

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Ecole Nationale Polytechnique



Département de Génie Industriel
Option Management Industriel

Mémoire de Projet de fin d'étude
pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en Génie Industriel

**Contribution à l'élaboration d'un plan de production d'une nouvelle
ligne industrielle par la modélisation mathématique.
-Application : Unilever Algérie-**

**M^{lle} Rima BENDIAB
M Diab SATTOUF**

Sous la direction de :
M Ali BOUKABOUS (Maître assistant A)

Présenté et soutenu publiquement le 20/06/2018.

Composition du jury :

Président	M Iskander ZOUAGHI	Maître de conférences B	ENP
Promoteur	M Ali BOUKABOUS	Maître assistant A	ENP
Examineur	Mme Sofia AIT BOUAZZA	Maître assistant A	ENP
Invités	M Sohaib BOUZEGHOUB	Chef de projet	Unilever Algérie.
	M Amine LAROUK	Manager planification	Unilever Algérie.

ENP 2018

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Ecole Nationale Polytechnique



Département de Génie Industriel
Option Management Industriel

Mémoire de Projet de fin d'étude
pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en Génie Industriel

**Contribution à l'élaboration d'un plan de production d'une nouvelle
ligne industrielle par la modélisation mathématique.
-Application : Unilever Algérie-**

**M^{lle} Rima BENDIAB
M Diab SATTOUF**

Sous la direction de :
M Ali BOUKABOUS (Maître assistant A)

Présenté et soutenu publiquement le 20/06/2018.

Composition du jury :

Président	M Iskander ZOUAGHI	Maître de conférences B	ENP
Promoteur	M Ali BOUKABOUS	Maître assistant A	ENP
Examineur	Mme Sofia AIT BOUAZZA	Maître assistant A	ENP
Invités	M Sohaib BOUZEGHOUB	Chef de projet	Unilever Algérie.
	M Amine LAROUK	Manager planification	Unilever Algérie.

ENP 2018

DEDICACE

Je dédie ce modeste travail à mes deux chers parents, sans lesquels je n'aurais pu arriver jusqu'ici, des parents qui ont tout sacrifié pour la réussite de leurs enfants et qui continue à le faire

À mon frère, le leader de sa fratrie, et qui a toujours su me motiver à donner le meilleur de moi-même

À ma sœur, l'ange de la famille qui essaye toujours de me remonter le moral avec ses taquineries

À mes amis Polytechniciens, Abdela, Naïla et Aïcha, qui ont embelli mes journées à l'école

À toutes les personnes à qui je tiens, elles se reconnaîtront

À mon binôme pour sa patience et avec qui j'ai partagé des moments inoubliables

Ainsi qu'à toute personne qui a contribué de prêt ou de loin à l'accomplissement de ce travail

DIAB

Je dédie ce travail à mes chers et tendres parents, à qui je dois cette réussite, pour les efforts que vous avez consentis depuis ma naissance, merci d'avoir fait de moi la personne persévérante et ambitieuse que je suis aujourd'hui.

A ma grande sœur OUISSEM, ma nièce MAYLISSE et mon petit frère YACINE, en témoignage de l'attachement et de l'amour que je porte pour vous.

A mon oncle DJAMEL, qui n'a jamais cessé de croire en moi, et qui a toujours été présent dans les moments les plus importants de ma vie

A ma grande cousine et confidente SAMIA, mon modèle et ma source d'inspiration, celle qui m'a soutenu dans toutes les étapes cruciales de mon parcours.

Un remerciement particulier et sincère à ma cousine NAOUEL et sa maman NORA, pour m'avoir accueilli chez eux tout au long de cette période, et de m'avoir considéré comme membre de leur famille.

Un remerciement sincère à ma meilleure amie KHADIDJA pour sa présence chaleureuse et bienveillante ces trois dernière années.

A tous mes amis : Liza, Kahina, Djamila, Yamina, Salim, en témoignage de l'amitié qui nous uni et en souvenir de tous les merveilleux moments passés ensemble

A toutes les personnes ayant contribué de près ou de loin à la réussite de ce projet.

RIMA

REMERCIEMENTS

Ce travail n'aurait pas pu être réalisé sans l'intervention, fructueuse, d'un grand nombre de personnes.

La première personne que nous tenons à remercier est notre encadrant M BOUKABOUS Ali, pour sa confiance son orientation et son support inconditionnel qui ont été déterminant dans la réalisation de ce mémoire.

Nos vifs remerciements vont à Monsieur/Madame membres du jury, pour l'intérêt qu'ils nous ont porté en consacrant du temps à lire et examiner ce travail.

Nos remerciements les plus sincères vont également au corps pédagogique du département du génie industriel pour la richesse et la qualité de leur enseignement et les efforts consentis pour nous assurer une formation complète et actualisée.

Nous tenons aussi à remercier nos deux promoteurs en entreprise M LAROUK Amine et M BOUZEGHOUB Sohaib pour nous avoir confié cette étude et pour leur support continu.

Nos remerciements s'étendent également à toute l'équipe d'Unilever, spécialement ceux qui se trouvent au bureau de liaison d'Alger, pour leur chaleureux accueil et leur précieuse aide.

A nos familles et nos amis, qui grâce à leur encouragement et leurs prière nous ont aidé à surmonter tous les obstacles.

هذا العمل جزء من مشروع توطين الإنتاج الجديد لشركة Unilever Algeria. يهدف إلى المساهمة في تطوير خطة إنتاج لخط جديد من منتجات العناية الشخصية.

سيتم التخطيط على المدى المتوسط من خلال النمذجة الرياضية، بعد حساب البيانات اللازمة لتطبيقه، بما في ذلك حساب مخزونات الامان، وكذلك الحد الأقصى من المخزونات، ونشر التنبؤات. كما تم تنفيذ تسلسل أعمال الإنتاج حسب-محاور التحسين المختلفة واستخدام برنامج لإدارة المهام.

الكلمات المفتاحية: تخطيط الإنتاج، النموذج الرياضي، مخزون السلامة، المخزون الأقصى، التنبؤ، التسلسل.

Abstract

This work is part of a new production localization project of Unilever Algeria. It aims to contribute to the elaboration of the production plan for a new line of personal care products.

Medium-term production planning will be executed through mathematical modeling, after the calculation of the data required for its application, including the calculation of safety stocks, maximum stocks, and the deployment of forecasts. The sequencing of the production works was carried out according to the various optimization axes and using a task managing Software.

Key words: production planning, mathematical model, safety stock, maximum stock, forecast, Sequencing.

Résumé

Ce travail s'inscrit dans le cadre d'un nouveau projet de localisation de la production de l'entreprise Unilever Algérie. Il vise à contribuer à l'élaboration d'un plan de production d'une nouvelle ligne de fabrication de produits de soins personnels.

La planification de la production à moyen terme se fera par le biais de la modélisation mathématique, et ce, après le calcul des données nécessaires à son application, notamment le calcul des stocks de sécurité, des stocks maximum, et du déploiement des prévisions. Le séquençement des travaux de production a été réalisé en fonction des différents axes d'optimisation et à l'aide d'un logiciel de gestion de tâches.

Mots clefs: planification de la production, modèle mathématique, stock de sécurité, stock maximum, prévision, séquençement.

TABLE DES MATIERES

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES ABRÉVIATIONS

INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	13
Chapitre 1 : Étude de l'existant et problématique.....	14
1.1 Introduction.....	16
1.2 Présentation du groupe Unilever.....	16
1.3 Présentation d'Unilever Algérie	17
1.3.1 Activités et organisation d'Unilever Algérie.....	17
1.3.2 Fonction Supply Chain.....	18
1.3.1 Réseau de distribution chez Unilever.....	20
1.3.2 Processus Sales & Opérations Planning	21
1.4 Projet « Fennec »	22
1.4.1 Présentation du projet «Fennec»	22
1.4.2 Organisation du projet	23
1.5 Diagnostic de l'entreprise	26
1.5.1 Analyse PESTEL	26
1.5.2 Résultats de l'analyse PESTEL	30
1.5.3 Les 5 forces de Porter	30
1.5.4 Résultats de l'Analyse de Porter.....	33
1.6 Résultat du diagnostic et énoncé de la problématique	33
1.7 Conclusion.....	34
Chapitre 2 : État de l'art.....	35
2.1 Introduction.....	36
2.1 La production.....	36
2.1.1 La gestion de production et ses dimensions	36
2.1.2 Les différentes organisations de la production.....	37
2.2 Gestion de la production par la théorie des contraintes	41
2.3 Le Stock de Sécurité	43
2.4 Planification.....	44
2.4.1 Définition de planification de la production.....	44
2.4.2 Les éléments de la planification de la production	44
2.4.3 L'horizon de planification	45

2.4.4 Manufacturing Ressources Planning (MRP II).....	46
2.4.5 Planification de la production à capacité finie	49
2.5 Les problèmes d'optimisation.....	50
2.5.1 Problème de planification	50
2.5.2 Optimisation linéaire et Programmation Linéaire en Nombres Entiers	55
2.6 Conclusion.....	56
Chapitre 3 :Solutions proposées	57
3.1 Introduction.....	58
3.2 Organisation du nouveau site de production (Onshoring)	58
3.3 Le processus de production des produits HAIR	59
3.3.2 Description du processus making.....	60
3.3.3 Description du processus Packing (le conditionnement).....	60
3.3.4 Le processus de production traduit en temps.....	62
3.3.5 Détermination du goulot d'étranglement de la ligne de production	63
3.3.6 Calcul du nombre de Shift.....	63
3.4 Solution pour la planification à moyen terme	64
3.4.1 Etablissement d'un Split hebdomadaire	65
3.4.2 Calcul du stock de sécurité :	67
3.4.3 Calcul du stock maximal	69
3.4.4 Modélisation mathématique de la planification production à moyen terme	71
3.4.5 Résolution	75
3.4.6 Résultats.....	76
3.4.7 Interprétation des résultats	76
3.5 Solution pour la planification à court terme	77
3.5.2 Méthode d'analyse:.....	78
3.5.3 Ordonnancement des travaux de production.....	82
3.5.4 Application : Ordonnancement de la production du mois d'octobre 2018	82
3.5.5 Analyse des résultats	84
3.5.6 Planning journalier de la production.....	84
3.5.7 Elaboration du planning journalier de la semaine 1 Octobre 2018	84
3.5.8 Résultats et Analyse	86
3.6 Recommandations et perspectives d'amélioration	86
3.7 Conclusion	87
CONCLUSION GÉNÉRALE	88

BIBLIOGRAPHIE	89
ANNEXES.....	91

LISTE DES FIGURES

Figure 1-1 : Organigramme d'Unilever Algérie.....	18
Figure 1-2: Les niveaux hiérarchiques de la distribution chez Unilever Algérie.	20
Figure 1-3: Matrice d'analyse PESTEL. (Besson, 2010)	27
Figure 1-4: Représentation de la technologie d'Unilever selon CASTAGNE.	29
Figure 1-5: Représentation des 5 forces de PORTER. (Garibaldi, 2008)	31
Figure 2-1: Atelier à cheminement unique continue.	38
Figure 2-2: Atelier Job shop.....	39
Figure 2-3: Production sur stock (Maurice PILLET, 2011).....	39
Figure 2-4: Assemblage à la commande. (Maurice PILLET, 2011)	40
Figure 2-5: Production à la commande (Maurice PILLET, 2011)	40
Figure 2-6: Conception à la commande	41
Figure 2-7: Ligne de production avec capacité de production. (Maurice PILLET, 2011)....	42
Figure 2-8: Recouvrement des horizons de planification (Javel, 2010)	45
Figure 2-9: Architecture des planning MRP II (Javel, 2010).....	47
Figure 2-10: Exemple de planing de liste (Javel, 2010)	48
Figure 2-11: Types de représentation de planning (Javel, 2010).....	49
Figure 3-1: Architecture des plannings MRPII (Javel, 2010)	58
Figure 3-2: Cartographie du niveau 1 du processus de production	59
Figure 3-3: Représentation de la ligne de production (Mocquillon, 2009).....	60
Figure 3-4: Représentation de la ligne de conditionnement (Mocquillon, 2009)	61
Figure 3-5: Représentation du modèle mathématique.	65

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1-1: Principaux évènements du groupe Unilever. (Wikipédia, 2018)	17
Tableau 1-2 Missions des responsables de distribution selon le niveau hiérarchique.	21
Tableau 1-3 Plan mensuel des réunions du processus S&OP.....	22
Tableau 2-1 : Gestion de la production selon l'horizon de temps (François, 1999).....	37
Tableau 2-2 : Les missions du management de la production (Anne GRATACAP, 2005) .	37
Tableau 2-3 : Classification selon la série de production : (Maurice PILLET, 2011).....	38
Tableau 3-1 : Les temps de mixages dans le mélangeur.....	62
Tableau 3-2 : Capacité de remplissage en fonction du format.....	62
Tableau 3-3: Temps de production mensuels.....	64
Tableau 3-4: Split hebdomadaire des ventes.....	67
Tableau 3-5: Stock de sécurité et stock maximum des SKU.....	71
Tableau 3-6 : Les MOQ des SKU en fonction des formats.....	73
Tableau 3-7 : Représentation de la demande prévisionnelle sous Excel.	76
Tableau 3-8 : Représentation du stock de sécurité sous Excel.	76
Tableau 3-9 : Représentation du stock maximum.	76
Tableau 3-10: Représentation des MOQ sous Excel.....	76
Tableau 3-11 Nombre d'heures de production par semaine du mois d'Octobre.....	79
Tableau 3-12 : Nombre d'SKU à produire par semaine (mois d'Octobre)	79
Tableau 3-13: Capacité de production maximale de la ligne par semaine.	79
Tableau 3-14 : Résultats des temps libres par jour et par semaine.	80
Tableau 3-15 : Lissage des heures de la production des semaines du mois d'Octobre.	81
Tableau 3-16 : Lissage de la production agrégé des semaines du mois d'Octobre.	82
Tableau 3-17: Séquencement des travaux de production selon la formule.....	82
Tableau 3-18: Séquencement des travaux de production selon la formule et le format.	82
Tableau 3-19: Séquencement des travaux de production-Semaine 1 Octobre 2018-	83
Tableau 3-20: Séquencement des travaux de production-Semaine 2 Octobre 2018-	83
Tableau 3-21: Séquencement des travaux de production-Semaine 3 Octobre 2018-	83
Tableau 3-22: Séquencement des travaux de production-Semaine 4 Octobre 2018-	83
Tableau 3-23: Séquencement des travaux de mixage-Semaine 1 Octobre 2018-	85
Tableau 3-24: Séquencement des travaux de conditionnement-Semaine Octobre 2018-.....	85

LISTE DES ABRÉVIATIONS

APO: Advanced Planner and Optimizer

BB: Brand Building

CCD: Customer Channels Development.

CDOps: Customer Development Operations

DAS: Domaine d'Activité Stratégique

FGCM: Fast-Moving Consumer Goods

FMI: Fond Monétaire International

FRR: Fond de Régulation des Recettes.

GSV: Gross Sales Value

GS: Grande Surface.

GTMQ: Go To Market Quality

GTMSC: Go To Market Supply Chain.

HC: Home Care

HCL: Home Care Liquid

IT: Information Technology

KD: Key Distributor

KPI: Key Performance Indicator

MOQ: Minimum Order Quantity

MRP: Materials Resources Planning

MT: Modern Trade

OEE: Overall Equipments Effectivness

NAME: North Africa Middle East

PC: Personal Care

PDP: Plan Directeur de Production

PESTEL: Politique, Économique, Socio-culturelle, Technologique, Environnemental, Légal

PGC: Produit Grande Consommation

PJP: Permanent Journey Plan

PL: Programme Linéaire

PLNE: Programme Linéaire en Nombre Entier

RSM: Regional Sales Man

S&OP: Sales and Operations Planning

SAP: Systems, Applications and Products for data processing

SAWA: Sales Automation Wireless Application

SHE: Security, Hygiene, Environment

SKU: Stock Keeping Unit

SM: Sales mans

TT: Traditional Trade

WMS: Warehouse Management System

INTRODUCTION GÉNÉRALE

L'environnement global du secteur de produits de grande consommation connaît de tels changements, que le facteur risque y est substantiellement grandissant. Les entreprises évoluent dans un environnement économique instable, et font face à une concurrence féroce, de ce fait, elles doivent redoubler d'efforts afin de s'adapter et de demeurer concurrentielles.

Face à un marché algérien de plus en plus mouvant, et en réponse aux nouvelles restrictions d'importation, Unilever a décidé de se rapprocher de ses clients en passant d'une stratégie d'importation en masse à un objectif de localisation de la production pour plus de 50 produits en Algérie.

Plus qu'un projet c'est un véritable challenge pour Unilever Algérie. En effet, intégrer l'optique de production dans sa chaîne logistique, stabilisée depuis les années 2000, n'est pas sans bouleversements. Elle se voit aujourd'hui étendre ses horizons de manière substantielle et des efforts faramineux sont en train d'être dépensés afin d'assurer la bonne intégration et gestion de ce nouveau site de production.

Le but principal de ce projet, est d'assurer de manière continue la disponibilité des produits proposés par Unilever sur le marché algérien. Une disponibilité qui se traduit par l'offre des bonnes quantités et références produits au bon moment pour satisfaire le client final.

Cependant, pour une entreprise de production, la satisfaction du client n'est pas le seul paramètre à prendre en compte. Il faut garder en permanence un œil sur les niveaux de stock des produits finis et de matières premières, ainsi que les capacités de production. D'autant plus que le marché des produits de grande consommation est un marché fortement concurrentiel. Arriver à conjuguer entre la minimisation des coûts et la régularité du standard de qualité est le pari et le différenciateur d'Unilever.

La planification de la production et la gestion des ressources humaines et matérielles dans une entreprise manufacturière constituent les deux piliers organisationnels à impact direct sur la productivité. Le premier a comme mission principale l'affectation des ressources à ses tâches tandis que le second tend à réduire les coûts d'exploitation des capacités. C'est dans cette optique que la présente étude a été initiée, avec deux grands objectifs définis comme suit :

L'élaboration d'un plan de production par la modélisation mathématique intégrant les contraintes des stocks et la demande prévisionnelle.

La proposition d'un ordonnancement de la production en prenant comme référence le modèle cité ci-dessus.

Pour ce faire, notre méthodologie est structurée de la façon suivante :

Le premier chapitre fait office de présentation de l'entreprise, en premier lieu en passant par Unilever monde, son historique puis Unilever Algérie. Il s'intéresse dans un second temps à la description des points les plus importants du projet de localisation de la production. La dernière partie est dédiée à l'analyse du contexte de développement d'Unilever Algérie avec deux outils méthodologiques de diagnostic, une analyse PESTEL et Porter; Ce qui nous a permis de cerner la problématique du projet et de nous orienter aux choix des différents outils de l'état de l'art.

Le deuxième chapitre, quant à lui, expose un état de l'art assez riche sur les différents éléments de la problématique, et traite l'ensemble des théories et méthodes auxquelles nous nous sommes référés dans notre projet pour la planification de la production, les différentes étapes de réalisation d'une modélisation mathématique et la modélisation des stocks de sécurité.

Enfin, le troisième chapitre traite de la réalisation des objectifs du projet. On y retrouvera dans un premier temps, le modèle mathématique proposé avec ses différentes étapes de conception, de résolution et son utilisation dans la planification de la production d'Unilever Algérie pour un certain nombre de ses produits. Ensuite, le traitement de l'historique des ventes afin de déployer les prévisions, une modélisation des stocks par le calcul des stocks de sécurité de chaque produit fini traité et le calcul du stock maximum. Nous terminerons avec un plan d'action élaboré par un ordonnancement de la production établi en tenant compte des axes d'optimisation détectés lors de notre analyse du système de production.

Une conclusion ponctuera le travail effectué et mettra en lumière l'apport réalisé et les perspectives futures par rapport au projet.

CHAPITRE 1

ÉTUDE DE L'EXISTANT ET PROBLÉMATIQUE

1.1 Introduction

Ce premier chapitre du document sera consacré à la présentation de l'organisme d'accueil Unilever, son organisation et ses principales activités, mais également à l'analyse de l'environnement externe de l'organisation pour faire ressentir le contexte du projet de localisation ainsi que la problématique à traiter.

1.2 Présentation du groupe Unilever

Unilever monde

Unilever est une multinationale anglo-néerlandaise, fondée en 1929, dont le siège social est situé à Rotterdam. Née de la fusion de la compagnie néerlandaise de margarine, Margarine Unie, et du fabricant de savon, Lever Brothers, elle fait partie de l'une des premières multinationales de produits de grande consommation.

Le groupe hérite son nom de la contraction des deux entités : Margarine Unie & Lever Brothers. Une fusion bénéfique alimentée par le partage d'un savoir-faire commun relatif à la fabrication du savon et de la margarine, mais aussi de la possession des matières premières communes.

Actuellement, Unilever est présente dans plus de 100 pays dans le monde et se positionne sur trois secteurs d'activité :

- Produits alimentaires (Food and Refreshment).
- Produits de soin personnel (Beauty and Personnel care).
- Les détergents et les produits d'entretien ménagers (Home care).

Avec pas moins de 300 sites de production, le groupe assure près de 170.000 postes d'emploi à l'échelle internationale.

La marque détient aujourd'hui plus de 400 marques, 13 d'entre elles génèrent, chaque année, un chiffre d'affaire supérieur à 1 milliard d'euro. En 2016, le groupe réalise un chiffre d'affaires de 52.7 milliards d'euro, avec un flux de trésorerie de 4.8 milliards d'euro. (Unilever, 2018)

Considérée comme un leader mondial dans le développement durable et le respect de l'environnement sur le marché de l'agroalimentaire, Unilever repose toutes ses stratégies sur les valeurs éthiques. En effet, Unilever estime qu'une croissance rentable devrait également être une croissance responsable. Cette approche est au cœur de son modèle économique soucieux du développement durable. Ce qui lui a valu une notoriété incontestable et une place incontournable parmi les 4 plus grands acteurs économiques dans le monde, à savoir, Nestlé, Pepsi cola, et coca cola. (Wikipédia, 2018)

Historique d'Unilever

Née de la fusion de deux entreprises Margarine Unie et Lever Brothers, la grande multinationale de produits de consommation ne cesse d'évoluer et d'étendre ses activités depuis sa création. Cette évolution s'est renforcée grâce à plusieurs acquisitions et fusions au fil du temps ; le tableau ci-dessous résume les grands jalons de sa progression :

Date	Evènements
1929	Fusion de Margarine Unie et Lever Brothers
1960	Fusion de deux filiales d'Unilever spécialisées dans la fabrication d'huiles et de margarine « <i>Astra calvé</i> »
1974	Rachat de Puget
1980	40% des profits sont générés par le savon et les graisses comestibles
1984	Rachat de la marque Brook bond fabricant de thé
1994	Rachat de la marque commerciale française de crème glacée MIKO et son intégration dans la division glaces et surgelés du groupe
2000	Unilever entreprend plusieurs acquisitions de marques alimentaires : Amora Maille, Ben & Jerry's, Slim fast, Knor, etc. Réorganisation du groupe pour se focaliser sur les marques mondiales : Signal, Lipton et Knor ; il réduit ainsi le nombre de marque à ¼
2002	Implémentation d'un site de production de produits de soin ménagers poudre en Algérie.(OMO et Surf)
2009	Rachat de l'unité de production de produits de beauté Sara Lee Corporation qui porte sur plus de 400 marques de référence.
2011	Unilever devient leader sur le marché de beauté russe avec l'acquisition de 80% du leader russe Kalina.
2016	Acquisition de Dollar Shave club, entreprise américaine de produits de rasage, et Seventh Generation, entreprise spécialisée dans les produits d'hygiène écologiques.
2017	Vente des margarines aux fonds d'investissements.
2018	Suite au Brexit, Unilever passe à un seul siège social basé à Rotterdam.

Tableau 1-1: Principaux évènements du groupe Unilever. (Wikipédia, 2018)

1.3 Présentation d'Unilever Algérie :

L'activité d'Unilever s'organise sur cinq grandes régions dans le monde (Asie, Amérique, Afrique, Moyen Orient et Europe de l'est). Unilever Maghreb fait partie de la région NAME (North Africa Middle East), et représente une seule filiale possédant des sites de production répartis dans les trois pays nord-africains : le Maroc, la Tunisie et l'Algérie.

Unilever Algérie contribue à 50% du chiffre d'affaires de la filiale (Unilever, 2018), elle s'est implantée à deux niveaux sur le territoire algérien, à savoir un site de production à Oran et un bureau de liaison à Alger. Ce dernier assure la gestion de la chaîne de production présente en Algérie ainsi que la commercialisation des produits Unilever, fabriqués localement ou importés des différentes filiales d'Unilever monde.

1.3.1 Activités et organisation d'Unilever Algérie

Le groupe a investi près de 45 millions d'euros pour la mise en place de sa première usine de production Unilever en Algérie. Cette activité a débuté en 2002. Les marques commercialisées sur le territoire algérien sont catégorisées comme tel :

- Les produits fabriqués localement, dont le site de production est basé à la zone industrielle de Hassi Ameer, Oran, sont dédiés au soin ménager en poudre (OMO, et Surf).

- Les produits importés des autres unités de production d'Unilever monde (Maroc, Tunisie, Égypte, etc.)

La gamme de produits importés est bien plus large et diversifiée, elle comprend des produits de soin personnel (Dove, Clear, Signal, Close-up) et des produits de soin ménager liquide (OMO Matic, CIF, Persil, etc.)

Pour ce qui est du bureau de liaison à Alger, il a une mission marketing et commerciale. Deux fonctions à valeur ajoutée importante pour assurer le suivi de la politique de distribution et connaître les habitudes et les tendances de consommation des algériens.

Le schéma suivant représente l'organigramme de l'entreprise, avec un accent sur les départements qui concerne notre étude :

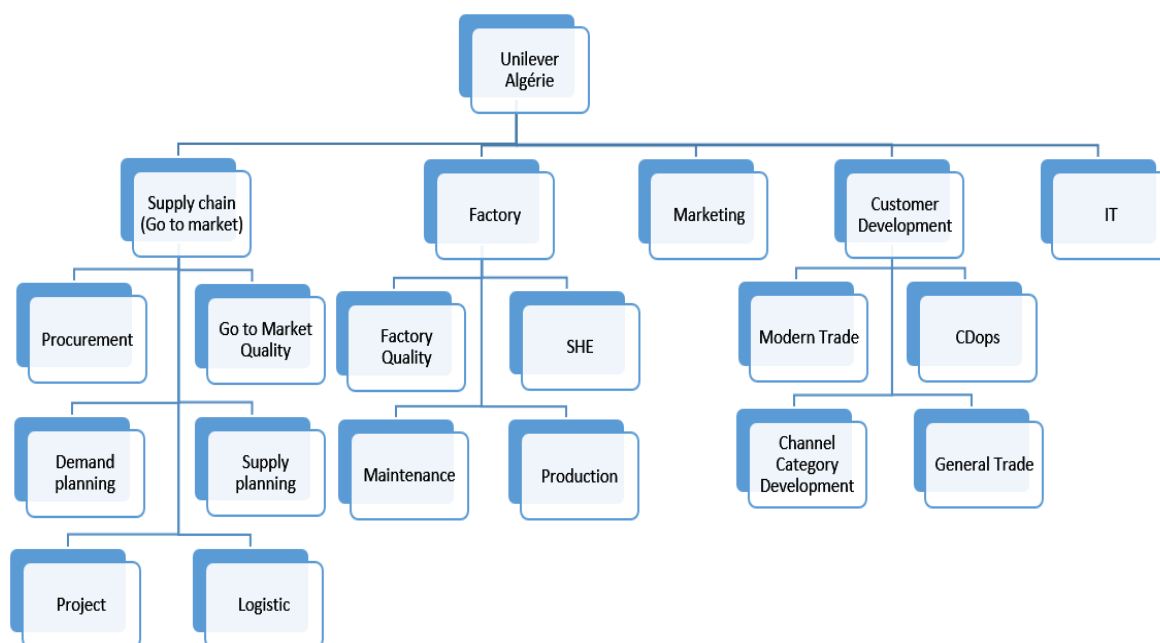


Figure 1-1 : Organigramme d'Unilever Algérie.

La structure organisationnelle d'Unilever Algérie est une structure divisionnelle. Un manager Supply Chain pour diriger la division Supply Chain et un manager Marketing pour diriger la division marketing et commercial.

Nous nous sommes intéressés au fonctionnement de la division Supply Chain, le service constituant l'objet de notre étude. Celui-ci comprend deux départements : le département Go To Market Supply Chain et le département Factory.

1.3.2 Fonction Supply Chain

Unilever détient la chaîne logistique de FMCG la plus performante de sa catégorie. Sa supply chain a énormément investi dans l'efficacité et l'éco-production et pilote 306 sites de production. Elle est classée n°1 au monde, pendant trois années consécutives selon Gartner¹. (Gartner, 2018)

¹ Une entreprise américaine de conseil et de recherche dans le domaine des techniques avancées.

Unilever produit selon une stratégie Make to stock, en flux poussés, pour les produits fabriqués localement. Le département Supply chain d'Unilever Algérie se décline en deux grandes structures :

1.3.2.1 Factory

Il s'agit de toutes les fonctions qui interviennent directement dans la fabrication et le stockage des produits :

- Making : Désigne les lignes de production des poudres (Omo & Surf).
- Packing : Comprend le packaging, l'embouteillage ou l'ensachage, la mise en caisse et la palettisation.
- SHE (Sécurité, Hygiène, Environnement) : Participe à la définition de la politique sécurité de l'entreprise et assure son application et son suivi. Elle concerne le personnel, le matériel, les conditions de travail, le respect de l'environnement, et prévient les risques d'accidents et de maladies.
- Quality Factory : S'occupe de la gestion et de l'application des standards et exigences qualité d'Unilever. Ces normes comprennent le système qualité de l'entreprise, l'audit de la qualité, le contrôle qualité, etc.

