

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Aboubakr Belkaïd – Tlemcen –

Faculté de TECHNOLOGIE

Mémoire



En vue de l'obtention du diplôme de : Master en génie industriel



Sujet :

Amélioration de la planification de la production de la chaîne logistique par l'application de la méthode DDMRP

Présenté par :

- BRAHIMI Billal
- SAADI Mohamed Amine

Soutenu publiquement, le **27/06/2019**, devant le jury composé de :

Mme KOULOGHLI Sihem	MCA Univ. Tlemcen	Présidente
Mme DIB Zahira	MCB Univ. Tlemcen	Directrice de mémoire
Mme MEGHILI Nihed	MCB Univ. Tlemcen	Co- Directrice de mémoire
Mme SARI Lamia	MAA Univ. Tlemcen	Examinatrice 1
Mr BENNEKROUF Mohamed	MCB Univ. Tlemcen	Examineur 2

DÉDICACE

Je dédie ce modeste travail à :
à mes parents. Aucun hommage ne pourrait être à la
hauteur de
l' amour Dont ils ne cessent de me combler. Que dieu
leur procure
bonne santé et longue vie.
et bien sûr à ma sœur, sans oublier toute ma
famille, et mes amis,
à mon binôme MOUHAMED AMINE et toute la famille
SAADI.
Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin
pour que ce
projet soit possible, je vous dis merci.

Billal

DÉDICACE

Je dédie ce travail à :

Ma famille avec tous mes sentiments de respect,
d'amour, de gratitude et de reconnaissance.

Pour tous les sacrifices déployés pour m' élever
dignement et assurer mon éducation dans les
meilleures conditions, à mes sœurs sans exception,
et à mon frère, à mes chers parents pour leurs
efforts afin de m'assurer une formation solide. À
tous mes amis et à tous les responsables de la
filière. A mon binôme BILLAL et toute la famille
BRAHIMI.

Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin
pour que ce
projet soit possible, je vous dis merci

Amine

REMERCIEMENTS

Nous tenons à exprimer toute notre reconnaissance à notre directrice de mémoire Mme DIB Zahira. Merci de nous avoir encadrés, orientés, aidés et conseillés.

Nous adressons nos sincères remerciements à tous les professeurs, intervenants et toutes les personnes qui par leurs paroles, leurs écrits, leurs conseils et leurs critiques ont guidé nos réflexions et ont accepté à nous rencontrer et répondre à nos questions durant la réalisation de notre projet de fin d'études. Parmi eux le personnel de l'entreprise L'EXQUISE qui en acceptant de faire une collaboration pour la réalisation de ce projet.

On tient à remercier et passer des salutations à notre Co-directrice Mme MEGHELLI Nihad pour son encouragement et son aide dans la phase de simulation et ses conseils.

À tous ces intervenants, on présente nos remerciements, notre respect

Nous ajoutons que la réalisation de ce mémoire a été possible grâce au concours de plusieurs personnes à qui nous voudrions témoigner toute notre reconnaissance et aussi pour la bonne compressive qui entourer le groupe et surtout l'esprit de travail d'équipe.

Nous voudrions également remercier les membres du jury pour avoir accepté d'évaluer ce travail et pour tous leurs remarques et critiques.

Nous tenons aussi à remercier monsieur le chef du département et au chef de filière, à l'Université de Tlemcen ainsi que tout le personnel et les enseignants du département pour leur soutien inestimable. Aussi tous les professeurs et les enseignaient de notre spécialité génie industriel nous passerons un remerciement spécial pour tous ce qui on donner pour nous durant notre parcours d'étude à l'Université Abou Beker Belkaid de Tlemcen.

RÉSUMÉ

Dans le monde de l'industrie, la planification est un point important dans la gestion d'une chaîne logistique, car elle consiste à identifier plusieurs facteurs clés en fonction des délais et des priorités, les dates de début des opérations d'un ordre. Alors plusieurs approches en étaient conçues pour bien répondre aux demandes des clients, mais l'évolution que le monde a connue dans ce domaine et la concurrence qui apparaît dans le marché à provoquer une difficulté dans la planification ; dans ce terme elle intervient le DDMRP Demand Driven Material Requirement Planning une nouvelle méthode de planification et de contrôle de la production, est une méthode récente qui vient d'apparaître en 2011. De plus c'est une méthode qui a devenu dans quelque temps un sujet très important et cela grâce au témoignage des entreprises qui ont utilisé le DDMRP, car elle a prouvé qu'elle peut mieux gérer la planification et les ordres de production d'une manière intelligente et plus performante.

Donc le principal but de notre cas d'étude est de faire une étude avec la méthode DDMRP où nous allons comparer le fonctionnement du système de production chez L'EXQUISE en faisant une simulation avec DDMRP et sans DDMRP, puis à travers nos résultats des expériences réalisées, montre que DDMRP est très efficace.

Comme première partie de ce mémoire nous avons donné quelques notions sur la planification et la chaîne logistique, puis en deuxième lieu nous avons parlé sur la méthode DDMRP où nous avons défini toutes les étapes de la méthode et ensuite un état de l'art de quelques travaux de recherche sur la méthode, puis notre apport scientifique où nous avons l'application de la méthode et l'interprétation des résultats que nous avons trouvés à travers des indicateurs de performance qu'on a exécutés dans des scénarios différents qui représentent des environnements (parfaits, semi-parfaits, variable).

Les résultats des expériences montrent que le modèle avec DDMRP est plus performant que sans le DDMRP dans les différents scénarios. En effet, les pourcentages des commandes satisfaites directement à partir des stocks de DDMRP étaient toujours supérieurs à ceux de sans DDMRP. Au niveau des temps d'écoulement « leads time », en comparant les deux modèles, nous avons remarqué que le DDMRP était capable de réduire les leads time moyens dans chaque plan d'expérience réalisé et pour tous les types de produits.

Mots clés : chaîne logistique, planification, MRP, DDMRP, gestion des variabilités du marché.

ABSTRACT

In the world of the industry, planning is an important point in the supply chain manufacturing, because it consists in identifying several key factors according to the deadlines and the priorities, the dates of beginning of the operations of an order. So several approaches in the summer have been designed to spread well to customer demands, but the evolution that the world has experienced in itself and the competition that appears in the marketplace is causing a difficulty in planning; in this term it intervenes the DDMRP Demand Driven Material Requirement Planning a new method of planning and control of production, is a recent method just appeared in 2011.

In addition, this is a method that has become a very important subject in the past, thanks to the testimonials of the companies that have used the DDMRP, because it has proved that they can better manage the planning and production orders and control them. an intelligent and more efficient handling.

So, the main goal of our case study is to do a study with the DDMRP method or we will compare the functioning of the production line of Exquise factory we will make a simulation with DDMRP and without DDMRP, then through our results of experiments realize shows that DDMRP is very effective

As a first part of this thesis we gave some notions about planning and supply chain, then secondly we talked about the DDMRP method or we defined all the steps and a state of the art where we saw some works research on the method, then our scientific contribution where we have the application of the method and the interpretation of the results.

The results of the experiments show that the model with DDMRP is more efficient than without the DDMRP in the different scenarios. Indeed, the percentages of orders fulfilled directly from DDMRP stocks were still higher than those of without DDMRP. In terms of lead times, comparing the two models, we noticed that the DDMRP was able to reduce the average lead times in each experiment plan and for all types of products.

Key words: Supply Chain, Planning, MRP, DDMRP, variability management market.

ملخص

في عالم الصناعة، يعتبر التخطيط نقطة مهمة في تسيير السلسلة الإنتاجية واللوجستية، حيث يتم الاعتماد على عدة عوامل أساسية تتمثل في مواعيد الطلب، أولويات الطلب، تاريخ بدء ونهاية عملية الإنتاج، لذلك تم تصميم العديد من أساليب التسيير والتخطيط لتلبية طلبات الزبائن والسوق. لكن التغيرات والاضطرابات التي تحدث في مجال الصناعة وسوق الطلبات جعل التخطيط والتسيير يصبح أصعب.

هذه الطريقة تعتمد على تسيير الإنتاج وتلبية طلبات السوق في ظل DDMRP من هنا ظهرت طريقة جديدة وفعالة اسمها الاضطرابات والتغيرات التي تحدث

هذه الطريقة الجديدة ظهرت عام 2011 واصبحت في وقت قصير جد مهمة وتعمل بها عدة شركات لأنها تعتمدت على آلية ذكية في تسيير الإنتاج وأساليب تخطيط جد فعالة ولها نتائج جد ايجابية في تلبية متطلبات السوق والصناعة

على هذا الأساس انطلقنا في مشروعنا هذا الذي يهدف الى دراسة فعالية هذه الطريقة الجديدة عبر تطبيقها في شركة للمشروبات الغازية، حيث نقوم بمحاكات نظام انتاج هذه الشركة ونقارن النتائج بين النظام القديم والنظام الجديد L'Exquise و عبر هذه النتائج سنرى فعالية هذه الطريقة عبر عدة تجارب التي تتمثل في تغييرات سوق DDMRP الذي يستعمل طريقة الطلبات

في أول جزء من المذكرة سنقوم بمناقشة أساسيات حول أساليب تخطيط الإنتاج الصناعي وسلسلة الإنتاجية واللوجستية، ثم في جميع مراحل عملها والأعمال المنجزة من قبل باستعمال هذه الطريقة، ثم DDMRP الجزء الثاني سنناقش الطريقة الجديدة EXQUISE وفي الأخير سنقوم بتحليل النتائج التي تحصلنا عليها ونقوم سنناقش عملنا في استعمال هذه الطريقة في شركة بمقرنتها مع نتائج النظام القديم لكي نتأكد من استبيان فعالية هذه الطريقة الجديدة

كانت جد فعالة وعملية في مختلف التجارب DDMRP نستخلص من عملنا السابق ومن النتائج المتحصل عليها ان طريقة وتغيرات والاضطرابات السوق والطلب، حيث قامت هذه الطريقة بزيادة نسبة تلبية الطلبات المباشرة وقامت بتقليل وقت والمحافظة على المخزون المتوسط للمواد النهائية(Lead Time)الإنتاج

SOMMAIRE

DÉDICACE	I
DÉDICACE	II
REMERCIEMENTS	III
RÉSUMÉ	IV
ABSTRACT.....	V
ملخص.....	VI
SOMMAIRE	VII
LISTE DES TABLEAUX	XI
LISTE DES FIGURES	XII
LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS	XIV
INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	1
CHAPITRE 1 LA LÉTERATURE DANS LA GESTION DE LA PRODUCTION ET LA PLANIFICATION.....	5
Introduction	5
1.1 L’historique de la chaine logistique	5
1.2 La logistique	5
1.3 La chaine logistique	6
1.3.1 Les flux de la chaine logistique	7
1.4 La supply chain management	8
1.5 Fonction de la chaine logistique	9
1.6 La planification	9
1.7 L’approche MRP.....	9

1.8	Le MRP1 et MRP 2.....	10
1.9	L'évolution du marché et la planification	11
1.10	Conclusion.....	13
CHAPITRE 2 LA LETIRATURE DANS LA MÉTHODES DDMRP		15
2.1	Introduction	15
2.2	Introduction au DDMRP	15
2.2.1	Flux tiré	16
2.3	Définition du DDMRP	16
2.4	Les étapes d'application de la méthode DDMRP	16
2.4.1	Le positionnement stratégique des buffers	17
2.4.2	Dimensionnement des buffers	18
2.4.3	Ajustement dynamique	20
2.4.4	Planification pilotée par la demande	22
2.4.5	Exécution DDMRP	25
2.5	Force du DDMRP	26
2.6	La pyramide de DDMRP.....	27
2.7	Synthèse bibliographique	28
2.8	Avantage DDMRP	31
2.9	Conclusion.....	32
CHAPITRE 3 MÉTHODE DE RECHERCHE		34
3.1	Introduction	34
3.2	Question de recherche	34
3.3	Méthodologie	35
3.3.1	Décrire le modèle conceptuel	35

3.3.2	Construction du modèle sans et avec DDMRP, avec le logiciel ARENA	35
3.3.3	Vérification la simulation	36
3.3.4	Développement des différentes expériences selon la variabilité de l'environnement	36
3.3.5	Interprétation des résultats	37
3.4	Conclusion	38
CHAPITRE 4 APPORT SCIENTIFIQUE		40
4.1	INTRODUCTION	40
4.2	Présentation de l'entreprise	40
4.2.1	Description et processus des produits fabriqués	40
4.2.2	Schéma du processus de production.....	42
4.3	Modélisation du système	43
4.3.1	Formulation des entrées et des hypothèses	44
4.4	Construction du modèle sans DDMRP :	45
4.4.1	Modalisation la ligne de production.....	45
4.5	Modélisation des inputs.....	47
4.5.1	Changement de moule	47
4.5.2	Changement de goûts	48
4.5.3	Les demandes des clients.....	49
4.5.4	Construction du modèle DDMRP	49
4.6	Positionnement stratégique des buffers	50
4.6.1	Détermination des profils des buffers	51
4.6.2	Calcul des profils des buffers	51
4.7	Modèle Arena DDMRP :.....	55
4.7.1	La ligne de production.....	56

4.7.2	Les buffers de 2 Litre et 1 Litre	59
4.7.3	Les priorités des ordres de fabrication	63
4.7.4	Les indicateurs de performance :	64
4.8	L'ajustement dynamique :	65
4.9	Planification pilotée par la demande :	65
4.10	Exécution collaborative et visible	66
4.11	Vérification de la simulation	68
4.12	. Expérience, résultats et interprétation	68
4.12.1	Plan d'expérience :	68
4.13	Expérimentation et interprétation :	69
4.13.1	1ère expérience : résultats et interprétation :	69
4.13.2	2ème expérience : résultats et interprétation.....	74
4.13.3	3ème expérience : résultats et interprétation.....	78
4.14	Interprétation.....	82
4.15	Conclusion.....	83
CONCLUSION GÉNÉRALE		84
BIBLIOGRAPHIE		86

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2-1: calcul de la zone rouge	19
Tableau 4-1 représentation des plans d'expériences	69
Tableau 4-2 première expérience, indicateur de satisfaction client	69
Tableau 4-3 première expérience, indicateurs stock	70
Tableau 4-4 première expérience, indicateurs délais	71
Tableau 4-5 deuxième expérience, indicateur de satisfaction client	74
Tableau 4-6 deuxième expérience, indicateur de stock.....	75
Tableau 4-7 deuxième expérience, indicateur de délais	75
Tableau 4-8 troisième expérience, indicateur de satisfaction client.....	78
Tableau 4-9 troisième expérience, indicateur de stock.....	79
Tableau 4-10 troisième expérience, indicateur de délais.....	79

LISTE DES FIGURES

Figure 1.3-1 les flux de la chaine logistique (Indicateurs de Performance dans les Fonctions du)	8
Figure 2.4-1 les étapes de DDMRP (Smith C. P., 2016)	16
Figure 2.4-2 : passage de la forme bimodal a l'optimal	17
Figure 2.4-3 les zones du buffer	20
Figure 2.4-4 ajustement recalculé sur 12 mois	21
Figure 2.4-5 exemple d'ajustement planifier	21
Figure -2.4-6 les catégories des articles en DDMRP.	22
Figure 2.4-7 équation de flux	23
Figure 2.4-8 détermination des éléments de l'équation de flux	24
Figure 2.6-1 représentation de la pyramide du DDMRP	27
Figure 2.7-1 utilisation du DDMRP par Cryolor (AGILEA, Au-delà de Lean et MRP Demande Driven MRP, 2013)	28
Figure 2.7-2 comparaison des résultats entre DDMRP et EOQ (Wajd, juin 2018)	29
Figure 2.7-3 emplacement des buffers dans la chaine de production	30
Figure 4-1 Schémas de processus de fabrication	42
Figure 4-2 schémas de production de la limonade L'exquise	43
Figure 4-3 Modèle de simulation de la ligne de production l'exquise.	45
Figure 4-4 la boucle de changement de moule.	47
Figure 4-5 La boucle de changement de goûts	48
Figure 4-6 La boucle des demandes clients de produits fini	49
Figure 4-7 Positionnement des buffers dans le système de production	50
Figure 4-8 modélisation Arena avec la méthode DDMRP	55
Figure 4-9 Présentation de la ligne de production sur Arena	56

Figure 4-10 Boucle de vérification des OF.....	56
Figure 4-11 Vérification de gout et de volume	57
Figure 4-12 Boucle de stockage.....	58
Figure 4-13 Boucle de calcul des buffers.....	59
Figure 4-14 Boucle de calcul de pic de demande, l’horizon de pic, la demande est la demande qualifie.	60
Figure 4-15 Calcul de l’équation de flux.	61
Figure 4-16 calcul de la taille de lot d’ordre de fabrication et les encours	62
Figure 4-17 Les priorités des ordres.....	63
Figure 4-18 boucle de calcul des priorités de OF.....	64
Figure 4-19 Les indicateurs de performance	64
<p> Finalement, pour fabriquer un lot, la dernière étape consiste à vérifier si la ligne de production est libre. En effet, si la ligne est libre l’ordre de fabrication est lancé directement (sans aucun délai d’attente) vers la ligne. Sinon, le lot est maintenu dans un bloc « Hold ». Tout ce processus est présenté précédemment dans la partie de Modal Arena DDMRP (Figure 4-20)..... </p>	66
Figure 4-21 Résultat de 1 ^{ère} expérience Sans DDMRP	72
Figure 4-22 Résultat 1 ^{ère} expérience avec DDMRP	73
Figure 4-23 Résultats 2 ^{ème} expérience sans DDMRP.....	76
Figure 4-24 Résultats 2 ^{ème} expérience avec DDMRP	77
Figure 4-25 Résultats 3 ^{ème} expérience Sans DDMRP	80
Figure 4-26 Résultats 3 ^{ème} expérience avec DDMRP	81

LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS

MRP	Material Requirement Planning
MRPII	Manufacturing Resource Planning
ERP	Enterprise Resource Planning
DDMRP	Demand Driven Material Requirement Planning
SED	Simulation à Évènement Discret
TOR	top de la zone rouge
TOJ	top de la zone jaune
TOV	top de la zone verte
LT	lead time
OF	order de fabrication
FLT	facteur lead time
FV	facteur de variabilité
PDP	plan directeur de production
PRP	planification des ressources de production
CMJ	consommation moyenne journalière
ADU	avrage daily usage

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Nous sommes dans un monde où tout bouge. Une concurrence féroce et mondialisée pousse le monde industriel vers plus de créativité, plus de réactivité... Les entreprises cherchent de nouveaux modes de gestion, notamment le Lean management.

Dans notre travail nous nous sommes penchés uniquement sur les aspects économiques. Le principal problème traité est l'équilibrage charge/capacité en intégrant une nouvelle méthode appelée DDMRP et son impact sur toute la chaîne logistique. Ce qui est nécessaire pour diminuer le prix de revient, et aussi le prix du stock.

En clair le but de notre travail et de trouver une solution au logisticien pour mieux gérer leurs entreprises quelle que soit la complication du problème, la concurrence des marchés, l'exigence des clients, la solution à ces problèmes est la méthode DDMRP

Pour expliquer cette méthode nous avons pris cette citation des deux auteurs du DDMRP Patk et Smith qui disent que *«Travailler à la prévision a été comparé à la conduite d'une voiture en regardant le rétroviseur. Cependant, aujourd'hui, la route est une route de montagne tordue dans un brouillard dense et les pénalités pour l'erreur sont importantes »* (Smith P. e., 2011)

L'environnement actuel a vraiment été changer il est plus celui des années passées, la diversité de la production a amené une sorte de concurrence, puisque d'un autre côté la demande du client est devenu instable à contrôler et à prévenir, cela à influencer sur les chaînes logistiques et les chaînes de productions qui sont devenus à leur tour très complexe à gérer.

Comme le MRP *«Material Requirement Planning»*, n'est plus performante et adéquate au changement qui a été lieu dans l'environnement actuel, cette méthode qui a été apparue dans les années 50, c'est une méthode qui s'agit de faire des techniques de production à flux poussé basée sur les prévisions et l'historique des ventes.

Dans les années 80 cette méthode de MRP a été développer et améliorer, pour qu'elle devienne MRPII appelée *«Manufacturing Resource Planning»*. De ce contexte vient les ERP *«Entreprise Ressource Planning»*, ou le MRPII a été intégrer dans des ERP grâce au développement de l'informatique. Ces ERP assurent la planification et le contrôle de la production en intégrant plusieurs départements par exemple on peut trouver : finance, maintenance, gestion des ressources, logistique, etc...

Alors après tous ses améliorations des méthodes et de techniques de gestion dans le but d'avoir une bonne gestion de la production et de la planification de la chaîne logistique ; une nouvelle approche de planification et de contrôle de la production appelée DDMRP «*Demand Driven MRP*». Proposer par Carol Ptak et Chad Smith.

Le planning de l'ensemble de la chaîne logistique pilotée par la demande ou en anglais «Demand Driven MRP» une nouvelle méthode de planification et de contrôle de la production. Elle repose les points forts de la MRP et d'autres méthodes déjà connus dans la planification comme SIX SIGMA, LEAN... élimine leurs faiblesses et intégrant les avantages de chacune des méthodes.

La DDMRP est une méthode récente elle vient d'être développée en 2011. C'est une nouvelle approche dont l'objectif est d'assurer la planification de la production en besoins de matière et de la contrôler. Son principe est de placer des tampons appelées «*buffers*¹». Dans le but de protéger les flux de matières et d'information et de réduire la variabilité autour de la chaîne logistique.

Donc nous allons utiliser cette méthode dans notre cas d'étude parce que DDMRP est une approche permettant de mieux gérer la production et de contrôler les différents niveaux de stocks. Ainsi, au cours des dernières années, DDMRP a reçu beaucoup d'attention des cabinets de consultation et du milieu industriel et académique. (Smith P. e., 2011)

L'efficacité de la méthode DDMRP de gérer les variabilités dans une entreprise ou d'un environnement, donc plusieurs recherches ont été faites avec cette méthode et plusieurs chercheurs ont montré l'avantage de cette méthode et qu'elle est plus efficace que MRP ou les autres méthodes bien connus avant pour la planification et le contrôle de la production.

Pour cela dans notre cas d'étude nous allons comparer le fonctionnement de l'entreprise L'exquise après avoir collaborer avec eux pour réaliser la simulation de leur système de production ; ou nous allons faire une simulation à événement discret SED avec le logiciel Arena dans deux situations différentes, sans DDMRP et avec DDMRP, cette comparaison sera faite une fois nous avons déterminé les indicateurs de performances que nous allons choisir pour notre étude.

¹ Buffer est un mot anglais se traduisant généralement par tampon.

Alors notre but de recherche est de déterminer notre question de recherche qui peut être formulée comme suit :

Peut-on gérer les ordres de fabrication et les stocks d'une entreprise d'une manière plus performante avec DDMRP ?

Pour cela nous avons bien définie une méthode et une démarche à suivre qui est comme suite :

- On détermine l'entreprise avec laquelle on va faire une collaboration
- Déterminer leurs processus de production
- Faire un modèle avec Arena de simulation qui sera construit, vérifié et contrôlé.
- Développer le modèle et extraire les résultats
- Comparaisons des résultats et déterminer une conclusion

Alors notre mémoire sera présentée en quatre chapitres, comme premier chapitre nous avons présenté d'une manière générale la supply chain et parlons aussi de la planification, puis dans un deuxième chapitre nous allons donner des informations sur le DDMRP avec les détails, le troisième sera consacré pour la recherche effectuée, dans le quatrième est le dernier nous allons discuter les résultats obtenus

Chapitre 01

CHAPITRE 1 LA LÉTERATURE DANS LA GESTION DE LA PRODUCTION ET LA PLANIFICATION

Introduction

Dans ce chapitre nous allons parler sur la gestion de la production et la planification, ou nous vison à définir la chaine logistique et sa gestion en premier lieu, puis nous parlerons sur l'approche MRP et MRPII on va donner leurs définitions et quelques notions théorique, ensuite nous parlerons sur le DDMRP sa définition, les étapes de réalisation, les calculs des buffers... ainsi on détermine dans un état de l'art les travaux réalisés avec cette méthode, finalement une conclusion qui englobe le chapitre deux.

1.1 L'historique de la chaine logistique

Une approche historique de la chaine logistique va nous permettre de connaitre la place qu'elle tient aujourd'hui dans les entreprises et dans la gestion des flux). Donc en peut dire que la logistique c'est une fonction qui a été très développée et évolué en l'espace d'un demi-siècle ; en un demi-siècle, le concept de logistique a considérablement évolué.

Commençant par le début d'où vient le mot logistique ? L'origine du terme "logistique" vient d'un mot grec **logistikos** qui signifie l'art du raisonnement et du calcul.

La logistique est apparue en premier lieu dans le domaine militaire qui concernait tout ce qui est nécessaire (physiquement) à l'application sur le terrain des décisions stratégiques et tactiques.

Après la logistique militaire vint la logistique industrielle qui est apparue à la fin de la seconde guerre mondiale, celle-ci repose plus particulièrement sur les activités de soutien à la production. Notamment avec la reconversion dans les entreprises des spécialistes militaires de la logistique. Le concept de logistique a évolué depuis, avec l'évolution du marché et des systèmes industriels. Aujourd'hui, le terme « logistique » recouvre des interprétations diverses, et certains pensent que le concept de la logistique est une problématique en soi. (Kaddoussi, 2012)

1.2 La logistique

Donc ce mot de logistique est d'une origine Grecque **logistikos** qui signifie l'art du raisonnement etdu calcul. C'est donc là d'où vient la logistique. Donc pour répandre au changement de la chaine

d'approvisionnement et de la demande des clients qui est instable la logistique a bien été développer au faire et à mesure dans le temps.

