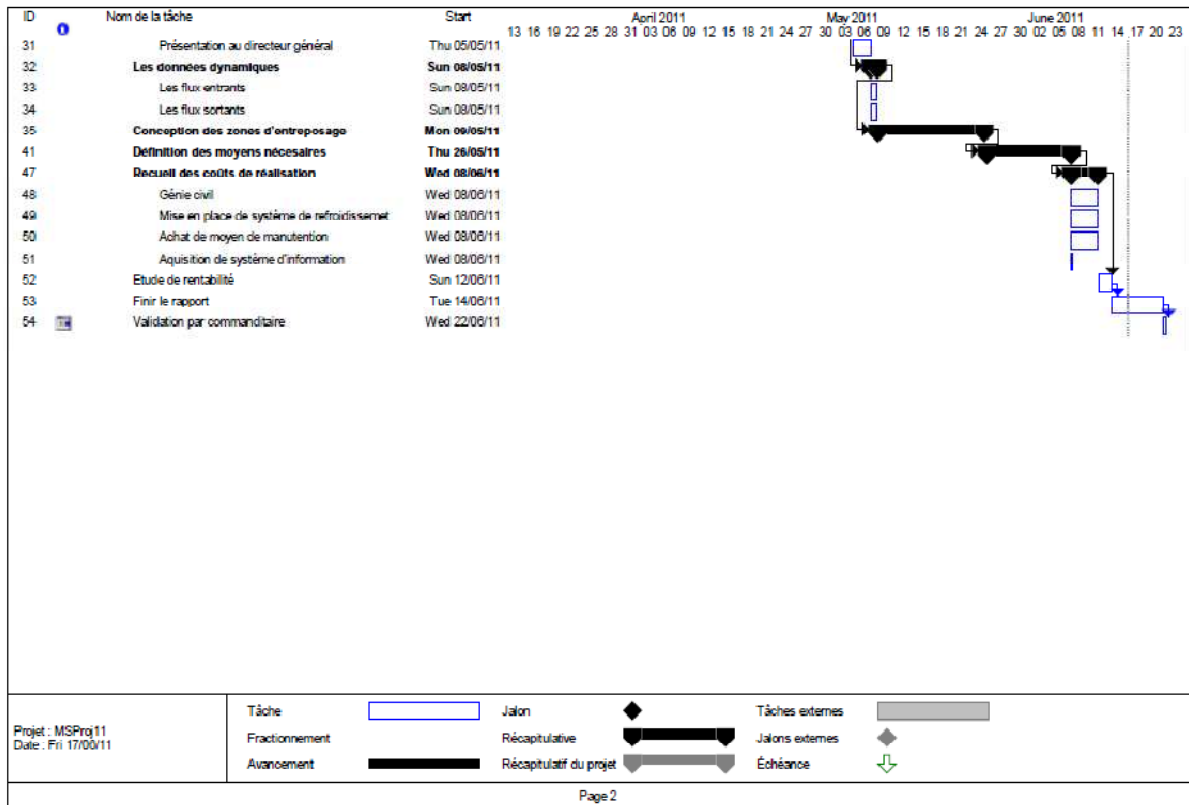
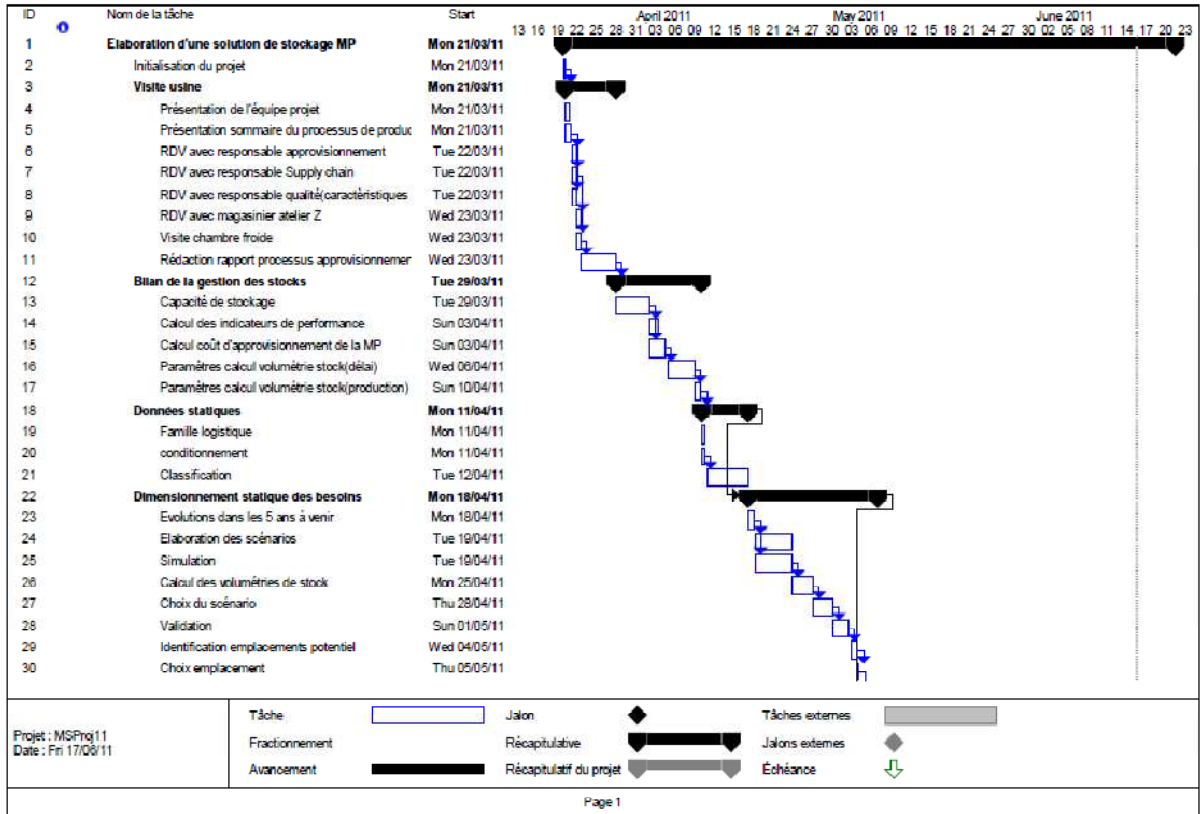


Figure 30: Planning du projet

Annexe3 : Relevés chronométriques

OPERATIONS	1ER RELEVÉ CHRONOMETRIQUE	2EME RELEVÉ CHRONOMETRIQUE	MOYENNE
Préparation des étiquettes "Palettes et Zéro"	190	300	240
Déplacement vers engins	43	41	40
Déplacement à vide vers Quai	42	35	40
Déchargement camion	112	135	120
Etiquetage palette	56	60	60
Prise palette	40	40	40
Déplacement en charge Réception- stockage	52	46	50
Dépose d'une palette	110	126	120
Pose des étiquettes ne pas prendre	20	19	20
Remise des étiquettes « zéro » au laboratoire	600	/	600
Suppression des étiquette ne pas prendre	22	21	20
Vérification bon de commande	60	60	60
Déplacement vers engins	40	40	40
Déplacement à vide vers stockage	33	42	30
Prise palette	31	38	40
Déplacement en charge stockage- Livraison	35	32	30
Dépose d'une palette	112	121	120
Transmission des étiquettes zéro au responsables secteur fabrications	60	60	60
Opérations administratives	9000	/	9000

Tableau 35 : Relevés chronométriques

Annexe 4 : Simulation du niveau de stock

L'expression «Taux de service» est assez ambiguë car on désigne de ce nom le pourcentage choisi pour déterminer le coefficient de calcul du stock de sécurité, pourcentage qui exprime la probabilité pour que l'on n'ait pas de rupture de stock pendant la période de réapprovisionnement entre la commande et l'arrivée de la marchandise.

1. Objectif de la simulation :

La simulation n'est pas un outil d'optimisation ni de décision, le but de la simulation est d'apporter une aide pour le choix du taux de service, il sera choisit selon le scénario, la classe du mélange (critère 1, critère 2, critère combiné) et de tel sorte qu'aucune rupture de stock ne se produise durant la période du test.

2. Description de la simulation :

- ✓ Nous effectuons une simulation du niveau de stock sur 03 mois de production qui représente l'horizon des prévisions de l'entreprise.
- ✓ Nous avons pris la période la plus récente (Janvier – Mars) et qui prend en compte les changements effectué par le projet SAVE (délais de livraison avec une moyenne = 40.52 jours, écart-type = 12.25 jours).
- ✓ Nous prenons 04 paliers de stock de sécurité (23, 20, 17.3, 16 jours de couverture) qui soit 04 taux de service (97%, 95%, 93%, 90%) pour déterminer le stock initial.
- ✓ Nous déroulons le niveau de stock selon la consommation et les quantités réceptionnées, nous utilisons pour cela l'historique de production et des dates de réceptions sur la période de Janvier à Mars.
- ✓ Nous avons établi une borne inférieure (04 jours de couverture) en dessous de laquelle le stock ne devrait pas descendre.
- ✓ L'unité utilisée est le Kg.

3. Recueil des données :

Pour déterminer le stock initial nous avons utilisé la consommation journalière du mois de Janvier selon le PA 201.

	STOCK INITIAL (Kg)													
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14
30 jours de couverture	14924	55650	61382	12323	38303	47867	19853	113559	1694	20875	44598	4138	2461	60721
27 jours de couverture	38843	48469	52886	98906	53462	41690	17292	2143	3604	10733	1475	18182	33360	12998
24.3 jours de couverture	34959	43622	47597	89016	48116	37521	15562	1929	3244	9659	1328	16363	30024	11698
23 jours de couverture	33088	41289	45051	84254	45541	35514	14730	1826	3070	9143	1257	15488	28418	11072

Tableau 36: Simulation stock initial

Nous avons utilisé l'historique des réceptions car les commandes sont effectuées 10 semaines avant la réception selon PA, le tableau suivant retrace les dates de réception et les quantités réceptionnées durant les 3 mois (Janvier – Février – Mars).