1.3.2.2 Go To Market Supply Chain

La Go To Market Supply Chain (GTMSC) comprend toutes les fonctions, énumérées ci-dessous, qui sont nécessaires à la gestion des flux informationnels et physiques, tout au long de la chaîne logistique, à savoir la Logistique, le Service Client et le Go To Market Quality (GTMQ) :

- Logistique : Le service logistique se charge de l'acheminement de la matière première aux usines de production, des produits importés aux différents entrepôts locaux (Flux inbound), et se charge également du transport des commandes reçues par les KD (Flux outbound).

Unilever détient deux entrepôts en Algérie, le premier est établi à Alger et le second à Oran afin d'assurer une logistique optimum pour ses produits.

Ne disposant pas de la flotte requise pour assurer le transport de ses biens, et pour mieux se focaliser sur son cœur de métier, Unilever a jugé plus intéressant de sous-traiter une partie de sa logistique à des entreprises locales spécialisées comme Fleche Bleu et Numilog. Ces deux prestataires logistiques répondent aux besoins de l'entreprise en matière de flotte et se chargent de l'organisation des tournées de distribution.

- Service client (Customer Service) : Unilever est passée d'un seul distributeur (Unidistal) pour les ventes primaires à 27 distributeurs répartis sur l'ensemble du territoire national. Ceux-ci assurent les ventes secondaires suivant deux canaux : le Moderne Trade et le Traditional Trade.

Le Customer Service a pour principale mission la gestion et le suivi des ventes primaires, de la prise de commandes jusqu'à la livraison aux KD. Il vérifie également la disponibilité des produits demandés, traite les réclamations clients et fait le suivi des paiements. Le Customer Service veille aussi à la satisfaction du client primaire en assurant la bonne réalisation de la commande en terme de quantité des livrables et des délais de livraison.

- GTMQ : Soutient le déploiement de la stratégie et des objectives qualités d'Unilever à travers le marché. Go to market quality manager a pour responsabilité de vérifier le respect des exigences réglementaires sur les sites de production et les entrepôts. Ainsi que leur conformité aux normes de la gestion de la qualité à travers le suivi des KPI et les visites techniques.

Dans ce qui suit, nous allons développer deux processus importants à Unilever Algérie, à savoir, le réseau de distribution et le processus S&OP. Car, les outputs de ces processus seront indispensables à notre étude.

1.3.1 Réseau de distribution chez Unilever:

Toujours dans une optique d'efficacité logistique, l'entreprise a recours à deux canaux de distribution :

- Le Traditional Trade (TT) : Représente 97% du chiffre d'affaires d'Unilever, calculé sur la base du GSV. Il concerne les ventes réalisées par les détaillants autres que les grandes surfaces.

La chaîne logistique de ce canal de distribution est composée de plusieurs échelons avant d'arriver au consommateur final : distributeurs (KD), grossistes, semi-grossistes et détaillants.

C'est le service commercial d'Unilever qui se charge des ventes primaires aux KD tandis que le service CDops (Customer Development Operations) chapeaute les ventes secondaires (grossistes, semi-grossistes et détaillants).

Unilever a changé de politique de distribution. Elle est passée d'un seul distributeur exclusif en 2016 à 27 distributeurs en 2017. La gestion de la distribution s'organise autour de plusieurs divisions géographiques. En effet, le territoire national est réparti en régions principales et chacune des régions est fragmentée en zones qui sont elles-mêmes divisées en secteurs.

A Chaque niveau géographique est affecté un niveau hiérarchique :

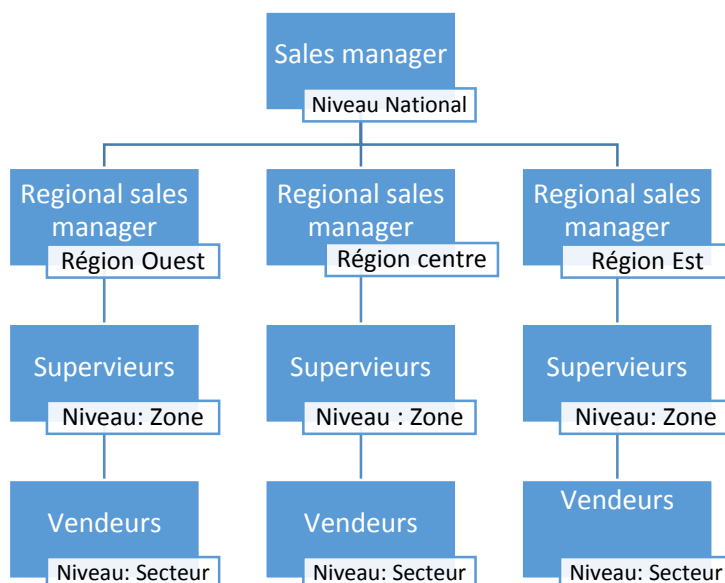


Figure 1-2: Les niveaux hiérarchiques de la distribution chez Unilever Algérie.

Le niveau de responsabilité de chacun est précisé dans le tableau ci-dessous :

Regional Sales Manages RSM	Affectée à une ou plusieurs régions (selon la proximité géographique des régions et les flux de ventes de chacune).
Supervisor (S)	Un superviseur de vente pour chaque zone de distribution.
Sales Man (SM)	Un <i>sales man</i> pour chaque secteur, celui-ci se charge de la distribution aux clients finaux, suivant un plan journalier, <i>Permanent Journey Plan (PJP)</i> .

Tableau 1-2 Missions des responsables de distribution selon le niveau hiérarchique.

Pour faire face à la complexité engendrée par le changement au niveau de la distribution, l'équipe CDOps a mis en place une application Sales Automation Wireless Application (SAWA). Elle permet de faciliter la collecte des données relatives aux ventes réalisées. Chaque Sales Man dispose de l'application pour y reporter chaque vente et sa localisation. En plus d'être un outil de reporting, SAWA est aussi un dispositif d'aide à la planification de la demande.

- Le Modern Trade (MT) : Ce canal concerne les grandes surfaces (GS) comme Ardis et UNO. Le MT représente seulement 3% du chiffre d'affaire, (calculé selon la GSV²), sauf que la stratégie marketing d'Unilever est centrée sur le développement de ce canal, pour garantir une visibilité et une proximité vis-à-vis du consommateur, ce pourcentage relève du fait que ce type de commerce n'est pas très répandu en Algérie, et reflète aussi les habitudes socioculturelles des consommateurs algériens et le fonctionnement des détaillants.

Ce canal est important pour entretenir et développer la vente et la notoriété des marques d'Unilever au regard de la cible atteignable dans les GS. Le service marketing porte une attention particulière à celles-ci lors de leurs opérations de promotions et campagnes de fidélisation.

1.3.2 Processus Sales & Opérations Planning:

Assure la coordination entre la demande, la prévision et les objectifs de l'entreprise. Il englobe deux sous-services : « Sales » pour la dimension commerciale et « Opérations » pour la dimension industrielle et productive. Le plan se fait en concertation avec les départements SP « Supply planning », BB « Brand building », CCD « Customer Channels Development » et le DP « Demand Planning ». Le but étant de converger vers l'objectif principal de l'entreprise via une organisation collaborative et transversale.

Le processus S&OP se fait suivant 4 réunions/mois, pour mettre en place le prochain plan mensuel :

² Gross Sales Value : un indicateur des ventes réalisées.

Réunion	Date	Description
Category Activity Review (CAR)	1 ^{ère} semaine du mois	Proposition du plan de demande avec les résultats attendus et comparaison avec les prévisions.
Supply Review Meeting (SRM)	2 ^{ème} semaine du mois	Intégration des contraintes internes au plan de demande. (contraintes liées aux matières premières, capacité de production, les imports, etc.)
Country Catégory Brand CCBT	3 ^{ème} semaine du mois	Discussion sur les résultats financiers. Préparation de la réunion du S&OP
S&OP		Réunion des leaders régionaux pour l'analyse des résultats et la mise en place de nouveaux plans si nécessaire.
Weekly Operations Review Meeting (WORM)	Chaque semaine	Vérification des opérations en cours.

Tableau 1-3 Plan mensuel des réunions du processus S&OP.

Nous allons dédier le reste de la présentation à l'exposition du projet «Fennec» qui portera sur la liste des produits concernés par la fabrication locale, les différentes activités et actions à entreprendre pour atteindre l'objectif principal : lancer la production au mois de septembre 2018.

1.4 Projet « Fennec » :

1.4.1 Présentation du projet «Fennec» :

« Fennec Project » est le nom attribué au projet de localisation de la production d'Unilever en Algérie. Ce nom n'est pas choisi de manière aléatoire, il est lié au contexte géographique du projet mais pas seulement. Le fennec est connu pour sa capacité à vivre dans les conditions extrêmes du Sahara. C'est cette image de persévérance, malgré les difficultés imposés par le climat algérien des affaires, que veut incarner Unilever Algérie avec l'installation d'un nouveau site de production dans le pays.

Pour l'équipe projet, le défi réside dans l'atteinte des objectifs définis dans les délais fixés. Le site de production doit être opérationnel en septembre 2018 et les premiers produits fabriqués localement sont attendus pour la même date.

Le plan de la localisation d'une unité de production en Algérie comprend deux solutions :

- Une solution Onshoring : concerne une catégorie de produits, à savoir : les shampoings, les gels douches, Oral et la lessive liquide. Ces produits seront fabriqués au sein des ateliers d'Unilever Algérie (Situé à Oran).

- Une solution Third Party (Sous-traitance) : à défaut d'allouer le budget nécessaire pour la fabrication de toutes ses références produites, Unilever a décidé de sous-traiter une partie de sa

production à des prestataires de services. Ceux-ci seront chargés de gérer toute la production, avec leur propre ressources matérielles (Ateliers, installations,) et immatérielles (ouvriers, chef de production, planificateur).

Cependant, la partie prévisions de la demande et gestion de la distribution reste toujours sous la tutelle d'Unilever Algérie.

1.4.2 Organisation du projet

Le projet Fennec s'articule autour d'un ensemble de tâches complémentaires qui sont classées par type d'activité et selon les fonctions et compétences requises pour chacune. Une équipe, principalement constituée par des employés d'Unilever Algérie, est affectée au projet en fonction du poste de chaque membre au sein de l'entreprise. Les activités clés créés autour du projet sont organisées comme expliqué ci-dessous :

1.4.2.1 Business case

C'est la première étape qui suit le lancement du projet. Il s'agit de l'analyse macro-économique et du contexte dans lequel évolue « Fennec Project ».La business case comprend également une étude de faisabilité ainsi qu'une étude économique, pour évaluer la rentabilité du projet de localisation de la production en Algérie.

1.4.2.2 Product development

Cette unité est chargée de superviser la partie opérationnelle du projet. L'équipe du pilier product development a pour mission ce qui suit :

- Dimensionnement du stock : il s'agit du stock de matières premières nécessaire à la production et celui des produits finis prêt à la distribution. Pour maintenir un bon taux de service et ne pas avoir dans des ruptures de stock, il est indispensable de déterminer les paramètres liés à la gestion du stock : Stock de sécurité, point de commande, seuil de recomplètement, plan de réapprovisionnement, etc.

- Le plan de production : sachant que les produits d'Unilever sont déjà présents sur le marché national, il y'a une forte demande qu'il faudra entretenir et alimenter de façon constante. Établir un plan de production revient à déterminer les quantités à produire de chaque SKU pour confronter la demande aux ressources matérielles et immatérielles des ateliers de production.

- Le Product MDM (Master Data Management) : il s'occupe de la définition des besoins en data pour chaque processus, de leur codification et leur intégration dans le système. Il s'occupe également de la codification des MP (nécessaire pour la gestion des opérations de production sur système), et des produits finis (pour la gestion des opérations de vente).

1.4.2.3 Engineering

Sur la base de son expertise technique, l'équipe engineering doit mettre au point les exigences techniques de la ligne de production (fabrication et conditionnement). Celles-ci sont spécifiées dans un cahier des charges pour le fournisseur des équipements pour qu'ils soient adaptés aux spécificités mentionnées : capacité de remplissage, capacité des mixeurs, conformité au dimensionnement du packaging, etc.

Cette équipe est également mobilisée pour la mise en place d'une politique qualité, compatible avec référentiel normatif d'Unilever Monde, ainsi que d'un système de management de l'hygiène, de la sécurité et de l'environnement SHE.

1.4.2.4 IT intégration

Unilever Algérie coordonne son activité à l'aide du progiciel de gestion d'entreprise SAP. Pour conduire la nouvelle usine sur via ce système, les ingénieurs IT se chargent de définir les exigences nécessaires pour l'intégration de la nouvelle activité sous SAP et APO.

Global integration

Pour assurer le bon acheminement des produits, de la fabrication jusqu'à la commercialisation, la phase de « Global integration » s'intéresse à l'intégration de la nouvelle supply chain au sein de l'entreprise. Il s'agit d'inclure les fournisseurs, les clients primaires et les partenaires logistiques dans la nouvelle extension.

1.4.2.5 Business Model landing

La partie du projet appelée Model Landing a pour but la préparation d'Unilever Algérie au fonctionnement quotidien des lignes de production concernées par le projet, et ce, de la manière la plus optimale possible.

Le Model Landing est composé de trois parties principales :

-To-be Operating Model : Pour pouvoir gérer les nouvelles lignes de production, il faut mettre en place l'organisation adéquate, on entend par organisation, la définition des équipes de travail à tous les niveaux, opérationnelle et managérial.

Pour ce faire il y'a ce que l'on appelle, Organisation Sizing, c'est à dire définir toutes les tâches à accomplir pour le bon fonctionnement de la production, et la lourdeur de chacune, ensuite vient la partie du recrutement et de la formation des nouveaux employés, qui doivent être prêt au moment du début de la production.

-Capablity Building : Dans cette partie, il est question d'expliquer tous les processus qui entoure la production, identifier le besoin en formation en fonction des compétences requises pour réaliser chaque tâche et assurer le bon fonctionnement des processus.

-Business Simulation : Cette étape s'étend sur près de trois mois. Durant cette période et dans une démarche proactive, l'entreprise procède à des tests et à des simulations de tous les processus pour aboutir au produit fini sans pour autant le commercialiser. Le but étant de détecter de manière exhaustive tous les dysfonctionnements et les anomalies pouvant se présenter à n'importe quel niveau de la chaîne de production (le système de gestion, les équipements, etc.) L'équipe projet aura ainsi une marge d'avance pour remédier à chaque problématique s'il y'en a.

1.4.2.6 Change management

Afin de comprendre et de s'approprier ce nouveau projet, il est impératif de préparer les collaborateurs d'Unilever et de les accompagner dans ce changement. La conduite du changement est capitale à ce niveau, dans la mesure où l'adhésion du personnel est une condition sine qua non pour le succès du projet. C'est d'ailleurs la mission principale de la cellule du « change management » : former et accompagner les employées à comprendre la nécessité de ce changement et à y voir l'intérêt que cela va leur apporter. Et ce, afin de créer des synergies entre les différents services et d'optimiser résultats attendus du Fennec Project.

1.4.2.7 Project management

Dans tout projet, le processus de « gestion de projet » se révèle être le plus critique. Ceci se justifie par le fait que le project management est de nature transversale. C'est-à-dire qu'il relie toutes les activités concernées le projet, dans sa globalité.

Les principaux processus du Project management sont :

- La Planification du projet et la gestion du réseau d'activités afin de répondre aux exigences du projet dans les délais impartis, pour chaque tâche ou livrable.
- Garantir une bonne gestion des risques, en élaborant un plan d'atténuation et de réduction de leurs impacts au minimum.
- Assurer la vérification et la validation de chaque tâche et livrable du projet.
- Organiser de bout en bout le bon déroulement du projet et coordonner les différentes équipes.

1.5 Diagnostic de l'entreprise

Le diagnostic de l'entreprise est un passage obligatoire pour analyser l'environnement global dans lequel évolue l'organisation. Il permet de détecter et d'examiner les facteurs impactant son développement, que ce soit de manière positive ou négative.

Un diagnostic est effectué pour différentes raisons, il peut être réalisé pour analyser et diagnostiquer un existant afin de détecter des dysfonctionnements, comme il peut être établi pour comprendre les raisons qui ont poussé une entité à réagir d'une manière spécifique, des raisons liés à une stratégie globale quelconque par exemple, ou en réponse à un environnement externe instable ... etc.

Nous avons décidé de dédier notre diagnostic à l'étude des raisons qui ont incité Unilever à réaliser le projet Fennec, ainsi qu'à son impact sur ses différentes parties prenantes, on site : Unilever monde, Unilever Algérie, les consommateurs locaux, l'économie du pays..etc.

Trois raisons principales ont motivés notre choix :

- 1- Notre mission est d'ordre opérationnel, il s'agit de répondre à un besoin concret qui a été émis de la part de l'entreprise.
- 2- Étant en mode projet, le fonctionnement du site de production n'ayant toujours pas débuté, il n'est donc pas possible de détecter de dysfonctionnements
- 3- Un tel projet s'inscrit comme l'un des premiers comme étant une réponse positive au efforts fournis par le pays, analyser les raisons et les avantages de chacun, le pays et Unilever s'avère être intéressant.

Pour analyser le contexte du projet portant sur la localisation de la production de certaines gammes d'Unilever sur le territoire national, cela passe naturellement par l'analyse PESTEL afin de déterminer l'influence qu'a l'environnement macro-économique sur l'activité d'Unilever Algérie. Aussi, les 5 forces de Porter, afin de faire ressortir l'environnement concurrentiel dans lequel baigne l'organisation.

1.5.1 Analyse PESTEL

Cette analyse nous permettra de lister de manière qualitative les avantages qu'auront les parties prenantes de ce projet de localisation, (Unilever, l'économie du pays, employés, consommateurs, etc.)

PESTEL est un outil d'analyse et d'organisation stratégique. Il permet d'identifier les différents facteurs d'influence macro-économiques qui déterminent la politique globale de l'entreprise et particulièrement vis-à-vis de son Domaine d'Activité Stratégique (DAS³). L'analyse PESTEL porte sur l'environnement externe en le subdivisant en six grandes catégories : politique, économique, social, technologique, écologique et légal. (Besson, 2010)

³ Une sous partie d'une organisation dédiée à un marché spécifique, confrontée à des conditions concurrentielles spécifiques, nécessite le déploiement d'une stratégie spécifique.

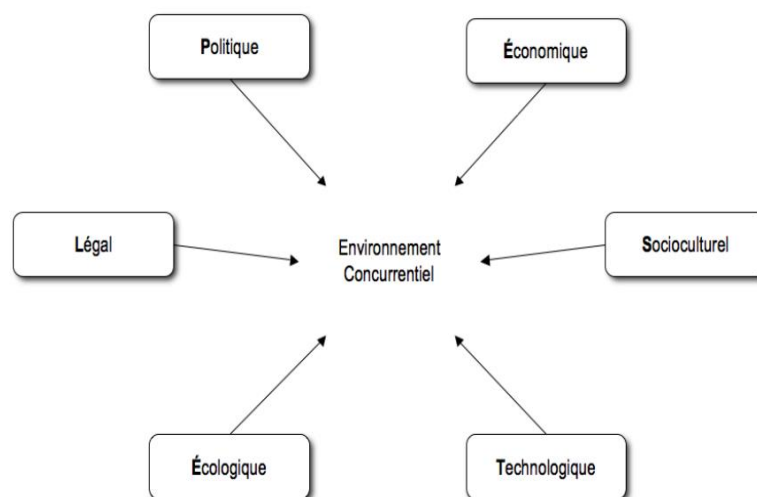


Figure 1-3: Matrice d'analyse PESTEL. (Besson, 2010)

1.5.1.1 Analyse Politique

La politique d'importation en Algérie a considérablement changé ces dernières années. Du fait du choc pétrolier intervenu en juin 2014 ; afin d'encourager la production locale et d'équilibrer la réserve de change du pays, le gouvernement algérien a lancé d'innombrables tentatives de restrictions des importations par l'imposition de licence d'importation pour certains produits, notamment pour les secteurs de l'automobile et de la grande consommation. Le ministère du Commerce continue d'enrichir sa liste des produits suspendus à l'importation. Celle-ci a atteint près de 900 références actuellement.

En effet, les restrictions avaient commencé par la mise en place d'un système de quotas, certains produits pouvaient être importés en quantité limitée périodiquement. Ce système a été progressivement déployé sur d'autres marchés de produits finis. Il s'est succédé à cela les importations de quotas de licences.

Les produits de grandes consommations ne font pas exception, ils sont également concernés par les restrictions d'importations, certains produits sont inclus dans les quotas de licence, mais ce n'est pas le cas pour la plus part des produits importés par Unilever Algérie.

1.5.1.2 Analyse Légale

Les lois algériennes protègent le consommateur des produits commercialisés sur le marché national, allant des produits importés jusqu'à ceux fabriqués localement. Les autorités ont décidé d'instaurer des normes nationales de production, pour les fabricants et les importateurs, afin d'éviter la commercialisation des produits contrefaits et nocifs à la santé du consommateur. Le respect de ces exigences est indispensable pour lancer les produits sur le marché. Le laboratoire régional de Constantine relevant du centre algérien du contrôle de la qualité et de l'emballage veille sur la vérification de la conformité des produits.

Unilever s'efforce d'exercer son activité de manière socialement responsable. L'ensemble de ses opérations est axé sur des principes fondamentaux et basé naturellement sur le respect des exigences du consommateur. Son activité dans les 4 coins du monde est régie par des normes internationales, et ses produits sont conformes à chaque localité, et respecte pleinement la réglementation de chaque pays où ses produits sont commercialisés.

1.5.1.3 Analyse Économique

Selon le rapport de suivi, de la banque mondiale et du FMI⁴ sur la situation économique de l'Algérie, la croissance économique a considérablement ralenti entre 2016 et 2017. En effet, elle est passée de 1.5 % en 2016 à 0.8% en 2017. Même si les prévisions faites prévoient une augmentation en 2019 autour de 1.4%, l'économie algérienne subit violemment les effets de la baisse du baril de pétrole depuis juin 2014. Et s'ajoute un cercle vicieux, qu'il faut briser, où s'enchaînent un manque de tissu industriel, l'inexistence d'un fort réseau de sous-traitance.

Dans une logique de causes à effets, les réserves de devises étrangères ont subi, elles aussi un déclin, pour atteindre moins de 100 milliards USD à la fin de 2017. D'ici 2020 celles-ci atteindront les 76.2 milliards USD. Ceci est principalement dû à la compensation des variations des cours mondiaux des hydrocarbures. Quant au Fonds de Régulation des Recettes (FRR), qui a servi de grand rempart pour le gouvernement afin d'absorber les premiers déficits budgétaires issus de la crise, il s'est épuisé depuis février 2017.

Cela se répercute de fait sur la monnaie algérienne : le taux d'inflation a atteint 5.8% en 2017. Elle devrait chuter à 4.4 % en 2018, mais demeure élevé par rapport au taux toléré qui est de 2%.

Le choc pétrolier aggrave la crise que vit le marché de l'emploi : le taux de chômage officiel atteint un pourcentage de 11.7 % de la population. Cependant, effet plus dramatique, il affecte considérablement les jeunes de moins de 30 ans avec un taux qui s'élève à 26%. (FONDS MONÉTAIRES INTERNATIONALES, 2018)

La production nationale se trouve être la meilleure option pour palier à ces problèmes d'ordre économique.

1.5.1.4 Analyse socio-culturelle :

Les produits qui seront fabriqués localement par Unilever détiennent déjà des parts de marché en Algérie depuis plusieurs années.

Les produits concernés par le projet ont été, et le sont toujours, importés des autres filiales d'Unilever monde. Unilever Algérie connaît donc les tendances du marché national, les habitudes de consommation et les comportements d'achats de ses clients finaux et le fonctionnement de ses partenaires locaux (fournisseurs et distributeurs).

1.5.1.5 Analyse Écologique :

Le programme lancé par l'Algérie en 2010 s'inscrit dans une optique de promotion du développement durable et d'une optimisation de la gestion des ressources naturelles.

Plusieurs lois liées au sujet ont été promulguées, notamment celles relatives à la protection de l'environnement, à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets ainsi qu'à la promotion des énergies renouvelables.

Grace à son plan « Pour Un Monde De Vie Durable » et sa stratégie en faveur du climat, Unilever a été nommé Leader Agroalimentaire six fois consécutives. Ce classement se fait sur la

⁴ Fonds monétaire international, regroupant 189 pays dont le but est d'assurer la stabilité monétaire internationale.

base d'un indice indépendant qui mesure l'efficacité des entreprises en termes de développement durable, en s'appuyant sur des critères environnementaux, économiques et sociaux de Dow Jones Sustainability Index, reconnu mondialement. (Unilever, 2018)

1.5.1.6 Analyse Technologique :

CASTAGNE⁵ précise que la technologie recouvre un ensemble de connaissances scientifiques et techniques, ainsi que les connaissances connexes liées à l'industrialisation des premières. (Vincent, 2008)

Nous entendons par connexes les différentes parties non technique indispensable à la réalisation du cœur de métier de l'industrie, il s'agit principalement d'activités stratégique, commerciales, financières, organisationnelles, administratives, etc.

Le savoir-faire technique du nouveau site de production est fondé sur la fabrication de produits de grandes consommations

Ce savoir-faire technique ne peut être dissocié des savoirs relatifs à : la gestion de stock, gestion de la production, gestion de la qualité, des achats, distribution, logistique, marketing, commercialisation, etc.

Nous allons représenter la technologie de la nouvelle ligne de production selon CASTAGNE dans la figure suivante :

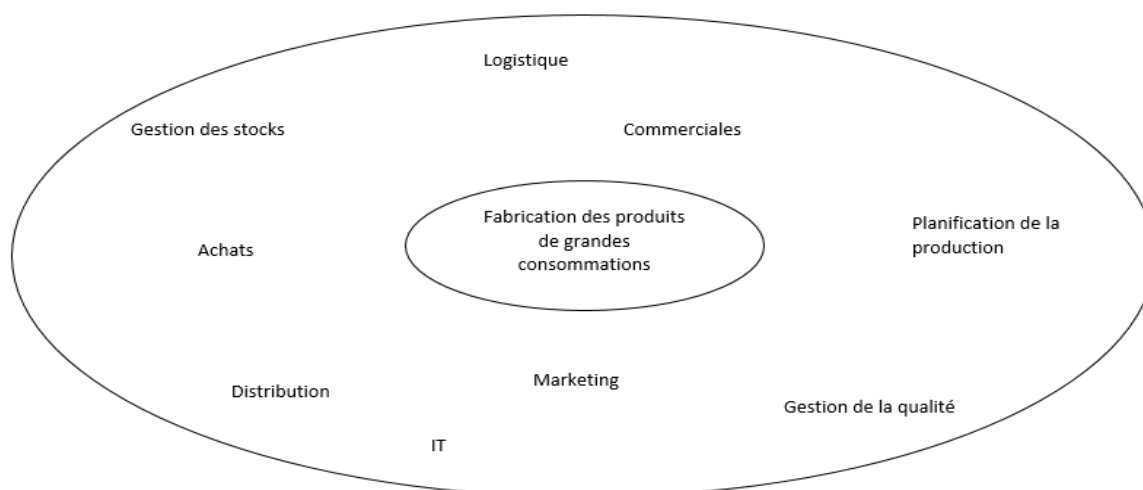


Figure 1-4: Représentation de la technologie d'Unilever selon CASTAGNE.

Unilever est présente en Algérie depuis 2002, avec une ligne de production de produits de soins ménagers (HC) aménagée selon les dernières avancées technologiques en matière d'équipement industriel et de logiciels de gestion.

Elle a donc une maîtrise du mode de fonctionnement de la chaîne logistique et de ses spécificités au niveau local. Elle possède déjà des entrepôts équipés en système informatiques : SAP, WMS, etc.

⁵ Chercheur Américain en stratégie d'entreprise, il a proposé un modèle conceptuel de la technologie de l'entreprise.

De plus, Unilever dispose d'une ligne de conditionnement de produits PC (Hair), ayant le même mode de fonctionnement que celle prévue pour la nouvelle ligne de production en Algérie. Elle a de ce fait une maîtrise totale d'une grande partie de la nouvelle technologie.

1.5.2 Résultats de l'analyse PESTEL

Mener cette analyse nous a permis de mettre le point sur les éléments ayant une forte influence sur la décision stratégique d'Unilever Monde de localiser sa production en Algérie et de l'impact de cette décision sur ses parties prenantes.

À partir de cette analyse nous concluons les raisons qui ont poussé Unilever à investir près de 8 Millions d'euros pour sa réalisation, et donc la mise en place de nouvelles lignes de production :

- Facilité de réalisation du projet, conclu de l'analyse technologique et socio culturelle de PESTEL

- La grande opportunité de développement d'Unilever monde qu'offre ce projet.

- La nécessité de garder la mainmise sur le marché Algérien, qui représente près de 40 millions de consommateurs, une mainmise fortement fragilisée après les restrictions des importations.

- L'importante contribution du marché Algérien dans la réalisation des objectifs Maghreb, 50% du CA

- La loi algérienne qui interdit le transfert des investissements en obligeant les entreprises étrangères à réinjecter leur gains dans l'économie du pays, ceci a poussé Unilever à réinvestir les bénéfices dégagées dans le projet On shoring HCL.

Ce projet a aussi des effets positifs sur l'économie du pays, il s'inscrit comme l'un des grands projets résultant des efforts du gouvernement ces dernières années, de passer d'une économie dépendante du pétrole, à un accroissement de l'indépendance et diversification de cette dernière.

Le recrutement massif de managers, employés et ouvrier qu'est en train d'induire ce projet aidera à faire baisser les pourcentages de chômage du pays.

1.5.3 Les 5 forces de Porter

L'objectif de l'analyse de Porter⁶ est d'étudier l'environnement sectoriel et concurrentiel de l'entreprise, en prenant en compte les spécificités du marché en question, afin de se positionner sur le marché et d'optimiser son avantage concurrentiel.