Alors son origine vient du domaine militaire, ou elle est définie comme toutes les opérations ayant pour but de combattre, déplacer et de vivre ; mais dans le domaine du commerce la logistique vise les méthodes et les moyens relatifs à l'entreprise comme manutentions, les transports, les conditionnements et l'approvisionnements.

On peut ajouter que la logistique peut être définie comme étant : le processus de planification, d'implantation, de contrôle et d'intégration des activités d'une entreprise ou d'un secteur d'activité afin de satisfaire les exigences des clients au moindre coût. (SAHBANI, 2013)

1.3 La chaine logistique

Le terme de la chaine logistique vient de l'anglais supply chaine qui signifie une chaine d'approvisionnement.

Sa définition a connu plusieurs sens en vue de développement qui a touché le monde de l'industrie de puis son existence jusqu'à maintenant, Mais bien sûr il existe des définitions révérencielles comme celle de la norme *AFNOR*²(norme X 50-600) « La logistique est une fonction dont la finalité est la satisfaction des besoins exprimés ou latents, aux meilleures conditions économiques pour l'entreprise et pour un niveau de service déterminé. Les besoins sont de nature interne (approvisionnement des biens et des services pour assurer le fonctionnement de l'entreprise) ou externe (satisfaction des clients). La logistique fait appel à plusieurs métiers et savoir-faire qui concourent à la gestion et à la maîtrise des flux physiques et d'informations ainsi que des moyens ».

La chaîne logistique peut être considérée comme un ensemble d'activités en réseaux dont l'exécution est corrélée par les flux qu'elles échangent, visant à satisfaire au mieux les besoins exprimés par un ensemble de clients. (AMRANI-ZOUGGAR, 2006)

Une chaîne logistique peut être vue comme un réseau d'installations qui assure les fonctions d'approvisionnement en matières premières, de transformation de ces matières premières en

²Le **groupe Afnor** est un groupe français issu de la fusion des associations Association française de normalisation (Afnor) et Association française pour l'assurance de la qualité

composants puis en produits finis, et de distribution des produits finis vers le client.
(BOUDAHRI., 2007)

1.3.1 Les flux de la chaîne logistique

Une chaîne logistique généralement contient trois types de flux :

- Flux physique
- Flux d'information
- Flux financiers

- **Flux physiques**

Ou bien on peut les définir comme flux des produits, ces flux s'intéressent à la circulation des matières entre les différentes étapes de la chaîne. Ces flux constituent des matériels (achat de matières premières, transformation des matières premières en produit, livraison des produits). Les opérations physiques réalisées recouvrent principalement le transport, la manutention, le stockage et la différenciation des produits.

- **Flux d'informations**

Représente l'ensemble des échanges et de transfert des informations et des données entre les différents acteurs et partenaires. Pour but d'assurer un fonctionnement bien défini dans l'ensemble d'une chaîne logistique. Le flux d'information est bidirectionnel. Permet un lien entre le flux physique et financier. Comme systèmes d'information on peut citer les ERP³ (Entreprise Resources Planning) et les EDI⁴ (Electronic Data Interchange) ont été développés comme support technique qui permet d'assurer les échanges d'informations entre les départements d'une entreprise d'une façon rapide et en temps réels. (BABAI, 2005) (Eddin, 2007)

- **Flux financiers**

Ce flux représente l'échange des valeurs monétaires. C'est la valeur de ventes et d'achats dans

³Le terme ERP vient de l'anglais « Enterprise Resource Planning ». ERP a été traduit en français par l'acronyme PGI (Progiciel de Gestion Intégré) et se définit comme un groupe de modules relié à une base de données unique

⁴(EDI) est un échange ordinateur-à-ordinateur de documents commerciaux dans un format électronique standard entre les partenaires commerciaux.

une période comptable, le moins souvent un trimestre ou une année... Ils sont également utilisés comme un indicateur de performance et du bon fonctionnement de ces activités. (BABAI, 2005)

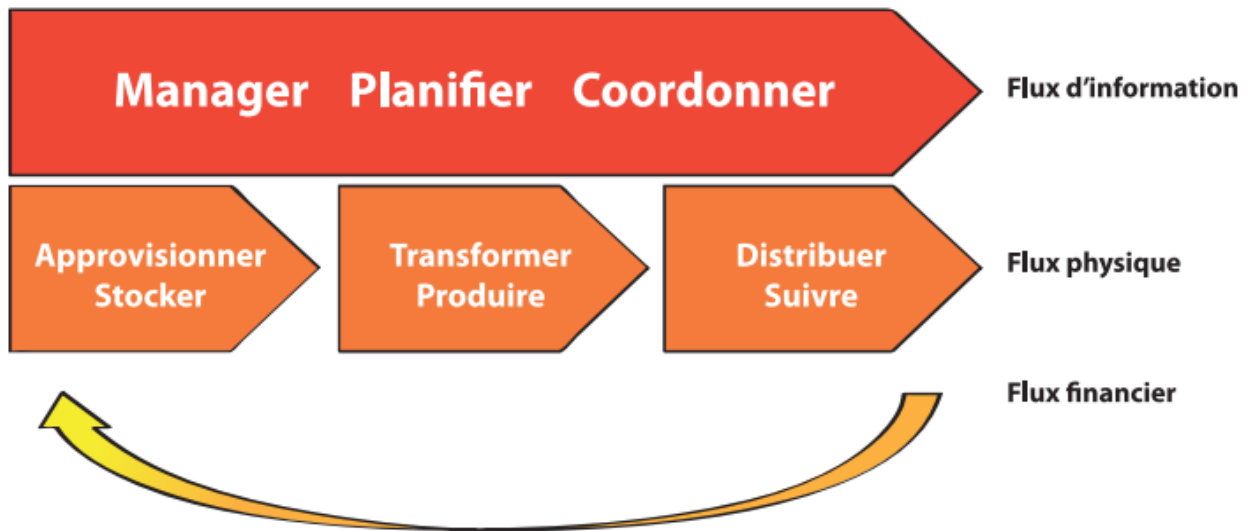


Figure 1.3-1 les flux de la chaîne logistique (Indicateurs de Performance dans les Fonctions du)

1.4 La supply chain management

Le SCM c'est la gestion et la planification de toutes les activités liées à l'approvisionnement, comme l'ensemble des opérations liées à la supply chain, tous les flux qui peuvent circuler dans une entreprise l'approvisionnement, la livraison, le stockage, l'information et les transactions financières... c'est-à-dire nous allons gérer tous les ensembles de l'entreprise de ressources, des méthodes, des moyens et des outils qui vont être servis à piloter d'une manière plus efficace l'ensemble de la chaîne logistique.

La gestion de la chaîne logistique intègre des outils d'approvisionnement qui touchent divers domaines, et comme des méthodes nous avons le MRP, Kanban, MRP2, LEAN, SIX SIGMA...

Donc à l'origine été le MRP, conçu dans les années 50 et 60, puis généralisé à partir des années 80 avec le développement de l'informatique. L'acronyme MRP a changé au cours du temps, au début il signifie *Matériel Requirement planning*, puis il est devenu *Manufacturing Resource planning* parce que les dernières générations de MRP ne s'appliquent plus uniquement à la planification des besoins en composants mais aussi à la planification des besoins en ressources

1.5 Fonction de la chaîne logistique

Dans une chaîne logistique c'est le réseau des moyens de production et de distribution qui assurent les tâches d'approvisionnement en matières premières, la transformation de ces matières premières en produits semi finis et en produits finis, et la distribution de ces produits finis aux clients, alors de cela on peut dire que les fonctions d'une chaîne logistique vont de l'achat des matières premières à la vente des produits finis et bien sur toute en passant par la production, le stockage et la distribution. (MOULOUA, 2007)

1.6 La planification

On peut définir la planification comme l'organisation du déroulement des différentes étapes d'un projet. La planification va donc permettre de suivre la concrétisation des objectifs et la réalisation des différentes tâches, parallèlement à la gestion et à l'affectation des ressources. (nutcache, 2019)

1.7 L'approche MRP

Au début des années 60, avec l'évolution du matériel informatique, un premier outil de calcul été apparus sous le nom de planification des besoins matières (PBM) (Material Requirement Planning - MRP). Donc il permettait de déterminer les quantités de chaque pièce à approvisionner pour les composants et les produits finis, tout en tenant compte de la demande et des délais de livraison.

Le PBM est un système de planification informatisé fait pour traiter une grande quantité de base de données et qui nécessite une grande puissance de calcul. Elle est caractérisée par des intrants et des extrants. Les intrants spécifiques d'un système PBM sont : le plan ou programme, la nomenclature de produits, et les données de matières (Material data). Pour les extrants on peut les résumer comme : le niveau de stocks et les en-cours, les ordres de fabrication et les commandes.

Mais cette méthode MRP a une faiblesse puisqu'elle ne prend pas en considération les ressources dont une entreprise dispose (capacité des machines, ressources humaines, etc.). Avec cette méthode, on considère que les usines ne sont pas limitées en termes de capacité et que la demande peut être satisfaite en totalité.

Autrement dit, cette méthode qui est basé sur la nomenclature du produit de combien de composants, on peut remonter au nombre de composants nécessaires pour répondre à la prévision des ventes. (Aicha FARISSI, 2013)

Les systèmes MRP distinguent deux types d'ordres :

1. Les ordres prévisionnels : ce sont des ordres générés par le système de manière automatique qui interviennent à chaque itération de calcul des besoins.
2. Les ordres fermes : ce sont des ordres prévisionnels que le système a produit puis qui ont été validés par le responsable (approvisionneur, planificateur ou gestionnaire).

1.8 Le MRP1 et MRP 2

Après le MRP, et vu que la demande des clients s'évolue est que les changements dans le monde de l'industrie sont très compliqués, ils viennent d'améliorer le MRP.

Alors le MRP I vient combler les lacunes du système MRP en considérant le calcul des charges de chaque équipement ainsi que les limites humaines. Alors le MRP change de nom et de signification en s'appelant « planification des ressources de production (PRP) (*Manufacturing Resource Planning (MRP)*) ». Il a été créé par J. **Orlicky (Pimor, 2003)** et lancé sur le marché vers 1970. Le MRP I est caractérisé par la régularisation de la production en tenant compte des capacités disponibles dans l'entreprise. L'horizon de planification est de quelques mois (moyen terme).

Puis dans l'année 1979, O. Wright améliore le système MRP I en ajoutant le contrôle de l'exécution au processus de planification. Le système est connu sous le nom de MRP II. L'horizon de planification est de court à moyen terme; en se basant sur des éléments de moyen à long terme. Cette méthode permet de calculer les quantités exactes de la matière première à commander, des composantes à fabriquer nécessaires pour la fabrication des produits finaux et les plans de charge de chaque ressource.

La vision d'un système MRP II est beaucoup plus vaste que celle d'un système MRP de base. En plus, elle prend en considération la stratégie de l'entreprise dans l'établissement des plans. Comme intrant, MRP II utilise le plan industriel et commercial (PIC) qui est l'élément de base dans la planification des ressources de l'entreprise. A ce stade, on est au niveau stratégique de planification où on devrait prendre des décisions de moyen à long terme à partir des prévisions pour évaluer globalement la capacité disponible et les besoins financiers en machines, personnel et matériaux. Une fois la stratégie de l'entreprise mise au point, c'est le plan directeur de production (PDP)

qui va prendre le relais dans le processus de planification en donnant une vision précise et détaillée de l'activité de production à court terme. A ce stade, la production est planifiée en mode infinie, sans tenir compte de la capacité des moyens de production.

1.9 L'évolution du marché et la planification

Vu le développement de la technologie et son impact sur l'industrie, et d'un côté les demandes et les exigences des clients sont de plus en plus volatiles, cela a amené à un changement radical dans le monde de l'industrie ou elle vient d'apparaître **L'industrie 4.0.**

L'industrie 4.0 est un projet initialement mené par les industriels allemands et supporté par le gouvernement dans son « *High-Tech Strategy 2020 Action Plan* » afin de promouvoir l'informatisation des processus de fabrication industriels.

Le but est l'usine intelligente hautement connectée, afin d'arriver à termes à :

Une haute **adaptabilité pour répondre à la demande** en temps réel et **réaliser une bonne gestion des matériaux et de l'énergie** assurer une **durabilité environnementale** et de pouvoir faire une **traçabilité** pour un **rendement optimal**

L'Industrie 4.0 repose sur la convergence de technologies, notamment :

- L'Internet industriel des objets et la généralisation de l'utilisation des capteurs.
- Le Big Data et l'analytique.
- L'intelligence artificielle et l'apprentissage automatique.
- La convergence des TI et des TO (technologies opérationnelles).
- Les interfaces tactiles et vocales, et les systèmes de réalité augmentée.
- La robotique de pointe.
- La fabrication additive.

C'est pour ça que la supply chain du 21ème siècle est beaucoup plus compliquée, car le monde a changé ! alors planifier et piloter les flux est plus complexe que jamais, le passé ne permet plus de déterminer l'avenir, et dans ce cas nous sommes face à ce nouvel acronyme qui est le **VUCA** :

Volatilité / Uncertainty (Incertitude) / Complexité / Ambiguïté. Ce qui signifie que le monde est plus complexe et volatil ou nous avons :

Volatilité = rythme de changement

Complexité = multiplication des facteurs de décisions

Incertitude = difficulté à prédire le futur

Ambiguïté = difficulté à comprendre les évènements passés

- Toujours plus de produits et plus de demande des clients.
- Des flux plus globaux et complexes.
- Des cycles de vie qui s'accélèrent.
- Plus de contraintes à faire pour assurer la satisfaction des consommateurs.
- Plus de concurrence dans le marché et par plusieurs produits.

Plus de 40 ans après MRP, il est temps de remettre en question nos règles de gestion. De la elle intervient le DDMRP.

1.10 Conclusion

Ce premier chapitre nous l'avons consacré à parler sur la planification d'une manière générale, ou nous avons cité les approche MRP connus dans le passé. En générale c'est un chapitre sur la littérature dans la planification de la production.

Chapitre 02

CHAPITRE 2 LA LETIRATURE DANS LA MÉTHODES DDMRP

2.1 Introduction

Dans ce chapitre nous allons vous présenter la méthode DDMRP, premièrement nous allons définir qu'est-ce que le DDMRP, ensuite ses fondements et ses principaux composants. Puis les étapes d'application de la méthode, ou nous allons donner les calculs nécessaires à effectuer pour appliquer cette méthode et expliquer chaque étape par détails.

2.2 Introduction au DDMRP

L'année 2011 a également marqué la fondation du Demand Driven Institute par Carol Ptak et Chad Smith. Le Demand Driven Institute a publié plusieurs ouvrages blancs documents et études de cas sur le sujet du DDMRP.

DDMRP est une méthode qui repose sur les concepts issus de plusieurs méthodes de planification bien connus avant comme le MRP, DRP, Lean, 6 Sigma, de la théorie des contraintes, et y ajoute des innovations spécifiques. Cette méthodologie permet de résoudre les conflits entre les différentes approches avec des résultats rapides. (Smith C. P., 2016)

DDMRP est une nouvelle méthode de planification de la production créée aux Etats-Unis par *Carol Ptak* et *Chad Smith* dans les années 2000.

Sachant qu'il y'a de nouveaux enjeux dans le marché des clients, cette méthode qui est plus sophistiqué vient de répandre à cette complexité et volatilité connus dans le nouveau monde puisque les anciennes méthodes de gestion étaient devenues non efficace face à ce changement.

Grâce à Ptak et Smith, il est possible de piloter une supply chaine par la demande, en l'incluant dans la gestion des flux. Nous sachant bien que les marchés sont devenus de plus en plus volatiles depuis la fin des années 1990. Ou le stock soit en rupture ou qu'il est en sur stock il est devenu le quotidien et le plus important chez les responsables de la supply chain. C'est vrai que les anciennes méthodes on inclus la demande dans l'approvisionnement de la supply chain. Mais DDMRP est la première méthode qui intègre la volatilité de la demande dans le calcul de la gestion des stocks. On parle du flux tiré par la demande. (Conference, 2016)

2.2.1 Flux tiré

Un flux de production est dit « tiré » lorsque la nature et le volume de la production ont été déterminés par rapport à une étude prévisionnelle de la demande. Le but est de ne produire que ce qu'il est clairement susceptible d'être vendu, tout en limitant les stocks et les possibles ruptures de stock (Glossaire, 2019).

2.3 Définition du DDMRP

DDMRP : est une méthodologie de planification et d'approvisionnement, fabrication et distribution. Il consiste à implémenter des buffers à des endroits stratégiques de la supply-chain dont l'objectif est de décorrélérer la demande de la production. La planification des besoins en articles en fonction de la demande (DDMRP). C'est un système à multi-échelon de planification et d'exécution du matériel et des stocks qui permet à une entreprise de devenir axée sur la demande. (Smith C. P., 2016)

2.4 Les étapes d'application de la méthode DDMRP

Le DDMRP compose de cinq étapes de réalisation. Cette figure illustre ces composants, leur séquence et leur relation avec le mantra, « positionner, protéger et tirer »

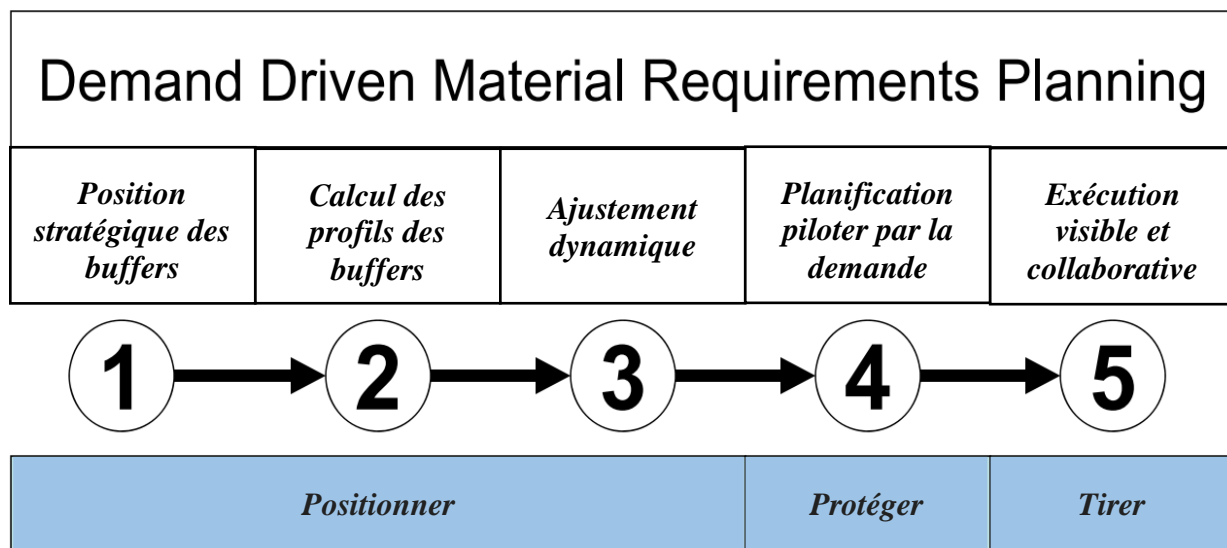


Figure 2.4-1 les étapes de DDMRP (Smith C. P., 2016)

Nous allons présenter l'explication des étapes de la méthodes DDMRP et les calculs correspondants,

2.4.1 Le positionnement stratégique des buffers

L'objectif ici est de positionner de manière stratégique les buffers au sien de votre système, dans cette étape nous allons chercher à identifier les points de levier dans les nomenclatures de façon à optimiser le nombre de buffers à utiliser dans notre chaîne de production, ce que nous allons faire dans notre cas d'étude. Elle est donc la première étape qu'on doit faire pour appliquer le DDMRP, la réussite de cette étape nous aidera beaucoup et correctement de mettre en œuvre la méthode.

La question qu'on va poser pour cette première étape est *quels éléments de la chaîne logistique stocker?* Et *pour bien protéger le système des variabilités de l'environnement ou doit-on placer notre buffer?* Cette première étape repose dans sa réalisation sur 6 facteurs clé qui sont (Hietikko, 2014):

- Le temps de tolérance du client
- Le délai potentiel du marché
- La variabilité de la demande
- La variabilité de l'offre
- Le levier d'inventaire et la flexibilité
- La protection critique

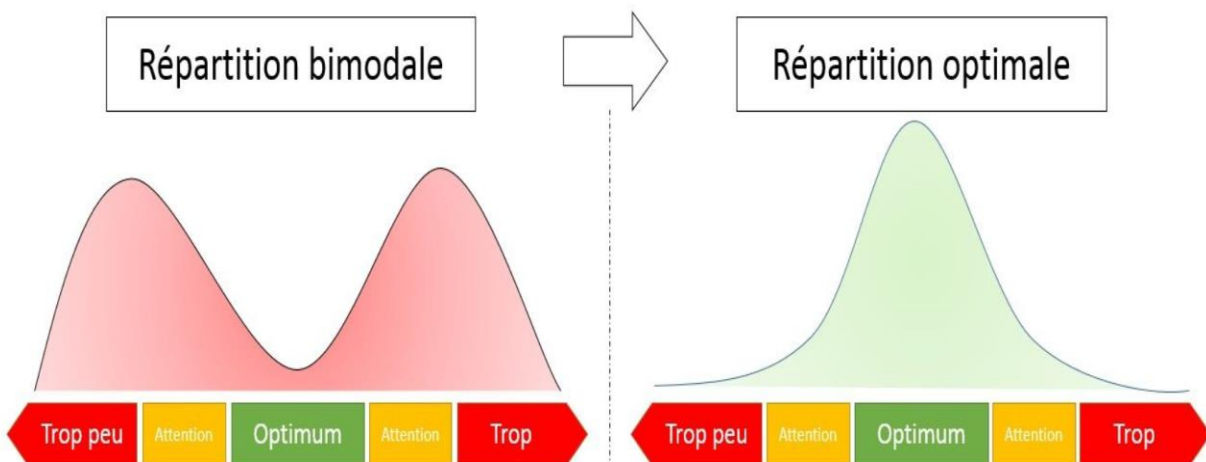


Figure 2.4-2 : passage de la forme bimodal a l'optimal

2.4.2 Dimensionnement des buffers

Comme deuxième étape est de définir la taille des zones qui constitue un buffer selon (Miclo, 2016), déterminer le niveau de chaque zone. En effet, chaque buffer est constitué de trois zones superposées. Soit respectivement la zone rouge, la zone jaune et la zone verte.

Chacune des zones dans un buffer détermine les priorités de planification et d'exécution.

- La zone verte représente un état « tout va bien ».
- La zone jaune représente un état de « réapprovisionnement ». C'est-à-dire que le composant en question doit être réapprovisionné.
- La zone rouge, elle représente un état de « danger » donc une attention spéciale est requise

La zone rouge comporte deux sous-zones. Soit la zone rouge base et la zone rouge sécurité

Pour calculer chacun des niveaux de ces zones des buffers, il faut tenir compte de quatre caractéristiques fondamentales :

- Le type d'article (fabriqué, acheté ou distribué)
- La catégorie de « Lead Time » (long, moyen, court)
- La catégorie de variabilité (haute, moyenne, faible)
- Tailles de lots (minimum de commande, quantité de lancement, ...)

Les niveaux des zones de buffer de ces pièces sont déterminés en additionnant les zones qui les composent. Donc pour déterminer les formules de calcul pour chaque zone, ou chaque des trois zones que nous avons ont des calculs unique. (Smith C. P., 2016)

- La zone verte : elle est la zone de fonctionnement normal c'est-à-dire que dans cette zone on est au-dessus de la quantité fixée. Le calcul du niveau de cette ce fait en fonction des trois formules suivantes ou on prend le résultat le plus grand (le max) parmi eux :

A. Zone jaune \times facteur du Lead Time⁵

B. MOQ « Minimum Order Quantity » si applicable

⁵ Lead time est le délai de mise en œuvre, délai d'exécution.