Réception (Kg)														
02-janv	6050					7250								9480 8260
03-janv		1890	4200	3900			2640							
04-janv		2520	16800	3250	39900		2640			1350		4200		
10-janv	23100	6930	1400	7150	75600	26100	7920	500		1220		2160	1800	5688 12390
11-janv		8820	11900	5850	14000		1320				3375	720	3600	
12-janv		3780	5600	2600	3500							1350	1200	
13-janv	6600	3780	17500	1500	8400	6708	1980				1350			8848 13570
16-janv	8008	12844		22750	59388	11856	5980	1224	1242	2184	4725	720	7800	15912 4800
20-janv					18096									7344
26-janv	8580	23712		7150	4704	22464	17342				1350		3000	7344 16800
27-janv	2886	2964		10400		6240		612		1456	2700	1440	1200	2448 1200
08-févr		8892		23400	30576	11232	6578	612		728	4050	5400		13464 20400
10-févr			3500	1950	10500								1800	
16-févr				11050							2700		4200	
17-févr	4004					4992								9000
20-févr	2288	2470			3528	3744	1794							1836 1800
24-févr	8008	11412		3250	7028	12480	6764			728	2025		2400	4284 10200
27-févr	1650	2520			6300	2236	1980			1220				2268 1440
09-mars	2860	2964	16940	9750		4368	1794	570		1456	2700	720	4800	5400
10-mars	17732	12350	17545	12350	44100	30576	3588			1456	1350		4200	13464 30600
13-mars	8008	4940		20800			1794	612		728	4725	720	7200	7344 11400
14-mars	572	2470			4116	2496		612						3672 3600
15-mars			1400	6500	2100		660		660		1350	720	3000	1180
16-mars	6292	5928			9408	5616	3588	612	2484	2184				4284 12600
17-mars	1716	2964	34485		11172	8112								4284 7200
20-mars					8820	9360								
21-mars	2288				9408	1248	4186			621				
22-mars	7436	3458	16940	24050	41748	9984	10166	612	1863	728	4050		7800	5508 5400
23-mars	1716	1482			2940		5382		1863	728				1224
24-mars			18150											
27-mars														10200
28-mars	2860	3952			9408	6240	1196							7344 1800

Tableau:Date et quantités réceptionnés (kg)

Tableau 37 : Date et quantités réceptionnés (Kg)

Les quantités consommées ont été calculées à partir de l'historique de production et de la décomposition par dimension (CF; annexe 4). Le tableau suivant présente les quantités journalières consommées durant les 03 mois de production.

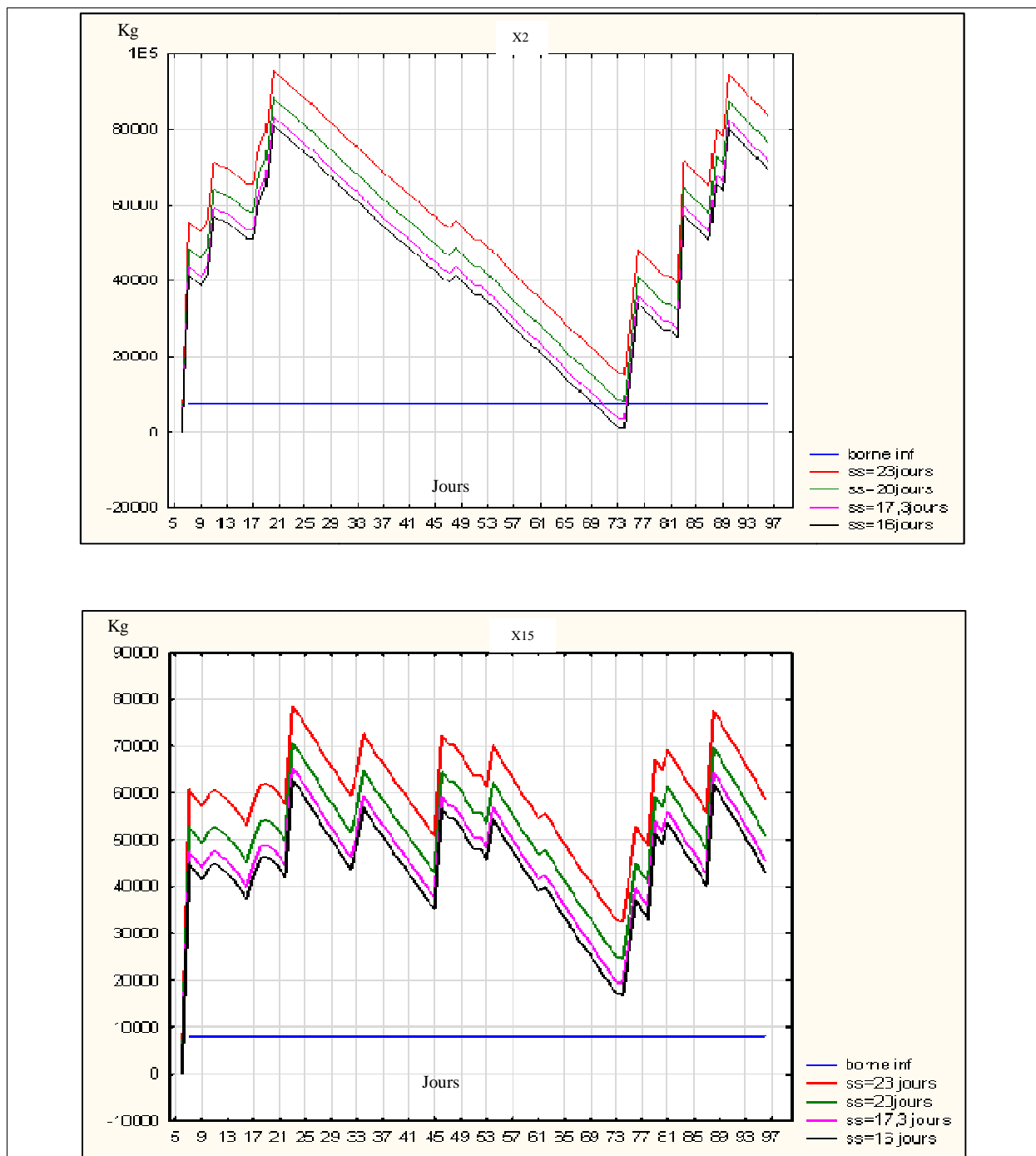
		Consommation (Kg)												
01 janv	1278.68	1289.7	1291.7	1744.1	3502.62	2345.1255	596.4	73.92	0	124.32	355.84	46.67	593.1	1103.1
02 janv	1306.1	1343.1	1345.1	1803.1	3894.67	2392.415	656.75	81.4	0	136.9	374.44	46.15	608.31	1151.1
03 janv	1157.68	1213.53	1238.53	1658.02	3321.48	2265.246	546.7	67.76	0	113.96	346.04	46.67	562.3	1043.39
04 janv	1423.06	1443	1451	1948.62	3906.25	2627.263	0	80.08	0	134.68	395.51	52.91	659.98	1223.72
05 janv	859.96	869.93	879.93	1186.86	1932.84	1661.769	365.65	45.33	0	76.32	242.05	35.49	415.85	745.11
06 janv	720.12	717.56	729.56	974.19	1882.92	1316.871	330.15	40.92	0	68.82	197.97	26.39	333.94	616.76
07 janv	1153.48	1152.64	1166.64	1574.32	2973.44	2155.599	500.55	62.04	0	104.34	318.21	44.46	539.51	990.12
08 janv	1463.42	1453.23	1469.23	1977.23	3749.29	2682.5445	663.85	82.28	0	138.38	401.32	54.08	679.92	1251.77
09 janv	1567.08	1500.34	1518.34	2031.35	3902.36	2695.275	713.55	88.44	0	148.74	402.57	52.13	696.54	1284.62
10 janv	1595.32	1548.85	1568.85	2100.99	4072.26	2810.3625	730	88	0	148	417.42	55.51	717.21	1322.51
11 janv	1598	1563.32	1585.32	2137.85	4129.1	2902.1629	670.95	83.16	0	139.86	423.45	59.28	727.36	1337.16
12 janv	1761.38	1725.88	1749.88	2342.44	4645.51	3133.0665	805.85	99.88	0	167.98	470.52	61.62	799.23	1482.4
13 janv	1692.13	1640.69	1666.69	2229.59	4247.18	2983.4865	795.2	98.56	0	165.76	450.54	58.11	770.21	1423.15
14 janv	1463.72	1415.19	1443.19	1936.78	3639.9	2633.5395	596.4	73.92	0	124.32	379.86	54.08	660.56	1206.53
15 janv	1348.56	1278.79	1308.79	1738.03	3027.44	2355.8375	610.4	75.68	0	127.28	346.04	45.89	607.65	1104.33
16 janv	1455.66	1407.17	1439.17	1913.06	3846.53	2545.531	656.75	81.4	0	136.9	380.2	49.66	650.57	1208.91
17 janv	1354.44	1384.2	1418.2	1897.32	3483.58	2639.3985	589.3	73.04	0	122.84	380.3	55.77	654.78	1196.84
18 janv	1442.64	1445.75	1501.75	1999.89	3492.52	2786.3325	603.5	74.8	0	125.8	406.38	59.41	691.61	1249.27
19 janv	1608.02	1599.04	1637.04	2186.89	4014.79	2991.168	678.05	84.04	0	141.34	437.02	62.14	748.08	1353.44
20 janv	1685.26	1708.9	1748.9	2329.89	4710.51	3225.3525	717.1	88.88	0	149.48	473.31	67.99	802.29	1458.42
21 janv	1606.92	1646.6	1688.6	2251.08	3888.9	3150.8325	695.8	86.24	0	145.04	464.24	67.21	783.76	1417.88
22 janv	1491.02	1493.75	1517.75	2036.83	3957.65	2771.2125	678.05	84.04	0	141.34	415.64	56.16	698.36	1290.93
23 janv	1467.3	1505.13	1551.13	2097.74	3895.85	2871.1125	624.8	77.44	0	130.24	421.81	61.23	710.3	1290.59
24 janv	1664.89	1611.76	1659.76	2206.07	4061.49	2992.6125	749.05	92.84	0	156.14	444.2	59.93	765.22	1403.44
25 janv	1526	1525.35	1575.35	2075.93	3999.66	2820.4605	692.25	85.8	0	144.1	422.49	57.07	712.3	1313.05
26 janv	1358.02	1452.71	1504.71	1982.45	3463.15	2817.683	564.45	69.96	0	117.66	413	62.27	684.54	1234.93
27 janv	1772.28	1706.8	1760.8	2337.71	4511.38	3149.9955	770.35	95.48	0	160.58	462.77	62.92	800.3	1474.88
28 janv	1677.8	1711.32	1767.32	2333.57	4300.5	3222.4365	752.4	93.28	0	156.88	480.92	67.08	806.25	1475.52
29 janv	1520.38	1542.31	1600.31	2094.82	3935.91	2862.81	710	88	0	148	432.85	58.24	723.98	1331.73
30 janv	1389.34	1424.86	1484.86	1961.49	3414.59	2773.2105	553.8	68.64	0	115.44	399.49	60.71	678.03	1222.38
31 janv	1341.26	1409.99	1471.99	1912.53	3735.99	2633.0545	624.8	77.44	0	130.24	399.91	54.4	653.73	1210.01
01 fev	1502.1	1506.08	1570.08	2050.05	3910.55	2789.9325	685.13	84.92	0	142.82	418.66	56.55	704.38	1298.88
02 fev	1432.4	1463.03	1529.03	1985.9	3741.96	2725.029	631.9	78.32	0	131.72	405.48	56.55	679.66	1246.13
03 fev	1256.88	1334.8	1402.8	1812.61	3182.32	2555.982	518.3	64.34	0	108.04	373.82	56.03	622.75	1123.14
04 fev	1222.96	1327.08	1397.08	1793.3	3269.28	2513.4435	560.9	69.52	0	116.92	380.04	53.95	618.08	1127.96
05 fev	1616.78	1580.58	1632.58	2179.86	4438.29	2933.442	793.13	89.32	0	150.22	433	58.37	741.65	1380.82
06 fev	1551.7	1542.42	1616.42	2117.11	4673.29	2792.7855	884.71	88.88	0	149.48	412.53	53.95	708.39	1334.02
07 fev	1058.62	1036.87	1112.87	1431.84	3188.45	1883.027	614.17	59.84	0	100.64	275.25	36.14	478.8	962.61
08 fev	1410.34	1497.44	1575.44	2047.34	4878.11	2703.969	920.47	80.96	0	136.16	397.53	53.43	688.84	1269.76
09 fev	1188.84	1338.27	1418.27	1828.48	4497.4	2627.5565	607.01	74.8	0	125.8	365.4	48.1	597.8	1144.65
10 fev	1556.48	1608.56	1688.56	2220.32	5041.76	2956.2615	959.52	85.8	0	144.3	428.99	59.41	734.85	1383.06
11 fev	1514.98	1429.76	1513.76	1985.06	4727.32	2956.09	863.17	82.28	0	138.38	387.06	47.45	652.05	1243.72
12 fev	1601.3	1678.42	1764.42	2322.22	5443.55	3094.9695	1042.41	83.16	0	139.86	435.5	62.92	756.15	1420.64
13 fev	1591.72	1592.13	1680.13	2207.02	5035.28	2919.878	963.81	81.84	0	137.64	409.1	58.11	724.74	1357.35
14 fev	19.64	19.9	27.94	66.56	38.96	10.65	1.32	0	2.22	6.15	0.78	9.99	18.78	
15 fev	1584.58	1615.76	1707.76	2221.64	5301.07	2907.981	1000.29	85.8	0	144.3	416.38	56.81	723.03	1368.68
16 fev	1528.1	1703.33	1797.33	2354.8	5505.43	3197.6235	1066.78	78.32	0	131.72	448.33	67.23	764.1	1428.23
17 fev	1703.68	1826.45	1922.45	2518.38	5635.66	3402.238	1099.21	90.2	0	151.7	484.61	70.72	830.28	1547.19
18 fev	1461.64	1550.31	1648.31	2147.41	5068.8	2878.3755	968.47	75.68	0	127.28	404.26	58.15	700.23	1312.65
19 fev	1602.12	1701.18	1801.18	2362.89	5271.26	3206.358	1028.58	79.2	0	133.2	443.9	67.47	775.41	1437.58
20 fev	1416.84	1523.64	1625.64	2106.12	4711.84	2852.307	938.35	77	0	129.5	408.35	59.02	697.05	1301.28
21 fev	1539.14	1599.88	1703.88	2221.27	5189.89	2951.316	1047.68	78.76	0	132.46	408.94	59.8	723.62	1354.42
22 fev	1452.76	1414.62	1520.62	1975.29	4893.16	2566.1205	955.73	81.4	0	136.9	366.99	48.36	652.36	1240.66
23 fev	1482.08	1546.33	1654.33	2166.22	5126.16	2894.0355	1041.56	77.44	0	130.24	402.88	58.76	708.24	1333.23
24 fev	1526.46	1635.34	1745.34	2266.1	5440.31	3028.779	1044.74	80.08	0	134.68	426.89	62.01	734.58	1385.38
25 fev	1417.34	1563.99	1675.99	2151.17	4908.87	2925.1935	920.4	74.8	0	125.8	417.81	61.62	704.19	1315.13
26 fev	1413.02	1477.43	1591.43	2026.37	4781.79	2676.521	910.8	78.2	0	133.2	388.97	52.91	663.49	1254.73
27 fev	1419.36	1703.83	1819.83	2352.93	5735.92	3102.3945	1123.82	89.32	0	150.22	444.33	61.49	764.04	1450.81
28 fev	1895.38	1610.48	1738.48	2230.12	5442.65	2968.2845	1035.68	80.08	0	134.68	421.53	60.32	720.4	1366.4
01 mars	1247.56	1404.16	1524.16	1941.66	4166.48	2691.1305	829.89	64.66	0	108.78	380.85	58.37	643.71	1187.56
02 mars	1513.38	1522.19	1644.19	2091.07	5024.35	2711.7855	967.47	92.4	0	155.4	408.19	50.44	691.29	1327.65
03 mars	1244.78	1343.71	1407.71	1844.38	4328.73	2863.3055	836.24	69.96	0	117.66	357.3	49.79	603.51	1139.41
04 mars	1387.44	1416.06	1542.06	1953.33	4918.76	2490.0885	855.7	81.4	0	140.0	376.96	46.28	626.63	1216.86
05 mars	1672.3	1899.61	1827.61	2325.64	5315.37	3037.2975	1096.01	103.84	0	174.64	458.19	57.07	778.24	1478.51
06 mars	1412.9	1489.26	1619.26	2039.65	4527.95	2738.8395	848.97	80.52	0	135.43	404.13	55.25	678.52	1274.1
07 mars	1742.9	1334.85	1466.85	1832.85	4317.31	2302.4385	773.68	75.68	52.8	127.28	367.23	44.46	601.29	1106.39
08 mars	239.94	239.4	373.4	338.3	774.22	339.633	92.3	11.44	44	19.24	62.7	6.24	106.82	166.74
09 mars	0	0	194	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10 mars	1279.55	1295.28	1433.28	1804.37	4472.35	2107.0935	884.4	78.76	83.4	132.46	342.45	36.92	586.51	1066.05
11 mars	1574.85	1607.81	1747.81	2238.77	5558.11	2613.349	1051.58	93.28	110	156.88	422.36	46.8	722.22	1303.78
12 mars	1266.29	1368.26	1510.26	1940.55	4241.81	2236.5315	803.32	66.44	162.8	111.74	368.25	44.72	632.59	1048.71
13 mars	1709.85	1697.69	1841.69	2378.69	5827.12	2664.6465	1109.97	101.64	154	170.94	444.58	45.76	769.87	1360.48
14 mars	1540.11	1612.97	1758.97	2251.76	5472.7	2673.081	1061.38	88.88	110	149.48	424.81	49.92	727.05	1302.1
15 mars	1451.77	1502.76	1650.76	2052.54	5478.72	2565.648	1038.97	92.84	132					