L'outil catégorise l'environnement concurrentiel en cinq parties : la rivalité intra-sectorielle, les entrants potentiels, la menace des produits de substitution, le pouvoir de négociation des liens

⁶ Michael Porter professeur de stratégie d'entreprise à l'Université d'Harvard et consultant d'entreprise. Fondateur du cabinet de conseil en stratégie Monitor Group.

et le pouvoir de négociation des fournisseurs. Nous pouvons également inclure le pouvoir de l'Etat via ses institutions, les pouvoirs publics. (Garibaldi, 2008)

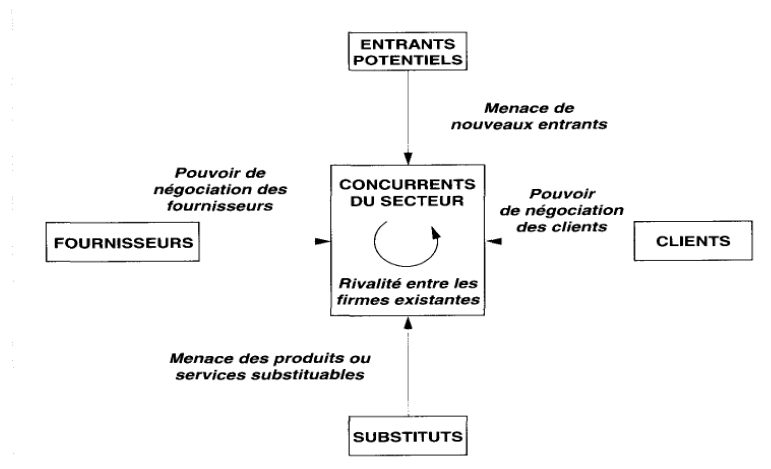


Figure 1-5: Représentation des 5 forces de PORTER. (Garibaldi, 2008)

Les 5 forces qui influent Unilever Algérie dans son secteur d'activité sont :

1.5.3.1 La rivalité intra-sectorielle

Des multinationales comme L'Oreal, P&G, Henkel ... avec une notoriété internationale et nationale, tout aussi importante que celle d'Unilever dans le marché des PGC (produit de grande consommation) sont les premiers grands concurrents.

Pour faire face à la concurrence, Unilever Algérie élargit sa zone de chalandise et son réseau de distributeurs à l'échelle nationale, en effet, depuis 2017 elle est passée d'une stratégie de distribution contenant un seul KD, à une stratégie qui intègre 27 KD localisés dans différents Wilaya afin de s'étendre au niveau nationale

Elle se concentre aussi sur le brand management et la promotion des marques présentes sur le marché local. Le bureau de liaison situé à Alger est principalement responsable de cette mission.

1.5.3.2 Pouvoir de négociation des clients

Les clients directs d'Unilever sont les distributeurs (comme expliqué lors de la présentation de l'entreprise). Depuis Octobre 2017, comme cité plus haut l'entreprise a mis en place une nouvelle stratégie de distribution, non pas seulement pour élargir sa zone de chalandise, mais aussi pour minimiser sa dépendance vis-à-vis de ses clients, limiter les risques liés à la distribution et avoir une plus grande maîtrise de son marché. Entre 2002 et 2017, elle était en collaboration avec un distributeur exclusif, Unidistal. Elle est passée aujourd'hui à 27 distributeurs.

Ainsi le pouvoir des clients, issus du marché primaire d'Unilever, a considérablement diminué.

En ce qui concerne le marché secondaire (grossistes, semi-grossistes et détaillants), celui-ci a le pouvoir de décider des prix et de la disponibilité des produits proposés par Unilever aux clients finaux. Ce type de clients garde encore un fort pouvoir de négociation. Un risque sur lequel travaille Unilever Algérie.

En ce qui concerne le client final, Le pouvoir de négociation de ce dernier s'est affaibli sur le marché dans ces circonstances de blocage d'importation, le client s'est trouvé dans l'obligation d'acheter soit les produits importés qui se font de plus en plus rare au prix fort.

1.5.3.3 Pouvoir de négociation des fournisseurs

La relation avec les fournisseurs est une partie clé de la réussite d'une entreprise de production. L'équipe Achats et Approvisionnement met au point le contrat qui définit la politique d'approvisionnement et la relation avec ses fournisseurs.

Il existe deux types de fournisseurs pour Unilever :

- Fournisseurs de matières premières.
- Fournisseurs de produits finis, tous préviennent des autres filiales d'Unilever monde.

En règle générale la force de négociation des fournisseurs de matières premières dépend de la matière fournie, de sa rareté et de sa criticité. Cependant, Unilever a une stratégie de centralisation de la fonction achat selon les zones géographiques. Effectivement, c'est à l'échelle NAME que les négociations avec les fournisseurs d'Unilever Algérie se font, ayant plus de poids dans le marché international que ses filiales prises de façon indépendante. Par conséquent, la force de négociation de ses fournisseurs se voit diminué considérablement.

Les échanges de produits finis se fait entre les filiales d'Unilever monde. Le mode de fonctionnement de ces échanges est préalablement défini par la maison mère, ce qui donne lieu à aucune négociation.

1.5.3.4 Menaces des nouveaux entrants

Quel que soit le secteur d'activité d'une entreprise, elle se trouve toujours dans le risque de voir de nouveaux concurrents entrer sur le marché. Ce risque-ci varie en fonction de plusieurs paramètres dont le secteur d'activité, la notoriété des entreprises déjà présentes, et l'évolution des parts de marché. Pour le secteur des produits de grande consommation, les barrières à l'entrée sont puissantes dans le sens où la notoriété de la marque joue un rôle substantiel au moment où le consommateur fera son choix d'achat. Les menaces liées aux nouveaux entrants subsistent toutefois.

1.5.3.5 Menaces des produits de substitution

Unilever est une entreprise de produits de grande consommation, personnel care ou home care, des produits utilisés quotidiennement par les ménages. Actuellement, il n'existe manifestement pas de substitut qui pourrait être considéré comme une menace pour ce type de firme.

1.5.3.6 Le rôle de l'Etat

L'état a un impact significatif sur tout secteur d'activité. L'encouragement de la production et de la consommation locale et le taux d'inflation élevé sont autant d'éléments qui jouent en faveur de la concurrence du secteur des produits de grande consommation. Ceci incite les multinationales à localiser leur production.

Cette analyse nous a permis de montrer l'avantage concurrentiel que peut tirer la firme si elle maîtrise de manière optimale sa production et son réseau de distribution. En effet, la bonne gestion de ces deux grands processus aura un impact positif sur la pérennité de l'entreprise en Algérie.

L'analyse n'est pas terminée, Il faut estimer l'intensité de chaque intervenant de 1 jusqu'à 5 et calculer la moyenne de l'intensité concurrentiel du marché.

1.5.4 Résultats de l'Analyse de Porter

Il ne fait aucun doute qu'Unilever jouit d'une notoriété qui la place parmi les plus grandes entreprises de PGC au monde, et au niveau algérien, en ce qui concerne le projet de localisation de la production, il sera un atout qui lui permettra de se distinguer clairement de ses concurrents nationaux et internationaux, la cas y totalité des multinationales en PGC présentent dans le territoire algérien importent la majorité de leurs produits, Unilever se verra avoir un avantage de taille en localisant sa production, elle ne subira plus les taxes douaniers de l'importation, ce qui lui permettra de gagner en marge de bénéfice et de baisser les prix de ses produits relativement à ses concurrents qui importent toujours.

De ce fait, et d'après les résultats de l'analyse de Porter, Unilever a toute les raisons du monde de localiser sa production.

Cependant, afin de garder cette position de force, Unilever doit se donner les moyens pour que son projet soit réalisé de la meilleure manière qui soit, elle doit assurer le bon fonctionnement des fonctions qui influent sur le projet, durant et après sa réalisation.

Cette analyse nous a permis de montrer l'avantage concurrentiel que peut tirer la firme si elle maîtrise de manière optimale sa production et son réseau de distribution. En effet, la bonne gestion de ces deux grands processus aura un impact positif sur la pérennité de l'entreprise en Algérie.

1.6 Résultat du diagnostic et énoncé de la problématique

Le diagnostic de l'environnement externe d'Unilever a souligné l'importance de son activité en Algérie. La pérennisation de cette activité requiert une maîtrise des processus d'optimisation et une bonne intégration du projet de localisation de la production en Algérie.

Suite à l'analyse de l'état d'avancement du projet, et notre affectation dans l'unité Product Development de celui-ci, nous nous sommes arrêtés sur trois grands axes qu'il est possible d'aborder:

Les processus de production (Ordonnancement, plan de production, etc.) ;

Les processus de stockage et la modélisation des stocks ;

L'intégration du nouveau projet dans les systèmes d'information d'Unilever Algérie.

Notre choix de problématique s'est porté sur la planification de la production pour les raisons suivantes :

- Actuellement Unilever Algérie importe pour commercialisation tous les produits qu'elle a pour projet de localiser leur production en Algérie. La modélisation des stocks a donc déjà été en grande partie réalisée.

- Unilever Monde possède des équipes spécialisées dans les systèmes d'information, l'intégration du projet dans SAP sera prise en charge par ses équipes en collaboration avec des cabinets de conseil tel que Capgemini.

- La planification de la production chez Unilever se fait sur SAP (Progiciel de gestion d'entreprise). Le planificateur de la production se base sur les résultats fournis par APO (module de SAP) afin d'établir un PDP mensuel et hebdomadaire. Cependant, le temps nécessaire pour paramétrer les données de la nouvelle ligne de production sur SAP a été évalué à une année par le cabinet de conseil Capgemini. Au lancement de la production pour l'année en cours, l'ordonnancement de celle-ci ne pourra pas se faire sur SAP.

Maintenant que le champ de la problématique a été défini, nous allons détailler davantage notre niveau d'intervention. Le projet OnShoring compte trois lignes de production :

- La ligne Hair, qui produira 38 SKU des trois marques de shampoings, Sunsilk, Clear et Dove.

- La ligne Oral, sur laquelle on produira une dizaine de SKU dentifrice.

- La ligne Omo liquide est toujours en première phase de lancement (Business Case). La date de lancement de la production de celle-ci n'est pas encore connue.

Nous avons choisi d'élaborer la planification de la production de la ligne de production Hair pour deux raisons principales :

- La complexité de cette ligne comparativement aux deux autres : il y'a 38 SKU qui devront être produits et la production du mois doit répondre à la demande du marché.

- Le paramètre temporel est une contrainte non négligeable dans le projet « Onshoring », la production des shampoings devra débuter en septembre, la planification et l'ordonnancement de celle-ci est une urgence.

Ceci nous conduit à énoncer la problématique de la manière suivante :

Comment permettre au planificateur d'établir un plan de production à moyen et court terme sans avoir recours à SAP ?

1.7 Conclusion

Ce premier chapitre a permis de contextualiser le projet de localisation de la production en Algérie et son importance dans la préservation de la position concurrentielle d'Unilever Algérie.

Afin d'apporter une solution optimale au problème soulevé, il est nécessaire d'expliquer l'organisation de la production et la planification de celle-ci.

Enfin, il est important de définir les différents modèles mathématiques d'ordonnancement et leur mode de résolution. Ces deux points seront détaillés à travers un état de l'art, dans le chapitre qui suit.

CHAPITRE 2

ÉTAT DE L'ART

2.1 Introduction

Ce chapitre est dédié à la revue de littérature, afin de mettre en évidence les concepts théoriques de la gestion de production, de la planification et de la modélisation mathématique des problèmes de planification.

Dans la première partie, nous allons présenter les systèmes de production, les différentes typologies et leur classification, la gestion de la production par la théorie des contraintes. Nous passerons ensuite à la notion du stock de sécurité et les différentes méthodes de calcul. Dans la seconde partie, nous allons passer en revue les concepts liés à la planification de la production et l'enchaînement des plannings selon l'architecture MRP.

Nous terminerons par présenter les problèmes d'optimisation et la méthodologie de modélisation mathématique des problèmes de planification.

2.1 La production

« La fonction production est l'opération de transformation de matières premières ou de composants en produits, qui ont une valeur sur le marché, conformément au processus de fabrication établies par la fonction méthodes » (Javel, 2010)

Issue du taylorisme, la fonction méthode lie la conception et la réalisation du produit ou service. Son rôle principal est de définir, de façon optimale, les méthodes de fabrication afin de répondre au mieux au triptyque : cout délai qualité. Le bureau méthode assure essentiellement 4 fonctions :

-Introduction des innovations de procédés et choix des moyens de production nécessaires lors de la conception de nouveaux produits.

-Préparation des conditions optimales de travail.

-Amélioration des postes de travail.

-Mise à jour des données technologiques et des moyens de production disponibles.

2.1.1 La gestion de production et ses dimensions:

La gestion de la production est un travail de coordination et de contrôle des activités requises pour fabriquer un produit, ou réaliser un service. Ce travail implique généralement un contrôle efficace de l'ordonnancement, des coûts, de la performance, de la qualité et des exigences en matière de déchets.

La fonction de gestion de production prend une place stratégique dans l'entreprise industrielle. Représentant au début une combinaison productive relativement isolée, elle est devenue aujourd'hui un processus de production intégré. La production est passée naturellement d'un système de gestion et d'organisation standardisé à un système plus complexe, une complexité qui se manifeste dans ses enjeux et ses objectifs. La gestion de production est donc :

-La gestion des matières : gestion des approvisionnements, gestion des stocks de matières premières, de sous ensemble, de pièces, et de tous les produits nécessaires pour aboutir au produit fini.

-La gestion des ressources: les ressources peuvent être matérielles (moyens de production) ou immatérielles (humaines), et doivent être gérées, pour bien mener la fonction de production. Les modes de gestion diffèrent selon l'horizon de temps, comme expliqué dans le tableau ci-dessous :

Horizon de temps	Actions
Court terme	Affectation des ressources et ordonnancement
Moyen terme	Lissage et répartition du travail en équilibrant les charges
Long terme	Décisions stratégiques, embauches ou formation du personnel

Tableau 2-1 : Gestion de la production selon l'horizon de temps (François, 1999)

-La gestion des flux de produits et du flux d'information : dans la gestion de production on entend parler de deux types de flux :

Flux physiques : c'est les entrées/ sorties de matières, de produits finis, de sous-ensembles de pièces, etc.

Flux d'information : c'est le suivi des commandes, des ordres de fabrication, des livraisons clients sur système.

Le tableau suivant montre les différentes fonctions de la gestion de production et la mission de chacune des fonctions.

Services	Missions principales	Objets élaborés
Etudes	Conception du produit	Plans, nomenclatures
Méthodes	Préparation de la fabrication	Gammes
Ordonnancement	Organisation de la fabrication	Plan de production
Lancement	Planification de la production	Bons de travail
Production	Fabrication du produit	Produits, services
Contrôle/Qualité	Suivi de la production	Tests, échantillonnages

Tableau 2-2 : Les missions du management de la production (Anne GRATACAP, 2005)

2.1.2 Les différentes organisations de la production

2.1.2.1 Classification selon les séries de production et la répétitivité

La première différence entre les entreprises de production réside dans la taille des lots de fabrication des produits. Les quantités de produits peuvent être :

- En production unitaire.
- En production par petites séries.
- En production par moyennes séries.

-En production par grandes série.

La notion des lots de production est spécifique à chaque produit. Cependant, l'ordre de grandeur est de :

100 pour les petites séries.

1000 pour les moyennes séries.

100 000 pour les grandes séries.

Pour chaque quantité de production, le lancement de celle-ci peut être « répétitif » ou « non répétitif ». (Maurice PILLET, 2011)

Le croisement entre ces deux paramètres, (quantités et répétitivités) définit la typologie de l'entreprise, ce qui va prendre part dans la typologie de l'entreprise. Ceci est résumé dans le tableau suivant :

	Lancements répétitifs	Lancements non répétitifs
Production unitaire	<ul style="list-style-type: none"> • Moteur de fusée • Pompes destinées au nucléaire 	<ul style="list-style-type: none"> • Travaux publics • Moules pour presses • Paquebots
Petites et moyennes séries	<ul style="list-style-type: none"> • Outillage • Machines-outils 	<ul style="list-style-type: none"> • Sous-traitance (mécanique électronique) • Préséries
Grandes séries	<ul style="list-style-type: none"> • Électroménager • Automobile 	<ul style="list-style-type: none"> • Journaux • Articles de mode

Tableau 2-3 : Classification selon la série de production : (Maurice PILLET, 2011)

Chacune de ces typologies d'entreprise requière une gestion spécifique et une implémentation d'atelier de production appropriée.

2.1.2.2 Classification en fonction de l'implémentation des machines

-**Atelier à cheminement unique continue (flow shop)**: On parle de production continue lorsqu'on doit traiter une grande quantité d'un produit, ou de famille de produits. Les machines sont implémentées en ligne de production, ce qui rend le flux du produit linéaire (flow shop)

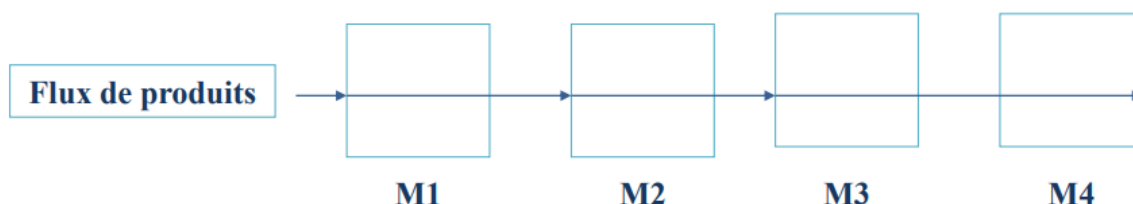


Figure 2-1: Atelier à cheminement unique continue.

-Atelier à cheminement multiple discontinu (Job shop): On parle de système de production discontinu lorsque les machines sont regroupées dans des ateliers en fonction de la tâche exécutée. La production par atelier est retenue quand on est en présence d'une panoplie de variétés de produits à faible quantités. Ce type de production offre donc une grande flexibilité.

Le flux de produit est fonction de l'enchaînement des tâches à réaliser.

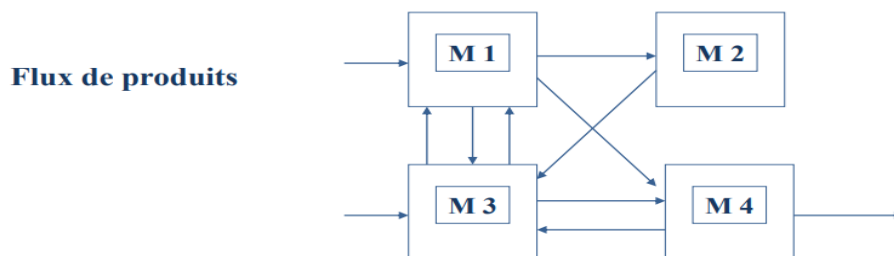


Figure 2-2: Atelier Job shop.

-Atelier à cheminement libre (Open shop): dans ce type d'ateliers, les tâches sont divisées en opérations sachant que (le nombre d'opérations est égale au nombre de machines).

2.1.2.3 Classification selon la nature de la Supply chain

Dans cette classification, le système de production dépend directement de la stratégie *supply chain* adoptée par l'entreprise : Réactive ou efficiente.

On distingue 4 types de systèmes de production, qui définissent la relation avec le client :

-Production sur stock : L'entreprise constitue un stock de produits finis, sur la base de prévisions. Ce système de production est choisi pour deux raisons :

- Lorsque le délai de fabrication est supérieur au délai de livraison toléré par le client.
- Lorsqu'on peut réaliser des économies d'échelles (produire de grandes quantités et diminuer le coût)
- Lorsqu'il s'agit de produits standards.

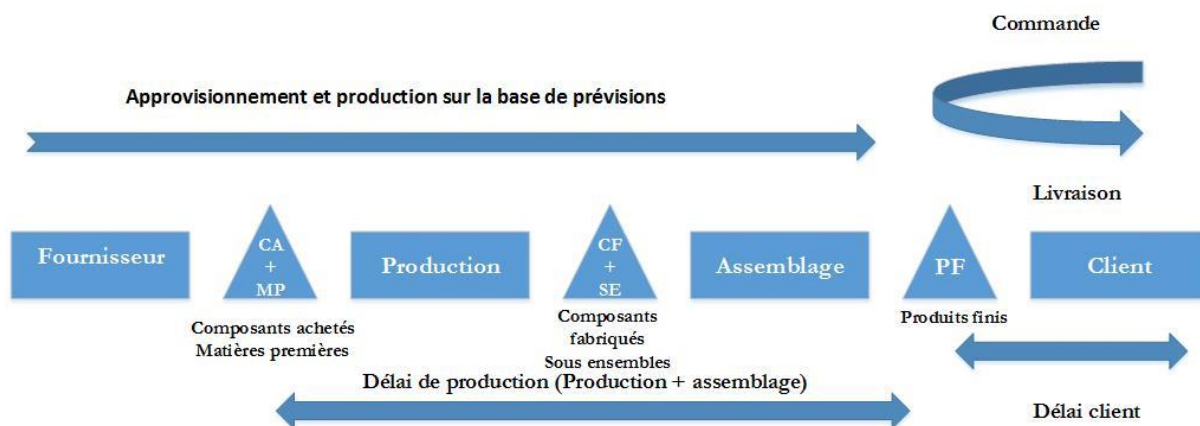


Figure 2-3: Production sur stock (Maurice PILLET, 2011)

-Assemblage à la commande : C'est un modèle de production où les marchandises finales sont produites une fois que le fabricant reçoit la commande des clients. Les composants sont déjà produits et stockés sur le site. Il est avantageux pour le client d'obtenir le produit personnalisé en peu de temps et aussi le coût pour garder le stock réduit pour le fabricant.

Les approvisionnements et la fabrication des sous-ensembles se font sur la base de prévisions.

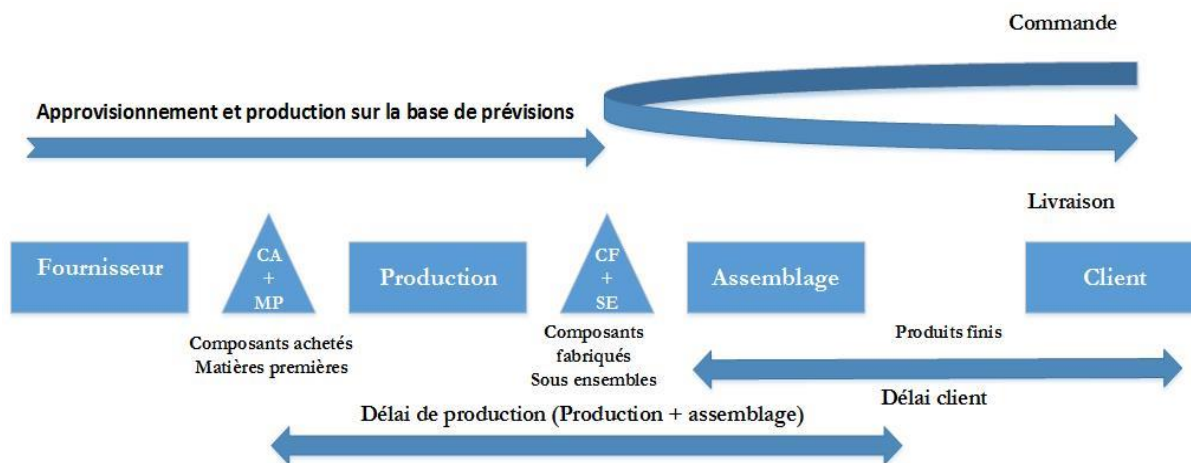


Figure 2-4: Assemblage à la commande. (Maurice PILLET, 2011)

-Production à la commande : C'est un processus de fabrication dans lequel la fabrication commence seulement après la réception d'une commande ferme du client. C'est l'opposé du modèle « production sur stock », et il est préférable lorsqu'il s'agit de produits non standards et lorsque le délai de livraison est accepté par le client.

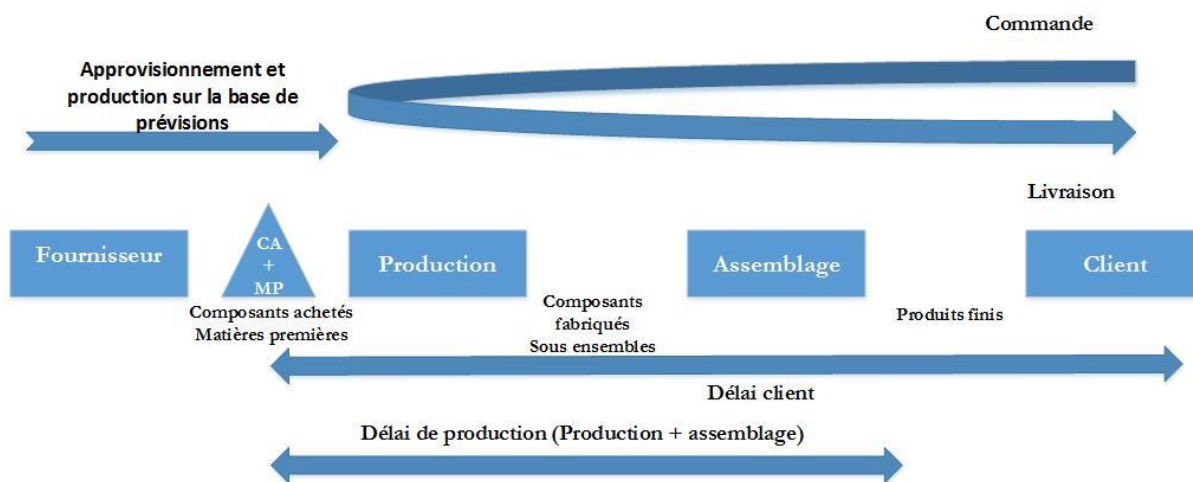


Figure 2-5: Production à la commande (Maurice PILLET, 2011)

-Conception à la commande : La conception à la commande est un type de processus de fabrication dans lequel un produit est conçu après la réception d'une commande. Le produit doit répondre aux spécifications souhaitées par l'ordre reçu. Le client s'engage avec l'équipe de fabrication tout au long du processus pour s'assurer que toutes les spécifications sont respectées. La conception à la commande est utilisée pour des produits très complexes ou des produits très spécialisés.

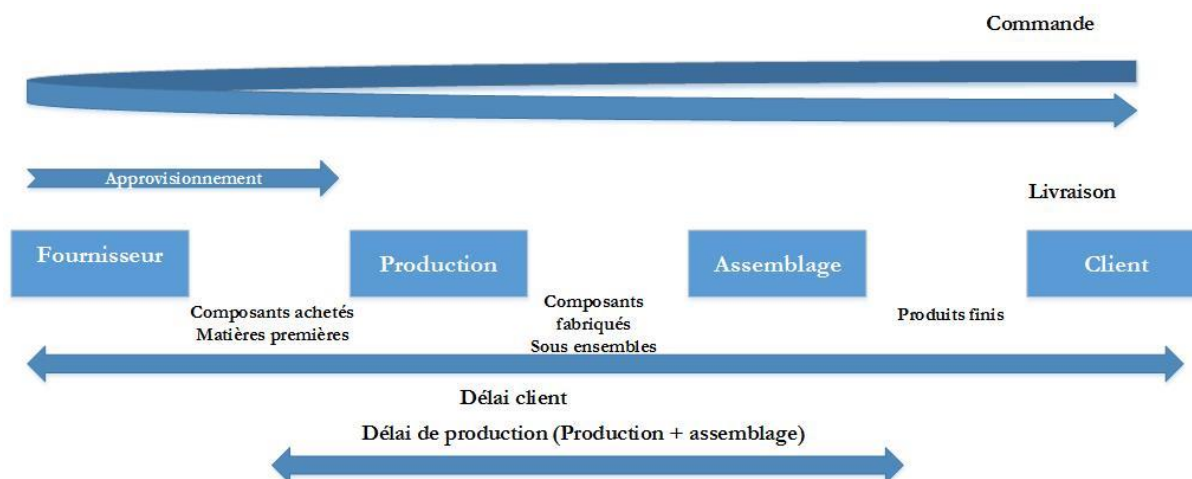


Figure 2-6: Conception à la commande

2.2 Gestion de la production par la théorie des contraintes

Définition

Il s'agit d'une théorie de management industriel apparue aux Etats-Unis à la fin du 20ème siècle. Elle est connue sous le nom de la théorie OPT (Optimized Production Technology) qui est le résultat des travaux de E.M Goldrat , auteur du livre le but qui traite les fondements de la théorie. (Maurice PILLET, 2011)

L'OPT est un système de production qui prend en compte les contraintes de capacité dans le processus de production et ne tente pas de fonctionner en continu à pleine capacité. Le but n'est pas de produire autant d'unités que possible, mais d'augmenter le débit tout en gardant les stocks et les coûts de production bas, réalisant ainsi un flux de travail efficace et continu.

Caractéristiques principales de l'OPT

Le but de l'OPT est de planifier la capacité de goulot d'étranglement de manière efficace. Ce calendrier est le maître de la demande placée sur d'autres capacités.

- Les principales caractéristiques d'OPT sont décrites par Goldrat comme suit:
- Le flux d'équilibre n'est pas la capacité.
- Le niveau d'utilisation de n'importe quelle partie du système, qui n'est pas un goulot - d'étranglement, dépend d'autres contraintes du système, et non du potentiel du travailleur.
- L'utilisation et l'activation d'une ressource ne sont pas synonymes.
- Une heure perdue au goulot d'étranglement est une heure perdue pour l'ensemble du système.
- Une heure enregistrée à un non-goulot est juste un mirage.
- Les goulots d'étranglement régissent à la fois le débit et les stocks.
- Le lot de transfert ne peut pas, et plusieurs fois ne doit pas être égal au lot de production
- Le lot de traitement devrait être variable, non fixé.