C. CMJ × temps de cycle de commande min imposé si applicable

- La zone jaune : La zone jaune est le cœur de la couverture d'inventaire dans la zone tampon. La zone jaune représente un état de « réapprovisionnement ». C'est-à-dire que le composant en question doit être réapprovisionné, aussi elle est la zone plus grande. Elle est déterminée à partir de la formule suivante. (Smith C. P., 2016)

$$\text{Zone jaune} = (\text{consommation journalière moyenne}) \text{ADU}^6 \times \text{LT (lead time)}$$

- La zone rouge : c'est la base du buffer, elle représente un état de « danger » donc une attention spéciale est requise, la zone rouge comporte deux sous-zones. Soit la zone rouge base et la zone rouge sécurité. Le calcul de cette zone dépend du lead time et de la variabilité de la demande, et pour déterminer le calcul de cette zone nous avons le tableau suivant déterminé par Carol Ptak et Chad Smith :

Tableau 2-1: calcul de la zone rouge

Variabilité	Rouge sécurité	Lead time	Rouge base
Élève	61 – 100% Zone Rouge de base	Longe	20 – 40% ADU* LT
Moyenne	41 – 60% Zone Rouge de base	Medium	41 – 60% ADU* LT
Basse	40 – 20% Zone Rouge de base	Court	61 – 100% ADU* LT

(Smith C. P., 2016)

On résume cette deuxième étape par l'image suivante :

⁶ ADU ou bien CMJ : la consommation moyenne journalière




Zone	Fonction	Formule
	Détermine la fréquence moyenne des ordres et la taille des lots.	$\text{Zone Verte} = \text{Max} \{$ MOQ (1), $\text{CMJ} \times \text{DLT} \times \text{Facteur de délai (2),}$ $\text{CMJ} \times \text{Cycle de commande (3)}\}$
	Représente l'en cours de commande.	$\text{Zone Jaune} = \text{CMJ} \times \text{DLT}$
	Représente la zone de sécurité, celle qui absorbe les chocs de variabilité.	$\text{Zone Rouge} = \text{Zone Rouge Base} + \text{Zone Rouge Sécurité}$ $\text{Zone Rouge Base} = \text{CMJ} \times \text{DLT} \times \text{Facteur de délai (1)}$ $\text{Zone Rouge Sécurité} = \text{Zone Rouge base} \times \text{Facteur de variabilité (2)}$

Figure 2.4-3 les zones du buffer

2.4.3 Ajustement dynamique

L'ajustement sert d'être à jours dans ce qui concerne le changement de la consommation journalière moyenne, ce changement donne une instabilité au niveau des calcule déjà fais alors pour cela et selon Carol Ptak et Chad Smith il y'a trois méthode d'ajustement dynamique qui sont déterminer dans (Hietikko, 2014) et qui sont : l'ajustement recalculé, l'ajustement planifié et l'ajustement manuel.

- L'ajustement recalculé : il consiste à ajuster les buffers en fonction des changements de l'ADU. Les niveaux de mémoire tampon varient en fonction de l'utilisation quotidienne moyenne, est mis à jour

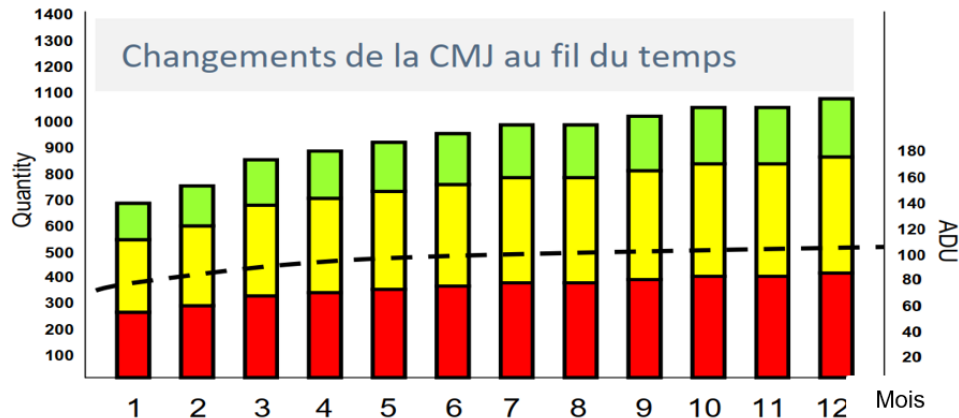


Figure 2.4-4 ajustement recalculé sur 12 mois

- L'ajustement planifié : basé sur les plans stratégiques et les historiques ou de changements de la demande, puis ils sont intentionnellement fléchis dans anticipation des remontées ou des saisons prévues puis fléchi, par exemple dans la production saisonnière.

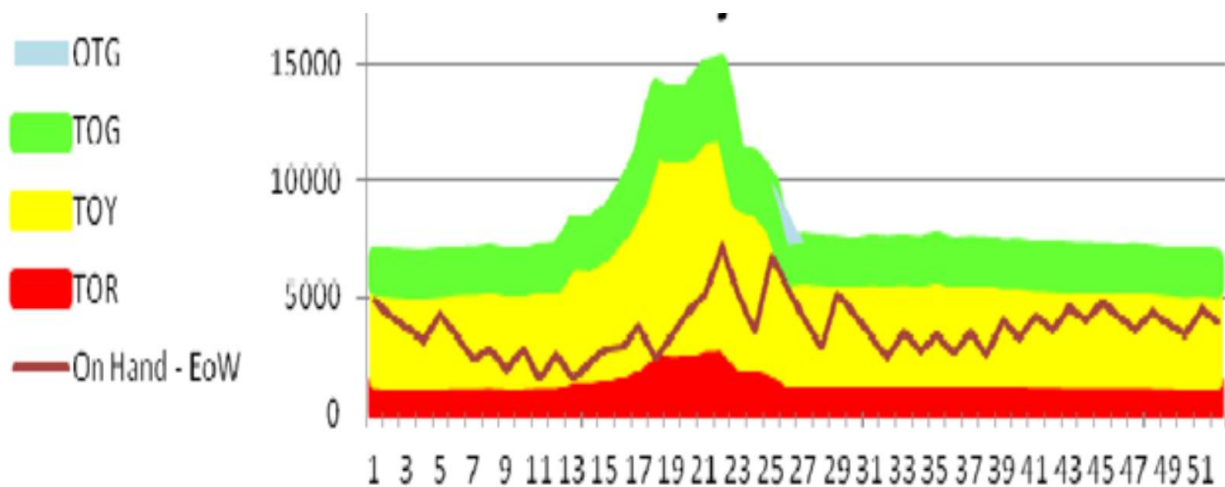


Figure 2.4-5 exemple d'ajustement planifier

- L'ajustement manuel : créer des alertes contre les changements non planifiés

2.4.4 Planification pilotée par la demande

C'est la quatrième étape dans l'application de la méthode DDMRP, qui consiste à déterminer parmi tous les articles que nous avons qui sont les composants et les parents qui répartissent en deux groupes les composants stockés et les non stockés. Et pour bien déterminer les articles nous avons cette illustration prise dans un mémoire de recherche d'apprêt *Hietikko* (Hietikko.J, 2014)

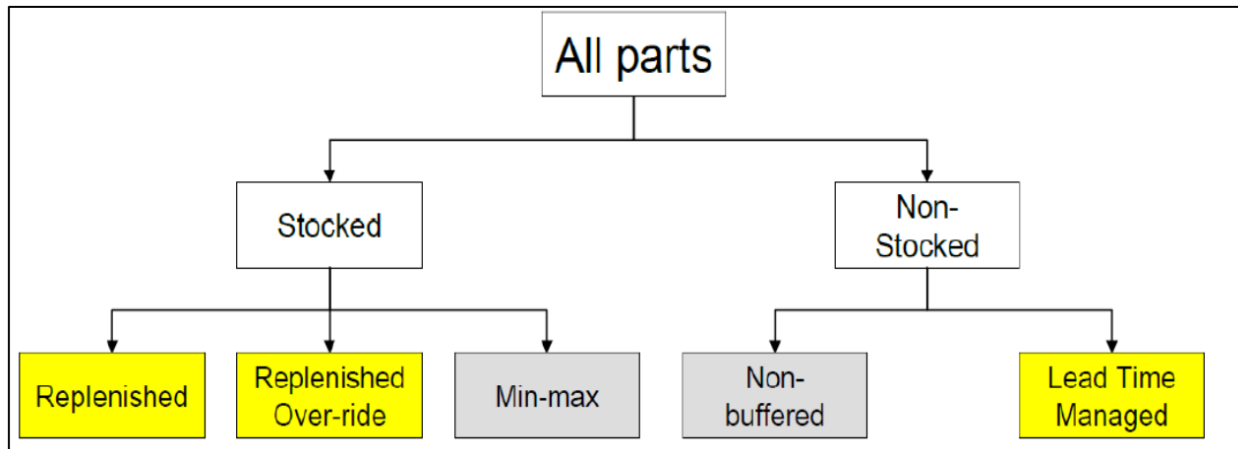


Figure -2.4-6 les catégories des articles en DDMRP.

Pour gérer les ordres de production des articles réapprovisionnés nous utilisons cette équation de flux suivante qui est nommée équation de flux disponible, cette équation est réalisée chaque jour et sur chaque buffer : (Smith C. P., 2016)

$$\textit{Flux disponible} = \textit{stock physique} + \textit{approvisionnement (en cours)} - \textit{demande réelle qualifiée}$$

Le stock physique correspond à la quantité en stock à la date du flux disponible (t). Pour l'approvisionnement, il est identifié sur une période (T : DLT) qui indique le délai nécessaire pour acquies un ordre de production une fois passé ; une demande qualifiée est définie comme la somme de toutes les demandes du jour, ou bien des demandes passées non satisfaites et des pics de demande.

- Un pic : est défini comme une demande qui dépasse un certain seuil sur un horizon qui sont fixé par l'entreprise elle-même. Pour le pic est défini comme *50% de la zone rouge*
- Un horizon : cet horizon est représenté comme *1 jour + délai découplé (DLT)*

Pour la demande qualifiée elle sera déterminée une période suivante : (T': $[t - r_i ; t + h_i]$)

Donc $(t - r_i)$ est la date de début qui représente la date t moins le nombre de jour de retard des commandes passées non honorées (r_i)

Pour la date de fin $(t + h_i)$ correspond à la date t plus le nombre jour composant l'horizon de pic de commande (h_i). (Batiste Bahu, 2018)

- « Top du Jaune » est la somme de la zone jaune + la zone rouge.
- « Top du Vert » est la somme de toutes les zones du buffer ; jaune + rouge + vert

Dans le cas où nous avons le résultat de l'équation de flux inférieure ou égal au Top du Jaune, alors on va lancer un ordre de fabrication OF ou bien d'achat OA ; où cet ordre sera égal à la différence entre Top du Vert – résultat de l'équation de flux

Si par exemple dans une nomenclature nous avons plusieurs buffers, donc nous allons choisir les ordres de lancer en fonction d'un pourcentage de remplissage des buffers, ce pourcentage qui est déterminé par le rapport entre l'équation de flux et le top du vert. Donc pour le choix on va prendre ce qui a un pourcentage faible il sera priorisé.

Cela va nous permettre de mieux gérer les ordres par une liste où les ordres sont classés par ordre de criticité. (Batiste Bahu, 2018)

La taille du lot réapprovisionner dans un buffer est déterminée à partir de la position du flux dans un buffer, aussi pour définir la taille du lot il suffit de prendre la valeur de la taille du buffer moins la valeur obtenue de l'équation de flux. (AGILEA, Au-delà de Lean et MRP Demande Driven MRP, 2013)

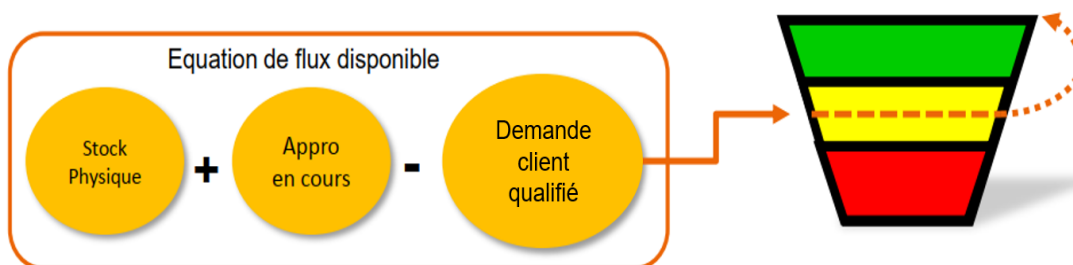


Figure 2.4-7 équation de flux

Cela, on va l'expliquer par la figure suivante nous l'avons pris dans le livre de Path et Smith (Smith C. P., 2016) **page 190**

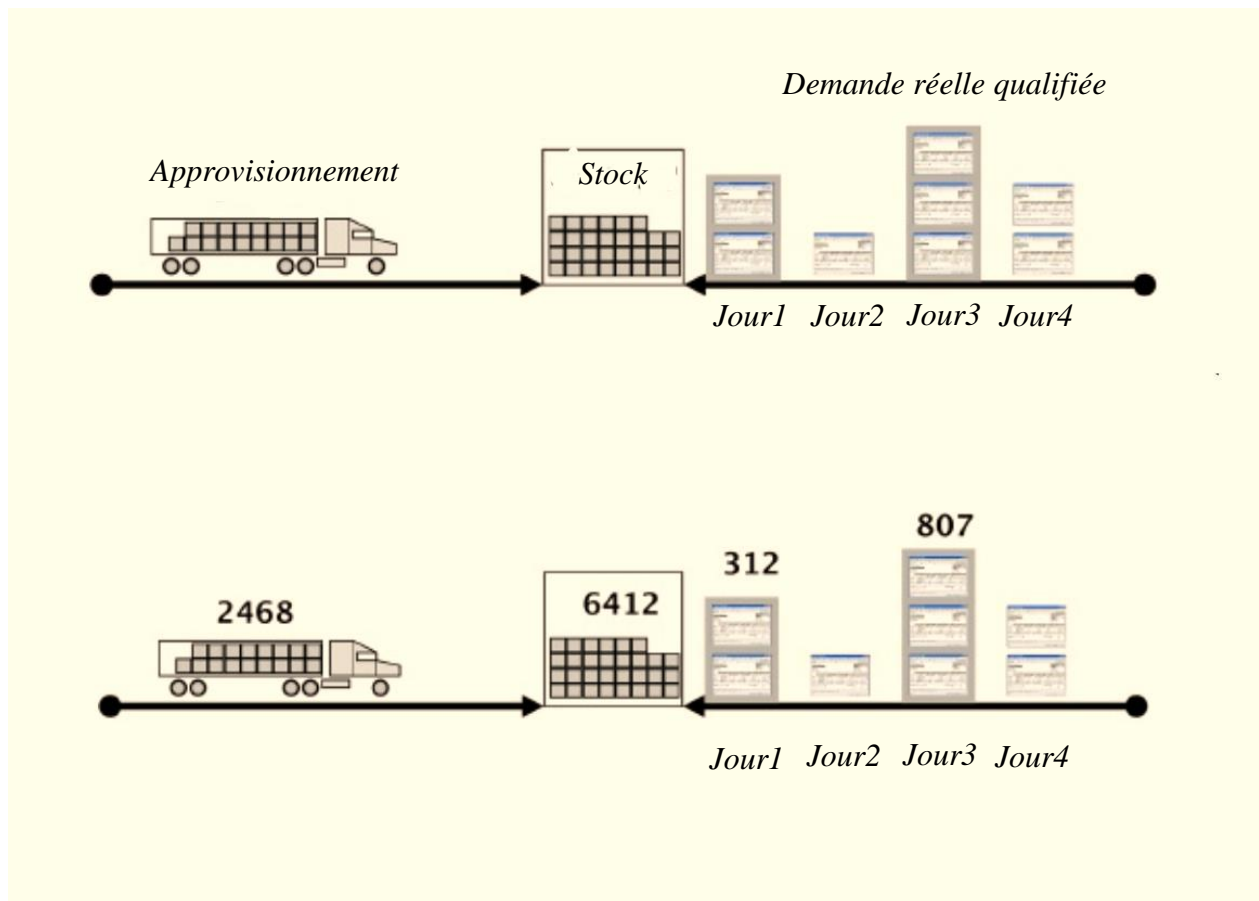


Figure 2.4-8 détermination des éléments de l'équation de flux

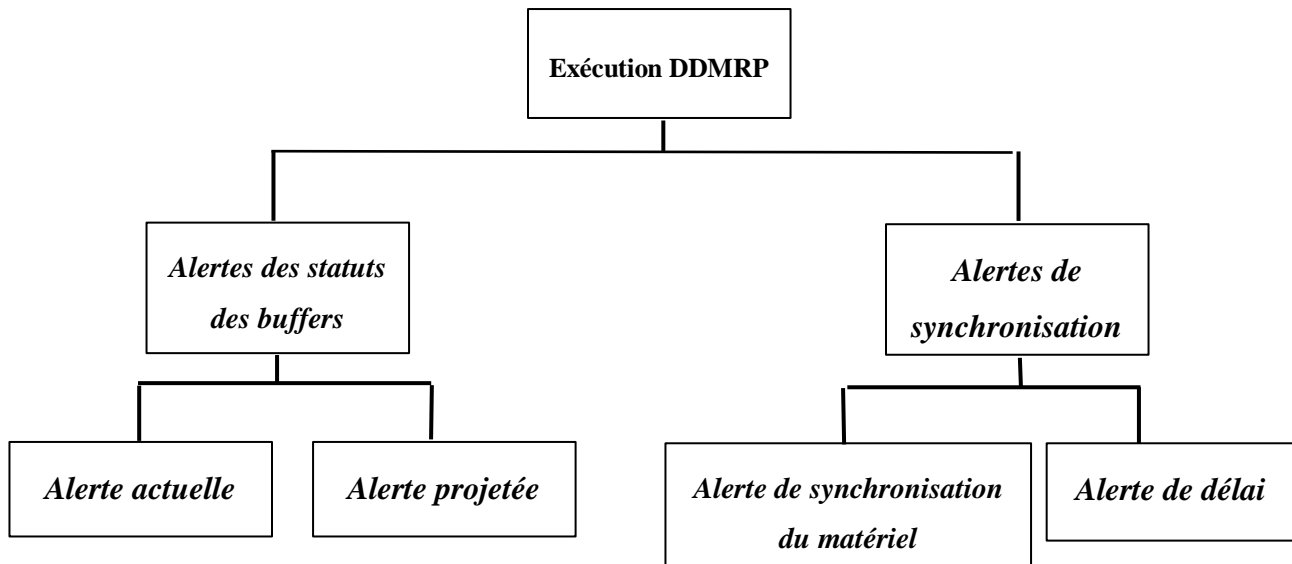
Dans la figure suivante représente les commandes mises en évidence dans le premier jour et le troisième. Deux commandes sont dues dans le jour 1 et trois commandes ont été combinées pour créer un pic qualifié.

Ces deux jours de demande qualifiée sont additionnés pour obtenir le montant total de la demande qualifiée pour le calcul actuel de l'équation du flux net.

2.4.5 Exécution DDMRP

Nous avons dit que DDMRP est une méthode intelligente, dans cette étape elle résume cette intelligence car elle fait de sorte de nous donner des alertes pour intervenir a des problèmes liés au

Stock comme la rupture de stock et aussi les retards de livraison, selon (Hietikko.J, 2014) il existe deux types des alertes les « alertes des statuts des buffers » et les « alertes de synchronisation » on va les résumer dans le schéma suivant :



Dans ce schéma on remarque que l'exécution du DDMRP est basé sur les deux alertes ou on trouve que l'alerte du statut de buffer qui résume les alertes actuelle et projetée de la situation physique

Du stock, la deuxième est l'alerte de synchronisation cette alerte est basé sur le lead time ou bien l'alerte de temps, le délias dans un but d'éliminer les retards.

Mais une bonne exécution de la méthode DDMRP il faut une intégration de plusieurs départements dans une entreprise pour garantir une bonne démarche et de bon résultats et avoires de l'amélioration

- Stock moyenne en main ciblé = TOR + la moitié de la zone verte
- Stock moyenne en main = TOR + zone verte

2.5 Force du DDMRP

- Favoriser le Flux

La circulation des différents flux dans une entreprise d'une manière efficace et rapide donne une bonne amélioration sur les performances d'une entreprise. DDMRP permet d'améliorer le service client et de réduire les délais, tout en réduisant les stocks.

- Atténuer la variabilité

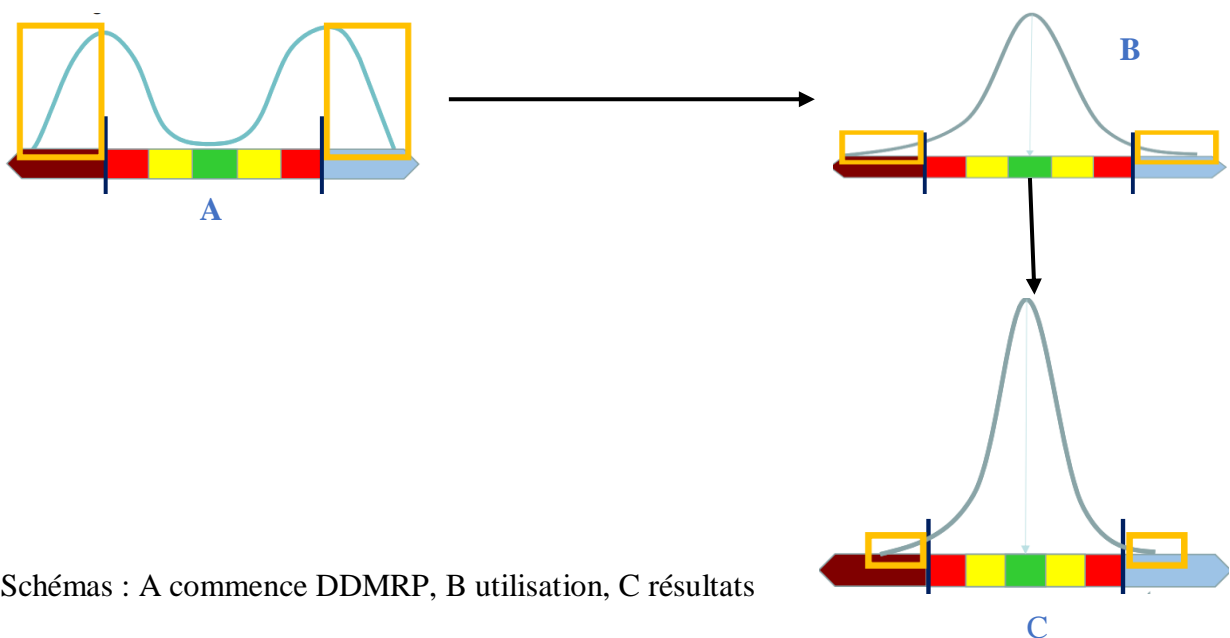
Le danger et l'ennemi n°1 du flux c'est bien la variabilité. Pour cela DDMRP met en place un mécanisme de buffers qui permet d'absorber cette variabilité et d'atténuer l'effet « coup de fouet »

- Détection de la variation client

DDMRP permet une détecter des variations des demandes clients, Ce que les méthodes anciennes ne pouvaient pas le faire dans les flux tirés de type kanban etc.

- La visualisation avec DDMRP

Contrairement au MRP qui est souvent vécu par les utilisateurs comme une « boîte noire » paracerque il y'avais pas de suivi et de visualisation, DDMRP permet de visualiser en couleur le fonctionnement de la Supply Chain.



Schémas : A commence DDMRP, B utilisation, C résultats

2.6 La pyramide de DDMRP

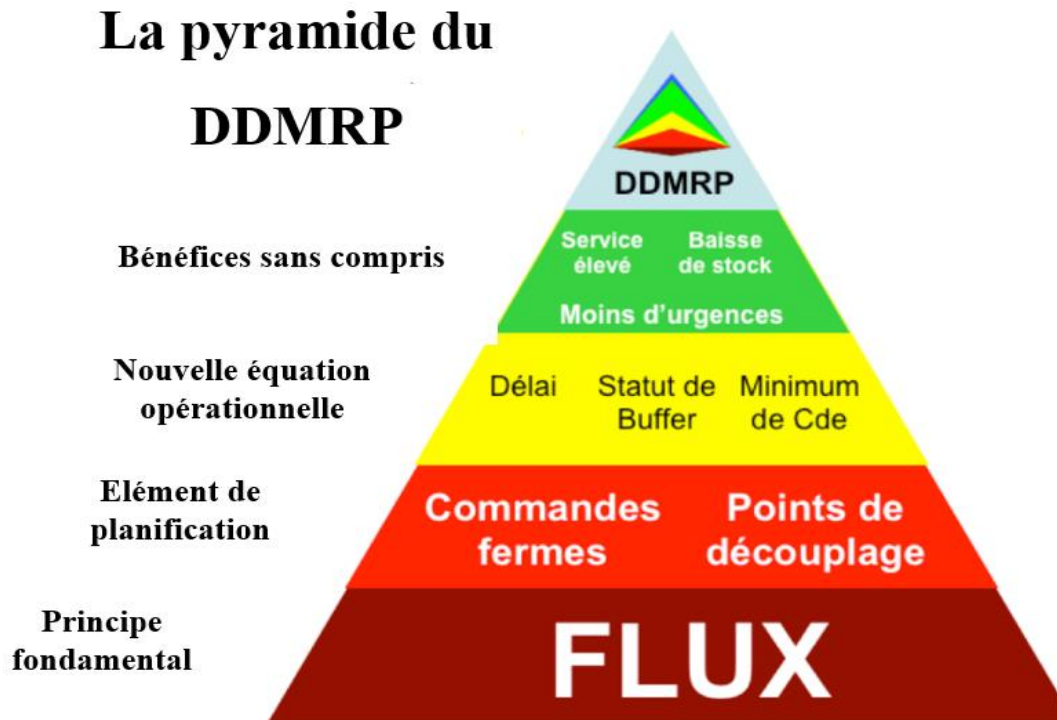


Figure 2.6-1 représentation de la pyramide du DDMRP

Cette pyramide représente le DDMRP donc comme elle indique sur la base nous trouvons le flux, qui indique que c'est la fonction la plus pertinente à faire et à prendre en considération, c'est un principe, dans la couche suivante il y'a les commande et les points de découplage, qui se traduit à une équation de planification fondamentale généralement base sur la demande de commande contre points de découplage gérés de manière dynamique, la couche jaune de la pyramide elle indique les délais les statuts des buffer ... cette couche représente une nouvelle équation c'est-à-dire que c'est un nouvel accent sur la pertinence, en suite nous arrivons à la couche verte c'est la couche des résultats nous avons un stock faible et un service élevé.