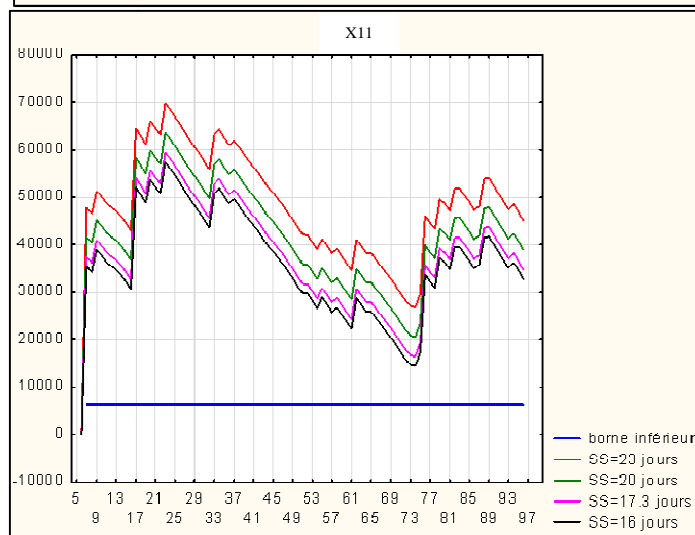
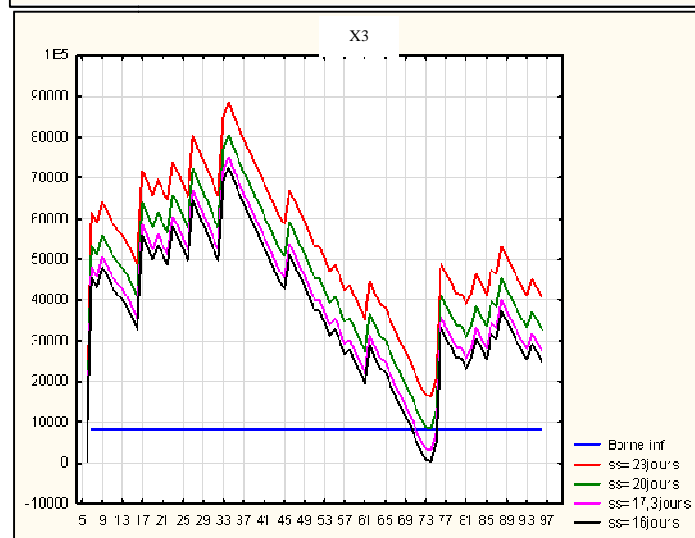
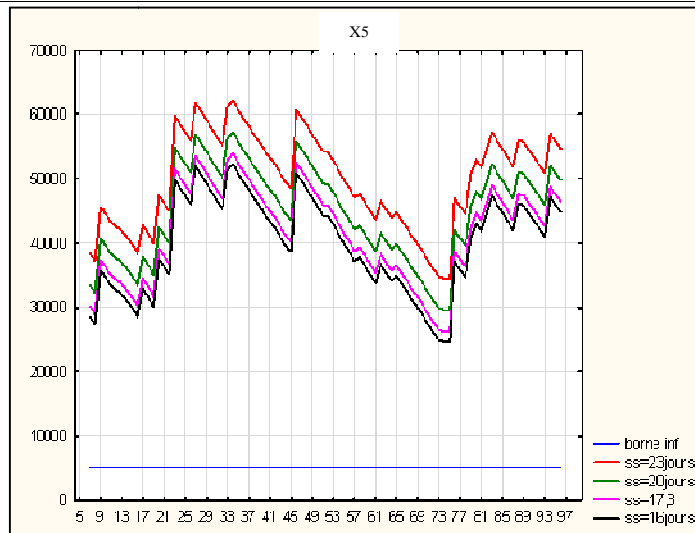
4. Traitement des données :