-Les horaires devraient être établis en examinant toutes les contraintes simultanément.

Exemple :



Figure 2-7: Ligne de production avec capacité de production. (Maurice PILLET, 2011)

Suivant la figure 2-7 on pourrait à priori croire que le poste X représente le goulet d'étranglement. Cependant, Il est nécessaire de connaître le besoin du client pour déterminer le goulet d'étranglement de la ligne de production. En effet, si le besoin du client est inférieur à 50 pièces par heure, la ligne de production ne possède aucun goulet d'étranglement.

Si par contre, le besoin du client est supérieur à 50 p/h, le poste X constitue un goulet d'étranglement.

Si le besoin client est supérieur à 150 p/h, la ligne de production possède deux postes goulets : il s'agit du poste X et du poste 3.

Nous concluons qu'un goulet d'étranglement est une ressource de production dont la capacité de production ne permet pas de satisfaire la demande du client.

Le stock est un mal nécessaire, pour faire face aux aléas de la demande et aux fluctuations du marché, il est important de constituer un stock de sécurité, nous introduisons dans ce qui suit la notion du stock de sécurité et les différentes formules de calcul :

2.3 Le Stock de Sécurité

Définition

Le stock de sécurité décrit la quantité d'inventaire qu'une entreprise garde dans l'entrepôt pour se protéger contre des pics de demande ou des pénuries d'approvisionnement. Les principes de stock de sécurité peuvent et doivent être appliqués à la fois pour les matières premières et les produits finis afin d'assurer la disponibilité des intrants pour la production et des biens pour la livraison. (Fatima, 2017)

Calcul du Stock de sécurité

Le stock de sécurité peut être calculé par l'une des méthodes suivantes :

– Délai de livraison fixe

$$SS = k\sigma_x\sqrt{D}$$

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

- D : Délai de réapprovisionnement.

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

- k : la variable réduite associée au risque de rupture choisi.

– Consommation fixe

$$SS = k.\sigma_l(\text{consommation})$$

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

- σ_l (consommation) = (consommation/j) \times σ_l (jours)

- k est la variable réduite associée au risque de rupture choisi.

– Consommation et délai variables

La consommation et le délai étant des variables indépendantes, le stock de sécurité est calculé en utilisant le théorème d'additivité des variances.

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

-k est la variable réduite associée au risque de rupture choisi.

- σ_l^2 : variabilité du délai en considérant que la consommation est fixe.

- $D\sigma_{x,D}^2$: Variabilité de la demande en considérant que le délai D est fixe.

2.4 Planification

Traditionnellement, la planification de la production se faisait manuellement à l'aide du papier et, plus tard, les organisations ont commencé à utiliser des feuilles de calcul. de différents logiciels sont disponibles pour le même. Dans la planification de la production, le processus commence généralement par l'identification de la date limite, puis revient à la date actuelle et, au cours du processus, les processus de goulot d'étranglement sont identifiés. La planification de la production prend en compte toutes les contraintes telles que la capacité, la main-d'œuvre, l'inventaire, le débit de l'usine et tente d'optimiser leur utilisation.

Par conséquent, ceci conclut la définition de l'ordonnancement de production avec sa vue d'ensemble.

2.4.1 Définition de planification de la production

La planification de la production est la gestion et l'allocation des ressources, des événements et des processus pour créer des biens et des services. Une entreprise ajuste son calendrier de production en fonction de la disponibilité des ressources, des commandes des clients et de l'efficacité *des machines*. L'objectif de la planification de la production est d'équilibrer les besoins des clients avec les ressources disponibles tout en opérant de la manière la plus rentable possible.

2.4.2 Les éléments de la planification de la production

– Planification des ressources

La planification de la production nécessite une forte concentration sur la disponibilité des ressources d'une entreprise. Les ressources comprennent les matières premières utilisées pour créer des biens, la disponibilité des machines et la disponibilité des travailleurs. Généralement, les planificateurs de production suivent toutes les ressources et trouvent des contraintes ou des pannes de ressources qui affecteront les différents niveaux de volume de production ; C'est ce qu'on appelle la planification de la capacité. Une fois qu'un planificateur identifie les contraintes de ressources, il ajoute des fournitures, des machines et du personnel supplémentaire pour s'assurer que les objectifs de production sont atteints.

– Planification des ordres de production

Les planificateurs de production examinent les commandes des clients en fonction du délai demandé, de l'importance du client et de la capacité de production disponible. Ils travaillent en étroite collaboration avec les ventes et le marketing pour répondre aux attentes des clients et maximiser les ventes.

– Planification du personnel

La planification de la production vise à maximiser le personnel grâce à la rotation des tâches, à des horaires de pause efficaces, à des possibilités de formation croisée et de travail d'équipe. Un équilibre entre les processus de travail, la formation et les activités de groupe crée une main-d'œuvre plus productive.

2.4.3 L'horizon de planification :

L'horizon de planification est l'intervalle de temps total sur lequel l'entreprise organise les prévisions de sa demande. Le temps de planification est structuré dans des intervalles de temps discrets, par ex : année, trimestres, mois, semaines, jours. (Javel, 2010)

Toutes les données de planification de la demande (données réelles, prévisions et les mesures calculées) sont représentées comme des séries chronologiques. Chaque série chronologique consiste en une séquence de compartiments temporels. L'horizon est caractérisé par :

Une unité de planification : qui est l'intervalle de temps discret.

Un horizon couvert : la période couverte par les intervalles de temps.

La taille de l'horizon de planification dépend de la durée du cycle de fabrication. Par exemple :

- Une chaîne de restauration rapide a l'intention de prévoir les tendances de la demande dans les prochaines semaines utilisera le temps quotidien.

- Dans l'industrie des biens de grandes consommations consommation et de nombreuses autres industries, la prévision est généralement structurée en mois .Les intervalles mensuelles sont bien adaptés à la demande saisonnière et à l'achat, à la production et aux décisions de réapprovisionnement.

La sélection de la taille de temps peut être structurée hiérarchiquement. Par exemple, les prévisions des données entrées en mois peuvent être agrégées en trimestres et en années et peuvent également être désagrégé en semaines et en jours.

La conversion des données hebdomadaires de prévisions mensuelles et vice versa n'est cependant pas toujours simple.

Remarque : l'horizon figé est un multiple de l'intervalle de planification. Il est possible d'avoir un plan établi par mois, sur un horizon d'un an réactualisé chaque trimestre (le trimestre représente l'horizon figé)

Il faut savoir que tous les horizons et tous les niveaux de planification industrielle sont interdépendants. Les plans sont intégrés et hiérarchisés du long terme vers le court terme.

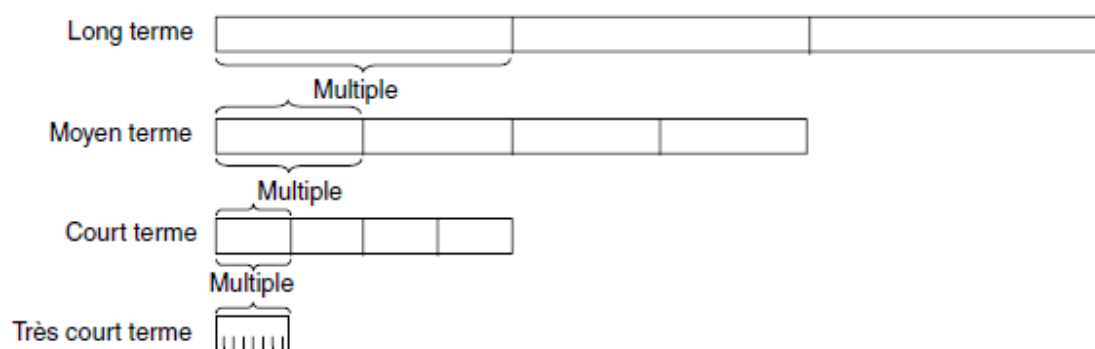


Figure 2-8: Recouvrement des horizons de planification (Javel, 2010)

2.4.4 Manufacturing Ressources Planning (MRP II):

La méthode MRP est la plus connue des méthodes existant en gestion de la production. La signification de l'acronyme a changé au cours du temps : initialement désignant « Material Requirement Planning », puis « Manufacturing Ressources Planning » pour désigner non seulement la planification des besoins en composants mais aussi la planification des ressources.

Material requirement planning (MRP) :

Le « Matériel Requirement Planning » ou la « planification des besoins en composants » est une méthode de réapprovisionnement de la production développée par Joseph Orlicky en 1965. La méthode met en évidence deux types de produits :

-Les produits à besoin indépendant : il s'agit des besoins découlant du marché, des ventes de produit fini, ou de sous ensemble.

-Les produits à besoin dépendant : c'est le besoin issu du besoin indépendant, nécessaire à la réalisation de ce dernier.

Les besoins indépendants sont prévisionnels et les besoins dépendant sont calculables à partir des besoins indépendants.

C'est un outil de planification en flux poussé, calcule les quantités de matières à approvisionner sur la base des ventes avec la formule : Besoins brut – Stock = besoins nets.

Le MRP permet de répondre à la question : quel produit produire? quand? et combien ?

Material Requirements Planning 1 (MRP1) :

Le « Matériel Requirement Planning 1 » ou « Méthode de Régulation de la Production » est apparue en 1970, elle intègre la capacité de production disponible et la notion de délais.

Le MRPI répond aux questions : est-ce que j'ai la capacité pour produire ?

L'évolution du MRP a donné au début des années 80 le MRP II. Développé par Oliver WIGHT et George PLOSSL. Le MRP II s'articule autour de trois niveaux de planification, avec un niveau de détail de plus en plus fin. Chaque niveau est matérialisé par l'intermédiaire d'un planning. Organisées de la manière décrite dans la figure ci-dessous :

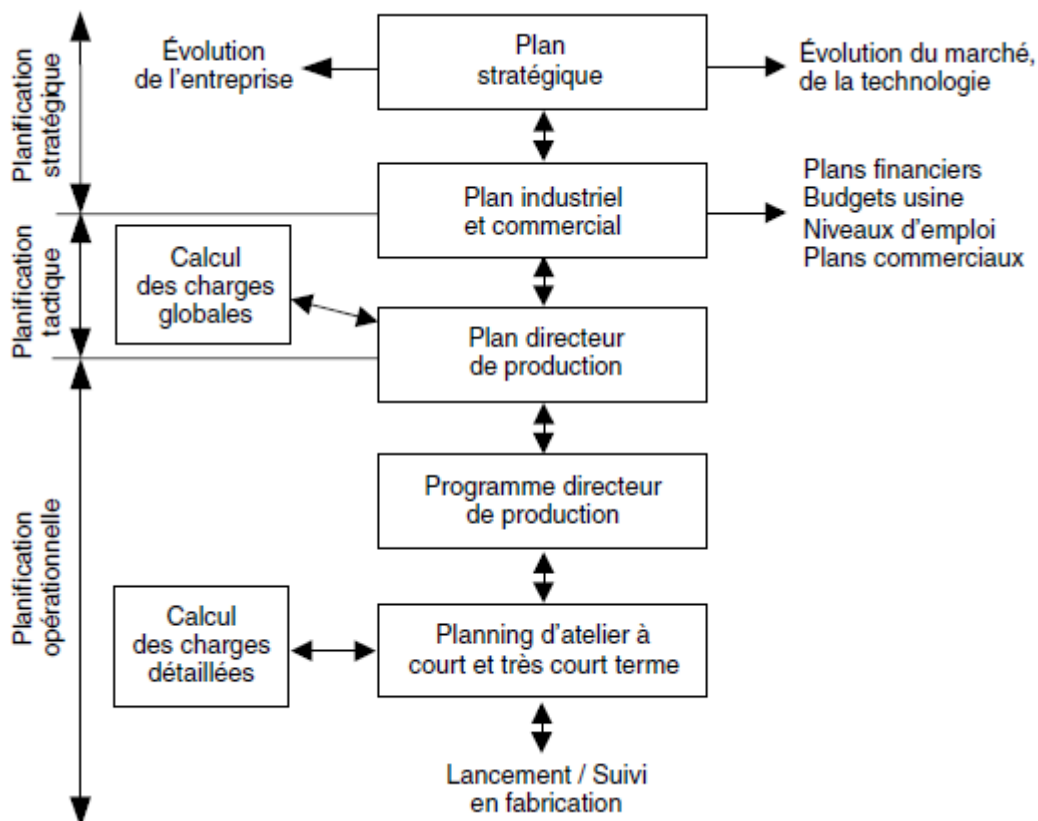


Figure 2-9: Architecture des planning MRP II (Javel, 2010)

La planification est organisée selon trois niveaux : un niveau stratégique, un niveau tactique et un niveau opérationnel.

La planification est fondé sur les prévisions quel que soit la stratégie de production de l'industrie (production sur stock, production à la commande, assemblage à la commande conception à la commande).

2.4.4.1 Plan stratégique d'entreprise :

Il s'agit d'un document écrit qui associe les objectifs d'une entreprise aux besoins du marché. Nécessaire à la croissance et au succès de l'entreprise, le plan stratégique sert à formaliser les orientations stratégiques, non seulement en définissant les objectifs de l'entreprise, mais en utilisant ces objectifs pour tirer parti des opportunités disponibles sur le marché.

2.4.4.2 Plan industriel et commercial (PIC):

Le plan industriel et commercial résulte de la planification globale à long terme et par famille de produit. Il établit les prévisions de vente des produits et niveau du stock optimal par famille de produits. L'horizon de la planification dépend du cycle de production de l'entreprise, mais le PIC est majoritairement établi par mois ou par trimestre.

2.4.4.3 Plan directeur de production (PDP) :

Le Plan Directeur de Production vient pour affiner le Plan Industriel et Commercial. Il spécifie, sur le moyen terme, les quantités à fabriquer de chaque produit en début d'horizon, et les quantités à produire par famille de produits en fin d'horizon de planification.

2.4.4.4 Programme directeur de production (PDP):

Définit, sur le court terme, les quantités à produire par références produits (SKU), ou sous ensemble modulaires, par jour, semaine, ou mois. Il fournit des données d'entrée pour établir le plan exécutable en atelier de production, et l'enchaînement optimal de travaux.

2.4.4.5 Planning d'atelier (ordonnancement) :

Le planning d'atelier est le dernier maillon de la chaîne de planification, qui vient juste avant l'ordre de fabrication. Son objectif principal est de convertir le PDP en un plan exécutable heure par heure pour la production au coût minimum. Effectivement, l'ordonnancement doit en priorité réaliser le PDP qui représente la voix du client tout en visant une optimisation des coûts c'est-à-dire avec une utilisation optimale des ressources fournies par le PDP.

– La représentation d'un planning :

Un planning est souvent matérialisé sur un axe orthonormé avec :

Axe des abscisses : les entités à planifier: machine, personne, tâche, etc

Axe des ordonnées : l'unité en fonction de laquelle sont planifiées les actions, sachant que l'unité la plus répandue est le temps.

– Le type de planning :

Planning de liste : On entend par planning « en liste » une représentation non ordonnées de travaux à réaliser, sur une unité de planification :

	Unités de temps		
Éléments à planifier	Liste de travaux prévus	Liste de travaux prévus	

Figure 2-10: Exemple de planing de liste (Javel, 2010)

Planning d'ordre : ce type de planning définit en fonction du temps, le séquençement des travaux à réaliser, ils sont souvent représentés par :

-à l'aide d'un graphe PERT, en gestion de projet.

-Par le diagramme Gantt en gestion d'atelier.

Ce type de planning facilite la tâche à l'opérateur. En effet, il n'a aucune décision à prendre, il doit tout simplement suivre le planning communiqué.

Type de représentation de planning d'ordre :

Il existe plusieurs combinaisons de représentations de planning d'ordre. Cependant, les plus utilisées sont :

- Planning d'utilisation des moyens de production en fonction du temps.
- Planning des travaux de production en fonction du temps.

La figure ci-dessous montre un exemple des deux représentations de type Gantt :

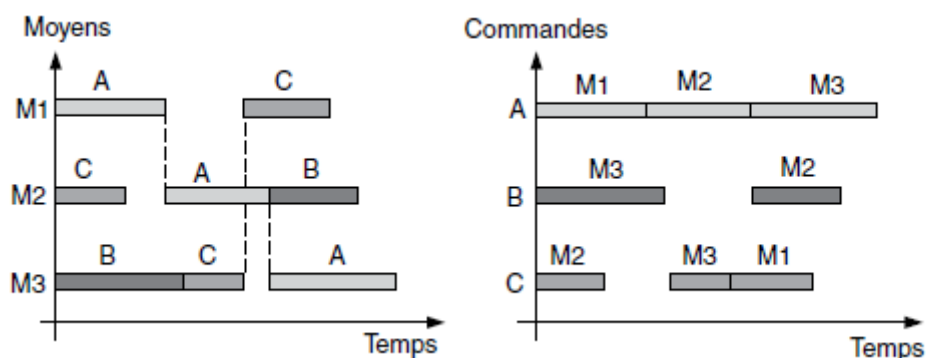


Figure 2-11: Types de représentation de planning (Javel, 2010)

Ces deux plannings sont complémentaires, et il est souhaitable d'avoir les deux représentations au sein l'entreprise. En effet, le planning par les moyen permet d'avoir une visibilité sur les charges et les capacités utilisées en production, et le planning par les tâches permet d'avoir une vue globale des travaux de production.

2.4.5 Planification de la production à capacité finie :

La planification de la production à capacité finie, est un processus de gestion qui alloue les matières premières et la capacité de production de façon optimale pour équilibrer la demande et la capacité de production à moindre coût.

Il existe des outils informatiques dédiés au pilotage des ressources disponibles en entreprise afin de répondre à la demande client. Ces outils sont connus sous le nom des Advanced Planning Scheduling (APS). (SPINNAKER, 2014)

Un APS permet de :

- Réduire les coûts avec une réduction des stocks et une meilleure utilisation des capacités.
- Une amélioration de la qualité de service grâce à une amélioration des prévisions.

Nous retrouvons sur le marché plusieurs éditeurs d'Advanced Planning Scheduling :

- SAP avec SAP APO.
- ACETEOS avec Acteos Forecasting and Procurement System.
- AZAP avec Azap.
- ORACLE avec Oracle Supply Chain Planning.
- SYMPHONY GOLD avec Gold.

Dans la plus part des APS, les modules principaux concernés sont :

- Planification de la demande.
- Optimisation du réseau
- Planification de l'approvisionnement.
- Planification de l'usine

Ces modules sont généralement des logiciels indépendants qui satisfont les différents besoins commerciaux, mais sont conçus pour fonctionner ensemble afin d'optimiser la performance de la chaîne d'approvisionnement.

2.5 Les problèmes d'optimisation

Les chercheurs, les utilisateurs et les organisations comme les entreprises ou les institutions publiques sont confrontés dans leur vie quotidienne à un grand nombre de problèmes de planification et d'optimisation. Dans de tels problèmes, différentes alternatives de décision existent et un utilisateur ou une organisation doit en sélectionner une. La sélection de l'une des alternatives disponibles a un certain impact sur l'utilisateur ou sur l'organisation qui peut être mesuré par un certain type de critères d'évaluation. Les critères d'évaluation sont choisis de manière à décrire l'impact (attendu) du choix d'une des différentes options de décision. Dans les problèmes d'optimisation, les utilisateurs et les organisations sont intéressés par le choix de l'alternative qui maximise ou minimise une fonction objective qui est définie sur les critères d'évaluation sélectionnés. (ROTHLAUF, 2011)

Habituellement, les utilisateurs et les organisations ne peuvent pas choisir librement parmi toutes les alternatives de décision disponibles, mais il existe des contraintes qui limitent le nombre d'alternatives disponibles. Les restrictions communes viennent de la loi, des limitations techniques ou des relations interpersonnelles entre les humains. En résumé, les problèmes d'optimisation ont les caractéristiques suivantes :

- Différentes alternatives de décision sont disponibles.
- Des contraintes supplémentaires limitent le nombre d'alternatives de décision disponibles.
- Chaque décision alternative peut avoir un effet différent sur les critères d'évaluation.
- Une fonction Objective qui est définie sur les alternatives de décision.

2.5.1 Problème de planification :

La planification est considérée comme un processus systématique, rationnel et guidé par la théorie pour analyser et résoudre les problèmes de planification et d'optimisation. Le processus de planification comprend plusieurs étapes :

1. Reconnaître le problème.
2. Définir le problème.
3. Construire un modèle pour le problème.
4. Résoudre le modèle.
5. Valider les solutions obtenues.
6. Mettre en œuvre une solution.

2.5.1.1 Reconnaître le problème

Dans la toute première étape, il faut reconnaître qu'il y a un problème de planification ou d'optimisation. C'est probablement l'étape la plus difficile car les utilisateurs ou les institutions s'habituent souvent rapidement à une approche actuellement utilisée pour faire des affaires. Ils apprécient la situation actuelle et ne savent pas qu'il existe de nombreuses façons de faire leur travail ou d'organiser une tâche. Les utilisateurs ou les institutions ne sont souvent pas conscients qu'il peut y avoir plusieurs solutions de rechange.

Un problème a été identifié si les utilisateurs ou les institutions ont réalisé qu'il existe d'autres alternatives et que le choix de ces alternatives affecte leur activité. Souvent, la reconnaissance des problèmes est l'étape la plus difficile car les utilisateurs ou les institutions doivent abandonner la manière actuelle de faire des affaires et accepter qu'il existe d'autres moyens (et peut-être mieux).

2.5.1.2 Définir le problème

Après avoir identifié un problème, nous pouvons le décrire et le définir. Pour ce faire, nous devons formuler les différentes alternatives de décision, étudier s'il y a des contraintes supplémentaires à prendre en compte, sélectionner des critères d'évaluation qui sont affectés par le choix de différentes alternatives et déterminer quels sont les objectifs du processus de planification. Habituellement, il n'y a pas qu'un seul objectif possible, mais nous devons choisir parmi une variété d'objectifs différents. Les objectifs possibles d'un processus de planification ou d'optimisation sont soit de trouver une solution optimale au problème, soit de trouver une solution meilleure qu'un certain nombre de problèmes prédéfinis.

Il est important de définir un problème suffisamment grand pour garantir que la résolution du problème apporte des avantages et suffisamment petit pour pouvoir résoudre le problème.

2.5.1.3 Construire un modèle pour le problème

Un modèle est une représentation (généralement simplifiée) du monde réel. Les modèles mathématiques décrivent la réalité en extrayant les relations les plus pertinentes et propriétés d'un problème et de les formuler en utilisant des symboles mathématiques et expressions. Par conséquent, lors de la construction d'un modèle, il y a toujours des aspects de la réalité qui sont idéalisés ou négligés.

Lors de la formulation d'un modèle pour des problèmes d'optimisation, les différentes alternatives de décision sont généralement décrites en utilisant un ensemble de variables de décision $\{X_1, \dots, X_n\}$. L'utilisation ces variables permet de modéliser les différentes alternatives qui peuvent être choisies.

Souvent, un modèle est choisi de manière à pouvoir être résolu en utilisant des approches d'optimisation existantes. Cela vaut particulièrement pour les méthodes d'optimisation classiques comme la méthode Simplex ou les techniques de Branch and Bound qui garantissent la recherche de la solution optimale.

Deux autres aspects pertinents de la construction de modèles sont la disponibilité des données pertinentes et l'essai du modèle résultant.

Pour la plupart des problèmes, la construction du modèle se base sur ces trois points :

Décrire les variables de décision.

Définir les relations entre les variables de décision.

Établir la structure de la fonction Objective.

En suivant ces trois étapes, vous obtiendrez en théorie un modèle représentatif de la réalité, mais avant de continuer avec ce modèle, nous devons nous assurer de sa validité relativement au monde réel et si représente réellement ce que nous voulions initialement modéliser ou pas. Un bon critère pour juger de l'exactitude d'un modèle est de savoir si les différentes options de décision sont modélisées avec une précision suffisante et conduisent aux résultats attendus.

Avant d'aborder la résolution, des définitions des types de problèmes d'optimisations suivant leurs complexités.

– Complexité numérique

La théorie de la complexité numérique (Hartmanis et Stearns, 1965, Cooky, 1971, Garey et Johnson, 1979, Papadimitriou et Yannakakis, 1991, Papadimitriou, 1994, Arora et Barak, 2009) permet de catégoriser les problèmes d'optimisation en fonction de leur difficulté. La difficulté d'un problème est définie par rapport à la quantité de ressources de calcul qui sont au moins nécessaires pour le résoudre.

En général, l'effort (quantité de ressources de calcul) nécessaire pour résoudre un problème d'optimisation de taille n est déterminé par sa complexité temporelle et spatiale. La complexité temporelle décrit le nombre d'itérations ou le nombre d'étapes de recherche nécessaires pour résoudre un problème. Les problèmes sont plus difficiles si plus de temps est nécessaire. La complexité de l'espace décrit la quantité d'espace (généralement la mémoire sur un ordinateur) nécessaire pour résoudre un problème. Habituellement, la complexité du temps et de l'espace dépend de la taille d'entrée n .

– Classe de complexité P

La classe de complexité P (P signifie polynomial) est définie comme l'ensemble des problèmes de décision qui peuvent être résolus par un algorithme avec la complexité polynomiale dans le pire des cas. Le temps nécessaire pour résoudre un problème de décision dans P est asymptotiquement borné (pour $n > n_0$) par une fonction polynomiale. Pour tous les problèmes de P.

– Classe de complexité NP

La classe NP (qui correspond au temps polynomial non-déterministe) décrit l'ensemble des problèmes de décision où une solution d'un problème peut être vérifiée en temps polynomial. Par conséquent, la représentation formelle d'une solution x et le temps qu'il faut pour vérifier sa validité (pour vérifier s'il s'agit d'une solution oui) doivent être polynomiaux ou polynomiaux.

– Problème NP-difficile

Problème qui remplit la seconde condition et peut donc être dans une classe plus large et plus difficile que la classe NP. Les problèmes NP-difficiles n'ont pas encore à ce jour d'algorithmes

déterministes capables de les résoudre en un temps polynomial. Exemple : problème du voyageur de commerce ou problème de planification de production.

– Temps polynomial

Temps de calcul proportionnel à N^n où N désigne le nombre de paramètres inconnus du problème et n une constante entière (Siarry P. et Maurice C., 2004).

2.5.1.4 Résolution du problème

Après avoir défini un modèle du problème, le modèle peut être résolu par une sorte d'algorithme (généralement un algorithme d'optimisation). Un algorithme est une procédure (un ensemble fini d'instructions bien définies) pour accomplir une tâche. Un algorithme démarre dans un état initial et se termine dans un état final défini. Le concept d'algorithme a été formalisé par Turing (1936) et Church (1936) et est au cœur de l'informatique. En optimisation, le but d'un algorithme est de trouver une solution (soit des valeurs spécifiques pour les variables de décision ou une alternative de décision spécifique) avec une valeur d'évaluation minimale ou maximale.

Plusieurs méthodes de résolution ont été développées au fil du temps, et peuvent être catégorisées en grandes parties : les algorithmes ou méthodes déterministes et non déterministes.

– Les algorithmes déterministes

Un algorithme déterministe est un algorithme qui, étant donné une entrée particulière, produira toujours la même sortie. Les algorithmes déterministes forment, de loin, la famille d'algorithme la plus étudiée.

Formellement, un algorithme déterministe calcule une fonction mathématique ; une fonction ayant une valeur unique pour n'importe quelle entrée dans son ensemble de définition, l'algorithme produit cette valeur en sortie.

– Les algorithmes non déterministes

Ces méthodes sont utilisées lorsque les algorithmes déterministes sont impossibles à implanter, elles font appel à des heuristiques. Ces algorithmes permettent de trouver une solution au modèle mathématique sans pour autant garantir l'optimalité de celle-ci, chaque heuristique est réalisée pour un type de problème bien précis, elles sont cependant applicables à n'importe quel type de problèmes, difficiles ou faciles

– Les méta heuristiques

Un méta heuristique est un ensemble de concepts algorithmiques qui peuvent être utilisés pour définir des méthodes heuristiques applicables à un large éventail de problèmes différents.

Un méta heuristique peut être considéré comme une méthode heuristique à usage général vers des régions prometteuses de l'espace de recherche contenant des solutions de haute qualité. Un méta heuristique est un cadre algorithmique général qui peut être appliqué à différents problèmes d'optimisation avec relativement peu de modifications pour les rendre adaptés à un problème spécifique.

– Les algorithmes génétiques

Un algorithme génétique utilise des techniques inspirées de la biologie de l'évolution telles que la sélection, la mutation, l'hérédité et la recombinaison pour résoudre un problème. La méthode la plus communément utilisée dans les algorithmes génétiques consiste à créer un groupe d'individus au hasard dans une population donnée. Les individus ainsi formés sont évalués à l'aide de la fonction d'évaluation fournie par le programmeur. Les individus reçoivent ensuite un score qui met indirectement en évidence l'aptitude à la situation donnée. Les deux meilleurs individus sont ensuite utilisés pour créer une progéniture ou plus, après quoi des mutations aléatoires sont faites sur la progéniture. Selon les besoins de l'application, la procédure se poursuit jusqu'à ce qu'une solution acceptable soit obtenue ou jusqu'à ce qu'un certain nombre de générations se soient écoulées. (E.D., 1989)

Un algorithme génétique diffère d'un algorithme d'optimisation classique dérivé de deux façons:

Un algorithme génétique génère une population de points dans chaque itération, alors qu'un algorithme classique génère un point unique à chaque itération.

Un algorithme génétique sélectionne la population suivante par calcul en utilisant des générateurs de nombres aléatoires, tandis qu'un algorithme classique sélectionne le point suivant par calcul déterministe.