2.7 Synthèse bibliographique

Vu que cette méthode est nouvelle et récente dans le monde de l'industrie, nous allons vous présenter un état de l'art ce qui concerne l'utilisation de cette méthode et des recherches qui ont été faites avec le DDMRP.

Premièrement nous allons parler sur l'entreprise *Cryolor* qui est spécialisée dans la fabrication des réservoirs, citernes et conteneurs métalliques.

Son objectif est de fournir des produits et un service de qualité en matière de conception et de fabrication, selon *Agilea* l'entreprise à utiliser la méthode comme il est indiqué dans l'image suivante.

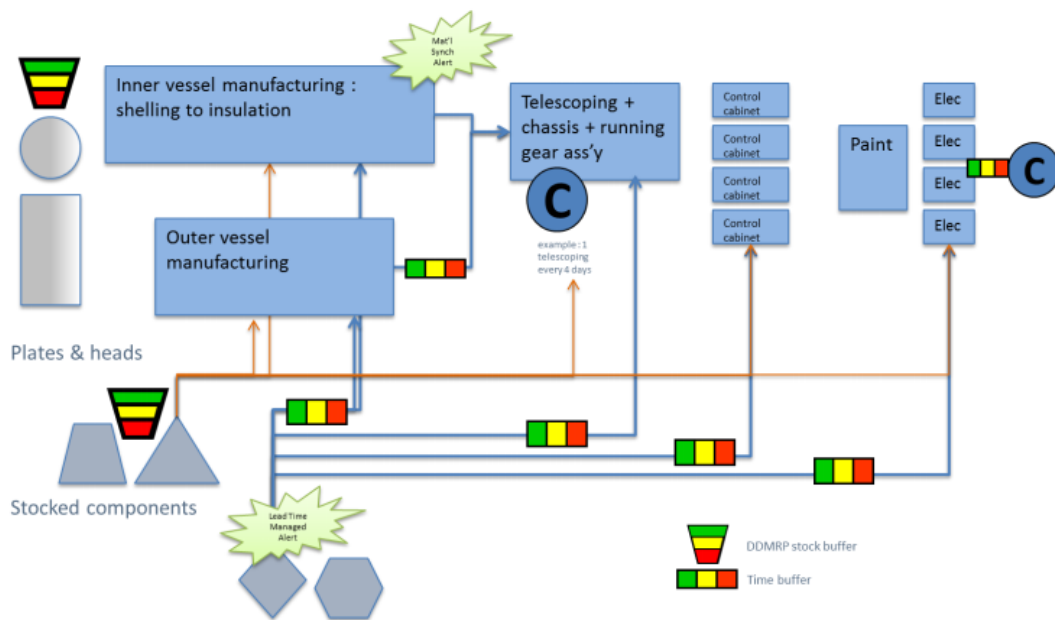


Figure 2.7-1 utilisation du DDMRP par Cryolor (AGILEA, Au-delà de Lean et MRP Demande Driven MRP, 2013)

Le projet de l'entreprise est de faire deux parties :

1. Rythmer le flux des 2 principales lignes d'assemblage et tirer la réalisation des OF à partir d'un poste cadencer.
2. Sécuriser la disponibilité des matières et composants achetés qu'ils soient stockés ou non stockés.

Point de départ: un MRP en panne

L'approche flux a permis une augmentation de capacité de 70%

Une réduction de 30% du délai sur la ligne de production principale.

Clarté pour toutes les équipes sur les priorités, les stocks « Les ruptures ? Ce n'est plus un problème ». Ce sont les avantages que DDMRP à amener pour cette entreprise. (AGILEA)

Une autre expérience faite avec DDMRP en juin 2018 au Canada exactement à Montréal, ou *TOUNSI Wajd* a fait une étude de comparaison entre DDMRP et EOQ⁷, dont le sujet été *COMPARAISON DES APPROCHES DDMRP ET EOQ : MODÉLISATION ET SIMULATION D'UN CAS D'ÉTUDE, thèse master 2*

Donc la simulation a été faite sur une entreprise spécialisée dans la conception, la fabrication et la commercialisation des roues en aluminium de bicyclette, ce cas d'étude nous montre une amélioration dans les indicateurs de performance choisie pour l'étude de *TOUNSI Wajd*, où il y'avais une augmentation de performance comme elle le montre cette figure. (Wajd, juin 2018)

Indicateurs	EOQ	DDMRP
Pourcentage des commandes satisfaites directement de l'atelier 3	89,62 %	99,98 %
Pourcentage des commandes satisfaites directement de l'atelier 2	91,74 %	99,85 %
Pourcentage des commandes satisfaites directement de l'atelier 1	97,17 %	100,00 %
Durée d'attente moyenne des commandes non satisfaites directement de l'atelier 3	5,03 jours	0,01 jour
Durée d'attente moyenne des commandes non satisfaites directement de l'atelier 2	13,26 jours	0,37 jour
Durée d'attente moyenne des commandes non satisfaites directement de l'atelier 1	12,47 jours	0,00 jour

Figure 2.7-2 comparaison des résultats entre DDMRP et EOQ (Wajd, juin 2018)

⁷ EOQ : *economic order quantity*, ou bien en français *la quantité de commande économique* est la quantité de commande qui minimise les coûts de possession et les coûts de commande totaux.

Une autre entreprise telle que **BERNARD CONTROLS ÉLECTRITC**, une entreprise qui conçoit et qui fabrique des servomoteurs électriques et des systèmes de contrôle pour l'automatisation des vannes industrielles. Donc leur projet piloter avec DDMRP été établi sur la gamme AS qui représente :

- Représentant 20% des commandes
- Nombre moyen de références composant : 211
- Livraison à temps : 82% en 2013 pour la gamme AS

L'utilisation du DDMRP dans cette entreprise est définis sur cette figure



Figure 2.7-3 emplacement des buffers dans la chaîne de production

Cela a permis à l'entreprise de passer en 2014 une année après a une livraison à temps de 95%, Pour citer un état d'art il faut avoir l'information sur la première recherche utiliser dans ce domaine avec DDMRP, utiliser en Allemagne dans le but de faire une simulation de la méthode dans une entreprise d'apprêt la thèse (Ihme, 2015) et l'autre le DDMRP a permis une réduction efficace dans le lead time, les stocks soit produit fini ou bien matière première qui a causé une certaine stabilité dans la production, l'auteur a ajouter que les résultats en été très bien améliorer .

Aussi et dans un autre mémoire un autre cas d'étude DDMRP à montrer son efficacité dans la chaîne logistique lorsque (Hietikko, 2014) à étudier l'amélioration que DDMRP pourra amener à une chaîne logistique, cette fois utiliser en Finlande.

Selon les résultats de l'auteur DDMRP toujours a fait son effet, il a obtenu une amélioration dans la chaîne et une réduction des stocks et du temps de la livraison.

DDMRP est très efficace et donne de mieux résultats de planification que MRPII ce n'est pas nous qui disons sa mais d'après un article en 2016 (Miclo, 2016), Miclo et all on fait une comparaison entre DDMRP et MRPII, aussi leurs résultats on montrer la puissance du DDMRP.

Nous avons donné quelques travaux mais il existe d'autre entreprise et d'autre recherche qui on étudier le DDMRP pour la résolution de leur problème de planification ou pour avoir une bonne amélioration de la production et une réduction des stocks.

2.8 Avantage DDMRP

Dans le monde de la supply chaine DDMRP est très efficace et dans la planification, car son premier but est de garder une disponibilité de stock pour quelle puisse respecter le planning des livraisons et des délais, parmi les avantages à citer nous avons :

- Forte solution informatique dans le marché par rapport à des ERP.
- Amélioration des taux de service client.
- Diminution des niveaux de stocks.
- Réduira les risques de rupture ou/et de surstock
- Facile d'exploiter la méthode à travers une approche visuelle.
- Stabilisation de la chaîne logistique en général.
- C'est la demande réelle qui déclenche les ordres et non les prévisions.
- L'anticipation capacitaire et l'ajustement des niveaux de stock, surtout puisque nous sommes dans un enivrement variable.

2.9 Conclusion

Ce chapitre nous l'avons consacré à faire une étude sur la méthode DDMRP où nous avons commencé à donner son origine et aussi définir quelques méthodes connus bien avons que le DDMRP, par la suit nous avons expliqué et donner sa définition, ainsi ces différentes étapes où nous avons expliqué les cinq étapes de la méthode et de donner tous les calculs nécessaire des niveaux de buffer, puis expliquer la force du DDMRP dans le monde de la planification ainsi donner les avantages quelle peut ramener cette méthodes dans la gestion des stocks et la planification aussi les gains quelle donne à une entreprise, et son adaptation face aux changements et les variabilités connus dans les marchés.

Chapitre 03

CHAPITRE 3 MÉTHODE DE RECHERCHE

3.1 Introduction

Dans ce chapitre nous allons définir notre méthode de recherche, où nous allons déterminer par la suite les questions de recherche et les hypothèses que nous avons placées, ensuite nous allons décrire ces étapes de réalisations de la recherche.

3.2 Question de recherche

D'après nos recherches sur la méthode et toutes les informations citées dans la partie de définition du DDMRP nous avons cette question à poser :

- *Peut-on gérer les ordres de fabrication et les stocks d'une entreprise d'une manière plus performante avec DDMRP ?*

Pour cela et pour avoir une bonne relation, c'est-à-dire de bons résultats par la suite nous avons mis en place des questions d'aide, des sous-questions qui vont nous orienter mieux pour les résultats :

- *C'est quoi le modèle qui va être performant et qui va gérer mieux les variabilités du marché?*
- *Comment modéliser un système avec et sans DDMRP?*
- *Quels types d'indicateurs de performance faut choisir pour appliquer DDMRP?*
- *Peut-on arriver à un résultat fort ?*

D'après les questions citées, DDMRP mis en place des hypothèses où Ptak et Smith ont montré ces hypothèses dans l'ouvrage (Ptak & Chad, 2016):

- DDMRP élimine l'amplification de la demande (l'effet de fouet⁸).
- DDMRP garde les inventaires dans des meilleurs états, garantit les stocks.
- DDMRP résiste mieux contre les variabilités de la demande

⁸ Il fait référence aux grandes variations que l'on peut constater entre la demande réelle des consommateurs et la demande des acteurs intermédiaires participant à la chaîne logistique

d. DDMRP garantit la satisfaction des clients. (Ptak & Chad , 2016)

De notre part nous allons arriver à réaliser les hypothèses et de répondre aux questions posées.

3.3 Méthodologie

Concernant notre méthode de recherche, elle se compose de cinq parties, où on donnera leurs explications :

3.3.1 Décrire le modèle conceptuel

Dans ce contexte nous avons deux parties, la première est de définir le système que nous allons étudier. Pour cela nous avons obtenu une collaboration avec l'entreprise L'EXQUISE. La deuxième sert à définir le modèle d'étude, c'est-à-dire de collecter des informations sur l'entreprise et son processus de fabrication.

3.3.2 Construction du modèle sans et avec DDMRP, avec le logiciel ARENA

La deuxième phase de la méthodologie va être consacré à réaliser une simulation à événement discret SED avec l'utilisation du logiciel ARENA, donc pour cela nous allons simuler le système de l'entreprise en deux cas, la première simulation en fonctionnement normal et la deuxième sera en appliquant la méthode DDMRP, avec l'utilisation des données réels de l'entreprise L'EXQUISE.

Pourquoi le SED?

Puisque notre comparaison dans la simulation du système de production de l'entreprise L'exquise va être en deux cas d'étude avec DDMRP et sans DDMRP, alors nous avons besoin des indicateurs de performance pour comparer les résultats des deux modèles. Nous avons choisi la simulation dans notre cas d'étude parce que c'est l'outil le plus fonctionnelle pour étudier le fonctionnement des systèmes complexes de production dans le but d'évaluer son comportement et mesurer sa performance.

Parmi les techniques de simulation qu'il existe nous avons choisi la simulation à événements discrets (SED) parce qu'est une technique dynamique/stochastique où chaque événement arrive à un instant donné et modifie l'état du système.

Aussi le SED va nous aider dans notre projet de fin d'étude, et donc nous allons utiliser dans ce projet le logiciel ARENA.

Arena : est l'outil de simulation pour les systèmes à événements discrets le plus diffusé au monde.

Il contient toutes les ressources pour la modélisation, l'élaboration de projet, la représentation des process, l'analyse statistique et l'analyse des résultats.

La simulation permet :

- D'analyser dynamiquement le comportement des systèmes modélisés.
- Tester les critères de gestion
- D'évaluer dans des contextes critiques les solutions retenues
- Valider les choix de conception
- Comparer économiquement de solutions alternatives (Arena Rockwell Automation, 2019)

3.3.3 Vérification la simulation

Donc pour l'étape de vérification du modèle nous allons pouvoir utiliser la validation par les tests, où nous allons tester notre modèle par l'animation

3.3.4 Développement des différentes expériences selon la variabilité de l'environnement

La première étape de cette partie est destinée à fixer les plans d'expériences, puisque le but de ce projet est de comparer les deux modèles sans et avec DDMRP nous fixons les plans suivants :

- I. **Plan de 1^{ère} expérience** : aucune source de variabilité, ou on va travailler dans un temps idéal c'est l'environnement parfait : quantité de commande constante.
- II. **Plan de 2^{ème} expérience** : une source de variabilité comme quantité de commande pour chaque produit variable, et la fréquence de commande constante.
- III. **Plan de 3^{ème} expérience** : deux sources de variabilité quantité de commande pour chaque produit variable, et la fréquence de commande variable.

Justification du choix des expériences : chaque expérience parmi les trois représente un environnement différent. Dans ces expériences nous partons d'un environnement totalement

parfois vers un environnement instable et variable. Ce dernier représente l'environnement industriel de nos jours.

A travers ces différentes expériences, nous pouvons tester notre modèle dans tous les environnements.

3.3.4.1 Les indicateurs de performances

Afin de définir l'efficacité de la méthode DDMRP dans notre cas, nous allons déterminer les indicateurs de performance que nous allons utiliser :

1. Indicateur client (satisfaction client) : cet indicateur nous permet de mesurer la satisfaction des clients, il est défini en deux facteurs :

1.1 Les commandes qui sont directement satisfaites avec un pourcentage de 100%.

1.2 La durée d'attente des commandes non satisfaites.

2. Indicateur stock : les indicateurs liés au stock nous permettent de suivre l'état du stock d'une entreprise, il s'agit de trois indicateurs suivants :

2.1 Le taux de rotation des stocks, en calculant le rapport entre le coût d'achat et la quantité en stock moyenne.

2.2 Le taux de couverture de stock.

2.3 Le stock moyen est égal au (stock de début + stock de fin) /2.

3. Indicateur de délai, Lead time: vise à suivre les temps dans l'entreprise pour la fabrication des deux types de produits 1L et 2L.

3.3.5 Interprétation des résultats

Cette partie est considérée comme la dernière étape de notre méthodologie, car après avoir réalisé et simulé les modèles cités au paravent, nous allons interpréter les résultats obtenus et faire une comparaison des deux simulations avec DDMRP et sans DDMRP du système de production de l'entreprise L'exquise.

3.4 Conclusion

Dans ce troisième chapitre nous avons présenté la méthodologie et ses différentes étapes, dans le chapitre suivant nous allons appliquer toutes ces étapes dans notre cas d'étude.

Chapitre 04

CHAPITRE 4 APPORT SCIENTIFIQUE

4.1 INTRODUCTION

Dans ce chapitre nous allons parler de l'entreprise où nous avons effectué notre stage et notre collaboration. En premier lieux, nous allons déterminer et présenter l'entreprise et son processus de production, ensuite nous allons présenter la modélisation du système de production sur ARENA, où nous allons donner les calculs des buffers et les calculs trouvés en appliquant le DDMRP, puis une comparaison des résultats trouvés.

4.2 Présentation de l'entreprise

L'entreprise **l'EXQUISE** a commencé à fabriquer de la limonade en Mars 1928 sous la direction de Mr RAHMOUN Larbi et Mr KHEDIM Djilali qui étaient associés, grâce à leurs premier succès Mr RAHMOUN a pu mettre au point un système dit « de la cloche » qui lui permettait de fabriquer du CO₂.

L'exquise souffrira longtemps de ses origines. Après le départ de Mr KHEDIM la société de Larbi RAHMOUN et fils fut créé en 1951. Le formidable essor de l'entreprise lui permit de se doter en 1956 de la 1^{ère} machine automatique qui permettra une production de 8000 bouteilles/heures

La jeune et nouvelle équipe qui se compose de RAHMOUN Amine, RAHMOUN Réda et RAHMOUN Otmane innove dans un emballage new-look important ses propres bouteilles, elle s'installe à la zone industrielle et investit dans du matériel de technologie moderne, leur seule et unique devise demeure ''Restons fidèles à nos traditions''.

4.2.1 Description et processus des produits fabriqués

1. **Réception de matière première** : cette étape comprend la réception des ingrédients ou bien des matières essentielles pour pourvoir produire la limonade, ces dernières se composent de :

- L'eau traitée.
- Sucre.
- Acide citrique.

- Colorants.
2. **Contrôle qualité** : les ingrédients réceptionnés vont passer au service de contrôle afin de vérifier s'ils sont de bonne qualité, et pour éviter tout genre de problème durant la production de la limonade.

3. Etapes de la formation du sirop

- **Etape 1** : après avoir fait le contrôle, on va faire fondre le sucre avec l'eau traitée et les conservateurs dans le but d'obtenir un sirop brut qui désigne un sirop d'une grande concentration avec une température qui varie entre 20° et 25°C.
- **Etape 2** : en cette étape notre sirop va être filtrer 2 fois :
 - 1^{ère} filtration : pour l'isolation des grandes particules.
 - 2^{ème} filtration : concernant les particules microscopiques.
- **Etape 3** : le sirop filtré va être transféré à l'aide d'une pompe vers 6 cuves. 5 cuves ont une capacité de 3000 litres et la dernière a une capacité de 5000 litres. On a des arômes dans chaque cuve avec de l'acide citrique et des colorants.

On a maintenant un sirop qui est aromatisé, son degré de Brix est entre 10° et 12°. Le Brix est le pourcentage de concentration du sucre dans le sirop.

4. Description du processus

On cite que l'entreprise l'exquise comporte 2 chaînes de production :

- 1- Une chaîne pour les bouteilles en plastique.
- 2- Une chaîne pour les bouteilles en verre.

L'entreprise L'EXQUISE produit suivant le stock de sécurité qui est de 200 palettes, chaque palette comporte 180 fardeaux pour les bouteilles de 1L et 100 fardeaux pour les bouteilles 2L et 240 fardeaux pour les bouteilles 33cl, mais la majorité du temps elle produit suivant les besoins du service commercial.

- **Etape 4** : Maintenant on va passer à la chaîne des bouteilles en plastique de : 1l, 2l et 33cl, alors nous allons décrire le processus de fabrication ;

- **La souffleuse** : c'est le fait d'obtenir des bouteilles soufflées et moulées tout en faisant passer des préformes dans le four à une température de 120°C, ces préformes sont achetées et non pas produits par l'entreprise.
- **La remplisseuse** : les bouteilles sont transférées de la souffleuse à la remplisseuse par un convoyeur, un capteur lit la présence de la bouteille à l'entrée de la remplisseuse, seulement en cas de présence d'une bouteille que le remplissage commence, le liquide à embouteiller se trouve dans un petit réservoir extérieur d'où il est envoyé aux vannes de remplissage par une pompe doseuse, ce dernier se fait de manière électronique volumétrique.
- Après le remplissage, les bouchons vont se mettre au-dessus des bouteilles remplies.
- **L'étiqueteuse** : les bouteilles vont passer d'une façon linéaire par le convoyeur afin de leur mettre l'étiquette qui contient toutes les informations qui intéressent les consommateurs.
- Après ces dernières vont être codées (date d'expiration et de production, heure de production).
- **La fardeuse** : c'est la dernière machine où les bouteilles vont être regroupées et former des fardeaux et il y a aussi l'enveloppement de ces fardeaux.
- Maintenant, il reste juste à stocker cette limonade en passant par la rouleuse.

4.2.2 Schéma du processus de production

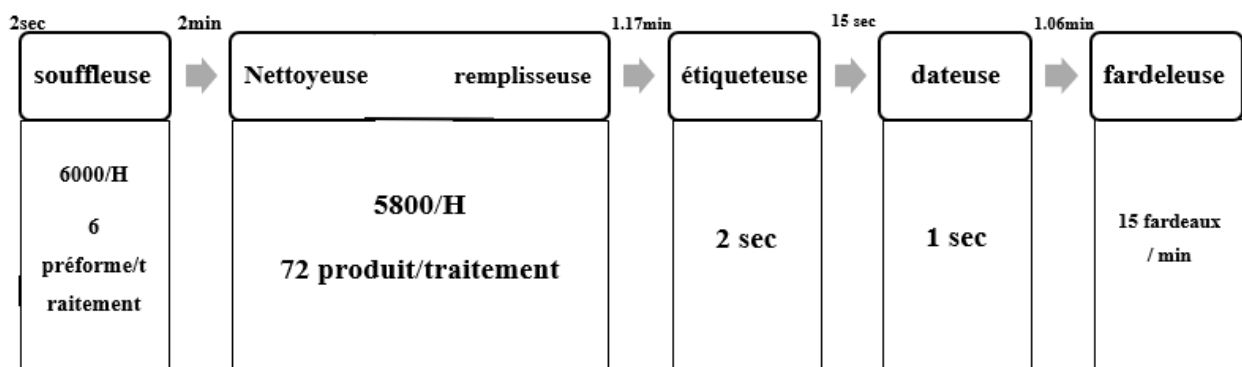


Figure 4-1 Schémas de processus de fabrication

Le temps d'arrivée des préformes à la souffleuse est chaque 2sec, le temps de déplacement des lots de la souffleuse vers la nettoyeuse est de 2min, puis 1.37 min vers l'étiqueteuse, 15sec vers la dateuse et finalement 1.06min vers la fardeleuse.

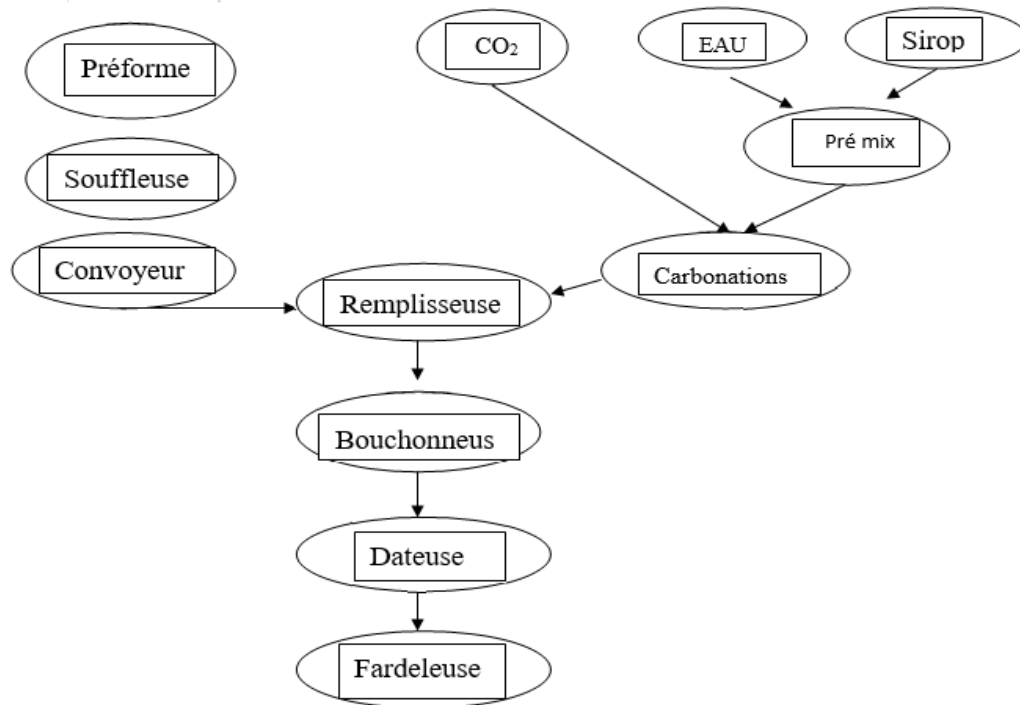


Figure 4-2 schémas de production de la limonade L'exquise

Nous avons présenté le processus de fabrication que nous avons choisi pour notre cas d'étude, alors dans la suite nous allons passer à la modélisation de ce système.

4.3 Modélisation du système

En premier lieu nous allons définir les entrées et les hypothèses de système. En deuxième lieu nous passons aux modélisations des deux modelés.