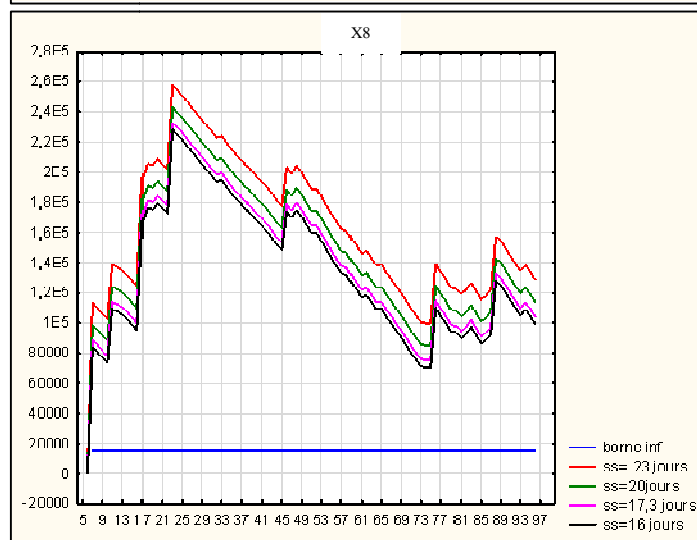
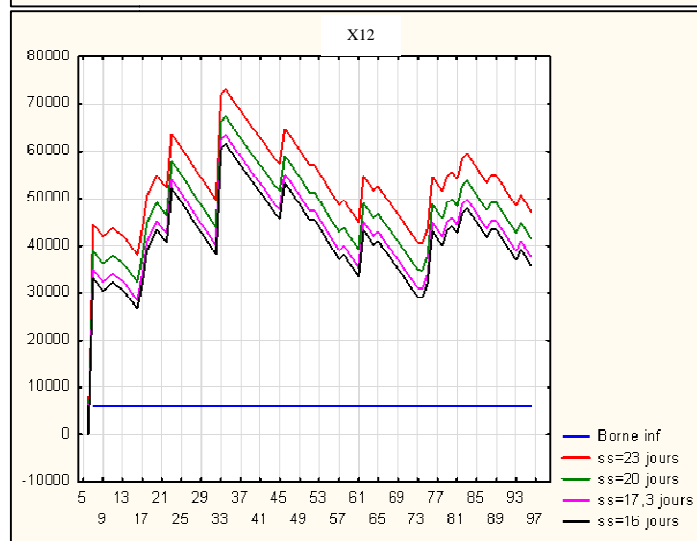
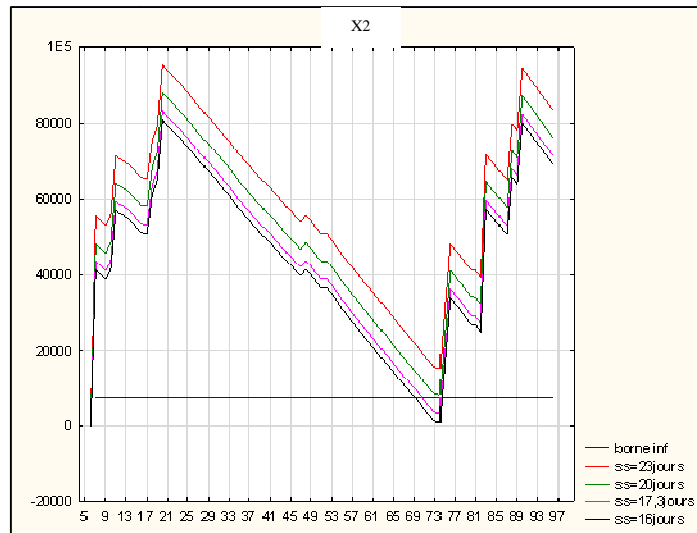
Les données présentées précédemment ont été vérifiées et validées conjointement avec l'équipe projet.

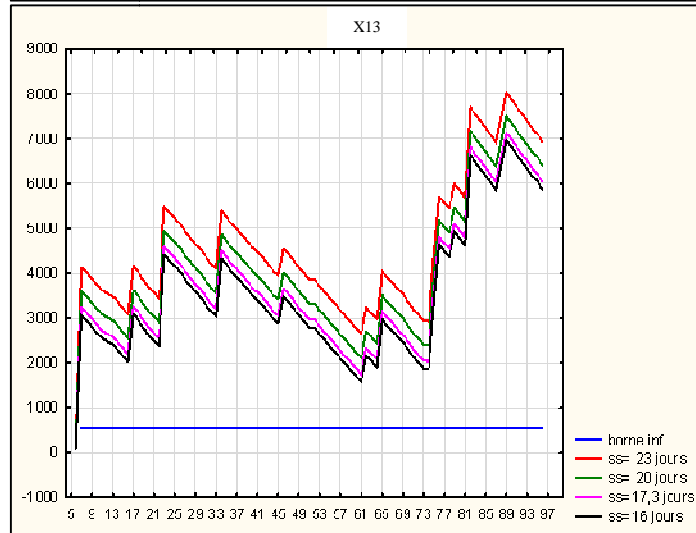
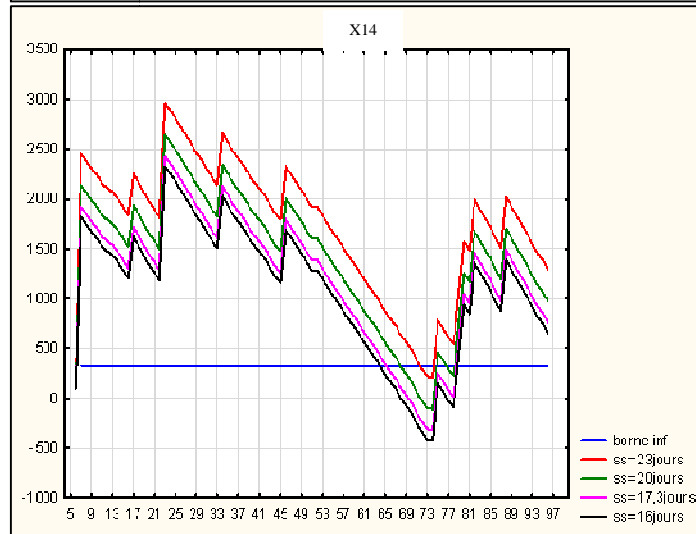
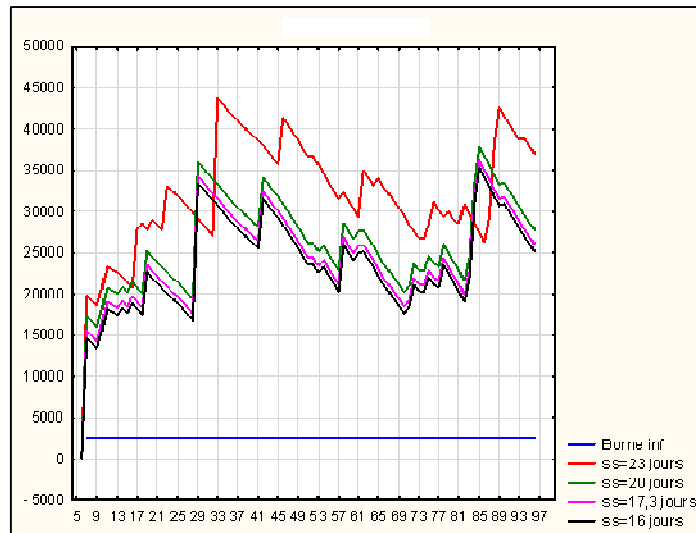
5. Résultats obtenus :

Les résultats obtenus sont les suivants :









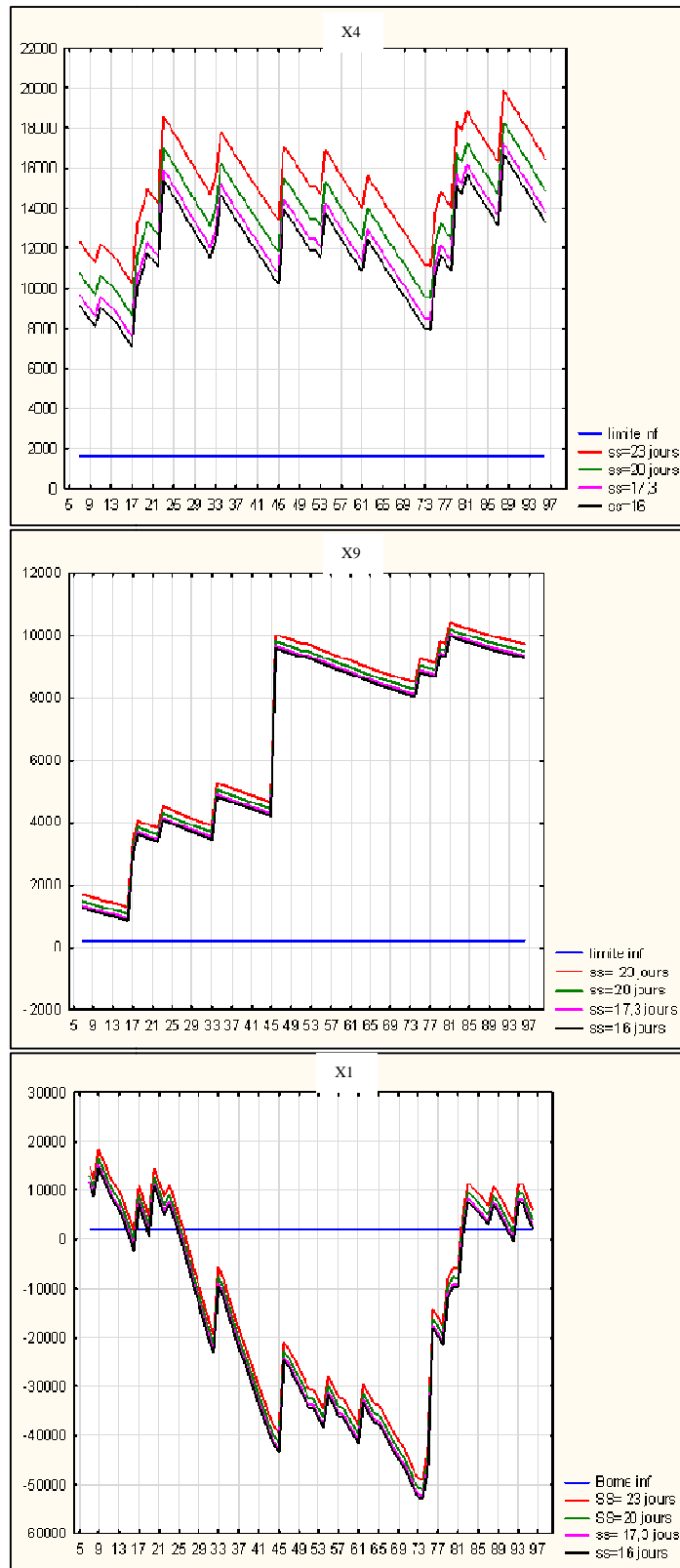


Figure 31 : Résultats de la simulation

X1

6) Validation des résultats :