Comparé à l'intelligence artificielle traditionnelle, un algorithme génétique offre de nombreux avantages. Il est plus robuste et sensible aux pannes dues à de légers changements d'intrants ou à la présence de bruit. En ce qui concerne les autres méthodes d'optimisation comme la praxis, la programmation linéaire, heuristique, première ou première, un algorithme génétique peut fournir des résultats meilleurs et plus significatifs lors de la recherche d'espaces d'états multimodaux, de grands espaces ou de surfaces n-dimensionnelles.

Les algorithmes génétiques sont largement utilisés dans de nombreux domaines tels que la robotique, la conception automobile, l'optimisation du routage des télécommunications, la conception technique et la conception moléculaire assistée par ordinateur.

2.5.1.5 Validation de la solution

Après avoir trouvé des solutions optimales ou quasi-optimales, nous devons les évaluer. Souvent, une analyse de sensibilité est effectuée qui étudie comment la solution optimale dépend des variations du modèle (par exemple en utilisant différents paramètres). L'utilisation d'une analyse de sensibilité est nécessaire pour s'assurer que de légères modifications du problème, du modèle ou des paramètres du modèle n'entraînent pas de grands changements dans la solution optimale résultante.

Une autre possibilité consiste à effectuer des tests rétrospectifs. Ces tests utilisent des données historiques et mesurent l'efficacité du modèle et de la solution résultante s'ils avaient été

utilisés dans le passé. Des tests rétrospectifs peuvent être utilisés pour valider les solutions, évaluer les gains attendus des nouvelles solutions et identifier les problèmes du modèle sous-jacent. Pour la validation des solutions, nous devons également considérer que les variables utilisées comme données d'entrée pour le modèle sont souvent basées sur des données historiques.

2.5.1.6 Implémentation de la solution

Des solutions validées doivent être mises en œuvre. On distingue deux possibilités : premièrement, une solution validée n'est mise en œuvre qu'une seule fois. Le résultat du processus de planification ou d'optimisation est une solution qui remplace habituellement une solution existante, inférieure. La solution est implémentée en établissant la nouvelle solution. Après avoir établi la nouvelle solution, le processus de planification est terminé. Un exemple est la refonte du centre de distribution d'une entreprise. La solution est une nouvelle conception des processus dans le centre de distribution. Après l'établissement du nouveau design, le processus se termine.

Deuxièmement, le modèle est utilisé et résolu à plusieurs reprises. Ensuite, nous devons installer un système bien documenté qui permet aux utilisateurs d'appliquer continuellement le processus de planification. Le système comprend le modèle, l'algorithme de solution et les procédures de mise en œuvre. Un exemple est un système pour trouver des itinéraires optimaux pour les livraisons et les ramassages de camions. Comme le problème change continuellement (il y a différents clients, charges, camions), nous devons continuellement déterminer des solutions de haute qualité et ne pas être satisfaits d'une solution unique.

Ce document s'intéresse particulièrement à la programmation linéaire en nombre entier.

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

En recherche opérationnelle, la modélisation quantitative rencontre une foule de méthodes, méthodologies et architectures de références ; nous pouvons citer parmi les plus significatifs :

- Programmation linéaire.
- Programmation linéaire en nombres entiers.
- Programmation quadratique.
- Programmation séparable.
- Programmation dynamique...

Le critère de choix d'une technique de modélisation dépendent de la typologie de la fonction objective et aussi des contraintes du modèle. En gestion de production, la majorité des problèmes sont dans les classes PL et PLNE.

Les problèmes de programmation linéaire (PL) sont des problèmes d'optimisation où la fonction objective et les contraintes sont linéaires. Si les variables et les solutions recherchées sont et doivent être entières, le PL devient alors un PLNE.

La contrainte qui force les variables à prendre des valeurs entières est nommée contrainte d'intégralité. Lorsque celle-ci est supprimée, le PLNE devient un PL et le problème est dit «

relaxé ». Le rapport entre la valeur optimale de la fonction objectif dans la version relaxé et la version entière est appelé « integrality gap ».

2.6 Conclusion

Ce chapitre nous a permis de mettre le point sur les différents concepts théoriques indispensable à la réalisation de nos travaux, à savoir : la production, la gestion de production, la théorie des contraintes, la planification ainsi que l'optimisation par modèle mathématique.

Dans le chapitre qui suit nous passerons à la partie pratique de nos travaux, qui consistera en premier lieux à établir un split hebdomadaire des prévisions, le calcul du stock de sécurité et le stock maximum, ensuite nous passerons à la modélisation mathématique de la planification à moyen terme, et sera clôturé par la résolution de la planification à court terme.

CHAPITRE 3

SOLUTIONS PROPOSÉES

3.1 Introduction

Le but de ce chapitre est de présenter les solutions proposées pour la planification de la production de la ligne de shampoings, afin de répondre au besoin de l'entreprise.

La production sera organisée suivant une architecture MRPII, les solutions que nous allons proposer porteront sur les deux derniers maillons de la planification de la production : Le PDP (plan de production à moyen terme) et le planning d'atelier (plan de production à court terme) :

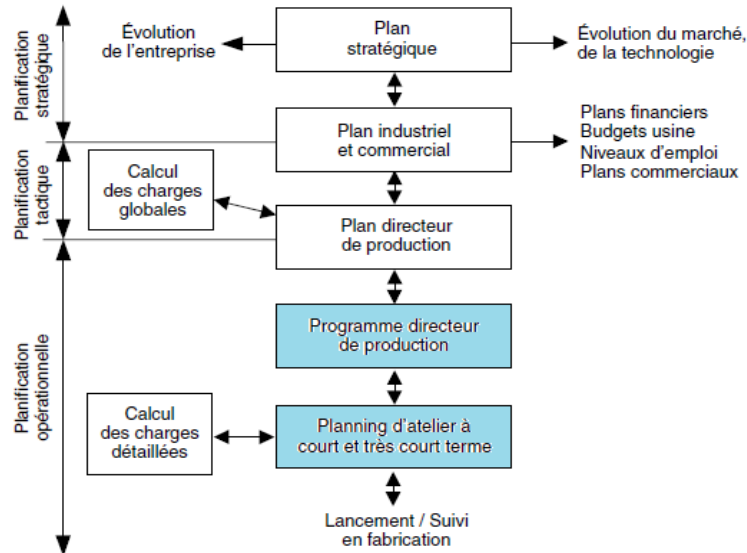


Figure 3-1: Architecture des plannings MRPII (Javel, 2010)

Afin de mieux comprendre notre étude, nous allons, dans ce qui suit, décrire le nouveau site de production et son organisation.

3.2 Organisation du nouveau site de production (Onshoring) :

L'objectif du nouveau site de production d'Unilever Algérie est de répondre à la demande locale en produits de soin personnel (shampoings, dentifrice) et produits de soin ménagers (OMO Liquide). Le groupe va s'appuyer sur le même réseau de distribution, afin de répondre à la demande des clients principaux (les KD) qui à leur tour devront répondre aux commandes secondaires (grossistes, semi-grossiste, détaillants).

L'usine de production est située à Oran, il s'agit d'une extension de l'ancien site. Elle accueillera trois ateliers de production :

- Un atelier de production « Hair».
- Un atelier de production « Oral ».
- Un atelier de production « HC Liquides ».

Nous nous sommes intéressés à l'environnement de l'atelier de production HAIR, car comme nous l'avons expliqué ultérieurement, il fera l'objet de notre étude.

3.3 Le processus de production des produits HAIR

Le processus de production est divisé en deux grandes parties :

– Making :

Cette partie intègre toutes les fonctions de transformation des matières première en produit fini prêt à être emballé. La transformation se fait dans un mélangeur suivant les étapes ci-dessous :

-L'eau est dosée dans le récipient de traitement, chauffé à environ 130 -

140°F (55-60°C) pour faciliter la dilution d'autres ingrédients.

-Le premier ingrédient ajouté est le tensioactif, un ingrédient chimique qui a la propriété d'augmenter les capacités d'étalement et de mouillage d'un liquide.

- Les conditionneurs et autres ingrédients sont ajoutés.
- Le PH est ajusté au niveau requis.
- Du chlorure de sodium ou d'autres modificateurs de viscosité sont ajoutés en dernier, ainsi que la couleur et le parfum.

La gamme d'ingrédients utilisée avec la fonctionnalité de chacune peut être résumée dans le tableau en Annexe 1.

– Packing :

Cette partie intègre toutes les opérations d'emballage :

-La mise en bouteille.

-Pose de la capsule.

-Étiquetage.

-Palettisation.

Nous avons modélisé le processus de production comme suit :

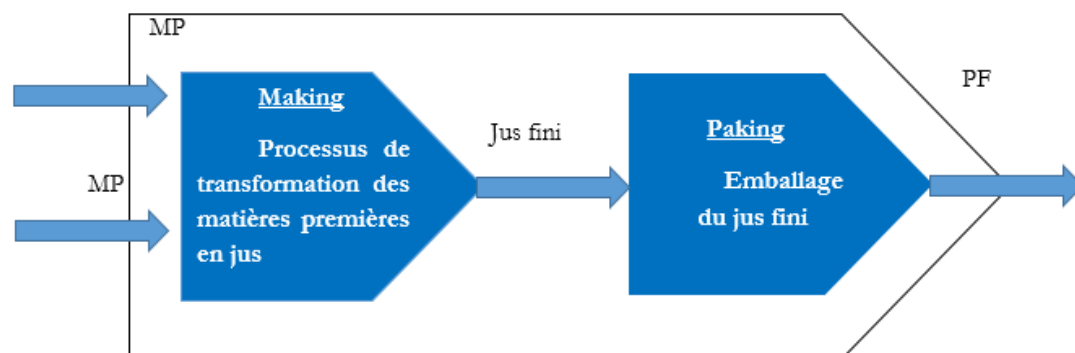


Figure 3-2: Cartographie du niveau 1 du processus de production

3.3.2 Description du processus making

Le processus « **Making** » a pour but de délivrer le bon jus au bon moment à la ligne de conditionnement. Le personnel du service fabrication reçoit le plan de production de la journée (ou des jours à venir) de la part du service planification. Ces besoins de production sont traduits en besoins en matières premières (produits chimiques nécessaires au mixage) et de conditionnement, (bouteilles, capsules, étiquettes, etc.). Ces derniers doivent être livrés au bon moment pour lancer la production.

Pour répondre à la demande de fabrication, le service **Making** dispose d'un seul mixeur, avec une capacité d'environ 5 tonnes, permettant de réaliser le mélange des matières premières (en fonction de la formule du produit). Le mélange est ensuite transféré aux trois cuves de stockage de produits finis, avec une capacité égale à celle du mixeur (5 tonnes par cuve). Chaque cuve peut stocker différents jus, à condition de procéder à un lavage à chaque changement de formule. Le mixeur est également lavé à chaque nouvelle formule de produit.

Les cuves sont directement connectées à la ligne de conditionnement par des tuyaux pour entamer la phase **Packing**.

La figure représente la relation entre la phase **Making** et **Packing** :

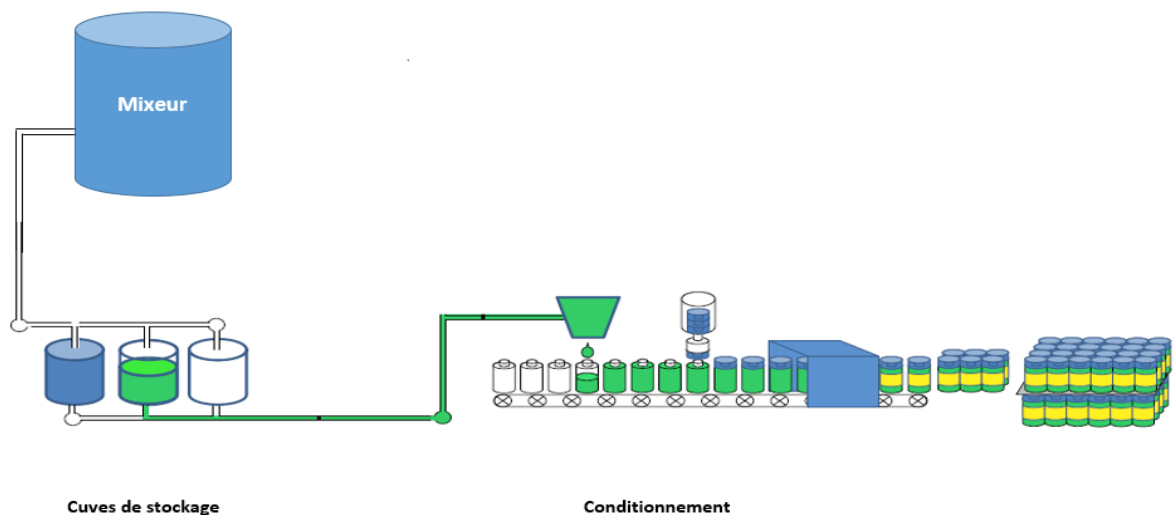


Figure 3-3: Représentation de la ligne de production (Mocquillon, 2009)

3.3.3 Description du processus Packing (le conditionnement) :

L'atelier de production est constitué d'une ligne de conditionnement, celle-ci est composée d'un ensemble d'étapes par lesquelles le jus doit passer pour être conditionné.

Le changement d'SKU à conditionner implique toujours un changement d'équipement dans la machine de conditionnement dans au moins l'une de ses étapes.

Les étapes sont explicitées comme suit :

-Le positionnement : les bouteilles vides sont alignées sur un tapis pour être remplies.

-Le remplissage : les bouteilles sont remplies par le produit contenu dans la cuve liée à la ligne de conditionnement, la capacité de remplissage varie en fonction du format de la bouteille (de

sa taille). Durant cette étape, aucune perte de jus ou de bouteille n'est enregistrée. Le temps de changement de série pour le remplissage est estimé à 60 minutes.

-L'encapsulation : sur chaque bouteille, le bouchon est posé à l'aide d'une pression. Les bouteilles sont donc remplies et fermées.

Des tests sont effectués sur des bouteilles vides après chaque changement de série.

La perte en bouteille ainsi qu'en bouchons est de 10 unités chacun par changement de série.

Le temps de changement de série pour le remplissage est estimé à 60 minutes.

-L'étiquetage : l'étiquette contenant les informations du produit fini est collé sur chaque bouteille.

Des tests de précision sont effectués sur des bouteilles vides après chaque changement de série, en vue de la délicatesse de l'opération, il y'a une perte de 100 étiquettes après et de 5 bouteilles en moyenne après chaque changement de série.

Le temps de changement de série est estimé à 45 minutes.

-La mise en caisse : les bouteilles sont regroupées par lot, et sont ensuite mise en caisse, manuellement par les ouvriers.

-La palettisation : les caisses sont palettisées. Et chaque palette est envoyée dans l'entrepôt de stock de FG.

Tous les changements de séries sont effectués au même moment, on considèrera le temps de changement de série globale comme étant celui de la partie avec le temps le plus élevé, et donc estimé à 1 heure.

La figure illustre les différentes étapes nécessaires au conditionnement du produit fini. Les différentes tâches s'effectuent en série : il n'est pas possible de réaliser une tâche tant que celle en cours n'est pas terminée.

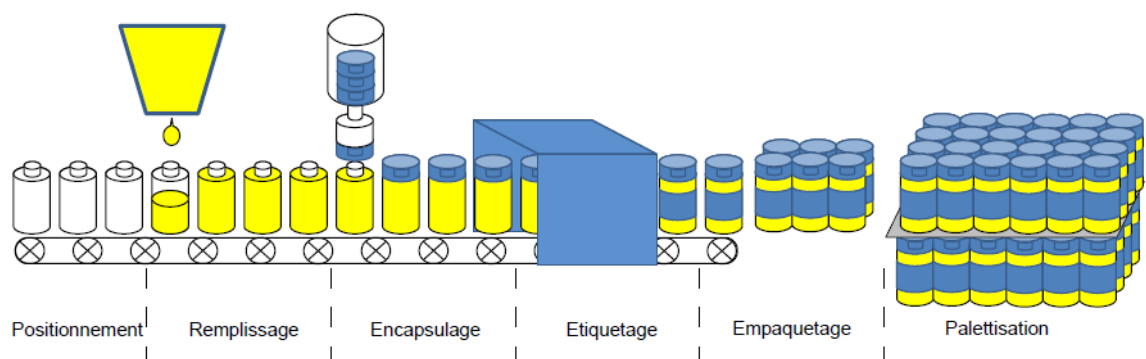


Figure 3-4: Représentation de la ligne de conditionnement (Mocquillon, 2009)

3.3.4 Le processus de production traduit en temps

Comme expliqué ci-dessus, le processus de production est divisé en deux sous processus :

- Une phase de mixage du produit « **Making** »
- Une phase de conditionnement du produit « **Packing** »

Le temps de mixage dépend de la formule. Ces temps-là sont représentés dans le tableau ci-dessous :

Variantes	Temps de mixage (min)
Clear	167
Ice Cool Menthol	167
Herbal Fusion	167
Soft & Shiny	167
Anti Hair fall	167
Cool Sport Menthol	167
Style Express	167
Deep Clense	167
Hair Fall Defense	167
Sunsilk	
Progressive damage reconstruction	141
Black shine	164
Soft & smooth	164
HAIRFALL	164
SHNE & STR	164
ANTDNDRFF	152
Dove	
NUTRI-OIL	164
DAILY CARE	164
INTENSIVE REPR	175
ANTI DANDRUFF	152

Tableau 3-1 : Les temps de mixages dans le mélangeur

Les temps de mise en bouteilles sont eux aussi dépendant du format de l'SKU. La capacité de conditionnement en fonction des formats est assimilé au temps de remplissage, car il a été défini comme étant le temps goulot. Ces temps sont représentés comme suit :

Format	Capacité de remplissage (t/h)
180	0,648
350	1,26
600	2,16
250	0,9
400	1,44

Tableau 3-2 : Capacité de remplissage en fonction du format

3.3.5 Détermination du goulot d'étranglement de la ligne de production

Il est question de déterminer l'étape de la production ayant la plus faible cadence. Après avoir analysé les temps de production et de conditionnement, le goulot d'étranglement est dans le processus **Packing**, plus exactement la machine remplisseuse.

Le processus **Making** ne peut être considéré comme étant un goulot d'étranglement, celui-ci ne peut l'être que dans le cas où l'on produit de petites quantités plusieurs fois, c'est à dire qu'on consacrerait par exemple 167 minutes de mixage afin de produire seulement une tonne du produit en question, et faire cela pour plusieurs produits durant au moins deux jours, ce n'est que dans ce cas extrême et très peu probable que le **Making** pourrait constituer goulot d'étranglement.

3.3.6 Calcul du nombre de Shift⁷

En vue de l'importance du nombre de shifts dans la planification de la production, nous nous sommes intéressés à son calcul⁸, il a été établi en prenant en comptes les paramètres suivants :

- La demande prévisionnelle de chaque SKU comme quantité à produire.
- La capacité de production de la machine (qui fluctue en fonction des formats de produits).

Nous avons sommé les demandes prévisionnelles des SKU ayant le même format, ainsi nous avons obtenu 5 demandes prévisionnelles des 5 formats existants quel que soit la marque du format $D_{f,h}$, nous pouvons maintenant multiplier les $D_{f,h}$ par les capacité de production de la remplisseuse, qui fluctue en fonction des formats, nous avons choisis la capacité de cette partie de la machine car elle se trouve être le goulot d'étranglement de la production.

Ceci est expliqué en équations comme suit :

$$\sum_{f=1}^5 D_{f,h} / C_f = NHP \dots (1)$$

Avec :

- $D_{f,h}$: demande prévisionnelle d'un format en tonnes/mois.

(On a choisi de mettre un indice de format et non de SKU, car la capacité de production fluctue en fonction des formats).

- C_f : capacité de production par format en tonne/h.
- NHP : nombre d'heures nécessaires à la production (operating time) en heures.

Le nombre d'heures de production par jour est ce que l'on souhaite déterminer, c'est le nombre d'heures par shift (7,5 heures) fois le nombre de shift X (à déterminer)

On définit donc l'équation utilisée pour le calcul du nombre de shift comme suit :

⁷ Sessions de travail effectuées par un groupe de personnes.

⁸ Le calcul du Shift a été établi par le planificateur de production.

$$NHJ.NJO.X = NHP \dots(2)$$

Avec :

- *NJO* : nombre de jours ouvrable par mois.
- *NHS* : nombre d'heures par shift.
- *X* : nombre de shifts.
- *NHP* : nombre d'heures nécessaires pour la production totale du mois.

Après avoir remplacé les données, le *X* qui est le nombre de shift nécessaire pour répondre au plan de production a été trouvé compris entre 1 et 2, le nombre de shifts sera donc de deux.

Pour calculer le temps réel de production, nous introduisons la notion de OEE dans ce qui suit :

– OEE (Overall Equipment Effectiveness ou Taux de Rendement Global TRG) :

C'est la norme d'excellence pour mesurer et évaluer la productivité manufacturière. En termes simples, il identifie le pourcentage de temps de fabrication réellement productif.

Par définition, c'est le calcul de disponibilité, de performance et de qualité :

$$OEE = \textit{Disponibility} . \textit{Performance} . \textit{Quality}$$

Le OEE pour la production de shampoings chez Unilever Algérie est estimé à 70%. Le temps effectif est calculé dans le tableau ci-dessous :

Production Shampoings	Nombre de Shift	2
	Nombre d'heure de travail par Shift	7,5h
	OEE%	70%
	Nombre de jours de travail par mois	30 jours
	Nombre d'heures totales par mois	315h

Tableau 3-3: Temps de production mensuels.

3.4 Solution pour la planification à moyen terme

Nous allons proposer un modèle mathématique pour la planification de la production à moyen terme, dans un premier temps nous avons schématisé la démarche à suivre comme suit :

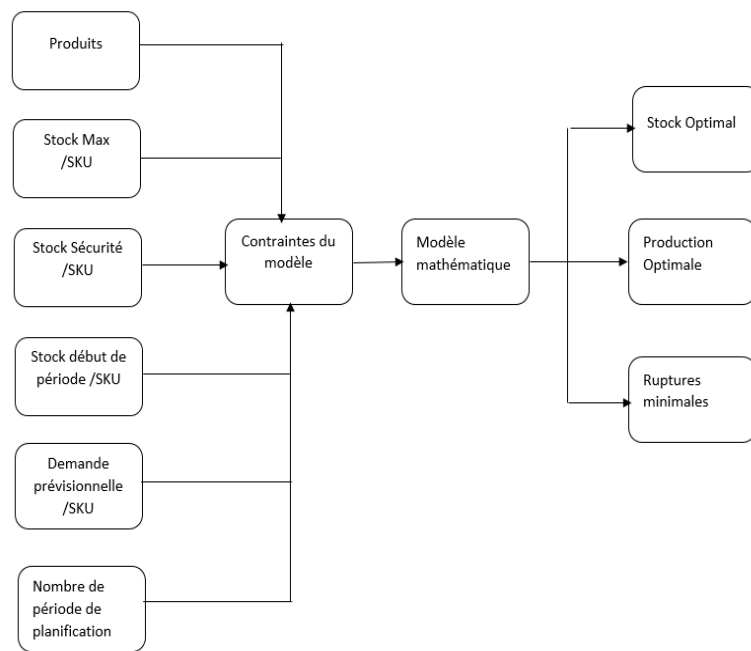


Figure 3-5: Représentation du modèle mathématique.

Remarque : La modélisation mathématique de la planification de la production nécessite des données d'entrée devant être calculés :

- Stock de sécurité de chaque SKU.
- Stock maximal à ne pas dépasser pour chaque SKU.
- La demande prévisionnelle hebdomadaire.

Nous allons commencer par calculer ces données dans cette partie, nous passerons ensuite à la présentation du modèle mathématique.

3.4.1 Etablissement d'un Split hebdomadaire

Pour déployer les prévisions mensuelles données par le service S&OP, en prévisions hebdomadaire, nous avons pris l'historique des ventes allant de septembre 2017 jusqu'à mai 2018.

L'historique des ventes comprend les quantités journalières vendues par SKU et pour chaque client primaire.

La démarche que nous avons suivie est la suivante :

- Comparer les SKU de la base de données des ventes et la liste des SKU qui seront produits à Unilever Algérie.

- Séparer les ventes par mois (de Septembre 2017 à Avril 2018).

- Calculer les poids (pourcentages) de vente de chaque semaine par rapport aux mois pour chaque SKU par la formule :

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

- Calculer la moyenne des poids sur les 8 mois :

Σ taux de chaque semaine du mois / 8 mois.

Le nombre de mois n'est pas toujours 8, parce qu'il y'a des produits qui n'étaient pas disponible pour la vente tout au long de cette période (à cause de la contrainte de l'importation par quotas). Nous nous retrouvons donc avec des mois sans ventes pour certains SKU, qui ne sont pas due à une absence de demande. Le nombre de mois varie selon l'SKU en question.

3.4.1.1 Comparaison des deux listes : SKU vendus et produits localement :

Après avoir analysé le fichier Excel des ventes des 8 derniers mois, nous avons remarqué deux choses principales :

Certains SKU de la nouvelle ligne de fabrication ne figure pas sur la liste, Pour remédier à ce problème, nous avons décidé d'assimiler la tendance des ventes de ces SKU, aux produits déjà existants suivant trois paramètres : la marque (brand) principalement, et puis la formule et le format. Nous avons supposé que deux SKU ont le même comportement si, Les produits sont la même marque (Dove, Clear ou Sunsilk), préparés à base de la même formule et ont des formats rapprochés.

Certains SKU vendus par importation, n'ont aucune ressemblance avec les SKU qui seront fabriqués localement. Nous les avons donc filtrés de la base de données. Nous avons résumé l'alignement des tendances de ventes des SKU dans le tableau en Annexe 2.

Nous avons appliqué cette démarche aux articles allant être fabriqués sur la nouvelle ligne de production, les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

Marque	SKU de la nouvelle ligne de production	Semaine 1	Semaine 2	Semaine 3	Semaine 4
Sunsilk	Progressive damage reconstruction 180 ml	35,00%	3,50%	10,30%	51,20%
Sunsilk	Progressive damage reconstruction 350 ml	35,00%	3,50%	10,30%	51,20%
Sunsilk	Black shine 180 ml	21,00%	1,00%	15,00%	63,00%
Sunsilk	Black shine 350 ml	21,00%	1,00%	15,00%	63,00%
Sunsilk	Soft & smooth 180 ml	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Sunsilk	Soft & smooth 350 ml	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Sunsilk	HAIRFALL 180 ml	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Sunsilk	HAIRFALL 350 ml	18,00%	5,20%	3,80%	73,00%
Sunsilk	SHNE & STR 180 ml	17,50%	10,50%	5,00%	67,00%
Sunsilk	SHNE & STR 350 ml	13,00%	8,00%	11,00%	68,00%
Sunsilk	ANTDNRFF 180 ml	0,00%	60,00%	0,00%	40,00%
Sunsilk	ANTDNRFF 350 ml	0,00%	60,00%	0,00%	40,00%
Clear	Ice Cool Menthol 180 ml	6,00%	12,00%	7,00%	75,00%
Clear	Ice Cool Menthol 350 ml	2,00%	13,00%	8,00%	77,00%
Clear	Herbal Fusion 180 ml	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%
Clear	Herbal Fusion 350 ml	0,00%	0,00%	38,10%	61,90%
Clear	Soft & Shiny 180 ml	0,00%	0,00%	35,71%	54,55%
Clear	Soft & Shiny 350 ml	0,00%	0,00%	40,00%	60,00%
Clear	Soft & Shiny 600 ml	0,00%	0,00%	40,00%	60,00%

Clear	Anti Hair fall 180 ml	0,00%	0,00%	42,86%	57,14%
Clear	Anti Hair fall 350 ml	0,00%	0,00%	37,14%	62,86%
Clear	Cool Sport Menthol 180 ml	12,00%	13,00%	30,00%	45,00%
Clear	Cool Sport Menthol 350 ml	13,00%	12,00%	32,00%	43,00%
Clear	Style Express 180 ml	16,00%	10,00%	19,00%	55,00%
Clear	Style Express 350 ml	13,00%	11,00%	19,00%	57,00%
Clear	Deep Clense 180 ml	1,00%	9,30%	26,70%	63,00%
Clear	Deep Clense 350 ml	10,00%	4,00%	25,13%	60,87%
Clear	Deep Clense 600 ml	10,00%	4,00%	25,13%	60,87%
Clear	Hair Fall Defense 180 ml	0,00%	7,00%	21,00%	72,00%
Clear	Hair Fall Defense 350 ml	11,00%	6,00%	16,00%	57,00%
Dove	NUTRI-OIL 250 ml	45,26%	16,85%	0,00%	49,12%
Dove	NUTRI-OIL 400 ml	26,23%	34,02%	1,46%	38,29%
Dove	DAILY CARE 250 ml	29,10%	3,23%	0,00%	3582,00%
Dove	DAILY CARE 400 ml	47,96%	6,94%	3,89%	41,21%
Dove	INTENSIVE REPR 250 ml	37,00%	0,00%	0,00%	63,00%
Dove	INTENSIVE REPR 400 ml	10,00%	12,00%	28,00%	50,00%
Dove	ANTI DANDRUFF 250 ml	10,30%	14,54%	10,16%	65,00%
Dove	ANTI DANDRUFF 400 ml	10,30%	14,54%	10,16%	65,00%

Tableau 3-4: Split hebdomadaire des ventes.

3.4.1.2 Résultats :

Ces résultats montrent que pour la plupart des SKU, les ventes de shampoings à Unilever Algérie sont faites majoritairement durant la première et la dernière semaine du mois. Après une analyse plus poussée en regardant plus exactement les dates des plus grandes commandes, nous avons constaté que ces derniers se faisaient entre la fin de la quatrième semaine du mois J et le début de la première semaine du mois J+1. Les ventes sont donc concentrées dans cet intervalle de temps.

Les commandes n'étant pas dispersées dans le temps, Unilever Algérie produira suivant une politique *Make To Stock*, et optera pour une production qui tend vers l'efficacité, limitant au maximum les changements de séries, pour un gain de temps de production.