4.3.1 Formulation des entrées et des hypothèses

4.3.1.1 Les entrées

Dans le modèle que nous avons fait, les entrées qui parcourent les différents blocs sont représentés par des entités, ces entités représentent les ordres de fabrication qui se caractérise par des attributs, qui sont (taille du lot, priorité, volume de la bouteille, le gout)

4.3.1.2 Les hypothèses

Pour faciliter la modélisation et le fonctionnement du système de production nous avons formuler les hypothèses suivantes :

- On considère deux jours de weekend Vendredi et Samedi.
- L'usine fabrique trois tailles de bouteille 33cl, 1L et 2L. Dans notre cas, nous allons étudier les deux forme 1L et 2L, parce que la demande la plus forte concerne ses deux types.
- Les matières premières : les préformes, les bouchons, le sucre et les étiquettes d'emballage sont toujours disponibles.
- Les temps de déplacement des lots sont présentés dans la figure 4-1
- Les machines sont fiables, alors dans notre simulation n'en prend pas en considération la maintenance des machines.
- Nous avons 8 produits finis à étudier qui sont définis comme suite :
 - Des produits de types 1L avec 4 goûts,
 - Des produits de 2L avec 4 goûts.

Les goûts sont (ananas, citrons, pomme vert, pomme noire), c'est sur ces 4 goûts que nous avons une forte demande.

- Les opérateurs sont polyvalents et leurs temps de déplacement ne sont pas pris en considération. Les ressources sont disponibles au cœur de la production ; on parle de (matériel/humains).

4.4 Construction du modèle sans DDMRP :

Notre modèle de simulation se compose de trois parties dont la première résume la ligne de production, la deuxième pour les inputs qui sont les changements de moule et de goûts et les variables, la dernière construite pour les demandes des clients.

4.4.1 Modalisation la ligne de production

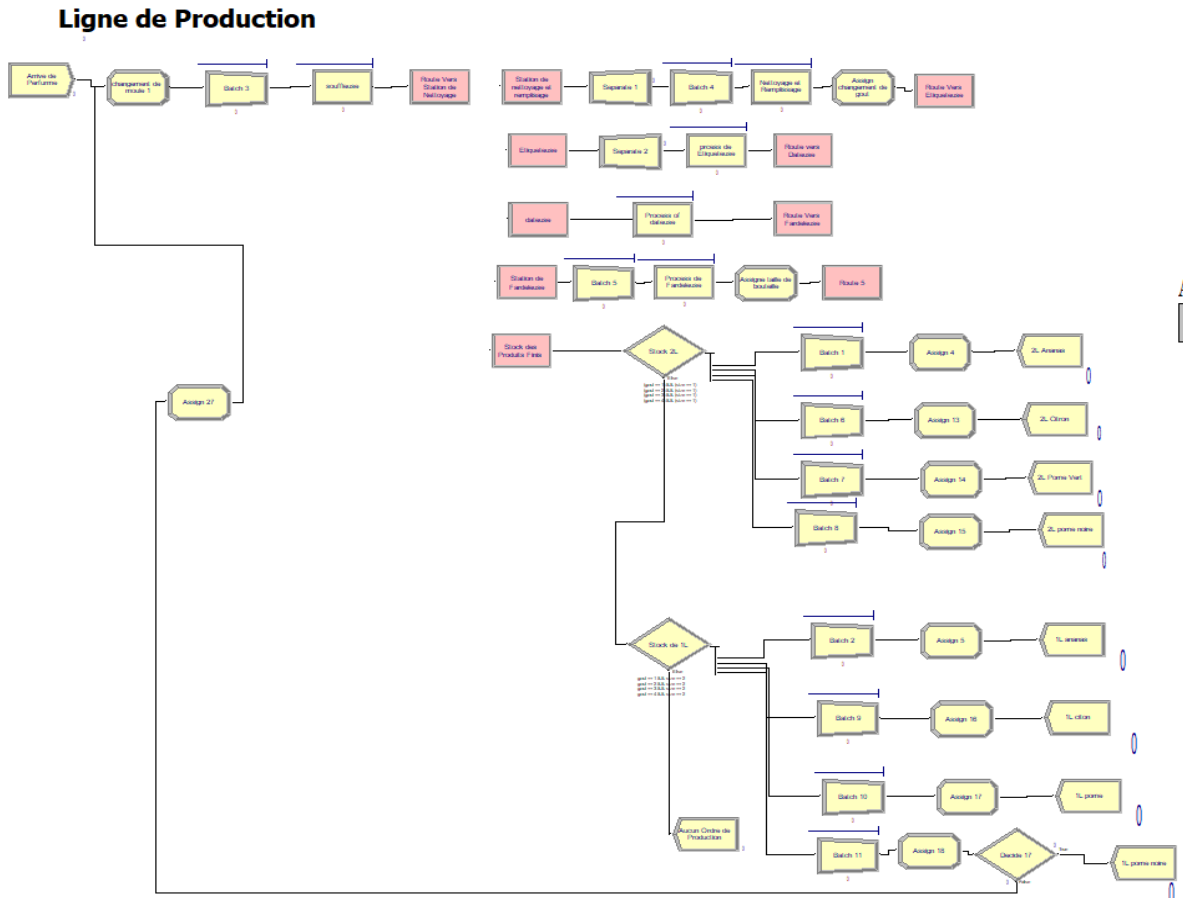


Figure 4-3 Modèle de simulation de la ligne de production l'exquise.

Le modèle de la ligne de production occupe la partie la plus importante dans la simulation, chaque station correspond à un processus de fabrication.

Nous avons quatre stations :

- Station de souffleur.
- Station de nettoyage et remplissage.

- Station étiqueteuse et dateuse.
- Station fardeleuses.
- Et stock de produit fini.

La production commence par l'arrivée des préformes sous forme d'entité, puis un bloc *Assigne* pour vérifier le type de moule (1L ou 2L), par la suite nous avons placé un bloc *Batch* pour qu'il puisse rassembler les préformes en 6 entités, ensuite ils rentrent dans la station souffleuse ; le bloc *Route* transfère les bouteilles vers la station de nettoyage et de remplissage ; deux blocs *Separate* et *Batch*, pour séparer les 6 entités précédentes et il les rassemble dans un autre *Batch* en 72 entités et c'est cette entité qui passe dans la station de nettoyage et remplissage, nous avons mis en place un module *Assigne* pour la vérification du changement de goûts.

Cette entité passe par la station étiqueteuse et dateuse en arrivant à la station fardeleuse, dans la station fardeleuses on a mis un module *Assigne* qui vérifie la taille des bouteilles, donc les entités qui sortent sont stockées par la suite dans le stock selon les goûts et la taille de la bouteille, à la fin on obtient 8 produits finis et 8 types de stocks.

4.5 Modélisation des inputs

4.5.1 Changement de moule

Cette figure représente la boucle de changement de moule, c'est-à-dire si nous allons travailler avec un volume de bouteilles de 2L ou bien de 1L.

Changement de Moule

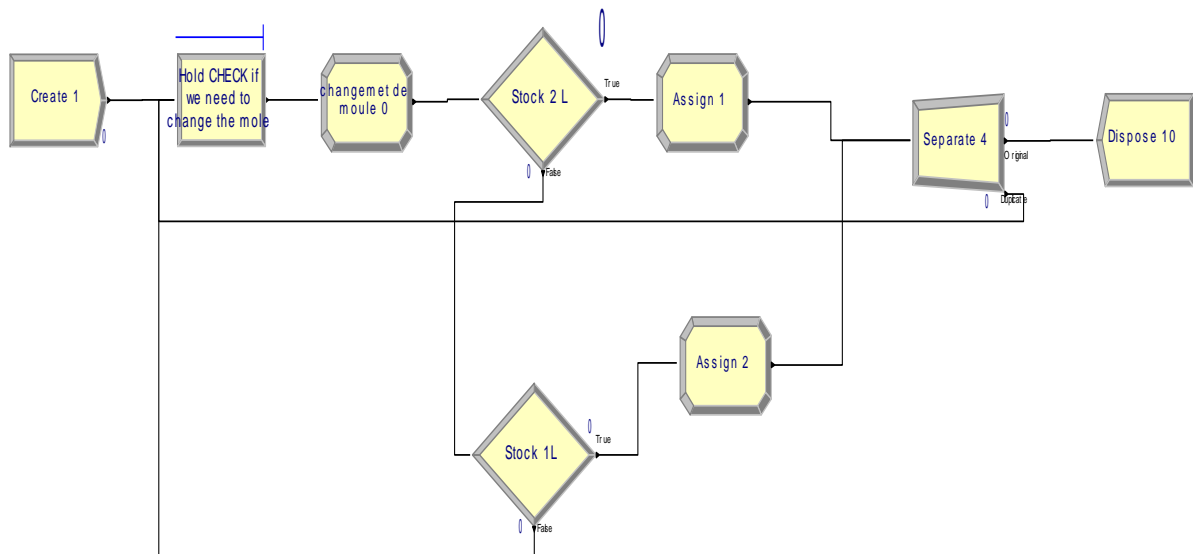


Figure 4-4 la boucle de changement de moule.

Le mécanisme de cette boucle commence par la création d'une seule entité pour démarrer la boucle, cette entité passe par le bloc *Hold* qui contient une condition qui va vérifier si nous avons besoin de changer le moule, après un bloc *Assigne* pour mettre à jour la condition mise dans le bloc *Hold*; nous avons placé dans cette boucle deux blocs *Decide*, le premier pour vérifier si le changement de moule correspond au volume de 2L, le deuxième pour le volume 1L, ensuite nous avons mis le bloc *Assigne* après chaque bloc *Decide* pour qu'il donne le type de volume choisi.

4.5.2 Changement de goûts

Cette figure représente la boucle de changement de goûts, c'est-à-dire quel est le goût qu'on doit remplir.

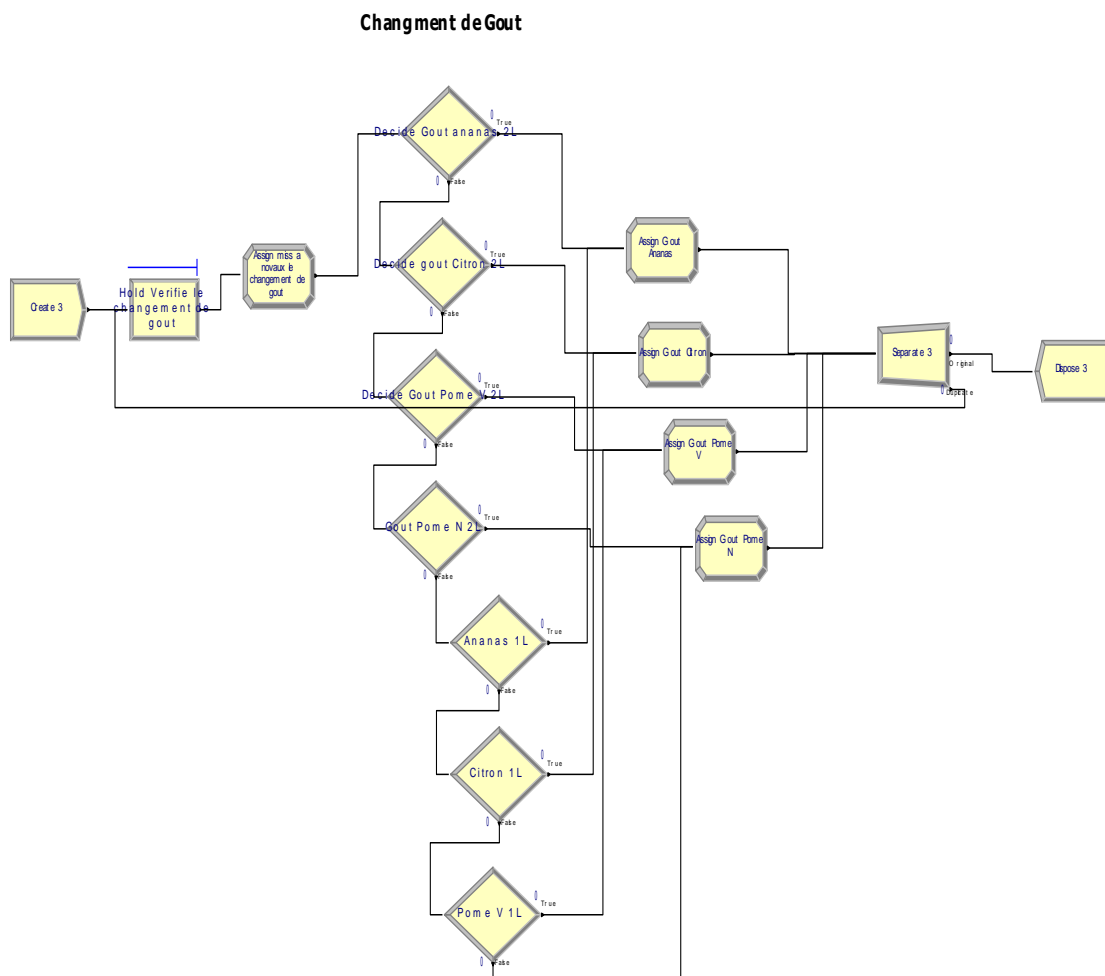


Figure 4-5 La boucle de changement de goûts

Le mécanisme de cette boucle commence par la création d'une seule entité pour démarrer la boucle, après nous avons un bloc *Hold* avec une condition qui vérifiera si on doit changer les goûts ou non, puis un bloc *Assigne* pour mettre à jour la condition de vérification dans le bloc *Hold*. 7 blocs *Decide* pour déterminer les différents goûts et le volume nécessaire à produire, ensuite 4 blocs *Assigne* pour déterminer le type de goûts.

4.5.3 Les demandes des clients

Cette figure présente une boucle qui sert à gérer les demandes des clients.

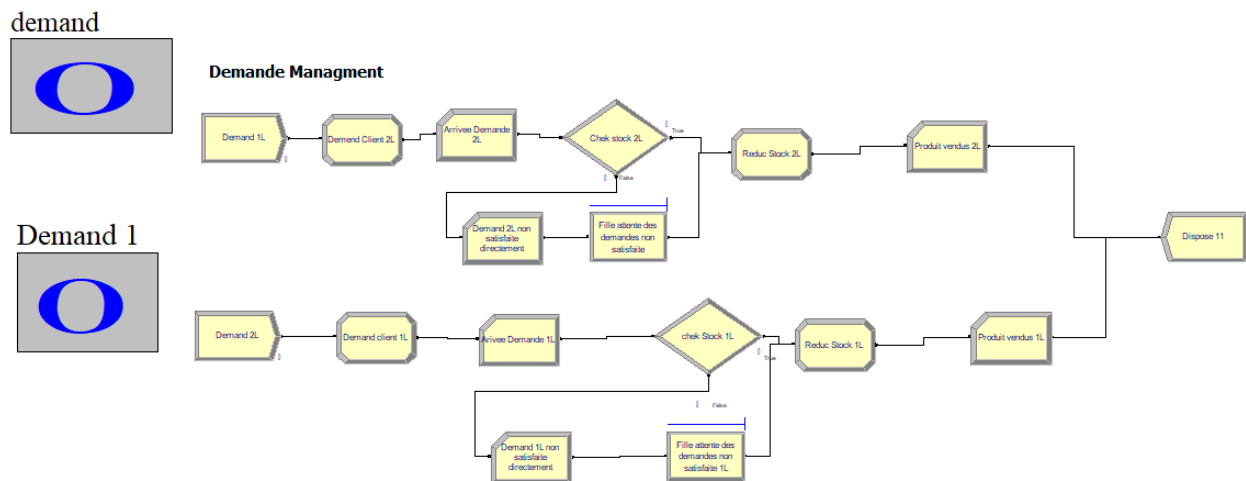


Figure 4-6 La boucle des demandes clients de produits fini

Le mécanisme de génération des demandes consiste à créer des entités qui représente les demandes des clients et leurs temps d'arrivée, le bloc *Assigne* consiste à déterminer la quantité de la demande, puis un bloc *Decide* qui sert à vérifier si cette quantité est disponible dans le stock des produits finis, si la demande est satisfaite la quantité en stock va diminuer par la valeur de la demande prise.

Sinon, l'entité rentre dans la file d'attente. Une fois que le niveau du stock est supérieur à la demande, l'entité est libérée et la demande est satisfaite, est le bloc *Record* enregistre le nombre des produits vendus.

4.5.4 Construction du modèle DDMRP

Dans cette partie nous allons définir les étapes du DDMRP l'une après l'autre, donc on va commencer par le positionnement stratégique des buffers, en suite nous allons calculer et déterminer les profils des buffers, puis l'ajustement dynamique des buffers, en fin la planification tirée par la demande.

4.6 Positionnement stratégique des buffers

Dans notre cas d'étude, nous allons positionner nos buffers dans les stocks des produits finis, parce que les matières premières sont disponibles et existe avec une quantité illimitée, aussi les arômes des quatre goûts sont disponibles (ananas, citrons, pomme vert, pomme noire)

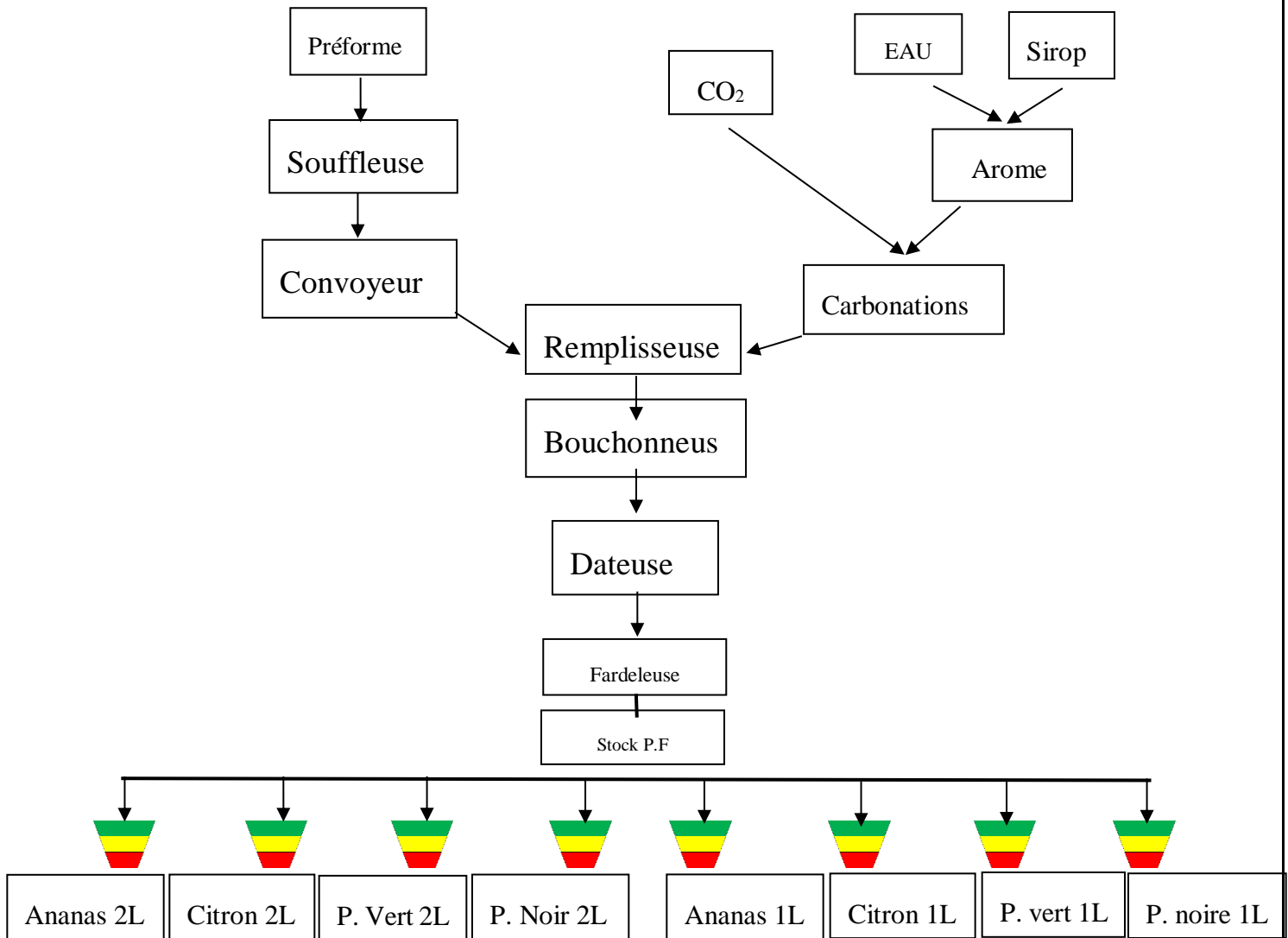


Figure 4-7 Positionnement des buffers dans le système de production

4.6.1 Détermination des profils des buffers

Dans cette deuxième étape nous allons calculer les profils des zones du buffer, les profils des zones (rouge, jaune et verte) sont calculés pour chaque produit fini.

Dans notre cas d'étude nous allons utiliser les données suivantes :

- **Pour buffer des produits de 2L :**
 - CMJ = 44
 - Lead time = 7 jours
 - Facteur de lead time = moyen (0.5)
 - Facteur de variabilité = moyen (0.5)

- **Pour buffer des produits 1L**
 - CMJ = 26
 - Lead time = 10 jours
 - Facteur de lead time = moyen (0.5)
 - Facteur de variabilité = moyen (0.5)

4.6.2 Calcule des profils des buffers

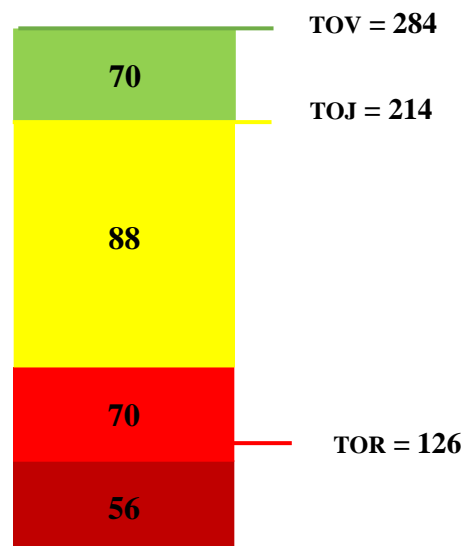
Calcule 2L ananas : LT = 2 j ; FIT = 0.8 ; FV = 0.8

Zone verte : $CMJ (44) * LT (2) * FLT (0.8) = 70$

Zone jaune : $CMJ (44) * LT (2) = 88$

Zone rouge ; base rouge : $CMJ (44) * LT (2) * FL (0.8) = 70$

Securité rouge: $base\ rouge (70) * FV (0.8) = 56$



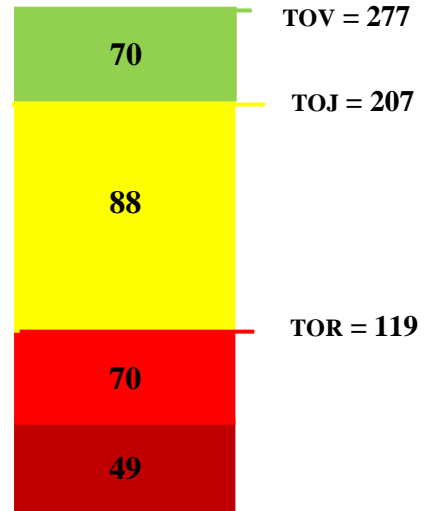
○ **Calcule 2L citrons : LT = 2j ; FLT =0.8 ; FV= 0.7**

Zone verte : $CMJ (44) * LT (2) * FLT (0.8) = 70$

Zone jaune : $CMJ (44) * LT (2) = 88$

Zone rouge ; base rouge : $CMJ (44) * LT (10) * FL (0.6) = 70$

Securité rouge: $base\ rouge (70) * FV (0.7) = 49$



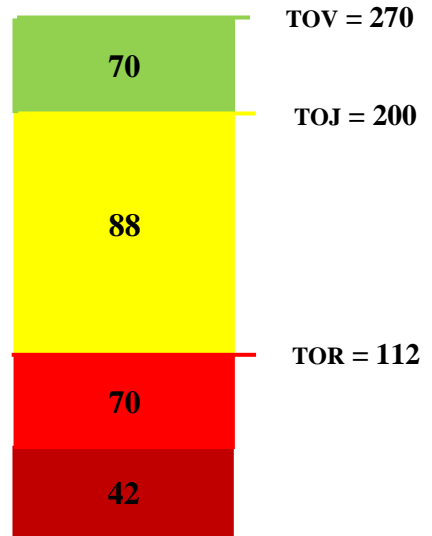
○ **Calcule 2L pomme verte : LT=2 ; FLT=0.8 ; FV=0.6**

Zone verte : $CMJ (44) * LT (2) * FLT (0.8) = 70$

Zone jaune : $CMJ (44) * LT (2) = 88$

Zone rouge ; base rouge : $CMJ (44) * LT (2) * FL (0.8) = 70$

Securité rouge: $base\ rouge (70) * FV (0.6) = 42$



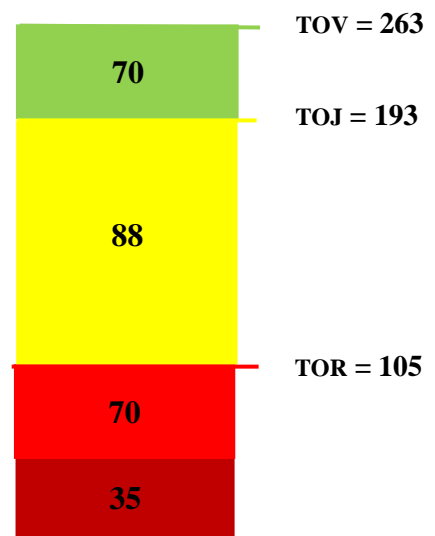
○ **Calcule 2L pomme noire : LT=2j ; FLT=0.8 ; FV=0.5**