Les résultats obtenus pour l'ensemble des mélanges ont été validés par l'équipe projet, seule la simulation pour le mélange X n'apporte aucune information pour le choix du taux de service, le niveau de consommation durant la période étant supérieur au PA due à un surstock nous avons décidé de garder le taux de service actuel pour ce mélange dans les 03 scénarios.

Annexe 5 : Test de normalité

Après avoir déterminé la fonction de répartition des délais de livraison « door to door » et de la consommation .Nous avons effectué des tests pour vérifier la normalité de leur distribution. En statistiques, les tests de normalité permettent de vérifier si des données réelles suivent une loi normale ou non. Les tests de normalité sont des cas particuliers des tests d'adéquation (ou tests d'ajustement, tests permettant de comparer des distributions), appliqués à une loi normale. [Site2]

Pour vérifier la normalité de la fonction de répartition des délais « door to door » nous avons effectué 2 types de test.

1. Technique descriptive [Rako, 2008]

Q-Q Plot et Droite de Henry :

Le Q-Q plot, quantile-quantile plot, est une technique graphique qui permet de comparer les distributions de deux ensembles de données.

Les échantillons ne sont pas forcément de même taille. Il se peut également, et c'est ce qui nous intéresse dans le cas présent, qu'un des ensembles de données soient générées à partir d'une loi de probabilité qui sert de référentiel.

Concrètement, il s'agit

1. de trier les données de manière croissante pour former la série $x(i)$;
2. à chaque valeur $x(i)$, nous associons la fonction de répartition empirique

$$Fi = \frac{i-0.375}{n+0.25}$$

3. nous calculons les quantiles successifs $z^*(i)$ d'ordre Fi en utilisant l'inverse de la loi normale centrée et réduite ;
4. enfin, les données initiales n'étant pas centrées et réduites, nous dé-normalisons les données en appliquant la transformation $x^*(i) = z^*(i) \times S + \bar{x}$

Si les données sont compatibles avec la loi normale, les points $(x(i); x^*(i))$ forment une droite, dite droite de Henry, alignés sur la diagonale principale

2. Tests statistiques

Très commodes, les approches empiriques n'ont pas la rigueur des techniques statistiques, nous présentons maintenant les tests de compatibilité à la loi normale. Il s'agira bien de vérifier l'adéquation (la compatibilité) à la loi normale et non pas déterminer la loi de distribution.

A tout test est associé un risque α dit de première espèce, il s'agit de la probabilité de rejeter l'hypothèse de normalité alors qu'elle est vraie. Plus nous diminuons sa valeur, plus notre propension à accepter l'adéquation à une gaussienne est élevée.

2.1 test du Khi2

Le test du χ^2 (permet, partant d'une hypothèse et d'un risque supposé au départ, de rejeter l'hypothèse si la distance entre deux ensembles d'informations est jugée excessive.

Il est particulièrement utilisé comme *test d'adéquation* d'une loi de probabilité à un échantillon d'observations supposées indépendantes et de même loi de probabilité.

Méthode [Site 9]

1. On répartit les valeurs de l'échantillon (de taille n) dans **k classes** distinctes et on calcule les effectifs de ces classes. Il faut vérifier que pour les i de 1 à k , on a $np_i(1-p_i) \geq 5$ (éventuellement répartir les valeurs autrement). Appelons o_i ($i=1, \dots, k$) les effectifs observés et e_i les effectifs théoriques.

$$Q = \sum_{i=1}^k \frac{(o_i - e_i)^2}{e_i}$$

2. On calcule

La statistique Q donne une mesure de l'écart existant entre les effectifs théoriques attendus et ceux observés dans l'échantillon. En effet, plus Q sera grand, plus le désaccord sera important. La coïncidence sera parfaite si $Q=0$.

3. On compare ensuite cette valeur Q avec une valeur $\chi_{k-1, \alpha}^2$ issue d'un tableau à la ligne $k-1$ et à la colonne α . $k-1$ est le nombre de degrés de liberté et α la tolérance.
4. Si $Q > \chi_{k-1, \alpha}^2$, et si n est suffisamment grand, alors l'hypothèse d'avoir effectivement affaire à la répartition théorique voulue est à rejeter avec une probabilité d'erreur d'au plus α .

2.2 Test de Kolmogorov-Smirnov [Site 10]

Ce test non paramétrique consiste à comparer la distribution de fréquences relatives cumulées d'une variable observée avec la distribution théorique que cette variable aurait si elle était distribuée normalement. On superpose les deux distributions, on cherche la classe où l'écart entre la distribution théorique et la distribution observée est le plus grand, et on vérifie (dans une table conçue à cet effet ou en calculant directement la valeur critique D_a , si cet écart est significativement grand, c'est-à-dire si l'hypothèse de normalité H_0 : distribution normale peut être rejetée au seuil considéré.

Les étapes de calcul sont les suivantes:

1. Calculer les fréquences relatives cumulées de la distribution observée
2. Calculer la distribution de fréquences relatives cumulées qu'aurait une variable possédant la même moyenne et le même écart-type que la distribution réelle, mais qui serait, elle, distribuée normalement (ce calcul peut se faire de deux manières: méthode des surfaces,
3. Pour chaque classe, soustraire la fréquence cumulée observée de la fréquence cumulée théorique, et chercher la plus grande valeur absolue de la série obtenue
4. Trouver la valeur critique D_a au seuil choisi (table ou calcul).
5. Comparer la valeur obtenue en 3 (D observé) avec celle obtenue en 4 (D_a). Si le D observé est plus grand ou égal à D_a , on rejette l'hypothèse nulle de normalité au seuil choisi.

Si $n > 50$ il est facile de calculer soi-même les valeurs critiques par les formules suivantes:

- pour $\alpha = 0.05$: $D_{0.05} = 0.895/S$

- pour $\alpha = 0.01$: $D_{0.01} = 1.035/S$

$$S = \sqrt{n} - 0.01 + \frac{0.85}{\sqrt{n}}$$

3. Résultat des tests :

Q-Q Plot et Droite de Henry :

Le test a été effectué à l'aide du logiciel SPSS Nous constatons que les points sont relativement alignés.

Nous n'observons pas un écartement significatif, aucun point ne semble non plus se démarquer des autres. De ce fait la fonction de distribution suit une loi normale.

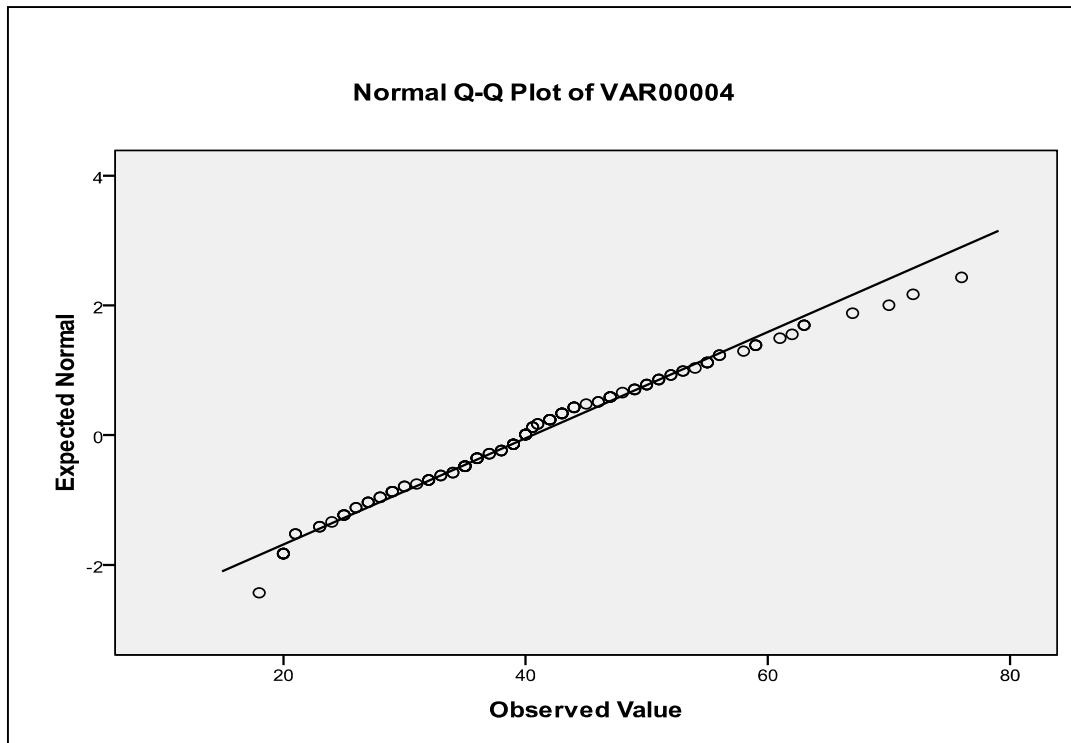


Figure 33: Test de henry (délais de livraison)

Test du Khi2 :