Le split hebdomadaire de la demande prévisionnelle est présenté en Annexe 3.

3.4.2 Calcul du stock de sécurité :

Le stock de sécurité est l'inventaire que doit disposer l'entreprise, au-delà des commandes moyennes, pour éviter d'être en situation de rupture de stock de produits finis, ou de matière premières.

Le stock que nous voulons modéliser est le stock de produits finis, (Shampoings).

3.4.2.1 Détermination du délai de réapprovisionnement

Les méthodes de calculs du stock de sécurité utilisent en général le délai de réapprovisionnement comme donnée d'entrée (qu'il soit variable ou fixe), cependant dans notre

cas, la production qui est considérée comme l'élément de réapprovisionnement n'a toujours pas commencée, nous n'avons donc pas accès à cette information.

Il n'est pas possible de passer outre le délai de réapprovisionnement lors du calcul d'un stock de sécurité. De ce fait, afin de pouvoir avancer dans nos travaux, nous avons décidé de le fixer.

Unilever Algérie a jusqu'à présent recours à l'importation de ses produits dans le marché, elle ne les a cependant jamais produits localement. Étant déjà dans une position très concurrentielle, elle a quand même de fortes chances d'augmenter ses parts de marché. En effet, avec les taxes douanières qu'Unilever et ses concurrents subissent, ils se voient devoir augmenter le prix de leurs produits. Grâce à une production locale, Unilever ne subira plus ces taxes, et pourra de ce fait, baisser les prix de ses produits et absorber plus de part de marché, il y'a donc de fortes chances que les ventes augmentent.

Pour faire face à ce changement et aux incertitudes qu'il implique. Il est nécessaire d'avoir un stock de sécurité élevé.

Nous allons donc fixer un délai de réapprovisionnement qui maximise le stock de sécurité tout en respectant quelques règles de logique et du cadre opérationnelle d'Unilever :

-Les résultats du split hebdomadaire montrent l'efficacité potentielle de la production d'Unilever Algérie en shampoings, la plus grande partie des commandes suivant un cycle d'environ trois semaines à un mois, suivre un plan ou l'on trouve plusieurs productions d'un même SKU avant le passage d'un cycle se trouve être non nécessaire, ce qui présume un délai de réapprovisionnement compris entre trois semaines et un mois, mais pas plus.

-La variation du délai de réapprovisionnement et le stock de sécurité sont corrélés, plus de délai est conséquent, plus le stock de sécurité est important.

De ce fait, le délai de réapprovisionnement sera fixé à un mois.

3.4.2.2 Calcul du stock de sécurité

Le stock de sécurité sert naturellement à éviter les ruptures de stocks, pour cela nous allons examiner l'historique des ventes et la variation de la demande. Afin de fixer un stock nécessaire pour un taux de service exigé par l'entreprise.

Rappelons que le taux de service ou Service Level, signifie la probabilité de ne pas se mettre dans une situation de rupture de stock.

– Évaluer la demande moyenne

Nous allons nous baser sur l'historique des commandes des KD, du mois de Septembre 2017 au mois d'Avril 2018 et déterminer la demande totale et moyenne de l'SKU sur une période déterminée

– Déterminer la variabilité de la demande

En connaissant la demande moyenne, et selon la variabilité de la demande par mois sur un horizon de 8 mois, nous allons calculer l'écart de la demande par rapport à la demande moyenne de chaque SKU.

La loi de la variabilité de la demande par mois est donnée par :

$$VD = \sqrt{\frac{\sum(Dmoy_g - D_{m,g})^2}{8}}$$

$Dmoy_g$: La demande moyenne du SKU g sur les 8 mois

$D_{m,g}$: La demande totale du SKU g pour le mois m

– Facteur de service

Ce facteur est déterminé en prenant en compte le coût de stockage et la qualité de service, le tout est de trouver un juste milieu entre ces deux paramètres, tout en prenant en compte l'aversion de l'entreprise vers l'un des deux paramètres. Le taux de satisfaction client pour les produits finis shampoings a été prédéfini pour tous les SKU et sera de 95%.

De ce facteur et grâce à la loi normale, nous pouvons déterminer le coefficient F indispensable au calcul du stock de sécurité. F est donc égal à 1,65.

– Calculer le stock de sécurité

Le stock de sécurité sera égal au produit du facteur de service et du

$$SS = VD \cdot f \cdot \sqrt{D}$$

Afin de calculer le stock de sécurité, il faut traiter la base de données qui représente l'historique des ventes de chaque SKU, nos calculs se feront sur la base des ventes de ces huit derniers mois, de septembre 2017 à avril 2018.

Les données mis à disposition, sous fichier Excel, représentent les commandes faites par les KD contenant la quantité commandée, afin de rendre ces données exploitables pour notre cas d'étude nous avons procédé comme suit :

-Organiser le fichier Excel par mois et par SKU, de façon à avoir les ventes de chaque SKU par mois regroupés, à l'aide des fonctions d'Excel

-Déterminer les ventes de chaque SKU par mois, et la moyenne de ces ventes par rapport aux 8 mois d'historique disponible

-De cette façon nous avons pu déterminer les données nécessaires au calcul du stock de sécurité. Les données et le traitement sont présentés en annexe.

3.4.3 Calcul du stock maximal

Afin de définir le stock maximum à avoir durant le mois et pour chaque SKU, nous avons tout d'abord pensé à le modéliser en fonction de la capacité de stockage maximale qu'Unilever allouera aux SKU, produits fini en shampoings, cependant, en vue de l'environnement projet au quel fait face l'entreprise, les zones de stockages allouées varie fortement pour chaque type de produits finis (dentifrice et Omo liquide qui sont aussi en projet de mise en place et d'autres en phase d'étude de faisabilité) et donc la capacité de production maximale pour les SKU shampoings reste indéfini.

De ce fait, et après avoir discuté avec le responsable de planification de production. La quantité maximale à avoir dans le stock, pour chaque SKU a été défini comme suit :

$$SM_g = D_g + SS_g$$

Avec :

D_g : La demande prévisionnelle mensuelle du produit g.

SS_g : Le stock de sécurité du produit g.

Sachant que le SM est le stock maximum à ne pas dépasser une fois que la demande du mois ait été satisfaite.

Les résultats du calcul du stock de sécurité et du stock maximum sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Marque	SKU de la nouvelle ligne de production	Stock de sécurité	Stock maximum
Sunsilk	Progressive damage reconstruction 180 ml	1186	82281
Sunsilk	Progressive damage reconstruction 350 ml	5498	90905
Sunsilk	Black shine 180 ml	5107	90123
Sunsilk	Black shine 350 ml	3776	75372
Sunsilk	Soft & smooth 180 ml	2282	84473
Sunsilk	Soft & smooth 350 ml	7952	121465
Sunsilk	HAIRFALL 180 ml	2361	45940
Sunsilk	HAIRFALL 350 ml	7039	55296
Sunsilk	SHNE & STR 180 ml	3608	48433
Sunsilk	SHNE & STR 350 ml	5833	41652
Sunsilk	ANTDNRFF 180 ml	5429	52075
Sunsilk	ANTDNRFF 350 ml	5429	60833
Clear	Ice Cool Menthol 180 ml	8945	49715
Clear	Ice Cool Menthol 350 ml	2311	36447
Clear	Herbal Fusion 180 ml	8069	47964
Clear	Herbal Fusion 350 ml	3294	38414
Clear	Soft & Shiny 180 ml	8152	75102
Clear	Soft & Shiny 350 ml	3141	65079
Clear	Soft & Shiny 600 ml	3962	131452
Clear	Anti Hair fall 180 ml	8322	118596
Clear	Anti Hair fall 350 ml	2725	26105
Clear	Cool Sport Menthol 180 ml	7365	35385
Clear	Cool Sport Menthol 350 ml	5521	31696
Clear	Style Express 180 ml	9380	39415
Clear	Style Express 350 ml	3006	35746

Clear	Deep Clense 180 ml	1930	33593
Clear	Deep Clense 350 ml	5271	67513
Clear	Deep Clense 600 ml	5271	53895
Clear	Hair Fall Defense 180 ml	11673	26259
Clear	Hair Fall Defense 350 ml	5194	16214
Dove	NUTRI-OIL 250 ml	10461	58286
Dove	NUTRI-OIL 400 ml	6799	50962
Dove	DAILY CARE 250 ml	4094	45553
Dove	DAILY CARE 400 ml	3269	43901
Dove	INTENSIVE REPR 250 ml	9319	66695
Dove	INTENSIVE REPR 400 ml	3179	36395
Dove	ANTI DANDRUFF 250 ml	5071	40179
Dove	ANTI DANDRUFF 400 ml	5071	40179

Tableau 3-5: Stock de sécurité et stock maximum des SKU.

3.4.4 Modélisation mathématique de la planification de la production à moyen terme

Dans cette partie, nous allons développer la solution proposée pour la phase de la planification à moyen terme. Le but est de déterminer, sur un horizon de 6 mois, les quantités à produire de chaque SKU sur la période d'une semaine.

Nous allons procéder par modélisation mathématique de la problématique à moyen terme, avant de présenter le modèle mathématique et la résolution, nous devons respecter les étapes de construction des modèles mathématiques :

Définition des principales entités et leurs relations

- Un SKU est défini par un format et un jus.
- La quantité minimale de production MOQ est assimilée à une heure de production.
- Les quantités à produire de chaque SKU sont multiple du MOQ.

Nous allons introduire dans un premier temps les principales variables ainsi que les contraintes associées, avant de présenter le modèle mathématique complet.

Définition des variables et leurs contraintes associées

On détermine la quantité à produire d'un SKU en se référant à l'état de son stock. Le stock doit être à un niveau précis tout en ayant satisfait la demande prévisionnelle du marché.

Pour décrire l'évolution d'un stock, il faut tout d'abord avoir des données d'entrée, tel que le niveau du stock au début de l'horizon de production, « O_g » il nous faut aussi la demande prévisionnelle du produit g à la période l , que nous allons noter « $D_{g,l}$ ». Le stock de sécurité « SS » et le stock maximal « SM » sont aussi indispensables pour notre programme mathématique, ces deux données sont indisponible à Unilever en vue du fait que la production n'a toujours pas débutée, on devra donc les calculées.

Pour avoir une vision plus précise de l'évolution des stocks, nous allons distinguer un par un les différents facteurs qui influent sur le stock. Ce qui fait baisser le niveau de stock, sont les

demandes et les commandes des clients. En parallèle, son augmentation est directement liée à la production du produit en question, qui sera stocké.

Les sorties en stock sont défini par l'équation suivante :

$$SP_{g,l} = O_g - \sum_{l'=1}^l D_{g,l'} \dots (1)$$

O_g : Défini le niveau du stock à la première période de chaque SKU (g).

$D_{g,l}$: Défini quant à lui la demande prévisionnelle par SKU (g) et par période (l).

l' : désigne toutes les périodes antérieures à la période l dans l'horizon concerné

Nous avons ensuite lié cette équation aux entrés de stock par une variable, qui traduit la quantité à produire de chaque SKU par période. Notée $Z_{g,l}$, cette variable permet d'obtenir le stock réel d'un produit finis à une période l notée $R_{g,l}$:

$$R_{g,l} = SP_{g,l} + \sum_{l'=1}^l Z_{g,l'} \dots (2)$$

Nous avons choisis de définir les sorties de stock uniquement par les prévisions des ventes car :

Les ventes réelles réalisées les années précédentes risquent fortement de ne pas être représentatives des ventes après la réalisation de ce projet, et ce, pour trois raisons principales :

- 1- Unilever se verra être bien plus compétitive qu'auparavant, ses parts de marché se verront augmentées, comme expliqué dans l'introduction du stock de sécurité.
- 2- Les ventes durant les années précédentes étaient dépendantes de l'importation et par les politiques de quota qui rendent la valorisation des résultats de ventes effectués non utilisable pour la nouvelle stratégie d'Unilever.

De ce fait Nous avons choisis de définir les sorties de stock uniquement par les prévisions des ventes, mais aussi parce qu'elles ont été mises à jour et les deux points cité ci-dessus ont été intégré dans le calcul, ce qui les rend plus fiables que tout autre donnée pour représenter les ventes futurs d'Unilever.

Nous considérons que le niveau du stock d'un produit fini est satisfait s'il est compris entre le stock de sécurité $SS_{g,l}$ (la borne inférieure) et le Stock maximum $SM_{g,l}$ (borne supérieure). De ce fait, tout stock n'étant pas dans cette fenêtre sera considéré comme non optimal.

La fonction objectif de notre modèle sera donc de minimiser la variable $W_{g,l}$ qui représente la quantité de non optimalité, dépassant les deux bornes, (entre la borne inférieure et un niveau de stock supposé plus bas que cette borne, et aussi entre la borne supérieure et un niveau de stock supposé plus haut que cette borne):

$$W_{g,l} = \max (0, R_{g,l} - SM_{g,l}) + \max (0, SS_{g,l} - R_{g,l}) \dots (3)$$

Une contrainte à prendre en compte lors de la planification moyen terme est liée à la ligne de "packing", et à la capacité de production dans la phase "making". Pour éviter des changements de série trop rapide sur la ligne de production (lavages et réglages de la ligne de conditionnement

pour le format du produit). On associe à chaque SKU une quantité minimale de production MOQ, qui représentera 1 heure de production.

Les quantités de production placées par semaine et par produit doivent correspondre à des multiples de la quantité MOQ, ainsi, la production requise d'un SKU pour une période donnée sera retranscrite en heure, ce qui facilitera la gestion des quantités à produire.

Une heure de production mais aussi une cuve de production ne peuvent être convertis qu'en terme de bouteille de même format, la capacité de production de la machine varie en fonction du format de la bouteille, une production de format 180ml durant une heure aura un rendement moindre qu'une production de formats de 350 ml durant la même durée de temps. Le tableau suivant représente les quantités minimales de production de chaque SKU :

Marque	Nombre d'SKU	Format	MOQ tonne/h	MOQ en nombre de bouteilles
Sunsilk	6	180 ml	0,6	3226
Sunsilk	6	350 ml	1,3	3605
Clear	8	180ml	0,6	3237
Clear	8	350ml	1,3	3607
Clear	2	600ml	2,2	3560
Dove	4	250ml	0,9	3494
Dove	4	400ml	1,4	3399

Tableau 3-6 : Les MOQ des SKU en fonction des formats.

Cette contrainte permet d'éviter au personnel d'avoir à changer régulièrement la machine remplisseuse de la ligne de conditionnement. Permet également au personnel du magasin de matières premières d'anticiper sereinement les productions sur la ligne, et de préparer les MP nécessaires à chaque production.

Pour s'assurer que nous allons produire des multiples de la MOQ, nous allons introduire une variable entière : $Y_{g,l}$, qui représente le nombre de quantité minimale à produire en produit g à la période l . La contrainte qui lie le nombre de quantités minimale à produire par SKU et par période à la quantité Z qui représente le nombre de bouteille à produire est formulée comme

$$\text{suit: } Y_{g,l} \cdot \text{MOQ} = Z_{g,l} \dots (4)$$

Nous avons aussi posé une contrainte au stock réel $R_{g,l}$ qui doit être compris entre le stock de sécurité et le stock maximum :

$$R_{g,l} > SS_{g,l} \dots (5)$$

$$R_{g,l} < SM_{g,l} \dots (6)$$

Nous avons aussi défini les contraintes de non optimalité du niveau de stock par :

$$W_{g,l} \geq SS_{g,l} - R_{g,l} \dots (7)$$

$$W_{g,l} \geq R_{g,l} - SM_{g,l} \dots (8)$$

Présentation finale du modèle mathématique

Nous allons maintenant présenter la version finale du modèle mathématique avec dans un premier temps l'ensemble des variables déjà évoqués, l'ensemble des données nécessaires à la modélisation mathématique du problème de la planification moyen terme :

– Données :

-G : le nombre d'SKU.

-L : nombre de périodes à planifier sur l'horizon de planification.

- $SS_{g,l}$: $\forall g=1\dots G, \forall l=1\dots L$: le stock de sécurité du produit g à la période l.

- $SM_{g,l}$: $\forall g=1\dots G, \forall l=1\dots L$: le stock maximal du produit g à la période l.

- O_g : $\forall g=1\dots G$: le stock du produit g à la première période de l'horizon de planification.

- $D_{g,l}$ $\forall g=1\dots G, \forall l=1\dots L$: la demande prévisionnelle du produit g à la période l.

-MOQ : c'est la quantité minimale à produire, elle est associée à la capacité de la cuve de stockage qui est égale à 5t.

– Variables :

- $Z_{g,l}$ $\forall g=1\dots G, \forall l=1\dots L$: le nombre de bouteille à produire en produit g à la période l.

- $Y_{g,l}$ $\forall g=1\dots G, \forall l=1\dots L$: le nombre de MOQ à produire en produit g à la période l.

- $R_{g,l}$ $\forall g=1\dots G, \forall l=1\dots L$: le stock réel du produit g à la période l.

- $W_{g,l}$ $\forall g=1\dots G, \forall l=1\dots L$: la valeur de non satisfaction des SKU.

- $SP_{g,l}$ $\forall g=1\dots G, \forall l=1\dots L$: la valeur du stock projeté des SKU.

– Modèle mathématique :

Fonction objectif :

$$\text{Min} \left(\sum_{g=1}^{SKU} \sum_{l=1}^L W_{g,l} \right)$$

Sous contraintes :

$$W_{g,l} = \max(0, R_{g,l} - SM_{g,l}) + \max(0, SS_{g,l} - R_{g,l})$$

$$SP_{g,l} = O_g - \sum_{l'=1}^l D_{g,l'}$$

$$R_{g,l} = SP_{g,l} + \sum_{l'=1}^l Z_{g,l'}$$

$$Y_{g,l} \cdot MOQ = Z_{g,l}$$

$$R_{g,l} > SS_{g,l}$$

$$R_{g,l} < SM_{g,l}$$

$$W_{g,l} \geq SS_{g,l} - R_{g,l}$$

$$W_{g,l} \geq R_{g,l} - SM_{g,l}$$

$$\forall g = 1 \dots G, \forall l = 1 \dots L$$

$$W_{g,l}; R_{g,l}; Y_{g,l}; Z_{g,l} \in \mathbb{N}$$

– Hypothèses du modèle:

-Le modèle ne tient pas compte de la capacité de production, celle-ci sera introduite dans la planification à court terme.

-Le stock de sécurité de chaque SKU est calculé à partir de l'historique des ventes.

-Le stock maximum est calculé en suivant les exigences du planificateur de production.

-La demande prévisionnelle est supposé connue et fourni par le service S&OP, nous avons déployé cette dernière en demande hebdomadaire.

-Nous avons supposé que le stock en début de période est nul.

-Le nombre de période est fixé à 24 (24 semaines)

3.4.5 Résolution

Les variables du modèle sont toutes entière, il s'agit donc d'un PLNE Problème Linéaire en Nombre Entiers il appartient à la classe des problèmes NP-difficile car :

Nombre de variables : 9121.

Nombre de contraintes : 10032.

Nombre de coefficients non nuls : 28728.

Nous proposons de résoudre ce problème en utilisant le solveur de programmation mathématique « CPLEX » (Annexe), qui est un outil informatique d'optimisation linéaire et l'un des solveurs les plus performants pour la programmation linéaire, la programmation en nombres entiers mixtes, la programmation quadratique et les problèmes de programmation à contrainte quadratique. (IBM, 2018)

La résolution exacte a été réalisée sur un processeur i5.

Afin de résoudre le problème par la méthode exacte, nous avons généré un code sous le logiciel CPLEX. Nous avons introduit les données suivantes :

-Les valeurs de G et L.

-Matrice de la demande prévisionnelle déployée sur les semaines de la forme suivante : D [SKU] [période].

-Vecteur des quantités minimales de production de la forme : MOQ [SKU].

-Vecteur du stock en début de période sous la forme : O [SKU].

-Matrice des stocks de sécurité de chaque SKU sous la forme : SS [SKU] [période].

-Matrice des stocks maximaux de chaque SKU sous la forme : SM [SKU] [période].

Toutes les données sont introduites dans un fichier Excel sous la forme suivante :

Demande prévisionnelle par semaine			
SKU	Semaine 1	...	Semaine 8
SKU1	13985	...	20457
SKU2	13985	...	20457
...
SKU38	1547	...	9762

Tableau 3-7 : Représentation de la demande prévisionnelle sous Excel.

Stock de sécurité			
SKU	Semaine 1	...	Semaine 8
SKU1	1186	...	1186
SKU2	5498	...	5498
...
SKU38	5071	...	5071

Tableau 3-8 : Représentation du stock de sécurité sous Excel.

Stock maximum			
SKU	Semaine 1	...	Semaine 8
SKU1	82281	...	82281
SKU2	90905	...	90905
...
SKU38	40179	...	40179

Tableau 3-9 : Représentation du stock maximum.

Quantités minimales de production	
SKU	MOQ
SKU1	3226
SKU2	3226
...	...
SKU38	3399

Tableau 3-10: Représentation des MOQ sous Excel.

Le modèle sous CPLEX est présenté en Annexe 5.

3.4.6 Résultats

-Le temps de résolution est de 30 secondes, sur un processeur i5. Ce temps est insignifiant comparé au temps consacré au plan de production calculé manuellement.

- Les résultats pour les stocks projetés, les stocks réels et les quantités à produire (par unité de bouteille et de MOQ) sont présentées en annexe.

-La somme des écarts d'insatisfaction du stock est minimisée à -821271.

3.4.7 Interprétation des résultats

-Les quantités à produire pour le mois de septembre sont beaucoup plus importante que celle du mois d'octobre, soit un écart de 337117 bouteilles. Ceci est dû à l'hypothèse du stock nul en début de période.

-Sur-stockage : un total de trois états de surstock a été enregistré sur les deux mois de production, un surstock de 3226 bouteille de l'SKU5 à la deuxième et troisième semaine du mois d'octobre, et un surstock de 3237 bouteilles de l'SKU 19 à la première semaine d'Octobre. Pour éviter ça, nous pouvons soustraire ces quantités de la dernière semaine de septembre.

-Certains SKU devraient être produit en plus grande quantités que d'autres. Ceci est justifié par la demande prévisionnelle qui n'est pas la même pour tous les produits.

- La charge de production n'est pas la même sur les différentes périodes du mois, si on prend le mois de Octobre nous avons :

-Semaine 1 :65h de production.

-Semaine 2 :11h de production.

-Semaine 3 :43 h de production.

-Semaine 4 : 123h de production.

Cet écart en nombre d'heure est le résultat du split hebdomadaire de la demande prévisionnelle, en effet, les ventes se font plus en début de première semaine du mois, et à la dernière semaine du mois. Il ne tient pas en compte la capacité maximale de production par semaine.

Le même écart a été constaté pour le mois de septembre, mais avec une charge plus importante à la première semaine (45% de la production du mois), Car nous avons supposé que le stock en début de période est égal à 0.

Naturellement, nous allons procéder à un lissage de la charge, et nous allons déplacer les productions de la semaine j à $j-1$, pour équilibrer le système de production. (Partie planification court terme).

3.5 Solution pour la planification à court terme

Nous allons à présent déterminer le plan de production journalier sur un horizon d'un mois. Pour ce faire, nous allons en premier lieu confronter le plan de production moyen terme à la capacité disponible, et nous allons déterminer le séquençement optimal de production.

Nous avons comme donnée d'entrée:

-Les quantités à produire chaque semaine de chaque SKU à partir du modèle planification moyen terme

-La capacité de production pour chaque SKU :

– Suivant le format: pour la phase Packing.

– Suivant la formule pour la phase Making.

-La production se fait par multiple d'une heure de production (MOQ).

-Le couple format marque : pas de changement de série lors du conditionnement, qui constitue le goulot d'étranglement de processus production.

3.5.2 Méthode d'analyse:

L'objectif principal de la planification à court terme est d'ordonner les travaux résultant de la planification à moyen terme, de manière à satisfaire la demande du marché, tout en respectant les contraintes du stock.

Dans la partie planification à court terme, nous allons proposer une méthodologie de travail pour le planificateur de production d'Unilever, en fonction des différentes contraintes de l'environnement de production. Pour commencer, nous allons expliquer notre méthodologie et analyse qui nous a permis de déterminer les axes d'optimisations principaux pour la production de shampoings à Unilever Algérie.

Après avoir analysé l'enchaînement de la production, nous avons distingué trois types de coûts:

– Coûts liés au changement de formule:

Ces coûts émanent du fait que lorsque deux différentes productions de formule se succèdent sur la ligne de production, celle-ci doit s'arrêter pour procéder à un lavage des tuyaux, qui acheminent le produit des cuves à la ligne de conditionnement. Cet arrêt implique une perte de productivité (temps de lavage qui est de 25mn), et une perte de produit (le produit restant dans les tuyaux) ainsi qu'un coût de traitement des déchets industriels pour des raisons écologiques.

-Perte de productivité.

-Perte de matière.

Les temps de changement de formule pour passer d'un produit à un autre sont pratiquement les mêmes. Le fait de changer régulièrement la formule à produire va engendrer des coûts plus importants.

C'est pourquoi il faut établir un programme de production de manière à essayer de séquencer les produits de même formule.

– Coûts liés au changement de format :

Lorsqu'il y'a un changement de format sur la ligne de production, celle-ci doit s'arrêter pour que la machine "remplisseuse" soit réglée pour le nouveau format. Ce temps de changement implique une perte de productivité. Le temps de changement de format est de 60 mn, et c'est le même pour tous les formats.

– Coût liés au changement du rouleau d'étiquettes:

Lorsque deux SKU différents se succèdent sur la ligne de production, il faut arrêter la ligne de conditionnement, et procéder à la mise en place du rouleau d'étiquette adéquat.

Cependant le temps de changement d'étiquettes est de quelques minutes seulement, le coût assimilé à ce changement de série est insignifiant comparé aux autres.

Nous avons distingué deux grandes voies d'optimisation: l'optimisation des temps de changement de série et l'optimisation des gains de matière.

Nous allons dans ce qui suit, utiliser les résultats du modèle mathématique à moyen terme afin de proposer un séquençement journalier de la production pour le mois d'octobre.

Nous avons procédé comme suit :

-Nous avons analysé les $Y[i][j]$ (nombres d'heures de production par produit et par semaine) résultant de la planification à moyen terme.

-Nous avons procédé à un lissage des quantités à produire chaque semaine du mois, pour équilibrer les charges avec la capacité de production. (Déjà calculé dans la partie 3.2.6)

-Une fois les quantités à produire pour chaque semaine sont définies, présenter le plan de production journalier pour le mois d'octobre.

3.5.2.2 Analyse des résultats des heures de production du mois d'Octobre $Y[i][j]$:

Le nombre d'heures nécessaires à la production n'est pas le même pour les 4 semaines:

Semaine 1 (7jours)	Semaine 2 (7 jours)	Semaine 3 (7 jours)	Semaine 4 (10 jours)
65h	11h	43h	133h

Tableau 3-11 Nombre d'heures de production par semaine du mois d'Octobre

Le nombre d'SKU à produire diffère d'une semaine à une autre :

Semaine 1	Semaine 2	Semaine 3	Semaine 4
23	12	19	34

Tableau 3-12 : Nombre d'SKU à produire par semaine (mois d'Octobre)

Le nombre d'heure de production de la majorité des SKU est inférieur ou égale à 2 heures. Ce qui est relativement peu, et engendre d'innombrables changements de séries.

Certains Y sont négatifs, ce qui se traduit par un surstock, qui peut être évité. Cette quantité de surstock sera produite durant les semaines précédant celle en surstock. Nous l'évitons en soustrayant cette quantité des quantités à produire des semaines passées (si elles sont positives). Ce qui nous permettrait de gagner en temps de production et éviter un coût de stockage supplémentaire non souhaité.

3.5.2.3 Lissage des quantités à produire

Rappel: le tableau suivant représente la capacité de production de la ligne en heure.

Par mois	Par semaine (pour la semaine 1, 2, 3)	Pour la semaine 4	Par jour
315h	73.5h	105h	10.5h

Tableau 3-13:Capacité de production maximale de la ligne par semaine.

Sachant que le nombre de jours ouvrables du mois d'octobre est de 31 jours, et que le nombre de jour de la 4^{ème} semaine est de 10 jours. Le temps total nécessaire pour la production du mois d'Octobre est de 252h.

En déployant ce temps sur les semaines, nous aurons : 57 h /semaine (semaine 1, 2, 3) et 82 h pour la 4^{ème} semaine. Le temps nécessaire pour la production journalière est donc de 8.12 h /jour.

Sachant que le temps disponible est de 10.5h/jour, le temps restant sera consacré aux lavages et aux changements de série. Ce temps-là, va définir le nombre maximum de changements de séries qu'on peut effectuer pendant la journée, autrement dit, le nombre maximum d'SKU que nous pouvons produire par jour (chaque changement d'SKU nécessite un changement de série).

Sachant qu'il y'a un 1^{er} changement de série qui se fait en début de journée, en dehors des heures ouvrables (si nécessaire)

Le tableau suivant résume ces résultats:

	Jour	Semaine 1, 2, 3	Semaine 4
Temps libre	environs 3h	21h	30h
Nombre max d'SKU	4	28	40

Tableau 3-14 : Résultats des temps libres par jour et par semaine.

Maintenant nous allons procéder à un lissage suivant deux paramètres :

- Les trois premières semaines doivent contenir au maximum 28 SKU
- La dernière semaine doit contenir au maximum 40 SKU
- Le nombre total d'heure nécessaire à la production ne doit pas dépasser 57 h (semaine 1, 2 et 3) et 82 pour la semaine 4.
- Si le nombre d'heure de production d'une semaine j dépasse le temps allouée, décaler les quantités à la semaine j-1.