Zone verte : $CMJ (44) * LT (2) * FLT (0.8) = 70$

Zone jaune : $CMJ (44) * LT (2) = 88$

Zone rouge ; base rouge : $CMJ (44) * LT (2) * FL (0.8) = 70$

Securité rouge: $base\ rouge (70) * FV (0.5) = 35$



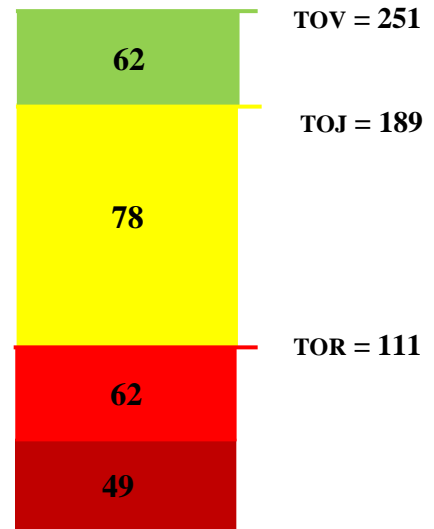
- **Calcule 1L ananas : LT=3 j ; FLT= 0.8 ; FV=0.8**

Zone verte : $CMJ (26) * LT (3) * FLT (0.8) = 62$

Zone jaune : $CMJ (26) * LT (3) = 78$

Zone rouge ; base rouge : $CMJ (26) * LT (3) * FL (0.8) = 62$

Securité rouge: $base\ rouge (62) * FV (0.8) = 49$



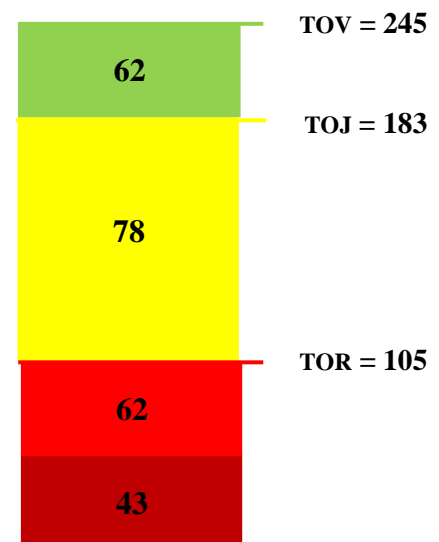
- **Calcule 1L citrons : LT=3 j ; FLT=0.8 ; FV=0.7**

Zone verte : $CMJ (26) * LT (3) * FLT (0.8) = 62$

Zone jaune : $CMJ (26) * LT (3) = 78$

Zone rouge ; base rouge : $CMJ (26) * LT (3) * FL (0.8) = 62$

Securité rouge : $base\ rouge (62) * FV (0.7) = 43$



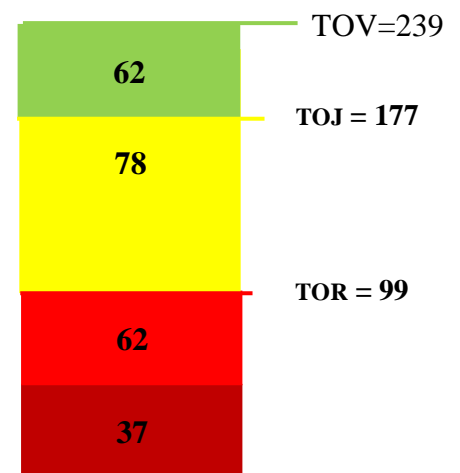
- **Calcule 1L pomme vert : LT=3 ; FLT=0.8 ; FV=0.6**

Zone verte : $CMJ (26) * LT (3) * FLT (0.8) = 62$

Zone jaune : $CMJ (26) * LT (3) = 78$

Zone rouge ; base rouge : $CMJ (26) * LT (3) * FL (0.8) = 62$

Securité rouge : $base\ rouge (62) * FV (0.6) = 37$



- *Calcule 1L pomme noire : LT=3 ; FLT=0.8 ; FV=0.5*

*Zone verte : CMJ (26) * LT (3) * FLT (0.8) = 62*

*Zone jaune : CMJ (26) * LT (3) = 78*

*Zone rouge ; base rouge : CMJ (26) * LT (3) * FL (0.5) = 62*

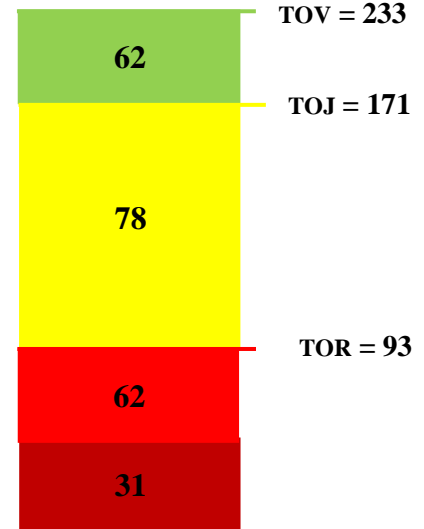
*Sécurité rouge : base rouge (62) * FV (0.5) = 31*

N.B :

$TOR^9 = \text{zone rouge base} + \text{zone sécurité}$

$IOJ^{10} = TOR + \text{zone jaune}$

$TOV^{11} = TOJ + \text{zone verte}$



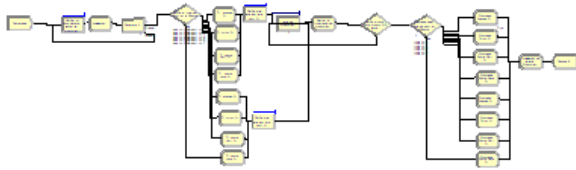
⁹ **TOR** : Top Rouge, la somme des deux zones rouges

¹⁰ **TOJ** : Top Jaune, la somme de la zone rouge plus la zone jaune

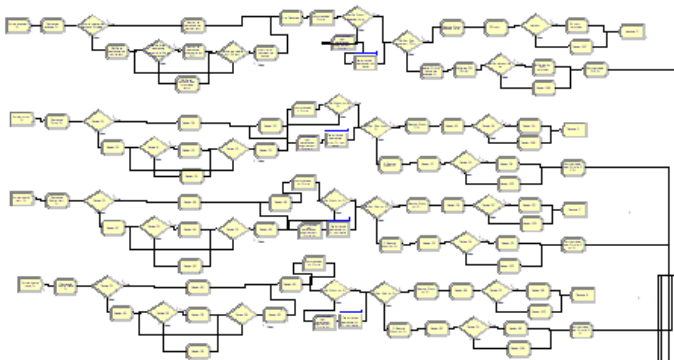
¹¹ **TOV** : Top vert, c'est la somme de toute les zones du buffer

4.7 Modèle Arena DDMRP :

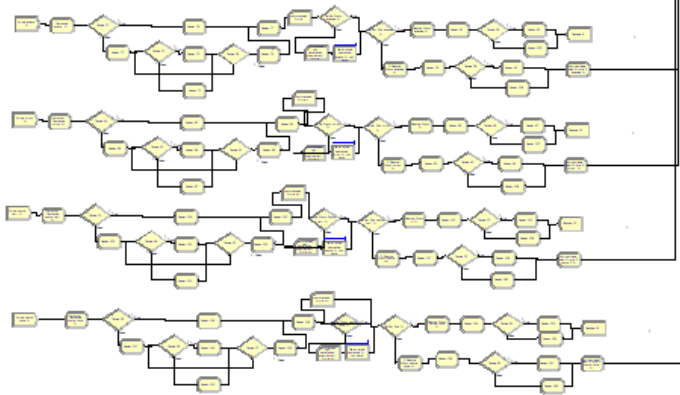
Ligne de Production



Les Buffer 2 Litre



Les Buffer 1 Litre



Les priorites des Ordre F a lance



Figure 4-8 modélisation Arena avec la méthode DDMRP

Le model Arena avec la méthode DDMRP est composé de 4 Parties :

- 1^{ère} partie : La ligne de production
- 2^{ème} partie : Les Buffers 2 Litre et 1 Litre
- 3^{ème} partie : Les priorités des ordres de fabrication
- 4^{ème} partie : Les indicateurs de performance

4.7.1 La ligne de production

La ligne de production est considérée comme la partie la plus pertinente et la plus importante dans le modèle puisque depuis cette partie on crée de la valeur ajoutée.

Ligne de Production

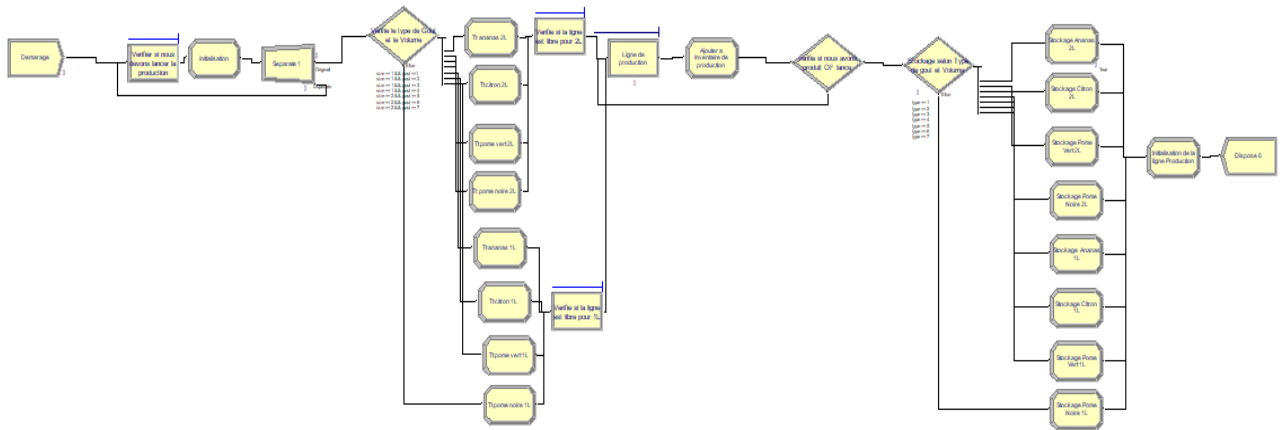
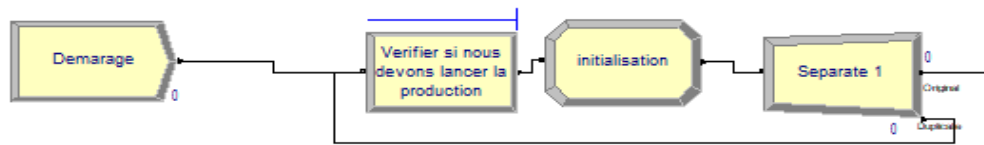


Figure 4-9 Présentation de la ligne de production sur Arena

Pour commencer une production, il nous faut un ordre de fabrication qui doit être lancer. Cet ordre de fabrication entre dans le bloc *Hold* pour vérifie si on doit lancer la production de cet ordre.



Oder Fabrication



Figure 4-10 Boucle de vérification des OF

Une fois que l'OF est lancé, le bloc *Decide* vérifie le type et le volume de produit qu'on doit fabriquer.

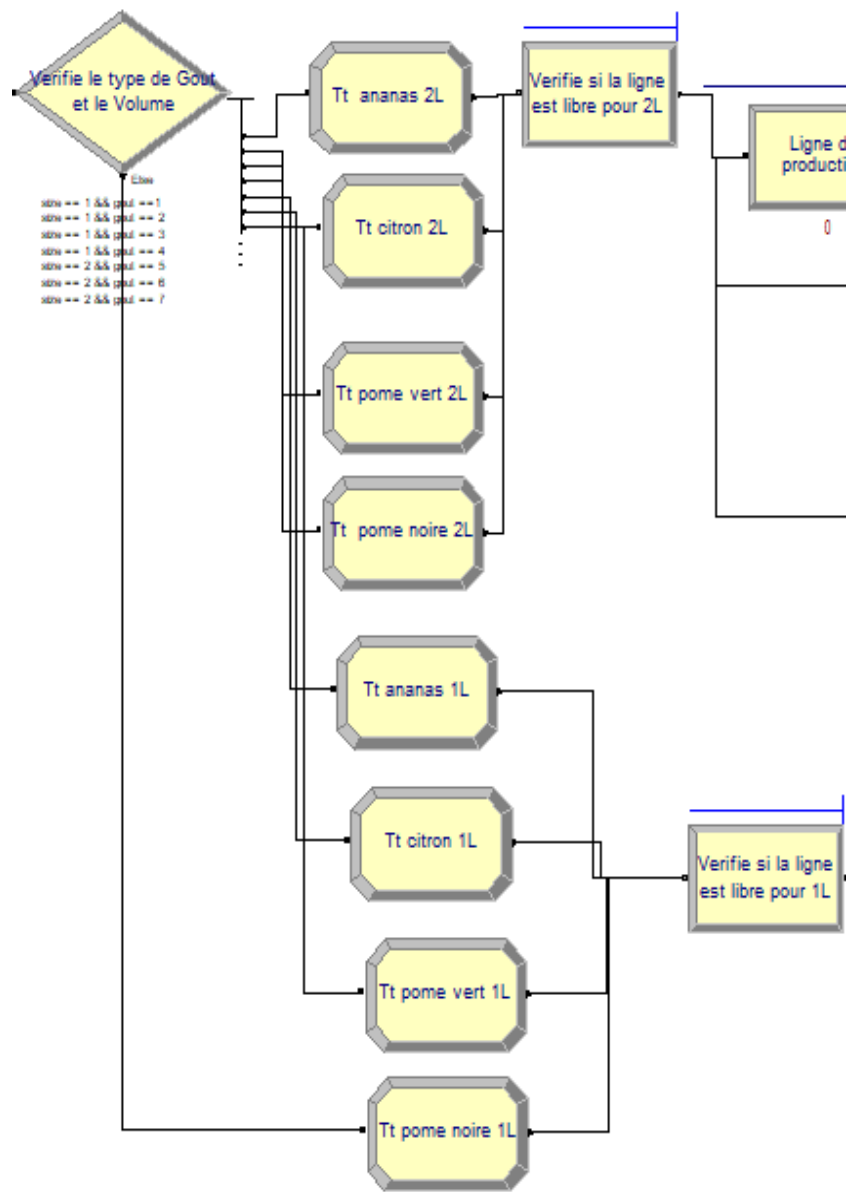


Figure 4-11 Vérification de gout et de volume

Après la ligne commence la production selon la quantité et le type indiqué par un OF, une fois l'inventaire de production est égal à OF demandé, l'entité quitte la boucle de production et un autre OF rentre dans la boucle de production, enfin les produits finis sont stockés selon le gout et le volume de la bouteille.

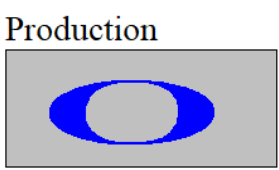
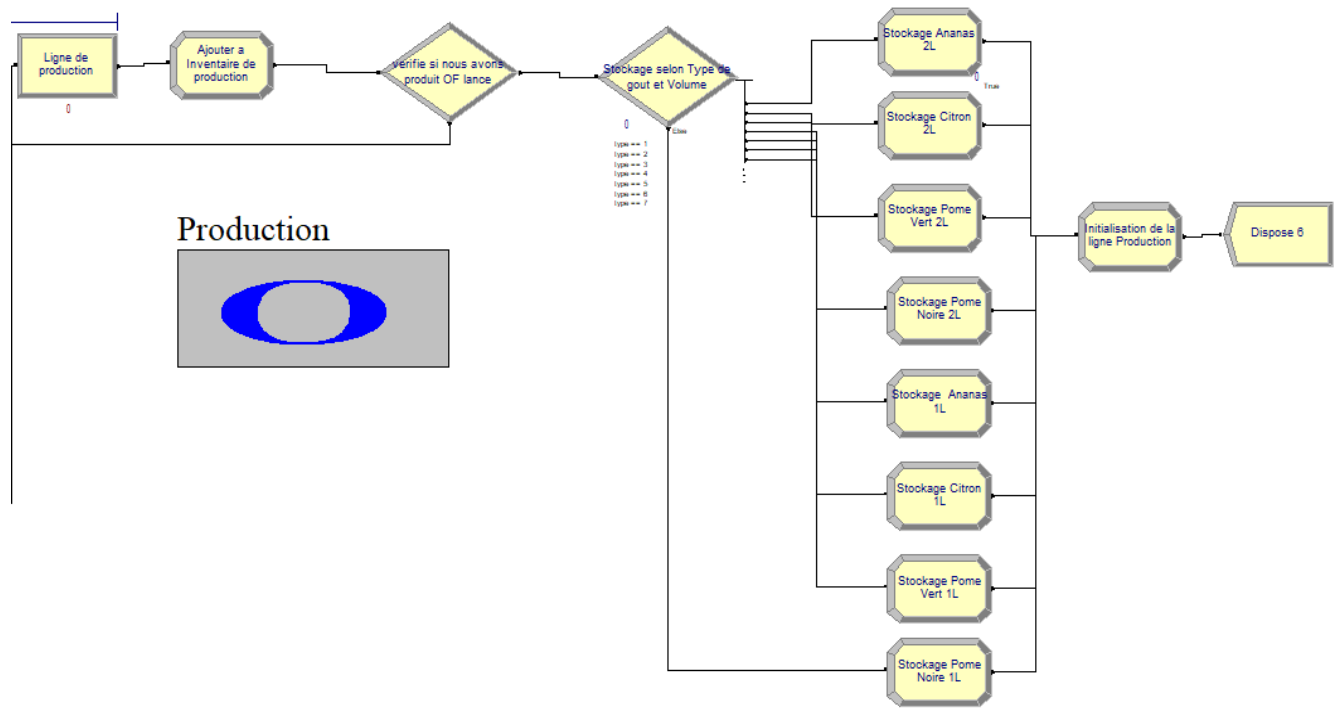


Figure 4-12 Boucle de stockage

4.7.2 Les buffers de 2 Litre et 1 Litre

Les Buffer 2 Litre

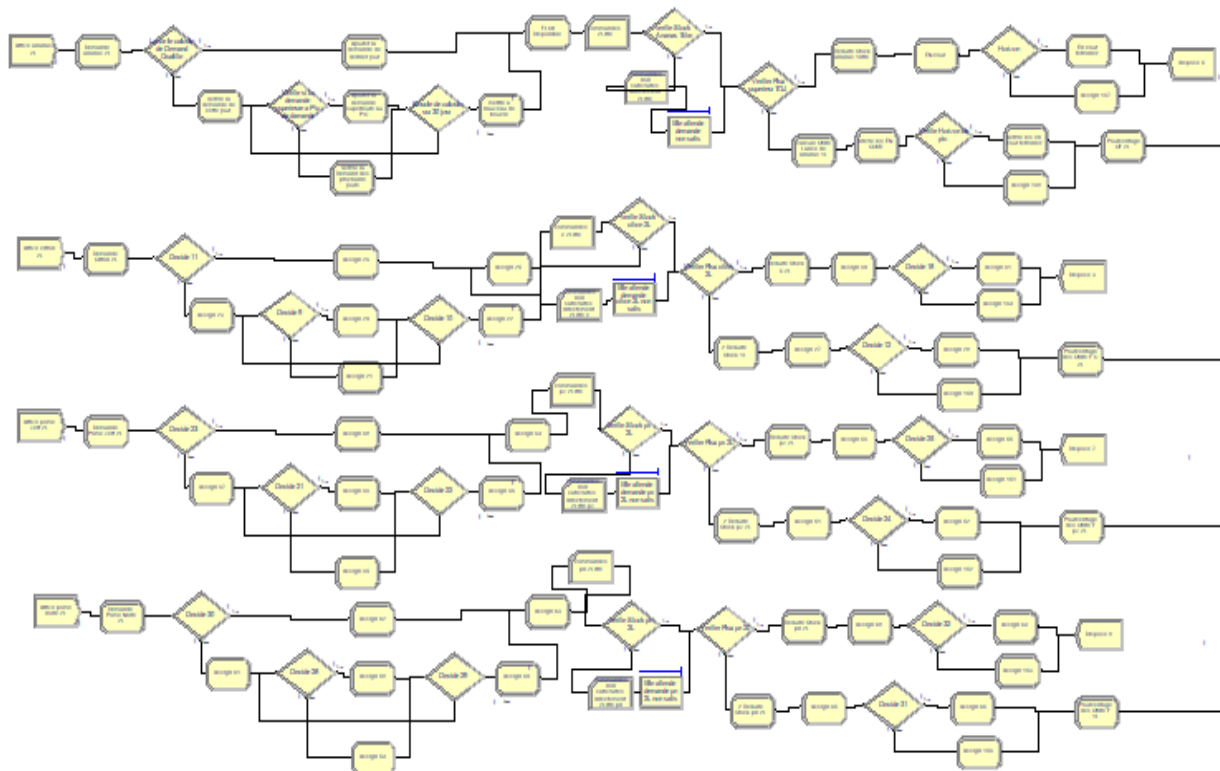


Figure 4-13 Boucle de calcul des buffers

Cette deuxième partie est la responsable sur tous les calculs des buffers du produits 2 Litre, elle donne des résultats sur :

- Les calculs de pic.
- Horizon.
- Demande qualifiée, et approvisionnement en cour.
- Stock physique disponible.
- Équation de flux.
- Ordre lancé, priorité et pourcentage de l'OF.

N.B : Le mécanisme des Buffer pour les produits 1 Litre est le même que cette partie.

Le calcul de pic de demande, l'horizon de pic, la demande et la demande qualifiée sont calculer dans cette boucle.

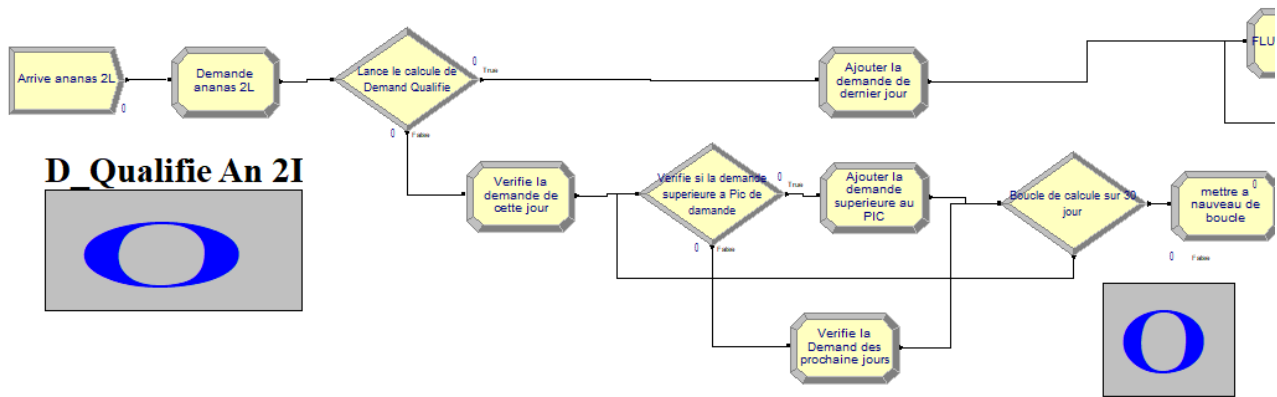


Figure 4-14 Boucle de calcul de pic de demande, l'horizon de pic, la demande est la demande qualifie.

Le mécanisme de cette boucle commence par la création chaque jour d'une entité qui représente la demande du client et leur temps d'arrivée, l'entité entre dans bloc *Assigne* pour déterminer sa quantité, ensuite passe par un bloc *Decide* pour lancé le calcul des demandes qualifié selon les 30 jours prochaine, ensuite un bloc assigne pour vérifier la demande de chaque jours cette dernière est vérifiée dans bloc *Decide* si elle est supérieure au pic de demande, si cette dernier est supérieure donc elle sera ajoutée à la demande qualifié.

Ensuite cette partie est responsable sur le calcul de l'équation de flux disponible, est vérifié si cette équation est inférieure au TOJ.