Le test a été effectué à l'aide du logiciel Statistica

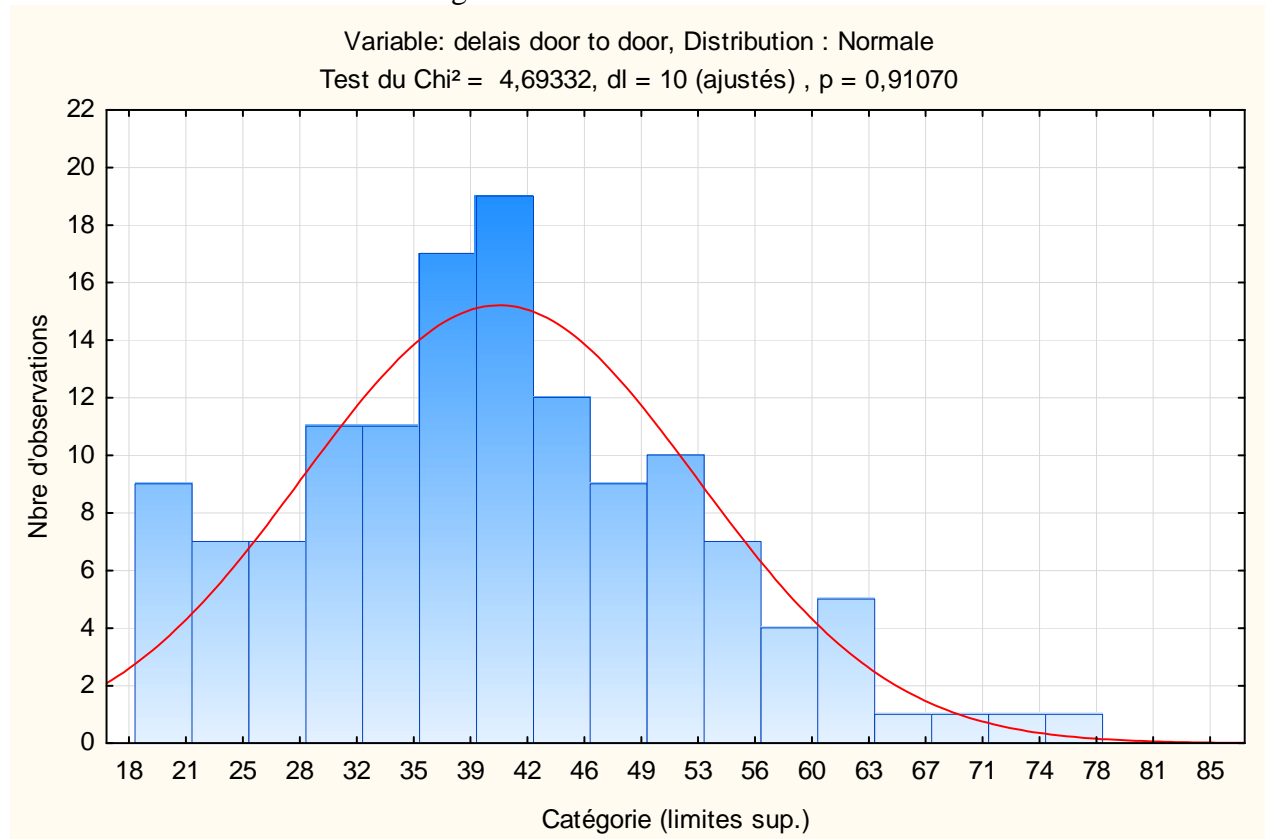


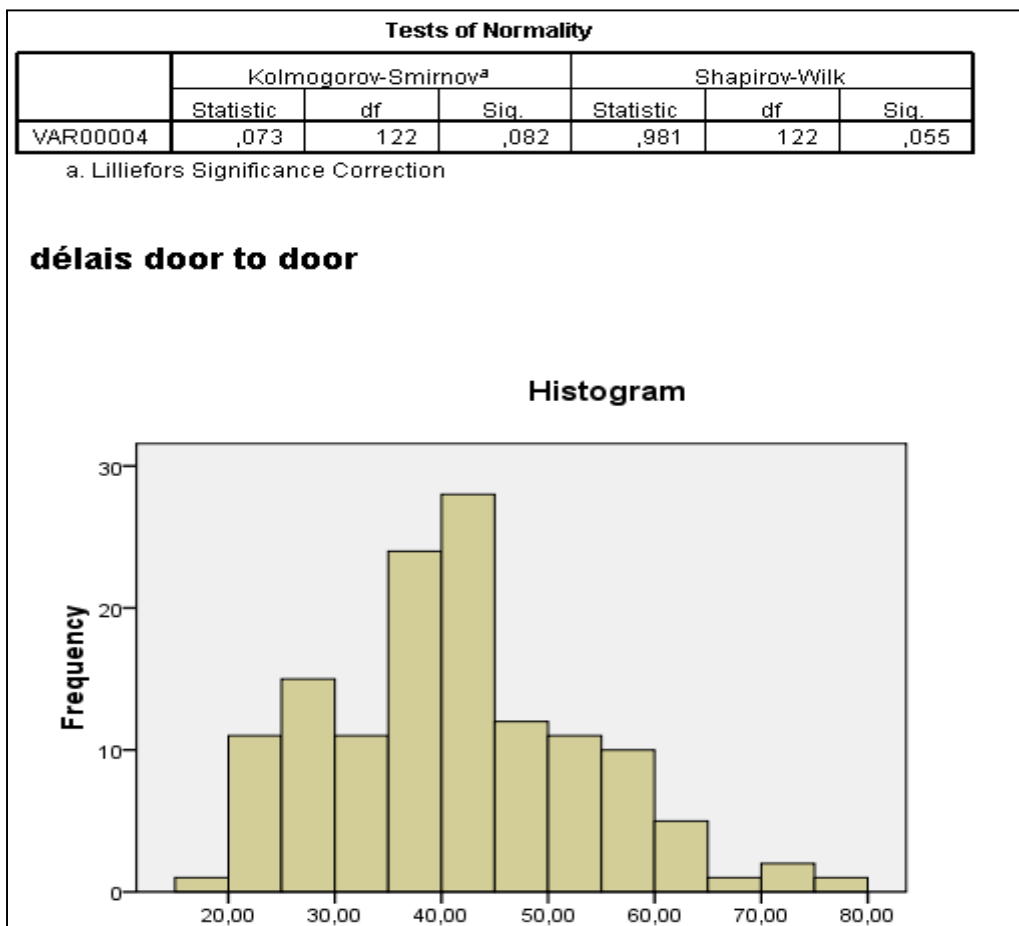
Figure 34: Test de Khi² (délais de livraison »

- Le degré de liberté ajusté = 10
- Khi² =4.69332

Pour $\alpha=5\%$ Khi² calculé=4.69332 < $\chi_{(10,0.05)}$ tabulé=18.31, cela implique que pour un risque $\alpha=5\%$ la fonction de répartition suit une loi normale.

Test de Kolmogorov-Smirnov

Le test a été effectué à l'aide du logiciel SPSS le résultat obtenu est le suivant

**Figure 35:** Test de Kolmogorov Smirnov (délais de livraison)

- n=122
- la statistique de Kolmogorov-Smirnov=0.73

Pour $\alpha=5\%$ la statistique < à la valeur critique =0.080541

Pour un risque accepté de 5% la fonction de répartition suit une loi normale

4. Interprétation des résultats

Les 3 tests que nous avons effectués ont démontré que la fonction de réparation suit une loi normale de moyenne **40.52 jours** et d'écart-type **12.25 jours**.

3.2 La consommation

Q-Q Plot et Droite de Henry :

Le test a été effectué à l'aide du logiciel SPSS Nous constatons que tout les points ne sont pas alignés.

Nous n'observons quelques écartements qui ne nous permettent pas de conclure que la distribution suit une loi normale.

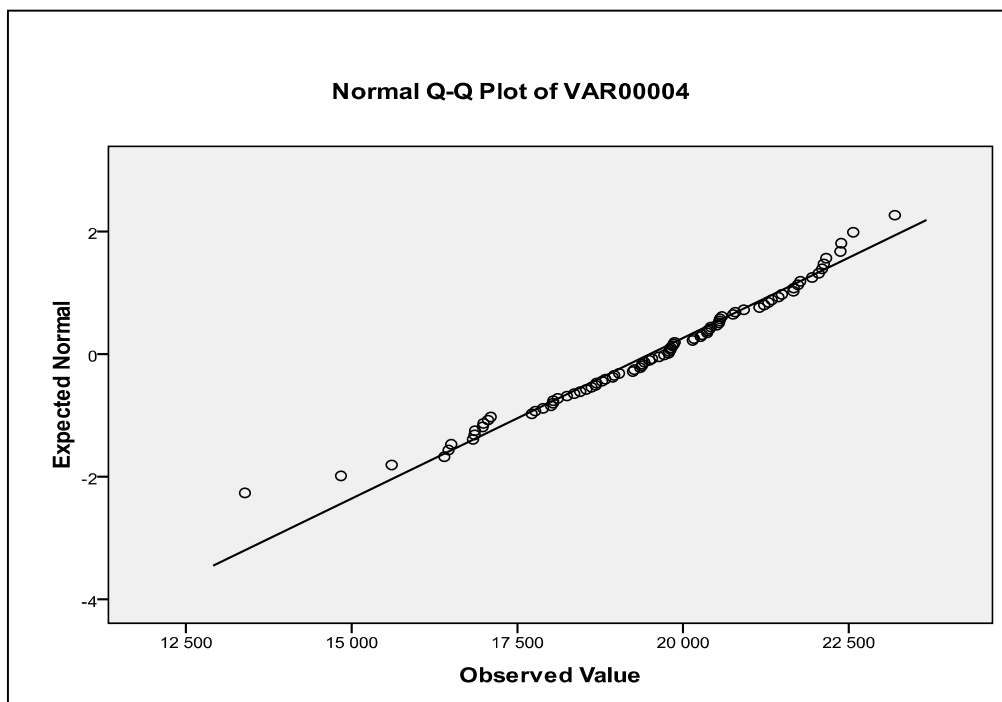


Figure 36: Test de henry (consommation)

Test du Khi2 :

Le test a été effectué à l'aide du logiciel Statistica

- Le degré de liberté ajusté = 4
- $\text{Khi}^2 = 3.87860$

Pour $\alpha=5\%$ Khi^2 calculé=3.87860 < $\chi(4,0.05)$ tabulé=9.49, cela implique que pour un risque $\alpha=5\%$ la fonction de répartition suit une loi normale