Remarque:

La première semaine de production se trouve être chargée en heures de production, de par le fait qu'elle supporte l'état du stock initial O_g , mais aussi des commandes clients qui se trouvent être élevé en début du mois. Nous sommes dans l'obligation de décaler quelques heures de production de cette semaine à d'autres semaines adjacentes. Cependant nous ne pouvons pas décaler la quantité à produire de la première semaine du mois d'octobre à la dernière semaine du mois de septembre, car elle a aussi la particularité d'être chargée (on procède à un lissage en lui retirant des quantités et non le contraire).

La seule option qui reste est de décaler ces heures de production à la deuxième semaine d'octobre, cependant, nous ne pouvons pas déplacer n'importe quelle quantité, l'état des stocks se verrait substantiellement affecté.

Nous proposons donc de décaler les petites quantités de plusieurs production (équivalente à une heure de production de la première semaine à la deuxième semaine, et de répondre aux ventes de ces SKU par le stock de sécurité (qui couvre naturellement plus d'une heure de production).

Le résultat du lissage est présenté dans le tableau ci-dessous:

SKU	Format		Octobre			
			Semaine 1	Semaine 2	Semaine 3	Semaine 4
Sunsilk	180ml	Progressive damage reconstruction	4	9	0	0
Sunsilk	180ml	Black shine	4	1	7	0
Sunsilk	180ml	Soft & smooth	2	2	8	0
Sunsilk	180ml	HAIRFALL	2	0	9	0
Sunsilk	180ml	SHNE & STR	9	0	0	0
Sunsilk	180ml	ANTDNRFF	16	0	0	0
Sunsilk	350ml	Progressive damage reconstruction	5	0	0	0
Sunsilk	350ml	Black shine	0	1	5	0
Sunsilk	350ml	Soft & smooth	0	2	4	0
Sunsilk	350ml	HAIRFALL	1	0	3	0
Sunsilk	350ml	SHNE & STR	1	0	4	0
Sunsilk	350ml	ANTDNRFF	2	1	0	4
Clear	180ml	Ice Cool Menthol	0	1	0	4
Clear	180ml	Herbal Fusion	0	1	0	4
Clear	180ml	Soft & Shiny	0	0	0	5
Clear	180ml	Anti Hair fall	0	2	0	3
Clear	180ml	Cool Sport Menthol	0	3	0	5
Clear	180ml	Style Express	0	4	0	5
Clear	180ml	Deep Clense	-1	9	10	0
Clear	180ml	Hair Fall Defense	0	7	0	9
Clear	350ml	Ice Cool Menthol	0	0	1	2
Clear	350ml	Herbal Fusion	0	2	0	1
Clear	350ml	Soft & Shiny	1	0	1	1
Clear	350ml	Anti Hair fall	0	2	0	1
Clear	350ml	Cool Sport Menthol	0	3	0	2
Clear	350ml	Style Express	0	0	1	3
Clear	350ml	Deep Clense	1	0	2	5
Clear	350ml	Hair Fall Defense	1	0	2	3
Clear	600ml	Soft & Shiny	0	0	0	0
Clear	600ml	Deep Clense	0	0	0	1
Dove	250ml	NUTRI-OIL	3	0	0	3
Dove	250ml	DAILY CARE	2	1	0	2
Dove	250ml	INTENSIVE REPR	0	2	0	4
Dove	250ml	ANTI DANDRUFF	2	0	0	3
Dove	400ml	NUTRI-OIL	1	0	0	3
Dove	400ml	DAILY CARE	0	2	0	2
Dove	400ml	INTENSIVE REPR	0	1	0	3
Dove	400ml	ANTI DANDRUFF	0	1	0	3

Tableau 3-15 : Lissage des heures de la production des semaines du mois d'Octobre.

	Octobre			
	Semaine 1	Semaine 2	Semaine 3	Semaine 4
Temps total (heure)	57	57	57	81
Nombre d'SKU	17	21	13	25

Tableau 3-16 : Lissage de la production agrégé des semaines du mois d'Octobre.

3.5.3 Ordonnancement des travaux de production

Maintenant que nous avons les quantités devant être produite chaque semaine. Nous allons établir le plan journalier de production, le séquençement optimal des travaux de production, qui minimise les coûts de production.

Rappelons que les coûts que nous voulons minimiser sont :

- Coûts de changement de formule (un temps de lavage + perte de matières)
- Coûts de changement de format (un temps de changement de série de 60mn)

Ces changements se font tous en parallèle, donc le temps goulot c'est le temps de changement de format.

Les coûts de changements de formules sont dans notre cas les plus importants. Car, après une analyse de la ligne de production et des quantités à produire, nous avons remarqué que pour une seule préparation de formule dans le mixeur, le temps enregistré est entre 128 minutes et 167 minutes, quelques soient les quantités mises dans le mixeur. Il ne faudrait donc pas mettre des quantités trop basses.

Nous avons donc décidé de remplir un maximum les bacs lors de la préparation du mixage et de produire pour la même formule plusieurs formats, de ce fait, nous aurons une diminution des lavages et un gain de matière, et un gain en temps de production mais aussi en déplacements pour les employés.

Formule	Formule 1			Formule 2			Formule 3		
SKU	SKU1	SKU2	SKU3	SKU4	SKU5	SKU6	SKU7	SKU8	SKU9

Tableau 3-17: Séquençement des travaux de production selon la formule.

Après avoir séquéncé les formules, nous allons procéder au séquençement des SKU. Nous allons affecter à chaque formule les SKU lui correspondant.

Pour optimiser les temps de changement de format, nous allons essayer d'établir un ordre de production en groupant les SKU de mêmes formats, comme expliqué dans la figure ci-dessous :

Formule	Formule 1			Formule 2			Formule 3		
SKU	SKU1	SKU2	SKU3	SKU4	SKU5	SKU6	SKU7	SKU8	SKU9
Format	350	600	180	180	250	350	350	180	600

Tableau 3-18: Séquençement des travaux de production selon la formule et le format.

3.5.4 Application : Ordonnancement de la production du mois d'octobre 2018

Nous allons commencer par établir l'enchaînement des travaux optimal de la semaine

3.5.4.1 Semaine 1 :

S.Black shine	S.Progressive damage reconstruction			S.HAIRFALL	
180	180	350	350	180	
S.SHNE & STR		S.ANTDNDRFF		S.Soft & smooth	
180	350	350	180	180	
C.Soft & Shiny		C.Deep Clense		C.Hair Fall Defense	
	350		350		350
D.NUTRI-OIL		D.DAILY CARE		D.ANTI DANDRUFF	
400	250	250		250	

Tableau 3-19: Séquencement des travaux de production-Semaine 1 Octobre 2018-

3.5.4.2 Semaine 2 :

S.Black shine	S.Soft & smooth			S.Progressive damage reconstruction		
180	350	350	180	180	180	
S.ANTDNDRFF		C.Ice Cool Menthol		C.Style Express		
	350	180			180	
C.Deep Clense		C.Hair Fall Defense		C.Herbal Fusion		
	180		180	180		350
C.Anti Hair fall			C.Cool Sport Menthol		D.DAILY CARE	
350	180	180	350	400	250	
D.INTENSIVE REPR			D.ANTI DANDRUFF			
	250	400			400	

Tableau 3-20: Séquencement des travaux de production-Semaine 2 Octobre 2018-

3.5.4.3 Semaine 3 :

S.Black shine	S.Soft & smooth			S.HAIRFALL		
180	350	350	180	180	350	
S.SHNE & STR		C.Deep Clense		C.Ice Cool Menthol		
	350	180	350		350	
C.Soft & Shiny		C.Style Express		C.Hair Fall Defense		
	350		350			350

Tableau 3-21: Séquencement des travaux de production-Semaine 3 Octobre 2018-

3.5.4.4 Semaine 4 :

S.ANTDNDRFF	C.Ice Cool Menthol			C.Herbal Fusion		
350	180	350	350	180		
C.Soft & Shiny		C.Anti Hair fall		C.Cool Sport Menthol		
180	350	350	180	180	350	
C.Style Express		C.Hair Fall Defense		C.Deep Clense		
350	180	180	350	350	600	
D.NUTRI-OIL		D.DAILY CARE		D.INTENSIVE REPR		D.ANTI DANDRUFF
250	400	400	250	250	400	250

Tableau 3-22: Séquencement des travaux de production-Semaine 4 Octobre 2018-

3.5.5 Analyse des résultats :

-Le séquençement a été établi en prenant soin de mettre les préparations de même formule et de la même semaine dans un seul batch (mixage).

-Nous avons essayé de grouper les SKU de même format, mais ceci n'est pas toujours vérifié étant donné la contrainte des formules.

-Le plan proposé est très flexible et peut être revu et réajusté si nécessaire charge de la journée en heure de production, il suffit de changer l'ordre de séquençement des formules et de prendre soin de garder le rapprochement des mêmes formats.

Rappel :

Les heures de production dans le séquençement sont assimilées aux temps que prend le conditionnement. Le mixage n'a pas été pris en compte dans la planification, parce qu'il ne constitue pas une contrainte. Celui-ci sera inclus dans le planning journalier qui suit, où nous allons présenter l'ordonnancement des deux phases de production : Making et Packing.

3.5.6 Planning journalier de la production

Nous allons déployer l'enchaînement des travaux de production de la semaine sur les jours, en tenant compte de ne pas dépasser le nombre d'heure de travail disponibles par jour.

-Le nombre d'heure de travail efficient est de 10.5h par jour, mais on peut ajouter à ce temps des temps de lavages ou de changements de série si nécessaire.

-Le nombre de batch (Mixages) à préparer avec les temps de préparation de chacun sera pris en compte dans l'ordonnancement journalier. Ces informations sont présentées dans le tableau ci-dessous :

-Le type de planning de production choisi est le plan d'ordre, avec une représentation des travaux de production dans le temps avec les moyens utilisées (ligne de conditionnement, les trois cuves de stockage, le mixeur)

- L'ordonnancement des tâches de production seront présenté sur un diagramme Gantt, à l'aide du logiciel MS Project, qui est un logiciel de gestion de projet édité par Microsoft, il permet aux chefs de projets et aux planificateurs de planifier les différentes tâches du projet, de gérer les ressources et de communiquer les données des plannings. (Microsoft, 2018)

3.5.7 Elaboration du planning journalier de la semaine 1 Octobre 2018

Pour établir le diagramme Gantt des travaux de production, nous avons besoin des données d'entrée qui sont les suivantes :

-La liste des travaux de mixages de la semaine, avec les quantités et le temps de mixage.

-La liste des travaux de conditionnement suivant l'enchaînement du séquençement, avec les temps de production nécessaires.

Ces données sont présentées comme suit :

Formule à préparer	Nombre de batchs	Volume de préparation
Sunsilk Black shine 180	1 batch	2,4t
Sunsilk Progressive damage reconstruction	2 batch	8,9t
Sunsilk HAIRFALL	1 batch	2,5t
Sunsilk SHNE & STR	2 batch	6,7t
Sunsilk ANTDNDRFF	3 batch	12,2t
Sunsilk Soft & smooth	1 batch	1,2t
Clear Soft & Shiny	1 batch	1,3t
Clear Deep Clense	1 batch	1,3t
Clear Hair Fall Defense	1 batch	1,3t
Dove NUTRI-OIL 400	1 batch	4,1t
Dove DAILY CARE 250	1 batch	1,8t
Dove ANTI DANDRUFF 250	1 batch	1,8t

Tableau 3-23: Séquencement des travaux de mixage-Semaine 1 Octobre 2018-

Jour	SKU	Durée de conditionnement
jour 1	Sunsilk Black shine 180	4
	Sunsilk Progressive damage reconstruction 180	4
jour 2	Sunsilk Progressive damage reconstruction 350	5
	Sunsilk HAIRFALL 350	1
	Sunsilk HAIRFALL 180	2
Jour 3	Sunsilk SHNE & STR 180	9
	Sunsilk SHNE & STR 350	1
Jour 4	Sunsilk ANTDNDRFF 350	2
	Sunsilk ANTDNDRFF 180	7
Jour 5	Sunsilk ANTDNDRFF 180	9
Jour 6	Sunsilk Soft & smooth 180	2
	Clear Soft & Shiny 350	1
	Clear Deep Clense 350	1
	Clear Hair Fall Defense 350	1
Jour 7	Dove NUTRI-OIL 400	1
	Dove NUTRI-OIL 250	3
	Dove DAILY CARE 250	2
	Dove ANTI DANDRUFF 250	2

Tableau 3-24: Séquencement des travaux de conditionnement-Semaine 1 Octobre 2018-

Représentation Gantt du planning journalier sous MS Project :

Afin d'avoir une représentation Gantt des différents travaux, nous avons établi la liste des tâches nécessaires à la production de la première semaine:

-Les différents lavages (Cuve 1, cuve 2, cuve 3, mixeur, ligne de conditionnement) après chaque changement de formule.

-Les changements de série après changement de format.

La liste des différentes tâches est présentée en Annexe 7.

Nous avons ensuite saisi toutes les tâches sous MS Project, et nous avons généré le diagramme Gantt, tel qu'il est présenté dans l'Annexe 8.

3.5.8 Résultats et Analyse

-La représentation des travaux de production sur un diagramme Gantt nous a permis d'avoir une vision structurée de la production, de visualiser les liaisons entre les différentes tâches.

-Ce planning d'ordre permet aux opérateurs d'avoir une flexibilité quant à la préparation des matières premières et le packaging nécessaire à chaque SKU.

-Il est évident que le goulot d'étranglement de la chaîne de production c'est la ligne de conditionnement, même lorsqu'il s'agit de petites quantités de production : par exemple le mixage de Sunlik Damage Reconstruction se fait le 01/10 et une grande partie de son conditionnement se fera le 02/10.

3.6 Recommandations et perspectives d'amélioration :

Nous avons jugé utile de mettre le point sur les perspectives d'amélioration de notre travail.

En premier lieu, l'absence d'activité du site de production étudié a engendré des difficultés supplémentaires durant l'élaboration du plan de production et d'ordonnancement. Cela nous a contraints à spéculer lors du calcul de paramètres supposés être connus si toute fois la production existait. Comme par exemple le calcul du délai de réapprovisionnement, ou la référence des ventes prises d'un système logistique et stratégique tout à fait différent de ce qui pourrait être après la localisation de la production, mais aussi les suppositions de ressemblance émises entre les produits importés et ceux qui seront produits par Unilever Algérie. Nous invitons celle-ci à modifier ces paramètres dès que possible afin d'améliorer les résultats de nos travaux.

Unilever compte intégrer dans la machine étudiée de nouveaux SKU à produire, des produits Body Care (gels douches plus précisément), cela impactera sur le plan de production à moyen et terme et surtout sur l'ordonnancement.

Le modèle mathématique proposé pour la planification à moyen terme est très flexible. Et est ainsi capable d'intégrer de nouveaux SKU avec une simple modification des input Excel sur le logiciels CPLEX, cependant, en ce qui concerne le court terme, et donc l'ordonnancement journalier, plusieurs rectifications devront être faites :

Le nombre de shift devra être revu, en vue du fait que la machine produira beaucoup plus que supposé aujourd'hui.

Le gain de temps sera peut être considéré comme indispensable, il faudra donc revoir les priorisations faite dans nos travaux d'ordonnancement, où l'on a mis comme contrainte prioritaire étant celle des formules, avec une stratégie de gain de temps, la contrainte des changements de série devra être mise en priorité, et passer d'une production par formule à une production par couple (marque, format) ce qui permettra d'éviter les changements de série du conditionnement (prenant le plus de temps à être effectué) et ainsi avoir un gain en temps.

Concernant la mise en œuvre, le modèle mathématique et le raisonnement proposé pour le séquençement de la production a été validé et approuvé par les planificateurs d'Unilever, ces derniers nous ont proposé de mettre en place la solution au sein de l'entreprise pour qu'elle soit utilisée le temps de l'intégration du projet sur APO.

Cependant faute de temps cette étape sera réalisée les mois qui suivent la remise de ce document (en juillet et Aout).

3.7 Conclusion :

L'étape validation par le responsable de la planification en entreprise atteste l'adéquation de la solution proposée avec le besoin exprimé par l'équipe projet. En effet, la planification de la production ne pouvant être faite sur le module APO du progiciel de gestion d'entreprise (SAP). Nous avons proposé un modèle de planification en ayant recours à la modélisation mathématique, ainsi qu'un schéma de pensées afin de réaliser le séquençement de la production.

La solution se résume aux étapes suivantes :

La stratégie d'Unilever étant une stratégie *Make to stock*, La planification de la production à moyen terme est proposée par un modèle mathématique tiré par la demande du marché et la disponibilité du stock. Celui-ci établit en sortie les quantités d'SKU à produire chaque semaine sur un horizon de 6 mois.

Le plan de la production à court terme fixe les quantités à produire de chaque SKU par jour sur un horizon d'un mois. Le plan proposé déploie le plan de production moyen terme en jours. La méthodologie apportée est la suivante :

-Lissage des quantités de production établit par le plan de production à moyen terme, afin d'équilibrer les charges en temps de production et en nombre d'SKU.

-Ordonnancement des travaux de production en prenant le soin d'optimiser les couts de changement de formules et de série, en priorisant le premier au second. Cela a abouti à un séquençement par formules en premier lieu ensuite un séquençement par SKU de même format.

-Élaboration d'un digramme Gantt des taches de production (Mixages, lavages, changements de série, travaux de conditionnement) sur MS Project pour :-avoir une vue globale sur les travaux de production et permettre aux opérateurs d'appréhender sur les taches critiques.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Efficienc, qualité, prix, satisfaction client, minimisation des coûts, tant de concepts et d'objectifs, chacun tire l'entreprise dans un sens différent. Dans le marché des produits de grande consommation, aucun de ces paramètres ne doit être omis de l'équation, spécialement pour une entreprise aussi imposante qu'Unilever. Trouver un équilibre entre chaque paramètre influant sensiblement la direction et la stratégie de l'entreprise est indispensable. Cependant, dans un projet de fin d'étude on ne s'intéresse généralement qu'à une seule partie de l'équation, ce qui rend la tâche complexe. Pour notre part, nous nous sommes penchés sur la partie planification de la production uniquement.

Dans un premier temps, le diagnostic de l'environnement externe de l'entreprise a mis en évidence l'opportunité qu'a le groupe de localiser sa production en Algérie. Aussi la rivalité croissante des produits de grandes consommations et la nécessité pour l'entreprise de maîtriser sa *supply chain*. L'analyse de l'état d'avancement du projet a permis de souligner nos possibles champs d'intervention : la planification de la production et son ordonnancement.

Des recherches et revues spécialisées ont été indispensables pour pouvoir appréhender la partie pratique. Après avoir pris connaissance des théories développées autour de la planification de la production, nous avons retenu l'architecture MRPII et la modélisation mathématique comme solution. Ce qui a constitué le corps du chapitre II de ce document.

Plusieurs entretiens avec le responsable de la planification ont conduit à lister le besoin et les contraintes liées à la production. S'approcher du service commerciale nous a également été nécessaire afin d'alimenter la source de données du modèle.

Dans le troisième chapitre, nous avons présenté les solutions apportées. Premièrement, nous avons proposé un modèle mathématique pour déterminer une production optimale hebdomadaire et par SKU, qui répondrait au mieux à la demande du client, tout en optimisant les stocks. La résolution a été suggérée en ayant recours à l'outil technologique « CPLEX » de IBM. Dans la seconde partie, un plan d'ordonnancement journalier a été proposé sous forme de diagramme de Gantt, en prenant compte des différents axes d'optimisation. La solution a été programmée en utilisant MSProject de Microsoft.

Enfin, notre travail a reçu un écho favorable de la part du planificateur de production. Dans le sens où il répond parfaitement à leur demande d'un plan de production émise par le service de planification chez Unilever. Ce qui a résulté d'une proposition de mise en œuvre de la solution au sein de l'entreprise.

BIBLIOGRAPHIE

Ouvrage :

GRATACAP, Anne. *Mangement de la production : Concepts, Méthode, Cas*. Paris : Dunod, 2005. 457p. ISBN 978-2-10-053863-8.

BLONDEL, François. *Gestion de la production : Comprendre la logique industrielle pour agir*. Paris : Dunod, 1999. 381p. ISBN 2 10 004496 6.

PILLET, Maurice. *Coord. Gestion de la production*. Paris: Groupe Eyrolles, 2011. 498p. ISBN : 978-2-212-54977-5.

GARIBALDI , Gérard. *Analyse stratégique : Méthodologie de la prise de décision*. Paris : EYROLLES, 2008. 449p. ISBN 978-2-212-54013-0.

JAVEL, George. *Organisation et gestion de la production: Cours avec exercices corrigées*. Paris : Dunod, 2010. 454p. ISBN 978-2-10-055497-3.

BOLY, Vincent. *Organisation et méthodologie des entreprises innovantes*. Nancy : Lavoisier, 2008. 242p. ISBN 978-2-7462-1798-0.

ROTHLAUF, Franz. *Design of Modern Heuristics: Principles and Application*. Amstredam: Springer, 2011. 267p. ISBN 978-3-540-72961-7.

BESSION, Bernard. *Méthodes d'analyses appliquées a l'analyse économique*. Poitiers : ICOMTEC Poitiers, 2010. 175p. ISBN 558-3-50-36961-1.

GOLDBERG, David. *Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning*. Boston : Addison-Wesley Longman Publishing Co, 1989. 412p. ISBN:0201157675.

Thèses, mémoires

MOCQUILLON, Cedric. *Problématique d'ordonnancement et de planification pour un système de production de shampoings: Application au site de production P&G de Blois*. 140p. Thèse de doctorat: Informatique : Université François – Rabelais : 2009.

BENZAHRRA, Annouar. *Contribution à l'amélioration de la chaîne de production de Fruitail par l'optimisation des stocks, des ruptures et du taux de service*. 150p. Mémoire de projet de fin d'études : Génie industriel : Ecole Nationale Polytechnique : 2015.

Documents électroniques : Site internet

FONDS MONÉTAIRES INTERNATIONALES. *Le conseil d'administration du FMI conclut les consultations de 2018 au titre de l'article IV avec l'Algérie* [En ligne]. [Consulté le 15 Mars 2018].

Disponible sur : <http://www.imf.org/fr/news/articles/2018/06/01/pr18207-imf-executive-board-concludes-2018-article-iv-consultation-with-algeria>.

GARTNER. *Supply Chain Top 25* [En ligne]. [Consulté 20 Juin 2018].

Disponible sur : <https://www.gartner.com/technology/supply-chain/top25.jsp>.

IBM. IBM Analytics [En ligne]. [Consulté le 12 Mai 2018].

Disponible sur <<https://www.ibm.com/analytics/data-science/prescriptive-analytics/cplex-optimizer>>.

MICROSOFT. Microsoft Project [En ligne]. [Consulté le 12 juin 2018].

Disponible sur <<https://products.office.com/en-us/project/project-and-portfolio-management-software>>.

UNILEVER. Unilever Global [En ligne]. [Consulté le 20 Février 2018].

Disponible sur <<https://www.unilever.com/>>.

UNILEVER. Unilever Maghreb [En ligne]. [Consulté le 15 Mars 2018].

Disponible sur <<https://www.unilevermaghreb.com/>>.

WIKIPEDIA. Unilever [En ligne]. [Consulté le 15 Février 2018].

Disponible sur <<https://fr.wikipedia.org/wiki/Unilever>>.

SPINNAKER. An introduction to Advanced Planning and Scheduling Systems [En ligne]. [Consulté le 18 Juin 2018].

Disponible sur <<file:///C:/Users/Home/Downloads/WP1901An%20Introduction%20to%20Advanced%20Planning%20&%20Scheduling%20Systems.pdf>>.

FRASER, Adam. Genetic Programming [En ligne]. [Consulté le 19 Mai 2018].

Disponible sur <<http://www-dept.cs.ucl.ac.uk/research/genprog/index.html>>.

ANNEXES

Annexe 1 : Tableau des matières premières et leur fonctionnalités.

Type d'ingrédients	Quantité utilisée en pourcentage	Fonction
Eau	50-60	L'eau déionisée est utilisée pour minimiser la dégradation bactérienne
Tensioactifs	Dépend de la concentration	Il s'agit de l'agent de nettoyage principal. les agents tensioactifs produisent également de la mousse, agissent comme agents mouillants et contribuent à la viscosité du shampoing. Les tensioactifs sont disponibles sous plusieurs formes: à concentration d'environ 25 à 30%, ou sous forme "active" (environ 70% concentration). Afin d'obtenir l'équilibre de propriété souhaité, un mélange de produits y est ajouté.
Conditionneurs	5-12	Il s'agissait traditionnellement des dérivés d'huiles grasses, d'alcool et de cire. plus en plus de protéines ou de cires viennent remplacer ces dérivées. Les conditionneurs contribuent à l'hydratation des cheveux secs, et augmentent la force et le volume des cheveux.
Modificateurs de viscosité	1-3	L'épaississeur le plus utilisé est le chlorure de sodium, bien qu'il soit moins efficace en mélange de certains additifs et certains tensioactifs. Cependant d'autres carbomères (polymères synthétiques hydrophiles d'acrylique) sont utilisées : polymères de cellulose, composé de gomme...
Ajusteurs de PH	1-3	L'ajustement du PH se fait par ajout d'acide citrique. Les autres additifs sont utilisés pour améliorer l'apparence du produit et lui donner un effet perlé.
Conservateurs	<1	
Coloration	<1	
Fragrance	<1	

Annexe 2 : Alignement des tendances de ventes

Marque	SKU de la nouvelle ligne de production	SKU vendu les 8 derniers mois	Codification
Sunsilk	Progressive damage reconstruction 180 ml	SUNSILK SHAMP DAMAGE SILICA 350ML	SKU1
Sunsilk	Progressive damage reconstruction 350 ml	SUNSILK SHAMP DAMAGE SILICA 350ML	SKU2
Sunsilk	Black shine 180 ml	Black shine 350 ml	SKU3
Sunsilk	Black shine 350 ml	Black shine 350 ml	SKU4
Sunsilk	Soft & smooth 180 ml	Soft & smooth 180 ml	SKU5
Sunsilk	Soft & smooth 350 ml	Soft & smooth 350 ml	SKU6
Sunsilk	HAIRFALL 180 ml	HAIRFALL 180 ml	SKU7
Sunsilk	HAIRFALL 350 ml	HAIRFALL 350 ml	SKU8
Sunsilk	SHNE & STR 180 ml	SHNE & STR 180 ml	SKU9
Sunsilk	SHNE & STR 350 ml	SHNE & STR 350 ml	SKU10
Sunsilk	ANTDNRFF 180 ml	ANTDNRFF 180 ml	SKU11
Sunsilk	ANTDNRFF 350 ml	ANTDNRFF 180 ml	SKU12
Clear	Ice Cool Menthol 180 ml	Ice Cool Menthol 190 ml	SKU13
Clear	Ice Cool Menthol 350 ml	Ice Cool Menthol 400 ml	SKU14
Clear	Herbal Fusion 180 ml	Herbal Fusion 190 ml	SKU15
Clear	Herbal Fusion 350 ml	Herbal Fusion 400 ml	SKU16
Clear	Soft & Shiny 180 ml	Soft & Shiny 190 ml	SKU17
Clear	Soft & Shiny 350 ml	Soft & Shiny 400 ml	SKU18
Clear	Soft & Shiny 600 ml	Soft & Shiny 400 ml	SKU19
Clear	Anti Hair fall 180 ml	Anti Hair fall 190 ml	SKU20
Clear	Anti Hair fall 350 ml	Anti Hair fall 400 ml	SKU21
Clear	Cool Sport Menthol 180 ml	Cool Sport Menthol 190 ml	SKU22
Clear	Cool Sport Menthol 350 ml	Cool Sport Menthol 400 ml	SKU23
Clear	Style Express 180 ml	Style Express 190 ml	SKU24
Clear	Style Express 350 ml	Style Express 400 ml	SKU25
Clear	Deep Clense 180 ml	Deep Clense 190 ml	SKU26

Clear	Deep Clense 350 ml	Deep Clense 400 ml	SKU27
Clear	Deep Clense 600 ml	Deep Clense 400 ml	SKU28
Clear	Hair Fall Defense 180 ml	Hair Fall Defense 180 ml	SKU29
Clear	Hair Fall Defense 350 ml	Hair Fall Defense 400 ml	SKU30
Dove	NUTRI-OIL 250 ml	NUTRI-OIL 200 ml	SKU31
Dove	NUTRI-OIL 400 ml	NUTRI-OIL 400 ml	SKU32
Dove	DAILY CARE 250 ml	DAILY CARE 200 ml	SKU33
Dove	DAILY CARE 400 ml	DAILY CARE 400 ml	SKU34
Dove	INTENSIVE REPR 250 ml	INTENSIVE REPR 200 ml	SKU35
Dove	INTENSIVE REPR 400 ml	INTENSIVE REPR 400 ml	SKU36
Dove	ANTI DANDRUFF 250 ml	ANTI DANDRUFF 200 ml	SKU37
Dove	ANTI DANDRUFF 400 ml	ANTI DANDRUFF 200 ml	SKU38

Remarque :

A défaut d'avoir des formats d'SKU très proche, nous avons assimilé la tendance des taux de ventes en prenant comme paramètre que la marque et la formule.

Annexe 3: Split hebdomadaire de la demande prévisionnelle mensuelle.