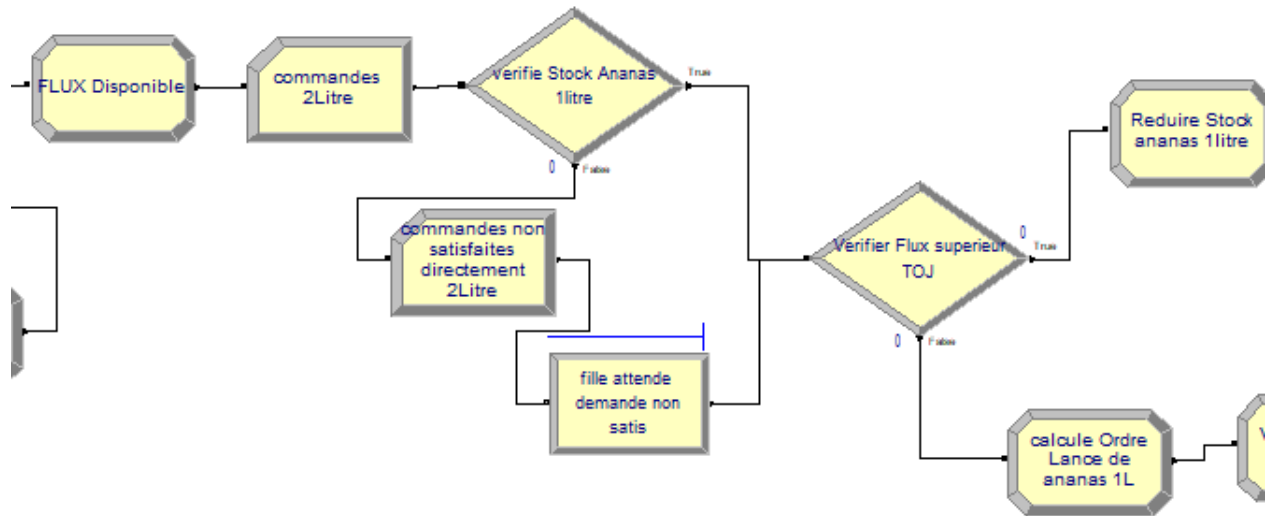


Figure 4-15 Calcul de l'équation de flux.

On premier le bloc *Assigne* pour calculer l'équation de flux, après le bloc *Record* pour calculer les nombres des commandes, après un bloc *Decide* pour vérifier le stock de l'ananas 2 litre, si le stock est supérieur à la commande alors cette dernière est satisfaite directement, si non elle passe par bloc *Record* pour calculer le nombre de commandes non satisfaites directement, ensuite elle entre dans les files d'attente jusqu'à ce que le stock de ananas 2 litre soit supérieure à la demande.

Ensuite cette partie est responsable sur le calculé d'ordre de fabrication, et les en-cours, et le pourcentage d'ordre de fabrication.

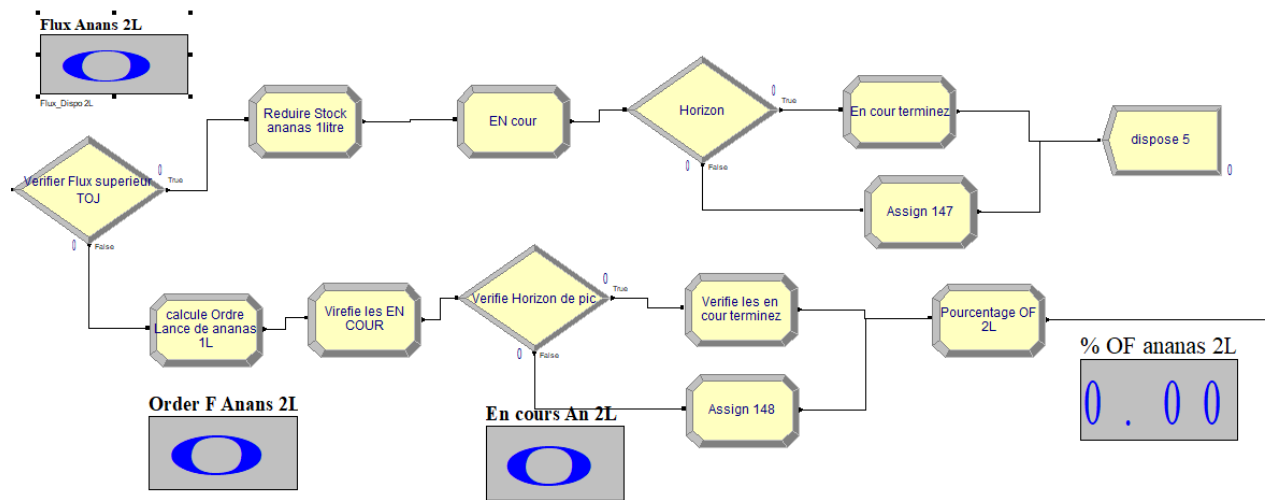


Figure 4-16 calcul de la taille de lot d'ordre de fabrication et les encours

Le bloc *Décide* vérifie si l'équation de flux est inférieure à TOJ, si cette dernière est juste, dans le bloc *Assigne* on calcule l'ordre de fabrication a lancé, et le bloc *Decide* vérifie l'horizon des demandes pour calculer les en-cours, enfin le bloc *Assigne* pour calculer le pourcentage de priorité de cet ordre.

Tout ce mécanisme est le même pour tous les buffers de chaque gout et chaque type.

4.7.3 Les priorités des ordres de fabrication

Enfin les pourcentages de chaque ordre F de chaque buffer, sont envoyé vers cette boucle pour calculer la priorité de chaque OF, et lancer les ordres selon leur priorité.

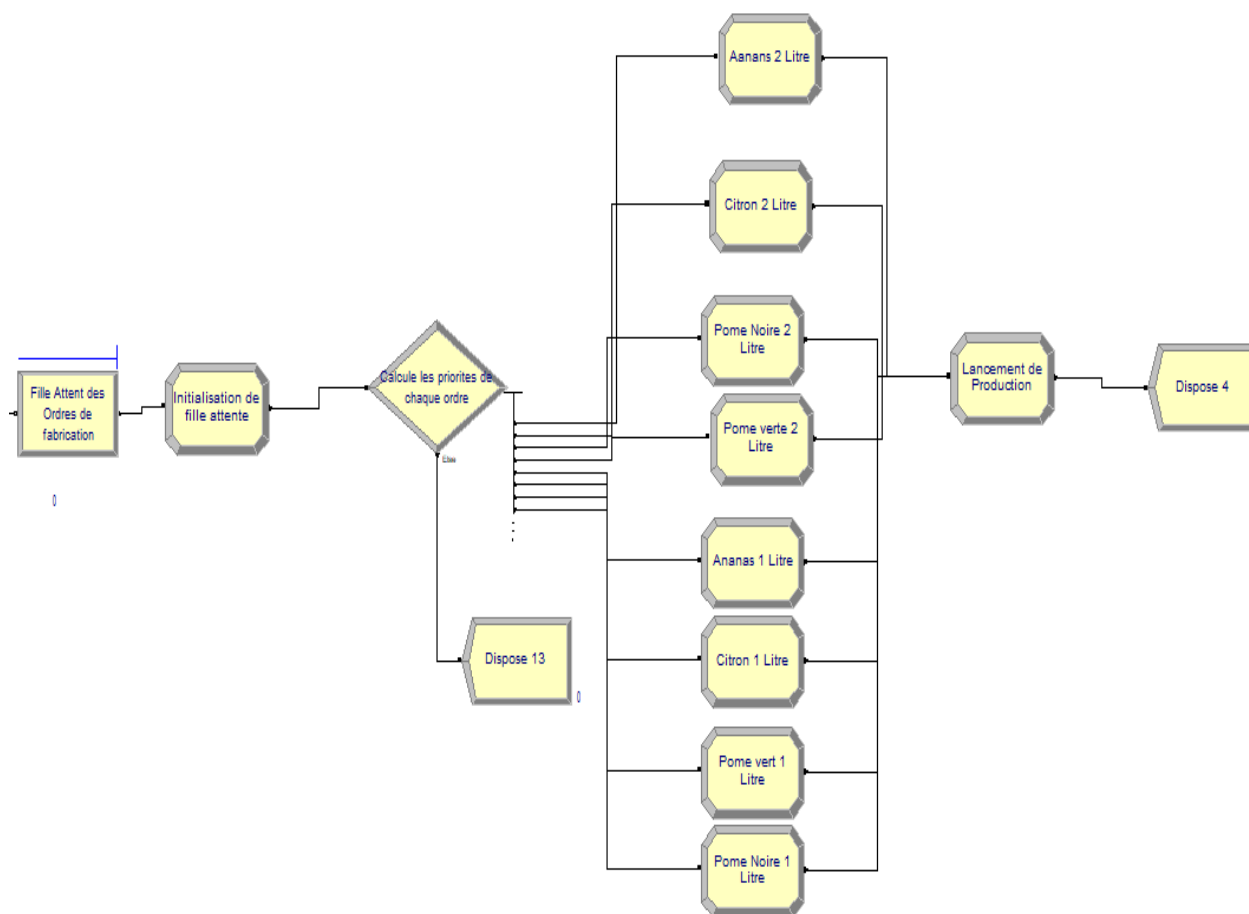


Figure 4-17 Les priorités des ordres

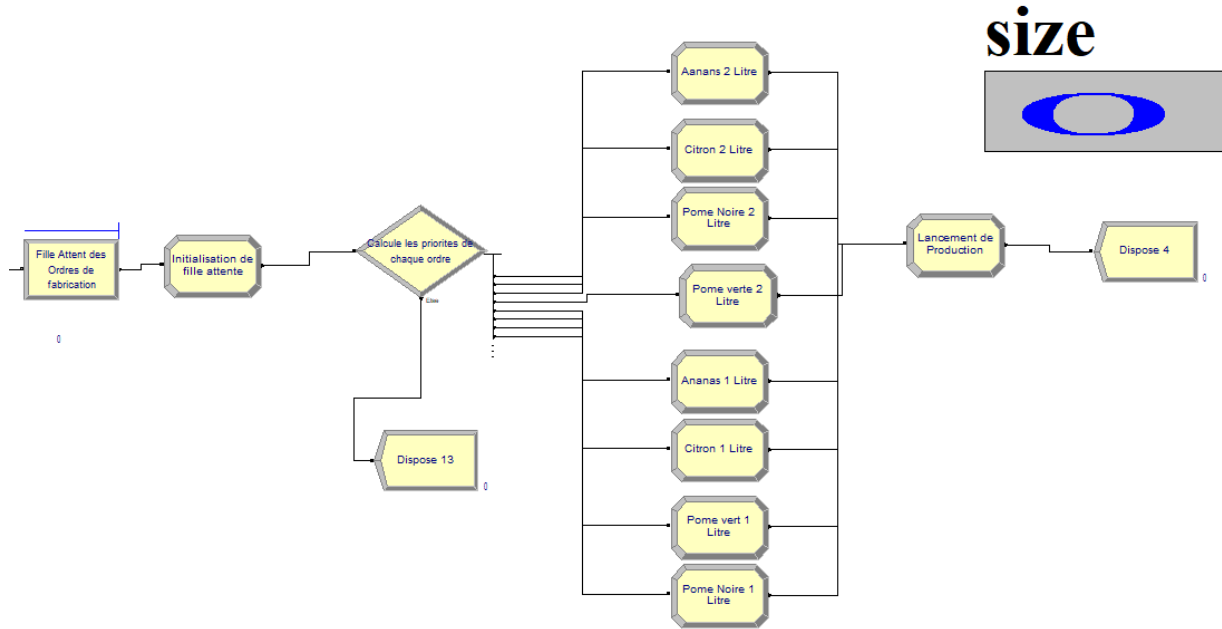


Figure 4-18 boucle de calcul des priorités de OF

Le bloc *Hold* regroupe tous les OF de chaque buffer, puis y'a le bloc *Decide* qui détermine les priorités des OF par leurs pourcentages c'est-à-dire ; l'ordre de fabrication qui a un pourcentage faible sera lancé en premier. Le bloc *Assigne* pour vérifier l'attribue d'ordre de fabrication lancé (le type de gout, volume) enfin la production est lancée par cet OF.

4.7.4 Les indicateurs de performance :

Pour avoir des résultats des deux modèles est pouvoir comparer entre eux, nous avons fixé plusieurs indicateurs de performance que nous avons déjà indiqué précédemment. Pour extraire les résultats de ces indicateurs pendant la simulation nous avons utilisé *Arena Statistic – Advance Process*.

Name	Type	Expression
1 Taux rotation des Stocks	Output	$((\text{Stock (1)} + (1200 * 25) - 602) / (\text{OVALUE}(\text{Stock Moyen 2 Litre}) * 25) + (\text{Stock (2)} + (1200 * 25) - 528) / ((\text{NC}(\text{commandes 1Litre}) + \text{NC}(\text{commandes 1Litre c}) + \text{NC}(\text{commandes 1Litre pn}) + \text{NC}(\text{commandes 1Litre pv})))$
2 Pourcentage des commandes satisfaites directement 1Litre	Output	$((\text{NC}(\text{commandes 1Litre}) + \text{NC}(\text{commandes 1Litre c}) + \text{NC}(\text{commandes 1Litre pn}) + \text{NC}(\text{commandes 1Litre pv})))$
3 Duree attente moyenne des commandes non satisfaites directement 2L	Output	$((\text{TAVG}(\text{file attente demande non satis.Queue.WaitingTime}) + \text{TAVG}(\text{file attente demande citron 2L non}))$
4 Duree attente moyenne des commandes non satisfaites directement 1L	Output	$(\text{TAVG}(\text{file attente demande anans 1L non satis.Queue.WaitingTime}) + \text{TAVG}(\text{file attente demande citron 1L non}))$
5 Lead Time 2 Litre	Output	$\text{OVALUE}(\text{Duree attente moyenne des commandes non satisfaites directement 2L}) + 7$
6 Lead Time 1 Litre	Output	$\text{OVALUE}(\text{Duree attente moyenne des commandes non satisfaites directement 1L}) + 10$
7 Taux de couvertures de stocks	Output	$(360 / \text{OVALUE}(\text{Taux rotation des Stocks})) / 16$
8 Stock Moyen 2 Litre	Output	$\text{DAVG}(\text{avg stock 2L})$
9 Stock Moyen 1 Litre	Output	$\text{DAVG}(\text{avg stock 1L})$
10 Pourcentage des commandes satisfaites directement 2Litre	Output	$((\text{NC}(\text{commandes 2Litre}) + \text{NC}(\text{commandes c 2Litre}) + \text{NC}(\text{commandes pv 2Litre}) + \text{NC}(\text{commandes pn 2Litre})) -$

Figure 4-19 Les indicateurs de performance

Ce process nous a permis de calculer les différents indicateurs de performance que nous avons mis en place :

- Pourcentage des commandes satisfaites directement.
- Duré d'attente moyenne des commandes non satisfaites directement.
- Taux de rotation des stocks.
- Taux de couverture des stocks.
- Stock moyen.
- Lead Time.

4.8 L'ajustement dynamique :

L'ajustement dynamique des zones des buffers se fait par l'une des trois méthodes :

1. L'ajustement recalculé,
2. L'ajustement planifié
3. L'ajustement manuel

Alors nous avons choisi l'ajustement recalculé basé sur CMJ. Il est exécuté par un mécanisme d'ajustement des buffers.

Dans notre cas d'étude le CMJ est stable pendant toute la période de simulation, donc l'ajustement dynamique des zones des buffers est stable pendant toute la période.

4.9 Planification pilotée par la demande :

La planification pilotée par la demande consiste à planifier les ordres de fabrication en DDMRP, est créé les différents ordres selon un processus bien déterminé. Tout d'abord, une entité, permettant de vérifier les différents niveaux des stocks et l'équation de flux disponible. Ensuite, elle détermine les buffers qui nécessitent des réapprovisionnements, c'est-à-dire déterminer si l'équation de flux calculée est inférieure à la limite supérieure de la zone jaune TOJ, ainsi les ordres de fabrication

sont déterminés pour chaque OF crée, il existe deux caractéristiques importantes la taille de lot de cet OF et ça priorité.

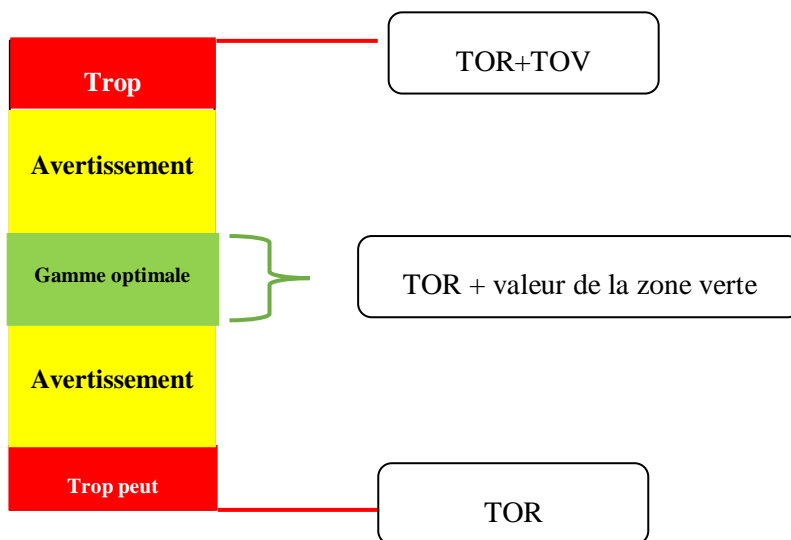
Pour la taille de lot, elle est calculée par l'équation suivent ($TOG - \text{Flux disponible}$), et la priorité est calculer selon le pourcentage ($\text{Flux disponible} / TOG$), plus le pourcentage est petit plus la priorité de l'OF est élevée.

Finalement, pour fabriquer un lot, la dernière étape consiste à vérifier si la ligne de production est libre. En effet, si la ligne est libre l'ordre de fabrication est lancé directement (sans aucun délai d'attente) vers la ligne. Sinon, le lot est maintenu dans un bloc « Hold ». Tout ce processus est présenté précédemment dans la partie de Modal Arena DDMRP (Figure 4-20).

4.10 Exécution collaborative et visible

L'exécution collaborative et visible a pour but d'anticiper les alertes de rupture de stock est les retards de livraison, dans notre cas d'étude nous avons choisi les alertes de rupture de stock.

Au premier lieu il faut que la position de stock en main de chaque buffer fluctué entre ces deux valeurs le **TOR** et le $TOR + TOV$

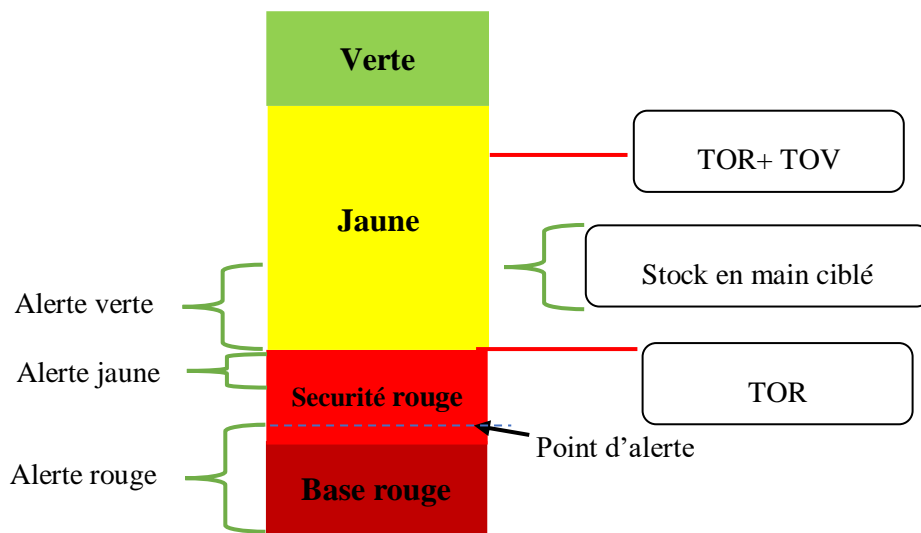


La gamme optimale est concerner par le stock en main cibler

Si le stock en main est $> TOR$ alors nous avons aucun problème, ça veut-dire que l'alerte de l'état du buffer affiche « vert »

Si le stock en main touche la zone rouge plus précisément dans la zone de sécurité rouge, alors on aura un avertissement sa couleur sera en « jaune »

Si le stock en main continu a érodé dans la zone rouge de sécurité, alors on aura l'alerte « jaune » qui se change en « rouge ». Ce changement du jaune au rouge s'effectue dans un point qui est dans la moitié de la zone rouge. Ce point appeler « alerte de position de stock en main » ou « the on hand alert level », si le stock en main est inférieur à ce point, l'alerte de rupture de stock est déclenché.



Chaque alerte est représenté par une couleur et un pourcentage, le pourcentage d'alerte est calculé par la formule suivante :

$$(Valeur\ de\ stock\ en\ main * 100) / TOR$$

Dans notre simulation si nous avons une alerte de rupture de stock dans un buffer, un ordre de fabrication sera lancé, si plusieurs ordres de fabrication son dans la file d'attente la priorité est accordée à l'ordre de fabrication qui à un pourcentage d'alerte le plus petit, et les niveaux de stock correspondant seront ajustés.

Enfin dans cette partie du modèle DDMRP nous avons développé les cinq étapes de la méthode ou nous avons expliqué et justifié chaque étape selon notre cas d'étude.

4.11 Vérification de la simulation

La vérification de la simulation consiste à valider les deux modèles pour assurer la qualité des modèles et de la crédibilité des résultats obtenus, et donc pour assurer que le modèle de simulation est fiable à ce que nous avons dans la réalité, et que nous avons bien représenté les ressources et les processus dans la simulation.

Pour cette vérification nous avons utilisé la technique de validation par l'animation, grâce à cette technique on peut contrôler le modèle partie par partie et bloc par bloc.

Dans cette animation la simulation est exécutée événement par événement et le comportement du modèle est représenté graphiquement dans le temps, cela nous permet de vérifier si les lots de fabrication et le processus de production sont bien exécutés

4.12 . Expérience, résultats et interprétation

Dans cette partie nous avons développé la dernière phase de notre méthodologie « expérimenter et interpréter ». Donc cette partie se compose en 3 étapes :

- La première étape vise à définir le plan d'expérience.
- La deuxième vise à présenter les différentes expériences réalisées,
- La troisième vise à présenter les résultats trouvés et leurs interprétations.

4.12.1 Plan d'expérience :

- I. Plan 1^{er} expérience : la Quantité de commande est constante, est la fréquence de commande constate, donc il y'a aucune source de variabilité, ce scénario représente un environnement parfait
- II. Plan 2^{ème} expérience : la quantité de commande pour chaque produit est variable, et la fréquence de commande est constante. Il y'a une source de variabilité dans la quantité de commande, ce scénario représente un environnement semi-parfait.
- III. Plan 3^{ème} expérience : la quantité de commande pour chaque produit est variable, et la fréquence de commande est variable. Ce scénario, avec deux sources de variabilités, représente l'environnement de nos jours

Tableau 4-1 représentation des plans d'expériences

Scénario	Quantité commandée	Fréquence de commande
1er expérience	Constante 20 palettes pour 2litre et 1 Litre	Constante 10 fois par semaine
2ème expérience	Variable	Constante 10 fois par semaine
3ème expérience	Variable	Variable

4.13 Expérimentation et interprétation :

Dans cette partie nous allons présenter les résultats trouver pour chaque expérience à travers les indicateurs de performance, nous allons utiliser des tableaux pour comparer les indicateurs de deux modèles, après nous allons interpréter les résultats trouvés pour chaque expérience et chaque indicateur de performance

4.13.1 1ère expérience : résultats et interprétation :

Pour la 1^{ère} expérience nous avons un scénario d'un environnement parfait, aucune source de variabilité

- *Indicateurs liés à la satisfaction des clients :*

Tableau 4-2 première expérience, indicateur de satisfaction client

Indicateurs	Sans DDMRP	Avec DDMRP
Pourcentage des commandes satisfaites directement 2 litres	100 %	100%
Pourcentage des commandes satisfaites directement 1 litre	35 %	100 %

Durée d'attente moyenne des commandes non satisfaites directement	0 jours	0 jours
Durée d'attente moyenne des commandes non satisfaites directement	2.9 jours	0 jours

Pour l'indicateur lié à la satisfaction des clients en remarque que le DDMRP a satisfaite directement tous les commandes client pour les diffèrent produits. Quand a modèle sans DDMRP en remarque un problème de satisfaction de client pour les produits de 1 Litre le pourcentage est 35% . Cela est dû à l'incapacité du stock 1 litre à répondre à toutes les commandes client directement.

De plus, pour la durée d'attente moyenne des commandes non satisfaites directement on remarque que le DDMRP était très efficace tous les commandes sont satisfaites sans aucun délai d'attente, au contraire pour le model sans DDMRP en remarque que les commandes 1 lite attende un délai de 2.9 jours avant d'être livrais.

- *Indicateurs liés aux stocks*

Tableau 4-3 première expérience, indicateurs stock

<i>Indicateur</i>	<i>Sans DDMRP</i>	<i>Avec DDMRP</i>
Taux de rotation des stocks	13.94	1.5
Taux de couverture des stocks	1.61	14.96
Stock moyen 2Litre sur mois	151	927
Stock moyen 1 Litre sur mois	60	715

Pour les indicateur lié aux stock en remarque que le taux de rotation des stocks sans DDMRP est surprieur à DDMRP , parce que le niveau des stocks moyen Sans DDMRP est très inferieur au niveau des stocks moyen avec DDMRP c'est pour ça que les stocks (sans DDMRP) sont plus renouvelable que DDMRP et ce qui justifie l'augmentation du taux de rotation. Cependant on ramarque que le DDMR était efficace dans le taux de couverture du stock, donc DDMRP est

capable de couvrir les stocks mieux tout en conservant un stock moyen supérieur à celui du model sans DDMRP.