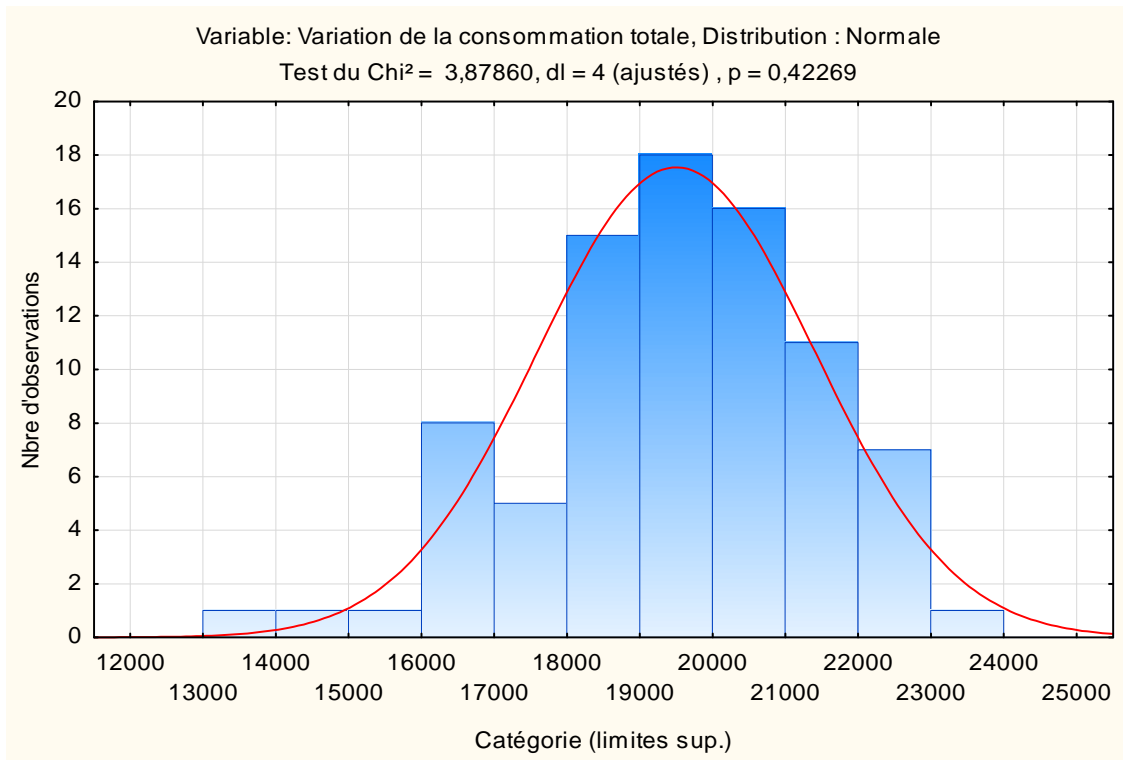


Figure 37: Test de khi² (consommation)

Test de Kolmogorov-Smirnov

Le test a été effectué à l'aide du logiciel SPSS le résultat obtenu est le suivant

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
VAR00004	,065	84	,200*	,976	84	,125

a. Lilliefors Significance Correction

*. This is a lower bound of the true significance.

VAR00004

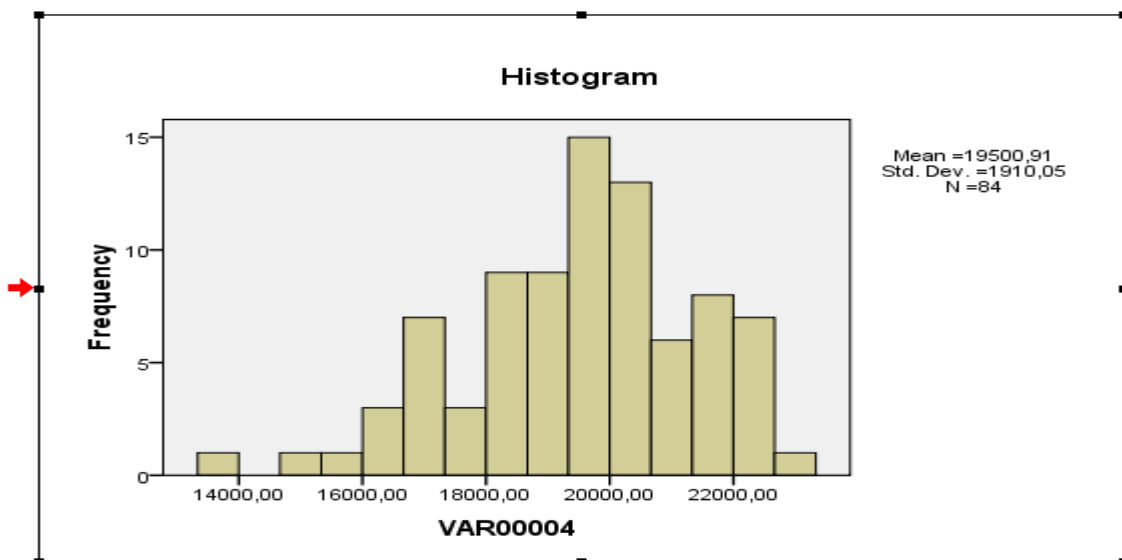


Figure 38: Test de Kolmogorov Smirnov (Consommation)

- $n=84$
- la statistique de Kolmogorov-Smirnov= 0.065

Pour $\alpha=5\%$ la statistique $<$ à la valeur critique $=0.09677$

Pour un risque accepté de 5% la fonction de répartition suit une loi normale

1. Interprétation des résultats

2 tests nous ont permis de valider l'hypothèse de normalité de la fonction de distribution de la consommation pour un risque accepté de 5% .

MICHELIN ALGERIE

Cahier des charges fonctionnel¹⁵

Entrepôt frigorifique

Auteur :

BELAHBIB Doria

GHAFFOR Amine

¹⁵ Bibliographie:[Bernard-Bouissières, 2008]

1. Objectif du document

Le présent document, fruit de notre travail d'analyse fonctionnelle du besoin, contient l'expression du besoin d'un entrepôt frigorifique destiné au stockage de mélanges de gomme. Il est destiné à servir de référence à l'équipe de réalisation pour la conception, le fonctionnement et le maintien en état de l'entrepôt.

2. Contexte et motivation de l'action

L'entreprise Michelin Algérie va se doter d'un entrepôt frigorifique pour supprimer la sous-traitance, ce qui devrait permettre de réduire les coûts de possession de 47% mais aussi d'améliorer la gestion du FIFO et de réduire les problèmes de qualités dus au dépassement de délais de vieillissement.

L'entrepôt devra être implanté dans l'usine et doit permettre le stockage des mélanges de gommes sous une température comprise entre 1° et 5° toute en respectant l'ensemble des normes liées à cet effet.

3. Rôle et utilisation de l'entrepôt frigorifique.

3.1 Besoins essentiels et principe choisis

L'entrepôt frigorifique permettra essentiellement :

- Stocker les palettes de mélanges sous une température comprise entre 1° et 5°C
- Répondre aux besoins futurs de l'entreprise
- D'améliorer la gestion de l'entrepôt par l'application de normes et des règles d'entreposage ainsi que la mise en place d'un WMS.

3.2 Le principe de fonctionnement choisi

L'entrepôt sera conçu dans l'usine et son fonctionnement sera à la charge de l'entreprise pour cela 3 personnes seront nécessaire pour un fonctionnement optimal, dont un responsable de site et deux magasiniers

Ils auront à leur disposition 3 Chariots Elévateurs à Fourche pour les opérations de manutention

3.3 Validation des besoins

Le besoin numéro 1 est motivé par l'impossibilité de stocker les mélanges à température ambiante sous peine de voir les mélanges dépassés leurs délais de vieillissement.

En termes de principes concurrents possible, un approvisionnement en juste à temps est une possibilité à envisager mais est actuellement loin d'être possible à cause des de l'irrégularité des délais de livraison et nécessiterai un stock de sécurité même réduit.

Concernant la prise en charge des besoins futurs la durée de vie d'un entrepôt étant de plus de 10 ans, sa conception devra tenir compte de l'évolution de l'activité.

En termes de principes concurrents possible, il n'a pas été jugé réaliste contenu du cout que cela représente, de concevoir l'entrepôt selon les besoins actuels et d'effectuer des modifications par la suite.

Pour l'amélioration de la gestion de l'entrepôt, la mise en place de règles pour faciliter l'identification des palettes et leurs délais de vieillissement a été jugé nécessaire, de plus la mise en place d'un WMS doit être un objectif à moyen voir à court terme.

En termes de principes concurrents possible, il n'a pas été jugé réaliste contenu des contraintes que cela engendrerait, de concevoir une zone de stockage banalisé qui ne permettrait pas une séparation des mélanges et une identification rapide lors des picking.

4. Caractérisation d'ensemble

Le volume total de l'entrepôt est de 4440 m³(30m x 37m x 4m), il permettra le stockage de 1024 palettes de dimension 1200 x 960 x1100 qui seront stockées sur 3 niveaux et distribuées sur 3 zones selon leur consommation.

L'entrepôt sera dotés de

- un quai pour effectuer les réceptions
- une zone de réception de 35 m² pour identifier les palettes et effectuer les contrôles quantitatifs et qualitatifs.
- une zone de non-conformité de 5 m² où seront stockés les mélanges jugés non conforme après le contrôle qualitatif.
- une zone de livraison de 570m² où seront stockés les mélanges avant leur livraison aux ateliers de fabrication cette zone servira à la mise en température (17°) pour une utilisation optimale.
- une zone de stockage pour les palettes vides de 25 m².

5. Profil de vie de l'entrepôt

5.1 Construction et installation des équipements frigorifique

Cette phase se déroulera sur 7 mois

La structure de la chambre froide doit répondre à deux critères principaux :

- la résistance au feu car c'est une structure de stockage
- l'isolation thermique pour préserver la matière

Pour assurer la première condition, la chambre froide est construite en béton armé (ossature BA, remplissage brique). L'isolation thermique, elle, est assurée par la mise en place d'une couche d'isolation sur les parois intérieures de la structure (murs, plafonds et sol).

La couche d'isolation se compose de :

- Deux couches de polystyrènes croisées
- Crépissage (application d'un mortier de ciment) du polystyrène en deux couches (une couche de giclée et une couche de finition)
- Afin que le crépissage adhère au polystyrène, on accroche du grillage de petites mailles avant le crépissage.

La couche d'isolation se fait par le même principe pour toute la structure. En ce qui concerne la toiture (plafonds) l'étanchéité de la structure doit normalement contenir une couche d'isolation thermique. Si ce n'est pas le cas, la couche de polystyrène doit être doublée.