- **Indicateurs Lies aux delais**

Tableau 4-4 première expérience, indicateurs délais

Indicateur	Sans DDMRP	Avec DDMRP
Lead Time pour 2 Litre	7 jours	7 j
Lead Time pour 1 Litre	12.92 jours	10 j

Pour les indicateurs liés aux délais, on remarque que le DDMRP est capable de réduire le lead time pour le produit de 1 litre de 12.92 jours jusqu' à 10 jours.

User Specified

Output

Output	Value
Duree attente moyenne des commandes non satisfaites directement 1L	2.9222
Duree attente moyenne des commandes non satisfaites directement 2L	0.00
Lead Time 1L	12.9222
Lead Time 2L	7.0000
Pourcentage des commandes satisfaites directement 1 Litre	0.3548
Pourcentage des commandes satisfaites directement 2 Litre	1.0000
Stock Moyen 1L	60.0000
Stock Moyen 2L	151.00
Taux de couverture des Stocks	1.6139
Taux de retention des stocks	13.9417

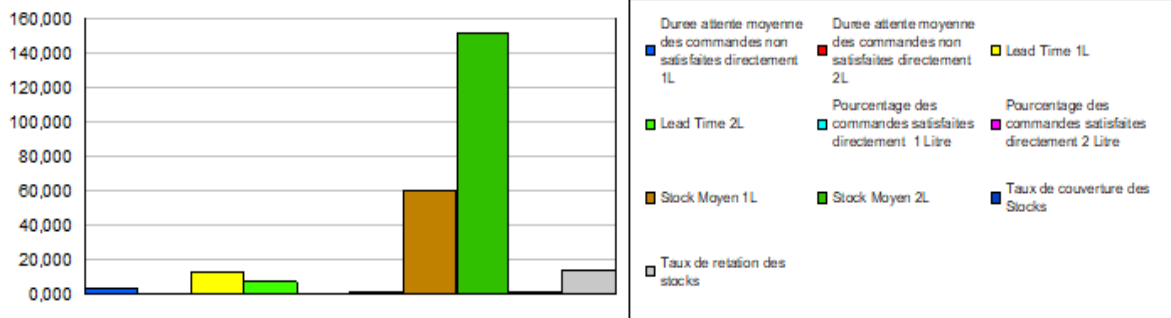


Figure 4-21 Résultat de 1^{ère} expérience Sans DDMRP

User Specified

Output

Output	Value
Duree attente moyenne des commandes non satisfaites directement 1L	0.00
Duree attente moyenne des commandes non satisfaites directement 2L	0.00
Lead Time 1 Litre	10.0000
Lead Time 2 Litre	7.0000
Pourcentage des commandes satisfaites directement 1Litre	1.0000
Pourcentage des commandes satisfaites directement 2Litre	1.0000
Stock Moyen 1 Litre	715.86
Stock Moyen 2 Litre	927.41
Taux de couvertures de stocks	14.9678
Taux rotation des Stocks	1.5032

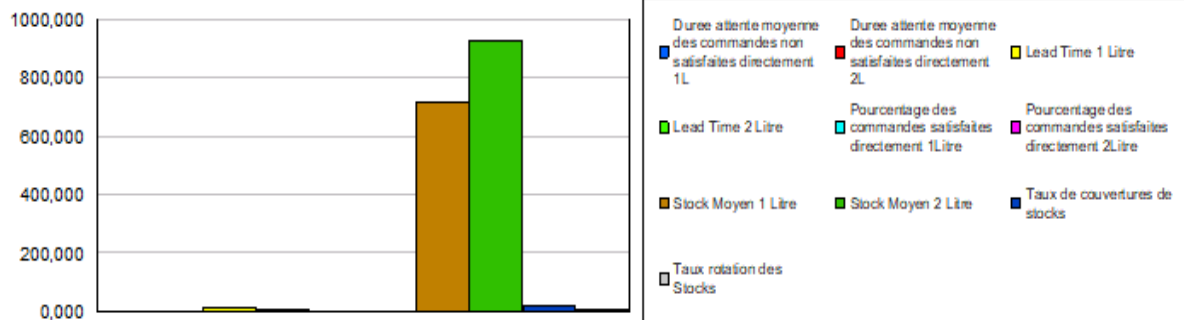


Figure 4-22 Résultat 1^{ère} expérience avec DDMRP

4.13.2 2^{ème} expérience : résultats et interprétation

Pour la 2^{ème} expérience, nous avons un scénario d'un environnement parfait, une source de variabilité de Quantité commandé.

- *Indicateurs liés à la satisfaction des clients :*

Tableau 4-5 deuxième expérience, indicateur de satisfaction client

Indicateurs	Sans DDMRP	Avec DDMRP
Pourcentage des commandes satisfaites directement 2 litres	100 %	100%
Pourcentage des commandes satisfaites directement 1 litre	20 %	100 %
Durée d'attente moyenne des commandes non satisfaites directement	0 jours	0 jours
Durée d'attente moyenne des commandes non satisfaites directement	3.89 jours	0 jours

Pour l'indicateur lié à la satisfaction des clients, on remarque que le DDMRP a satisfait directement tous les commandes client pour les différents produits. Quant au model sans DDMRP, on remarque un problème de satisfaction de client pour le produit 1 Litre le pourcentage est de 20 %, Cela est dû à l'incapacité du stock 1 litre à répondre à toutes les commandes client directement.

De plus, pour la Durée d'attente moyenne des commandes non satisfaites directement, on remarque que le DDMRP était très efficace tous les commandes sont satisfaites sans aucun délai d'attente, au contraire pour le model sans DDMRP en remarque que les commandes 1 Lite attendre un délai de 3.89 jours avant d'être livrais.

- **Indicateurs liés aux stocks**

Tableau 4-6 deuxième expérience, indicateur de stock

<i>Indicateur</i>	<i>Sans DDMRP</i>	<i>Avec DDMRP</i>
Taux de rotation des stocks	13.36 jrs	1.55 jrs
Taux de couverture des stocks	1.68 jrs	14.51 jrs
Stock moyen 2Litre sur mois (par palette)	121	884
Stock moyen 1 Litre sur mois (par palette)	71	699

Pour les indicateur lié aux stock, on remarque que le taux de rotation des stocks sans DDMRP est surprieur à DDMRP, parce que le niveau des stocks moyen Sans DDMRP est très inférieur au niveau des stocks moyen avec DDMRP, ce qui justifie l'augmentation du taux de rotation, cependant on remarque que le DDMRP était efficace dans le taux de couverture de stock donc DDMRP est capable de couvrir les stocks mieux tout en conservant un stock moyen supérieur à celui du modèle sans DDMRP

- **Indicateurs Lies aux delais**

Tableau 4-7 deuxième expérience, indicateur de délais

Indicateur	Sans DDMRP	Avec DDMRP
Lead Time pour 2 Litre	7 jours	7 jours
Lead Time pour 1 Litre	13.89 jours	10 jours

Pour les indicateurs liés aux délais, on remarque que le DDMRP est capable de réduire le lead time pour les produits de 1 litre de 13.89 jours jusqu'à 10 jours.

User Specified

Output

Output	Value
Duree attente moyenne des commandes non satisfaites directement 1L	3.8949
Duree attente moyenne des commandes non satisfaites directement 2L	0.00
Lead Time 1L	13.8949
Lead Time 2L	7.0000
Pourcentage des commandes satisfaites directement 1 Litre	0.2000
Pourcentage des commandes satisfaites directement 2 Litre	1.0000
Stock Moyen 1L	71.1525
Stock Moyen 2L	121.00
Taux de couverture de Stocks	1.6836
Taux de retation des stocks	13.3640

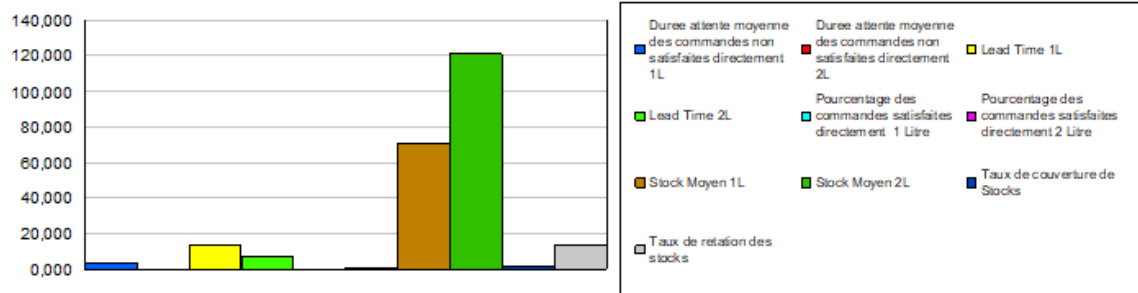


Figure 4-23 Résultats 2^{ème} expérience sans DDMRP

User Specified

Output

Output	Value
Duree attente moyenne des commandes non satisfaites directement 1L	0.00
Duree attente moyenne des commandes non satisfaites directement 2L	0.00
Lead Time 1 Litre	10.0000
Lead Time 2 Litre	7.0000
Pourcentage des commandes satisfaites directement 1Litre	1.0000
Pourcentage des commandes satisfaites directement 2Litre	1.0000
Stock Moyen 1 Litre	699.09
Stock Moyen 2 Litre	884.36
Taux de couvertures de stocks	14.5159
Taux rotation des Stocks	1.5500

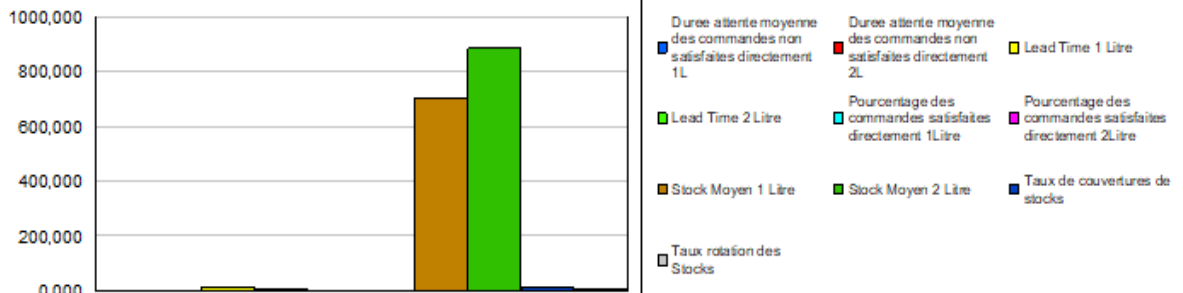


Figure 4-24 Résultats 2^{ème} expérience avec DDMRP

4.13.3 3^{ème} expérience : résultats et interprétation

Pour la 3^{ème} expérience, nous avons un scénario qui représente l'environnement de nos jours avec deux sources de variabilité, la quantité commandée et la fréquence de commande

- *Indicateurs liés à la satisfaction des clients :*

Tableau 4-8 troisième expérience, indicateur de satisfaction client

Indicateurs	Sans DDMRP	Avec DDMRP
Pourcentage des commandes satisfaites directement 2 litres	31 %	82 %
Pourcentage des commandes satisfaites directement 1 litre	15 %	83 %
Durée d'attente moyenne des commandes non satisfaites directement 2 Litre	7.68 jours	0.72 jours
Durée d'attente moyenne des commandes non satisfaites directement 1 Litre	10 jours	5.8 jours

Dans un environnement de variabilité, on remarque que le DDMRP était efficace est capable de satisfaire les commandes directement par un pourcentage acceptable de 80 %, au contraire pour le modèle sans DDMRP les pourcentages de satisfaction étaient très bas de 30 % jusqu'à 15 % parce que les stocks des produits 1 litre et 2 litres n'étaient pas capable de couvrir toutes les commandes directement dans cet environnement.

Pour la durée d'attente moyenne des commandes non satisfaites directement 2 Litre, on remarque que la durée dans DDMRP a été réduite de 7.68 jours à 0.72 jours, et pour les produits 1L de 10 jours à 5.8 jours, cela montre que DDMRP a été très performante contrairement au modèle sans DDMRP.

- **Indicateurs liés aux stocks**

Tableau 4-9 troisième expérience, indicateur de stock

<i>Indicateur</i>	<i>Sans DDMRP</i>	<i>Avec DDMRP</i>
Taux de rotation des stocks	18.44	3.35
Taux de couverture des stocks	1.21	6.71
Stock moyen 2 Litre sur mois	64	375
Stock moyen 1 Litre sur mois	65	341

Pour les indicateurs de stock dans cet environnement variable, on remarque que le DDMRP était très efficace dans le taux de couverture des stocks, elle était capable de mieux couvrir les stocks pendant une durée de 6 jours, en plus elle garde les stocks moyens supérieurs que le modèle sans DDMRP. Cependant, le taux de rotation des stocks du DDMRP était inférieur parce que les niveaux de stock moyen du modèle sans DDMRP étaient très bas.

- **Indicateurs Liés aux délais**

Tableau 4-10 troisième expérience, indicateur de délais

Indicateur	Sans DDMRP	Avec DDMRP
Lead Time pour 2 Litre	14.68 jours	7.72 j
Lead Time pour 1 Litre	20 jours	15.87 j

Dans cet environnement, on remarque par comparaison entre les indicateurs de délai des deux modèles que le DDMRP est meilleur, il est capable de réduire les lead times pour 1 litre de 4.2 jours et pour 2 litres de 7 jours, donc DDMRP est plus efficace.

User Specified

Output

Output	Value
Duree attente moyenne des commandes non satisfaites directement 1L	10.0801
Duree attente moyenne des commandes non satisfaites directement 2L	7.6855
Lead Time 1L	20.0801
Lead Time 2L	14.6855
Pourcentage des commandes satisfaites directement 1 Litre	0.1538
Pourcentage des commandes satisfaites directement 2 Litre	0.3196
Stock Moyen 1L	65.3700
Stock Moyen 2L	64.2535
Taux de couverture des Stocks	1.2196
Taux de retention des stocks	18.4484

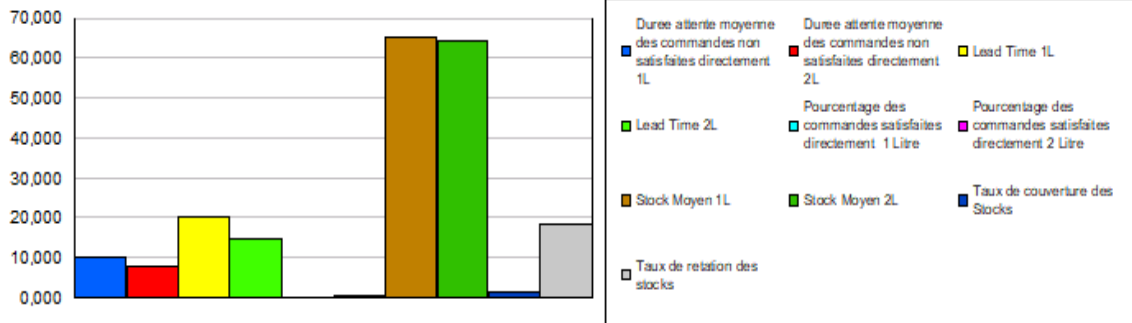


Figure 4-25 Résultats 3^{ème} expérience Sans DDMRP

User Specified

Output

Output	Value
Duree attente moyenne des commandes non satisfaites directement 1L	5.8729
Duree attente moyenne des commandes non satisfaites directement 2L	0.7250
Lead Time 1 Litre	15.8729
Lead Time 2 Litre	7.7250
Pourcentage des commandes satisfaites directement 1Litre	0.8333
Pourcentage des commandes satisfaites directement 2Litre	0.8250
Stock Moyen 1 Litre	341.18
Stock Moyen 2 Litre	375.41
Taux de couvertures de stocks	6.7109
Taux rotation des Stocks	3.3528

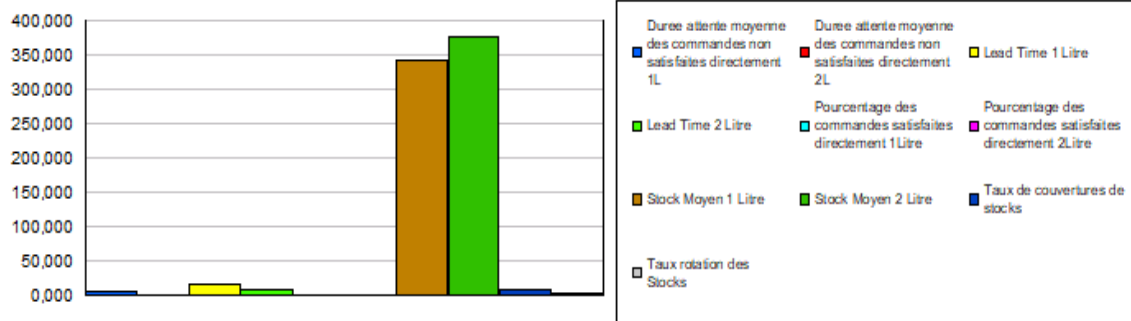


Figure 4-26 Résultats 3^{ème} expérience avec DDMRP

4.14 Interprétation

En constate que DDMRP est plus efficace et plus performant dans les trois plans d'expérience effectués et selon les différents environnements établis, ou nous avons bien remarqué que les pourcentages des commandes satisfaites directement à partir des stocks du DDMRP étaient toujours supérieurs est efficace. Également, pour la durée d'attente moyenne des commandes satisfaites directement des stocks, avec DDMRP, leurs délais de satisfaction étaient inférieurs que le modèle sans DDMRP et de même il a été réduit à cause de cette méthode qui vient de prouver son efficacité. Ensuite nous avons le lead time, nous remarquons que DDMRP était capable de réduire les leads time moyens pour les différents produits de 1 litre et 2 litres et selon les trois plans d'expériences fixés.

Alors, ce que nous pouvons dire de ce cas d'étude que nous venons d'appliquer, c'est que nous avons atteint notre objectif de ce projet de recherche. De plus, les promesses de DDMRP qui ont été fixées au début de ce mémoire, sont validées.

En revenant à notre question de recherche poser au début, ou nous avons dit que *Peut-on géré les ordres de fabrication et les stocks d'une entreprise d'une manier plus performante avec DDMRP?* et d'après les résultats obtenus des plans d'expériences on va répondre à cette problématique par : Oui.

DDMRP gère les ordres de fabrication et les Stocks mieux et intelligemment, et en plus d'une manière plus performante, comme preuve nous avons le modèle DDMRP qui a étai le plus performant est capable de gérer mieux la variabilité des demandes.

Ensuite, ce qui concerne les hypothèses que nous avons obtenues du livre (Ptak & Chad , 2016). On peut dire que :

- 1 : Oui DDMRP aide à absorber l'amplification de la demande (l'effet de fouet)
- 2 : Oui DDMRP garde l'inventaire dans un état optimal
- 3 : Oui DDMRP est capable de résister contre les variabilités de la demande
- 4 : Oui DDMRP garantit la satisfaction des clients.

4.15 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons parlé de l'entreprise l'Exquise et de son processus de production. Par la suite, nous avons présenté la modélisation du système de production de l'entreprise sur ARENA et nous avons fait de la comparaison entre les différents résultats des indicateurs de performances obtenus des deux modèles, et nous avons conclu que le modèle avec DDMRP été plus performant et efficace que le modèle sans DDMRP.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Dans notre projet, nous avons pris comme objectif de comparer la démarche et l'influence de la méthode DDMRP, pour cela nous avons exécuter le fonctionnement de système de production de la limonade chez l'exquise en deux modèles sans DDMRP et avec DDMRP.

Après sa nous avons identifié des plans d'expériences, donc d'après les expériences réalisées et les résultats obtenus de ces expériences, nous avons conclu que le modelé avec DDMRP été plus performant que le modèle sans DDMRP et cela dans tous les expériences établis.

Alors concernant l'indicateur de satisfaction des clients nous avons remarqué que les pourcentages des commandes satisfaites directement à partir de la méthode DDMRP été toujours supérieurs que sans la méthode, et pour les commandes qui ne sont pas satisfaites directement leur délai de satisfaction dans le DDMRP été toujours très inférieurs contrairement à sans DDMRP.

L'autre indicateur est celui qui est lie au stock, on remarque que le taux de couverture de stock été plus grand dans le modèle DDMRP cela montre que DDMRP est capable de mieux couvrir les stocks, concernant les taux de rotation des stocks du modèle sans DDMRP été supérieur au modèle avec DDMRP on peut le justifier par le fait que le niveau des stocks des produits avec DDMRP été supérieure. Et que le DDMRP a maintenus les niveaux des stocks moyens plus stable.

Revenant à l'indicateurs lie aux délais, on remarque que DDMRP capable de réduire le lead time moyen pour les deux produits dans tous les expériences établis.

Donc d'une façon générale notre étude sur le projet a montré encore une fois que l'utilisation de cette méthode a une grande importance dans la planification de la production, par rapport aux résultats obtenus nous pouvons dire que c'est une méthode qui va être très utiles aux exigences et aux demandes des client car elle s'adapte au changement des marchés et ces variabilités.

D'après tous ce que on vient de dire, le but de notre étude et attient, mais il reste que dans notre étude on rencontre certaines limites, par exemple dans notre cas nous avons étudié que 4 goût et deux volumes (1Litre, 2Litre) mais l'usine fabrique 7 goût et trois volumes (1L,2L et 33cl), d'une autre part et au point de vu de la simulation nous avons supposé que les machines sont fiables et l'environnement du système est parfait cela été aussi une limite, encore nous n'avons pas considéré l'effet de la variation du lead time dans le calcul des zones des buffers lors de leurs ajustements, et

ces points qu'on vient de citer nous suggérons de faire une étude sur l'effet de cette variations dans des futurs projets.

BIBLIOGRAPHIE

AGILEA. (s.d.). *AGILEA*.

AGILEA, Au-delà de Lean et MRP Demande Driven MRP. (2013).

Aicha FARISSI, a. (2013, 02 14). Application de la méthode MRP pour l'Amélioration du Processus Approvisionnement en Matière Première. *Ecole Supérieure de Technologie de Berrechid*, p. 15.

AMRANI-ZOUGGAR, A. (2006). Impact des contrats d'approvisionnement sur la performance de la chaîne logistique : Modélisation et simulation.

Arena rockwel automatiion. (2019). Récupéré sur Handling Science: http://www.handlingscience.com/Simulation/Arena_Simulation.html

Arena Rockwel Automation. (2019). Récupéré sur Handling Science: http://www.handlingscience.com/Simulation/Arena_Simulation.html

BABAI, M. Z. (2005). *POLITIQUES DE PILOTAGE DE FLUX DANS LES CHAINES*. PARIS.

Batiste Bahu, e. a. (2018, May). LE DDMRP : PREMIERS ÉLÉMENTS EMPIRIQUES DE COMPRÉHENSION DE SON CHOIX ET DE SON FONCTIONNEMENT. *Rencontres Internationales de la Recherche en Logistique et Supply Chain Managemen*. Paris, France: hal-01945973ff.

BOUDAHRI., F. (2007). Conception et Pilotage d'une Chaîne Logistique Agro-alimentaire. tlemcen.

Conference, I. (2016, juin). 6th International Conference on Information Systems, Logistics and Supply Chain. Bordeaux,, France.

Eddin, M. S. (2007). problème de dimensionnement de lot et de livraison : application. *l'obtention du grade de docteur en automatique et*. Belfort, technologie, Belfort: université .

HAMDI, F. (2017). Optimisation et planification de l'approvisionnement en présence du risque de rupture des fournisseurs. sfax, tunisie: Université de Sfax.

- Hietikko.J. (2014). Supply Chain Integration with Demand Driven Material Requirement. *Mémoire de maîtrise en management industriel*. Université de Vaasa, Finlande.
- Ihme, M. (2015). Interpreting and applying Demand Driven MRP, A case study. *thèse doctorat*. université de Nottingham Trent, Allmagne.
- Indicateurs de Performance dans les Fonctions du. (s.d.).
- Kaddoussi, A. (2012). Optimisation des flux logistiques. Lile, Ecole Centrale de Lille, france .
- Miclo. (2016). Challenging the “Demand Driven MRP” Promises: A Discrete Event Simulation. *Thèse de doctorat*,.
- MOULOUA, Z. (2007, septembre). Ordonnancements coopératifs pour les chaines logistiques . Lorrain, france: Laboratoire Lorrain de recherche en Informatique et ses Applications – UMR 7503.
- Ptak, C., & Chad , S. (2016). *Demand Driven Material Requirements Planning (DDMRP)*. 2 Haviland Street, Suite 3: Industrial Press.
- SAHBANI, M. A. (2013). LA GESTION DE LA CHAÎNE LOGISTIQUE. algerie.
- Smith, C. P. (2016). *Demand Driven Material Requirements Planning (DDMRP)*. 2 Haviland Street, Suite 3: Industrial Press.
- Smith, P. e. (2011). *Orlicky's material requirement planning*. 3e edition.
- Wajd, T. (juin 2018). *COMPARAISON DES APPROCHES DDMRP ET EOQ : MODÉLISATION ET SIMULATION D'UN CAS D'ÉTUDE*. Montréal: mémoire master 2 .
- (2019, 04 26). Récupéré sur Glossaire: <https://www.e-marketing.fr/Definitions-Glossaire/Flux-tire-241841.htm>
- (2019, 4 11). Récupéré sur nutcache: <https://www.nutcache.com/fr/blog/pourquoi-planifier-un-projet-objectifs-de-la-planification/>