Pour ce qui est de l'isolation au sol, dans le cas où la dalle existe déjà, le polystyrène est appliquée directement sur la dalle, on ajoutera par contre une chape en béton par-dessus.

- Sur les murs intérieurs de la structure mur, il est parfois préférable d'ajouter de la faïence afin de faciliter le nettoyage
- Autour de la structure (à l'intérieur) sera réalisé un trottoir de hauteur 40cm, largeur 15 cm qui servira à protéger la structure des chocs des CEF.

Une fois la construction terminée, les équipements frigorifiques seront installés, cette phase durera 2 mois et les équipements sont

- 1) Panneaux sandwich 100mm
- 2) 2 Portes isothermes : 4m*3m
- 3) Groupes de condensation
- 4) Evaporateurs
- 5) Kits de régulation
- 6) Fourniture technique

5.2 En service

Durée prévue au moins 20 ans, si les paramètres de calcul de la volumétrie ne changent pas.

Cette phase contient 3 situations répétitives

Situation 1 Réception :

Les réceptions se font sur le quai, le magasinier est chargé d'effectuer la réception, le contrôle quantitatif et l'identification des palettes à l'aide des étiquettes il aura édité. Un contrôle qualitatif sera effectué par le laboratoire qualité pour les palettes ayant dépassé leur délai de vieillissement.

Situation 2 Stockage :

Après leur réception les mélanges seront affectés à des emplacements spécifiques à l'intérieur de la zone de stockage et qui dépendra de leur classification, le magasinier sera chargé durant cette étape de toutes les opérations de manutention et du respect des règles d'entreposage et d'affectation.

Les palettes seront gerbées sur 3 niveaux

Les mélanges qui seront indiqués comme non conforme seront dans l'emplacement prévu à cet effet.

La libération des mélanges sera effectuée à l'aide du WMS qui indiquera les lots qui ont été libérés par le laboratoire qualité et qui peuvent être utilisés

Situation 3 Livraison :

Une fois les mélanges libérés et selon le bon de commandes, ils seront transférés vers la zone de livraison qui représente une zone intermédiaire de mise en température (17°) avant d'être livrés aux ateliers de fabrication

Les palettes y sont entreposées à l'air ambiant gerbées sur 3 niveaux.

6. Interacteurs de l'entrepôt

Durant son profil de vie, l'entrepôt frigorifique est en relations avec les interacteurs suivants

- les 15 mélanges de gomme
- les camions frigorifiques lors de la réception des mélanges
- Les magasiniers qui sont chargés de toutes les opérations de manutention des palettes
- Les chariots élévateurs à fourches
- Le laboratoire qualité pour le contrôle qualité et la libération des mélanges
- la direction logistique lors de la réception des bons de livraison
- les ateliers de fabrication lors de la réception des commandes

- Les équipements frigorifiques pour le maintien de la température entre 1° et 5°C
- l'entreprise de maintenance des équipements
- le WMS lors de la saisie informatisée
- le responsable secteur fabrication lors du tranchage des mélanges
- le planning usine lors de la transmission des inventaires pour effectuer les commandes
- les palettes vides qui doivent être stockées avant d'être livrées au fournisseur.
- l'assurance lors de l'établissement du contrat d'assurance
- la comptabilité lors de la valorisation des stocks.

7. Description fonctionnelle

Les fonctions retenus sont classé »s par catégorie dans le tableau ci-après suivant la valeur croissante de leur indice de priorité IP avec la signification suivante

IP=0 → Primordiale ; IP=1→ très important ; IP=2→ Important et utile ;IP=3→intéressant

Enoncé de chaque fonction de service	Indice de priorité ↓
Fonctions Principales directement rattachées aux besoins d'origine	
FS 1 : maintenir la température entre 1° et 5°c.....	0
FS 2 : Répondre aux besoins futurs de l'entreprise.....	0
FS 3 : Respect des normes de sécurité.....	0
FS 4 : Respect des normes qualités.....	0
Fonctions à moduler suivant leur coût	
FS 5 : améliorer la gestion du FIFO (mise en place d' WMS.....)	1
FS 6 : Différencier les allées pour les piétons et celles pour les engins.....	1
FS 7 : équiper les magasiniers d'équipements spécialisés.....	2
FS 8 : Faciliter les réceptions (construction d'un niveleur de quai.....)	3
FS 9: Faire l'acquisition d'étiqueteuses.....	3
Fonctions d'adaptation	
FS 10: être adapter à l'irrégularité des délais de livraison.....	0
FS 11 : Protéger les stocks contre d'éventuelles pollutions.....	1
FS 12: optimiser l'utilisation des espaces.....	1
FS 13: être entretenu par une entreprise de maintenance.....	2
FS 14 : Présenter un environnement adéquat pour les opérateurs.....	3

Tableau 39: Fonction de service

8. critères d'appréciation généraux

Répondre aux besoins

L'entrepôt devra répondre aux besoins de l'entreprise en matière de volumétrie de stockage, de normes de sécurité et d'entreposage.

Le cout de l'investissement

Il est demandé que la construction de l'entrepôt ne dépasse pas le budget alloué à cette effet soit 18 de cout de sous-traitance actuel

Le cout de l'exploitation

Il est demandé que l'investissement soit récupérer pendant la durée de vie du projet, plus le délai de récupération est rapide plus le projet est rentable.

9. Impositions générales

Règlements et normes

- Respect du plan et des règlements d'urbanisme de la ville
- Respect des normes de sécurité de l'industrie et des normes d'entreposage
- Respect des normes qualités

10. Cadre de réponse

La présentation fonctionnelle utilisée dans le présent CdCF sera reprise par le concepteur pour présenter sa proposition.

Pour l'ensemble du produit le concepteur présentera

Le niveau de faisabilité et de risque technologique ou industriel

Les prévisions de fiabilité d'ensemble

Les coûts de réalisation, d'installation, de maintenance

Les délais de réalisation, d'installation

Les mesures prise pour respecter les impositions et leurs conséquences économiques.

BIBLIOGRAPHIE

[BAG & al, 2005] Baglin, G., Bruel, O., Garreau, A., Greif, M., Kerbache, L., & Van Delft, C. (2005). *Management Industriel et Logistique* (4e édition). Economica, Paris.

[Bernard-Bouissières, 2008] Bernard-Bouissières, J., (2008). *Expression du besoin et cahier des charges fonctionnelles* (2^{ème} édition). Afnor édition, Paris.

[Courtois & al, 2003] Courtois, A., Pillet, M., Martin-Bonnefous, C. (2003). *Gestion de production* (4^e édition). Editions d'organisation, Paris.

[Crouhy, Greif, 1991] Crouhy, M., Greif, M., (1991). *Gérer simplement les flux de production du plan directeur au suivi des ateliers : la stratégie du juste-à-temps* (1^{ère} édition). Éditions du Moniteur, Paris.

[Fournier & Ménard, 1999] Fournier, P., & Ménard, J. (1999). *Gestion des approvisionnements et des stocks* (1^{ère} édition). Morin G, Québec.

[Hamidi, 2000] Hamidi, K., (2000). *Analyse des projets et leur financement fonctionnel* (1^e édition). Es-Salem. Alger.

[Mocellin, 2006] Mocellin, F. (2006). *Gestion des entrepôts et plates-formes* (2e édition). Dunod, Paris.

[Roux, 2008] Roux, M. (2008). *Entrepôts et magasins* (4e édition). Eyrolles, Editions d'Organisation, Paris.

[Roux & Liu, 2008] Roux, M., & Liu, T. (2008). *Optimisez votre plate-forme logistique* (3^e édition). Eyrolles, Editions d'Organisation, Paris.

[Zermati & Mocellin, 2005] Zermati, P., & Mocellin, F. (2005). *Pratique de la Gestion des Stocks* (7^e édition). Dunod, Paris.

DOCUMENTATION MICHELIN

[Docu 1] *Aide au choix de la démarche projet* Réf : DP 112

[Docu 2] *L'étude d'opportunité* Réf : DP 110

[Docu 3] *Etude de faisabilité* Réf : DP 109

SITOGRAPHIE

[Site 1] www.michelin.fr

[Site 2] www.wikipedia.org

[Site 3] www.rivesmonde.com

[Site 4] www.nokiantires.com

[Site 5] www.forum-auto.com

[Site 6] www.cat-logistique.com

[Site 7] www.adem-martinique.net

[Site 8] www.legifrance.gouv.fr

[Site 9] <http://www.apprendre-en-ligne.net/random/khideux.html>

[Site 10] http://biol09.biol.umontreal.ca/BIO2042/Test_normal.pdf

REVUES

[Beaulieu 2009] Beaulieu, M., (2009) *Gestion des opérations et de la logistique*, Programme maîtrise HEC Montréal.

[Cloutier, 2005] Cloutier, M., (2005) *Gestion des stocks et de la distribution*.

[Rako, 2008] Rakotomalala, R , (2008) *Tests de normalité Techniques empiriques et tests statistiques* Université lumière Lyon 2

MÉMOIRES

[Amarouche & Benachour 2009] Amarouche, M., Benachour, M., *Optimisation des processus magasin et intégration à la Supply Chain* (2009), Projet de fin d'étude, Génie industriel, Ecole Nationale Polytechnique, Alger.

[Cherfa & Djenaoui 2002] Cherfa, S., Djenaoui, R., *Gestion des approvisionnements et Optimisation des espaces de stockage de matières premières* (2002), Projet de fin d'étude, Génie industriel, Ecole Nationale Polytechnique, Alger.

[Benkemouche & Doumandji 2006] Benkemouche, N., Doumandji, L., *Contribution à l'amélioration des moyens et de l'organisation de la fonction maintenance* (2006), Projet de fin d'étude, Génie industriel, Ecole Nationale Polytechnique, Alger

AUTRES OUVRAGES CONSULTÉS

Le scénario d'un projet (documentation interne Réf : DP 104)

Instruction pour la gestion du flux des mélanges import (documentation interne Réf :

INS01393 UAL)

Gestion du stock avancé de gomme naturelle (documentation interne Réf : INS01095 UAL)

Plan de vérification Gestion des mélanges au magasin (documentation interne Réf :

PV .01292 UAL)

Mode opératoire gestion du FIFO des matières premières avec étiquette ZERO

(documentation interne Réf : MOP01178 UAL)

Démarche de résolution des problèmes (documentation interne Réf : OP400)