		Demande en nombre de bouteilles			
Marque	SKU de la nouvelle ligne de production	Semaine 1	Semaine 2	Semaine 3	Semaine 4
Sunsilk	Progressive damage reconstruction 180 ml	13984	1398	4115	20456
Sunsilk	Progressive damage reconstruction 350 ml	13984	1398	4115	20456
Sunsilk	Black shine 180 ml	8390	399	5993	25171
Sunsilk	Black shine 350 ml	7121	339	5086	21363
Sunsilk	Soft & smooth 180 ml	39954	0	0	0
Sunsilk	Soft & smooth 350 ml	52781	0	0	0
Sunsilk	HAIRFALL 180 ml	20609	0	0	0
Sunsilk	HAIRFALL 350 ml	3709	1071	783	15044
Sunsilk	SHNE & STR 180 ml	3606	2163	1030	13808
Sunsilk	SHNE & STR 350 ml	1949	1199	1649	10195
Sunsilk	ANTDNRFF 180 ml	8037	1236	2266	9067
Sunsilk	ANTDNRFF 350 ml	5497	2998	2248	14243
Clear	Ice Cool Menthol 180 ml	954	1909	1113	11934
Clear	Ice Cool Menthol 350 ml	318	2068	1273	12253
Clear	Herbal Fusion 180 ml	0	0	0	15913
Clear	Herbal Fusion 350 ml	0	0	6062	9850
Clear	Soft & Shiny 180 ml	0	0	10498	16037
Clear	Soft & Shiny 350 ml	0	0	11759	17639
Clear	Soft & Shiny 600 ml	0	0	24705	37058
Clear	Anti Hair fall 180 ml	0	0	21848	29127
Clear	Anti Hair fall 350 ml	0	0	3835	6491
Clear	Cool Sport Menthol 180 ml	1239	1342	3098	4647
Clear	Cool Sport Menthol 350 ml	1342	1239	3304	4440
Clear	Style Express 180 ml	1652	1032	1962	5680
Clear	Style Express 350 ml	1932	1635	2824	8474
Clear	Deep Clense 180 ml	148	1382	3969	9366
Clear	Deep Clense 350 ml	2848	1139	7158	17339
Clear	Deep Clense 600 ml	2167	867	5447	13194
Clear	Hair Fall Defense 180 ml	0	101	305	1048
Clear	Hair Fall Defense 350 ml	320	174	466	1660
Dove	NUTRI-OIL 250 ml	8455	3147	0	9176
Dove	NUTRI-OIL 400 ml	4900	6355	272	7153
Dove	DAILY CARE 250 ml	3549	1350	2385	11396
Dove	DAILY CARE 400 ml	7839	1296	726	8819
Dove	INTENSIVE REPR 250 ml	8890	0	0	15138
Dove	INTENSIVE REPR 400 ml	1501	1802	4205	7509
Dove	ANTI DANDRUFF 250 ml	1546	2183	1525	9761
Dove	ANTI DANDRUFF 400 ml	1546	2183	1525	9761

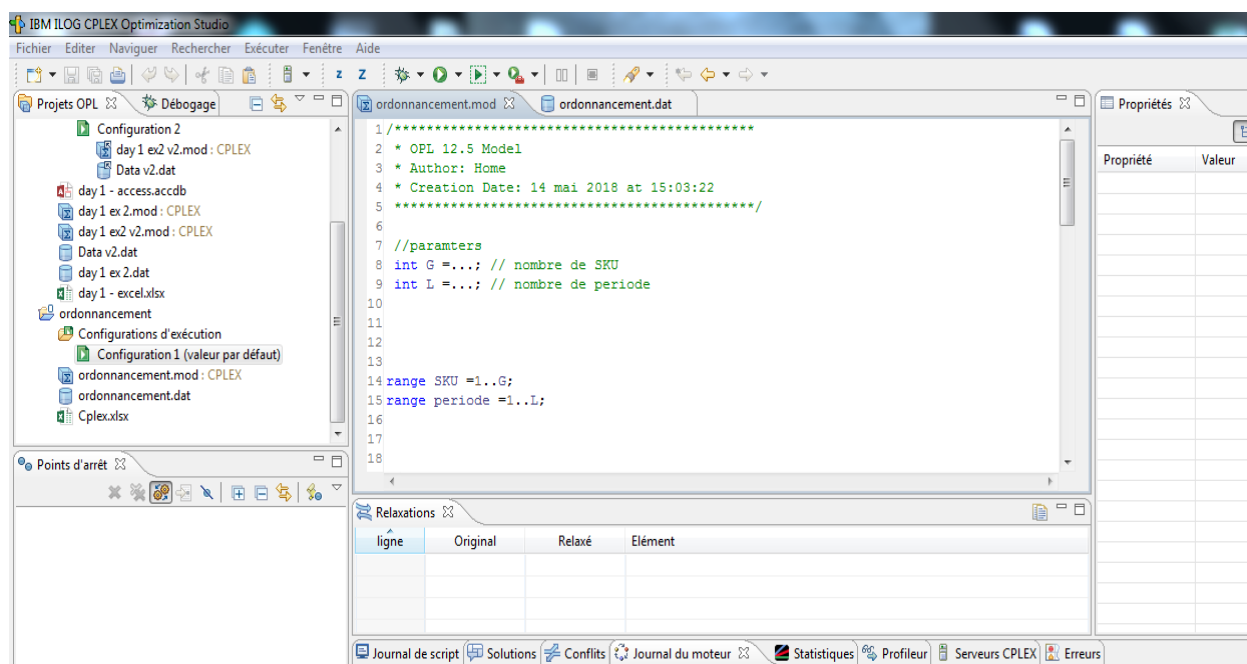
Annexe 4 : Outils informatiques utilisés

-Qu'est-ce que CPLEX ? Les informations sont tirées du site officiel d'IBM.

CPLEX est un outil informatique d'optimisation dont le nom fait référence au langage C et à l'algorithme du simplexe. Il est actuellement commercialisé par IBM (International Business Machines).

CPLEX Optimizer fournit des solveurs de programmation mathématique flexibles et performants pour la programmation linéaire, la programmation en nombres entiers mixtes, la programmation quadratique et les problèmes de programmation à contrainte quadratique.

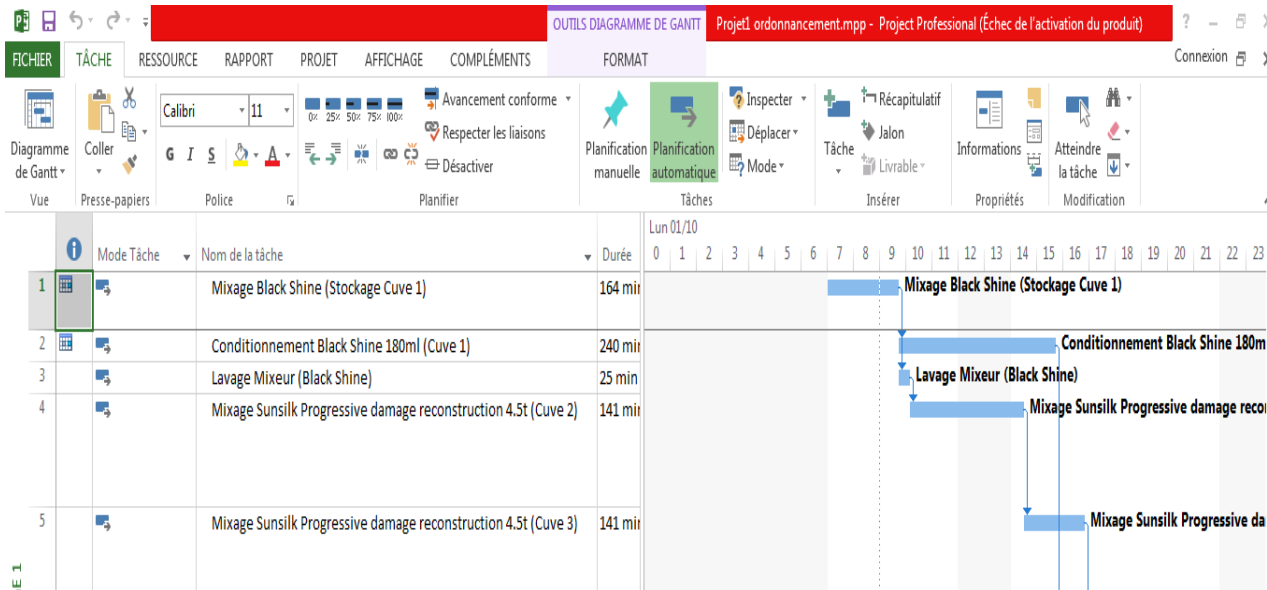
Sa fenêtre est la suivante :



Qu'est-ce que MS Project ? Les informations sont tirées du site officiel de Microsoft

Microsoft Project est un logiciel de gestion de projet édité par Microsoft, il permet d'évaluer et d'optimiser le portefeuille de projet, gérer les ressources, gérer le temps, et toutes les dimensions d'un projet.

Sa fenêtre est la suivante :



Annexe 5: La modélisation sous CPLEX:

```

/*****
* OPL 12.5 Model
* Author: Home
* Creation Date: 14 mai 2018 at 15:03:22
*****/

//paramters
int G =...; // nombre de SKU
int L =...; // nombre de periode

range SKU =1..G;
range periode =1..L;

float D[SKU][periode]=...; //demande previsionnelle
float SM[SKU][periode]=...; //stock max
float SS[SKU][periode]=...; //stock de securite
float MOQ[SKU]=...; //Quantité minimal de production
float O[SKU]=...; //stock au debut de periode

// variables

dvar float Z[SKU][periode];
dvar int Y[SKU][periode];
dvar float R[SKU][periode]; //stock reel
dvar float W[SKU][periode]; //
dvar float SP[SKU][periode]; //stock projete

//model

minimize sum(i in SKU, j in periode)W[i][j];

subject to {

forall(i in SKU, j in periode)
  ecart_stock_securite_stock_max:
  W[i][j]==maxl(0,R[i][j]-SM[i][j])+maxl(SS[i][j]-R[i][j]);
forall (i in SKU, j in periode)
  {R[i][j]>=SS[i][j];
  R[i][j]<=SM[i][j];}

```

```

forall ( i in SKU, j in periode)
  StockReel:
  R[i][j]==SP[i][j]+ sum ( j in 1..j)Z[i][j];

forall(i in SKU, j in periode)
  StockProjete:
  SP[i][j]==O[i]-sum( j in 1..j)D[i][j];

forall(i in SKU, j in periode)
  ContraintesStock:
  { W[i][j]>= SS[i][j]-R[i][j];
  W[i][j]>=R[i][j]-SM[i][j]; }

forall(i in SKU, j in periode)
  contrainte_cuve:
  Z[i][j]==Y[i][j]*MOQ[i];

}

/*****
* OPL 12.5 Data
* Author: Home
* Creation Date: 14 mai 2018 at 15:03:23
*****/

G=38;
L=8;

SheetConnection my_sheet("Cplex.xlsx");

D from SheetRead(my_sheet,"DATA!B3:I40");
O from SheetRead(my_sheet,"DATA!N2:N39");
SM from SheetRead(my_sheet,"DATA!A83:H120");
SS from SheetRead(my_sheet,"DATA!A43:H80");
MOQ from SheetRead(my_sheet,"DATA!O2:O39");

SP to SheetWrite(my_sheet,"DATA!AB4:AI41");
Z to SheetWrite(my_sheet,"DATA!R4:Y41");
Y to SheetWrite(my_sheet,"DATA!B125:I162");
W to SheetWrite(my_sheet,"DATA!B209:I246");
R to SheetWrite(my_sheet,"DATA!B167:I204");

```

**Annexe 6: Résultats de la résolution exacte du modèle mathématique
sous CPLEX.**

		Septembre				Octobre							Février			
	Variables	S 1	S 2	S 3	S 4	S 1	S 2	S 3	S 4	...	...	...	S 1	S 2	S 3	S 4
SKU1	Y	5	1	1	6	4	1	1	7	...	...	...	5	1	1	6
	Z	16130	3226	3226	19356	12904	3226	3226	22582	...	...	...	16130	3226	3226	19356
	W	-959	2786	1896	-795	-2940	1541	-651	-2776	...	...	...	-4412	-6239	-5349	-4248
	R	2145	3972	3082	1981	4126	2727	1837	3962	...	...	...	5598	7425	6535	5434
SKU2	Y	7	0	1	7	4	1	1	6	...	...	...	4	1	1	7
	Z	22582	0	3226	22582	12904	3226	3326	19356	...	...	...	12904	3226	3226	22582
	W	-3099	1700	-810	-2935	-1854	3681	-2791	-1690	...	...	...	-100	-1927	-1037	-3162
	R	8597	7198	6308	8433	7352	9179	8289	7188	...	...	...	5598	7425	6535	8660
SKU3	Y	5	0	2	8	2	0	2	8	...	...	...	3	1	1	8
	Z	16130	0	6452	25808	6452	0	6452	25808	...	...	...	9678	3226	3226	25808
	W	-2632	2232	2690	-3326	-4613	4213	-4671	-5307	...	...	...	12537	15363	12595	13231
	R	7739	7339	7797	8433	9720	9320	9778	10414	...	...	...	17644	20470	17702	18338
SKU4	Y	4	0	2	6	2	0	2	7	...	...	...	2	0	2	6
	Z	12904	0	6452	19356	6452	0	6452	22582	...	...	...	6452	0	6452	19356
	W	-2006	1666	3031	-1023	-353	-13	-1378	-2596	...	...	...	-3419	-3079	-4444	-2436
	R	5782	5442	6807	4799	4129	3789	5154	6372	...	...	...	7195	6855	8220	6212
...	
...	
...	
SKU38	Y	2	1	1	2	0	1	0	3	...	...	...	0	1	0	3
	Z	6798	3399	3399	6798	0	3399	0	10197	...	...	...	0	3399	0	10197
	W	-180	1395	3268	-304	-5555	3371	-5244	-2280	...	...	...	-3262	-4477	-2951	-3386
	R	5251	6466	8339	5375	10626	8442	10315	7351	...	...	...	8333	9548	8022	8457

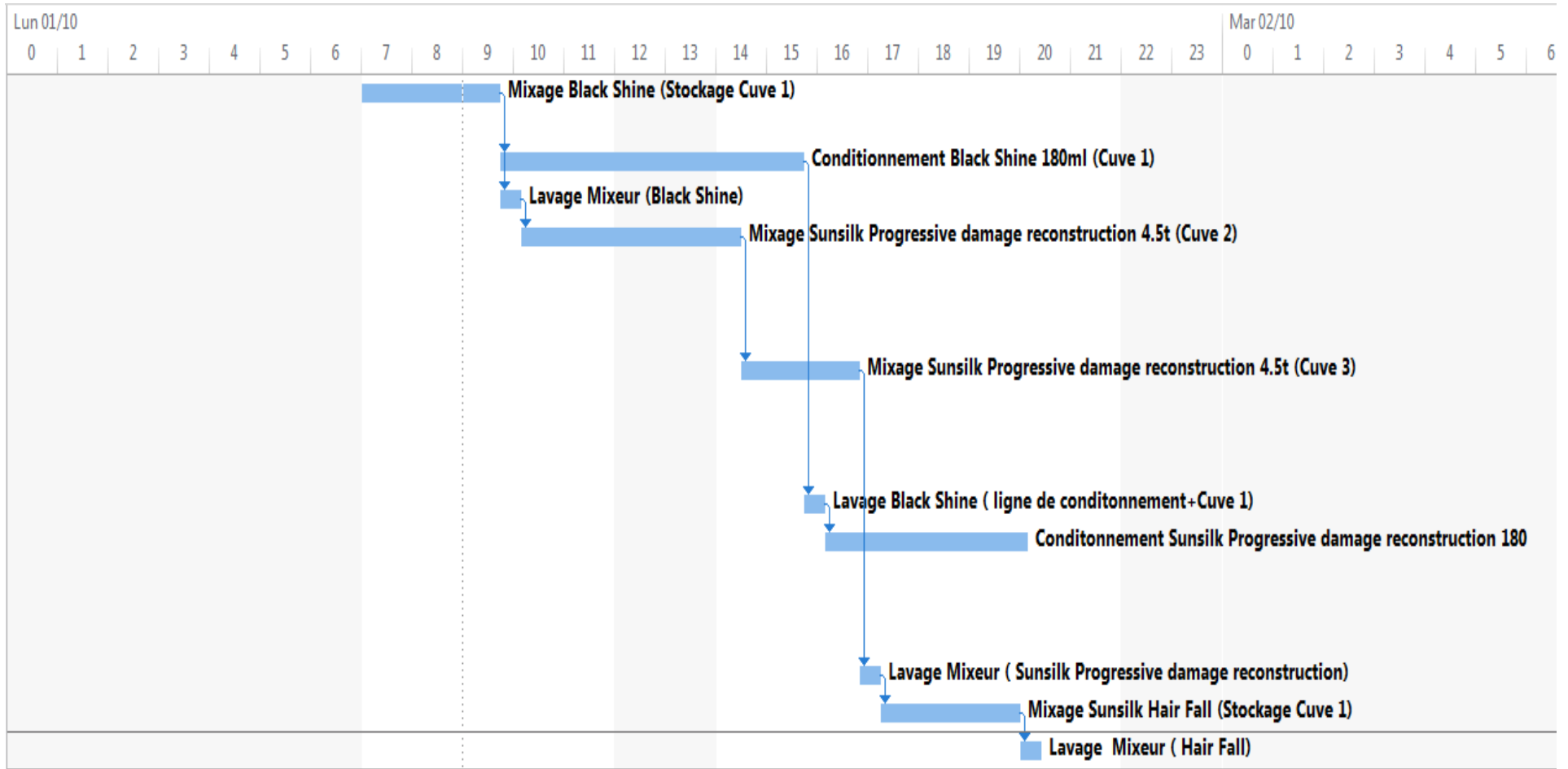
Annexe 7 : Liste des taches sous MS Project

Numéro	Nom de la tâche	Durée	Prédécesseurs
	Jour1		
1	Mixage Black Shine (Stockage Cuve 1)	164 min	
2	Conditionnement Black Shine 180ml (Cuve 1)	240 min	1
3	Lavage Mixeur (Black Shine)	25 min	1
4	Mixage Sunsilk Progressive damage reconstruction 4.5t (Cuve 2)	141 min	3
5	Mixage Sunsilk Progressive damage reconstruction 4.5t (Cuve 3)	141 min	4
9	Lavage Black Shine (ligne de conditionnement+Cuve 1)	25 min	2
10	Conditionnement Sunsilk Progressive damage reconstruction 180	240 min	9
6	Lavage Mixeur (Sunsilk Progressive damage reconstruction)	25 min	5
7	Mixage Sunsilk Hair Fall (Stockage Cuve 1)	164 min	6
8	Lavage Mixeur (Hair Fall)	25 min	7
	Jour2		
12	Conditionnement Sunsilk Progressive damage reconstruction 350	300 min	
18	Lavage Cuve 2 (Sunsilk Damage Progressive Reconstruction)	25 min	
19	Mixage Sunsilk SHNE & STR (Cuve 2, 2.7 t)	164 min	18
13	Lavage Sunsilk Progressive damage reconstruction (Cuve 3 + Ligne de conditionnement)	25 min	12
20	Mixage Sunsilk SHNE & STR (Cuve 3, 4 t)	164 min	19
14	Conditionnement Sunsilk Hair Fall 350	60 min	13
15	Changement de série Sunsilk 180	60 min	14
16	Conditionnement Sunsilk Hair Fall 180	120 min	15
21	Lavage 4 Mixeur (SHNE & STR)	25 min	20
17	Lavage Sunsilk Hair Fall (Cuve 1 + ligne de conditionnement)	25 min	16
	Jour3		
23	Mixage Sunsilk ANTDNDRFF (Cuve 1, 4t)	152 min	
24	Conditionnement Sunsilk SHNE & STR 180	540 min	
28	Mixage Sunsilk ANTDNDRFF (Cuve2 ,4t)	152 min	
29	Lavage SHNE & STR (Cuve 2)	25 min	
30	Mixage Sunsilk ANTDNDRFF (Cuve3 ,4.2t)	152 min	28
25	Changement de série Sunsilk 350	60 min	24
26	Conditionnement Sunsilk SHNE & STR 350	60 min	25
27	Lavage Sunsilk SHNE & STR (ligne de conditionnement +Cuve 3)	25 min	26
	Jour 4		
32	Conditionnement Sunsilk ANTDNDRFF 350	120 min	

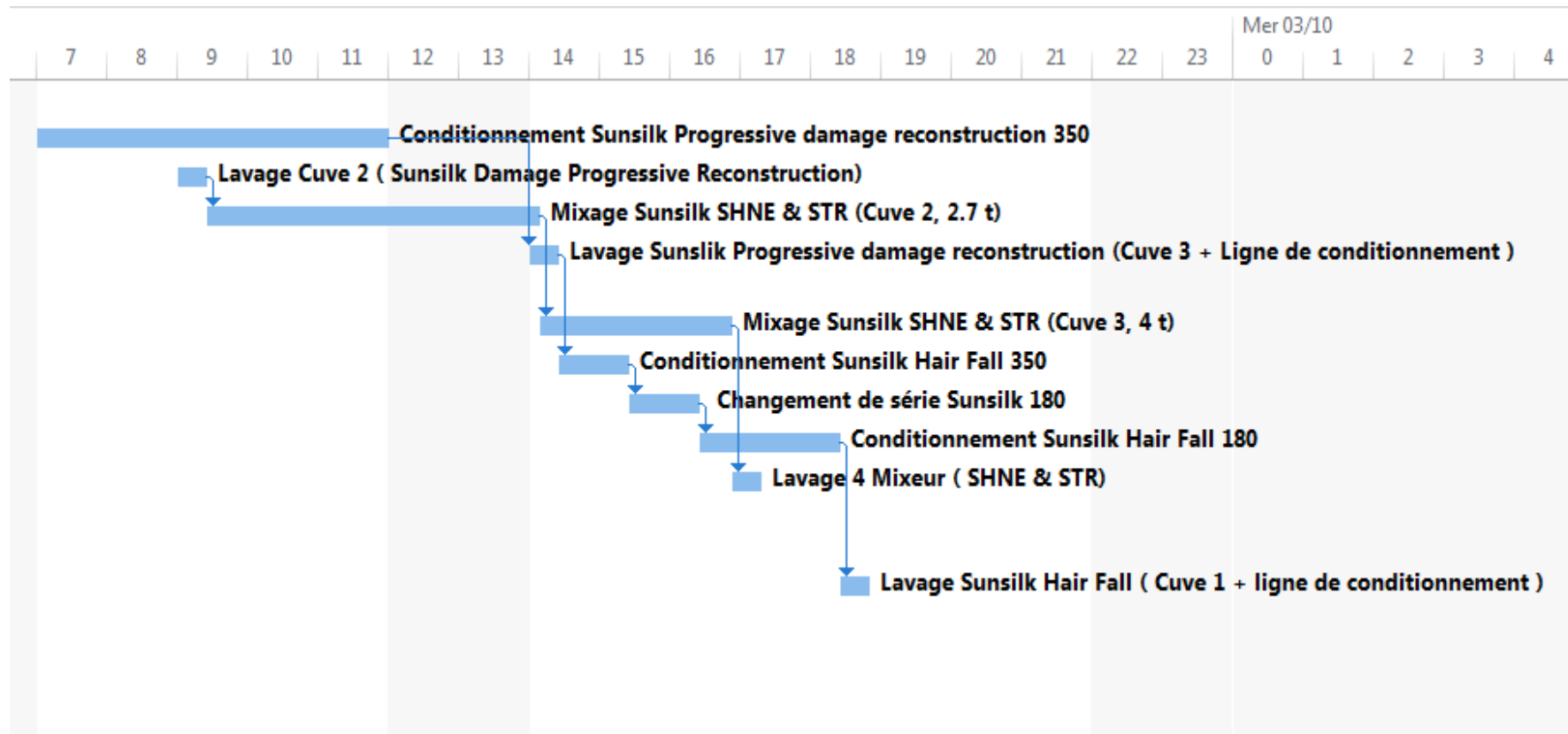
33	Changement de série Sunsilk 180	60 min	32
34	Conditionnement Sunsilk ANTDNDRFF 180	420 min	33
35	Lavage Sunsilk ANTDNDRFF (Cuve 1)	25 min	
36	Mixage Sunsilk Soft et Smooth (Cuve 1, 1.2t)	164 min	
37	Lavage Mixeur Sunsilk Soft & Smooth	25 min	36
40	Lavage Sunsilk ANTDNDRFF (Cuve 3)	25 min	34
	Jour 5		
39	Conditionnement Sunsilk ANTDNDRFF 180	540 min	
41	Lavage Sunsilk ANTDNDRFF (Cuve 2)	25 min	
42	Mixage Clear Soft & Shiny (Cuve 2, 1.3t)	167 min	41
43	Lavage Mixeur Soft & Shiny	25 min	42
44	Mixage Clear Deep & Clense (Cuve 3, 1.3t)	167 min	43
45	Lavage Mixeur Clear Deep & Clense	25 min	44
	Jour 6		
47	Conditionnement Sunsilk Soft & Smooth 180	120 min	
55	Mixage Clear Hair Fall defense (Cuve 1, 1.3 t)	167 min	
48	Changement de série Clear 350 + Lavage Clear Soft & Shiny 350 (Cuve 1)	60 min	47
56	Lavage Mixeur Clear Hair Fall Defense	25 min	55
49	Conditionnement Clear Soft & Shiny 350	60 min	48
57	Mixage Dove Nutri-Oil (Cuve 2, 4.1 t)	164 min	56
50	Lavage Clear Soft & Shiny et lavage (Cuve 2)	25 min	49
51	Conditionnement Clear Deep Clense 350	60 min	50
52	Lavage Clear Soft & Shiny (Cuve 3)	25 min	51
53	Conditionnement Clear Hair Fall Defense 350	60 min	52
58	Lavage Mixeur Dove Nutri-Oil	25 min	57
59	Mixage Dove Daily Care (Cuve1, 1.8t)	164 min	58
54	Lavage et changement de série Dove Nutri-Oil 400	60 min	53
	Jour 7		
61	Conditionnement Dove Nutri-Oil 400	60 min	
68	Mixage Dove ANTDNDRFF (Cuve 3, 1.8t)	152 min	
62	Changement de série Dove Nutri-Oil 250	60 min	61
63	Conditionnement Dove Nutri-Oil 250	180 min	62
64	Lavage Dove Nutri-oil (ligne de conditionnement et Cuve 2)	25 min	63
65	Conditionnement Dove Daily Care 250	120 min	64
66	Lavage Dove Daily Care (ligne de conditionnement et Cuve 1)	25 min	65
67	Conditionnement Dove ANTDNDREE 250	120 min	66

Annexe 8 : Liste des travaux de production sous MS Project

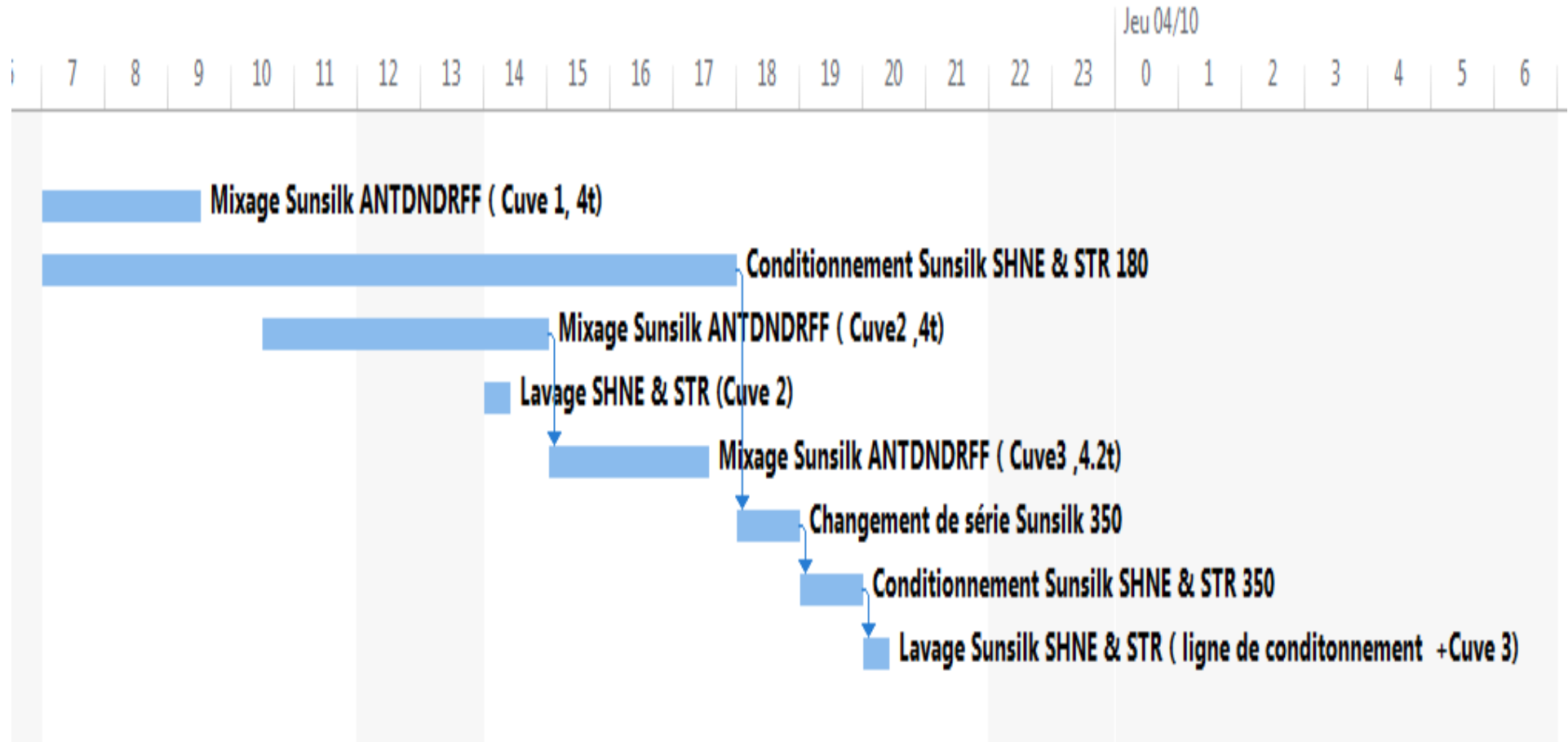
Planning journalier du Lundi 01/10



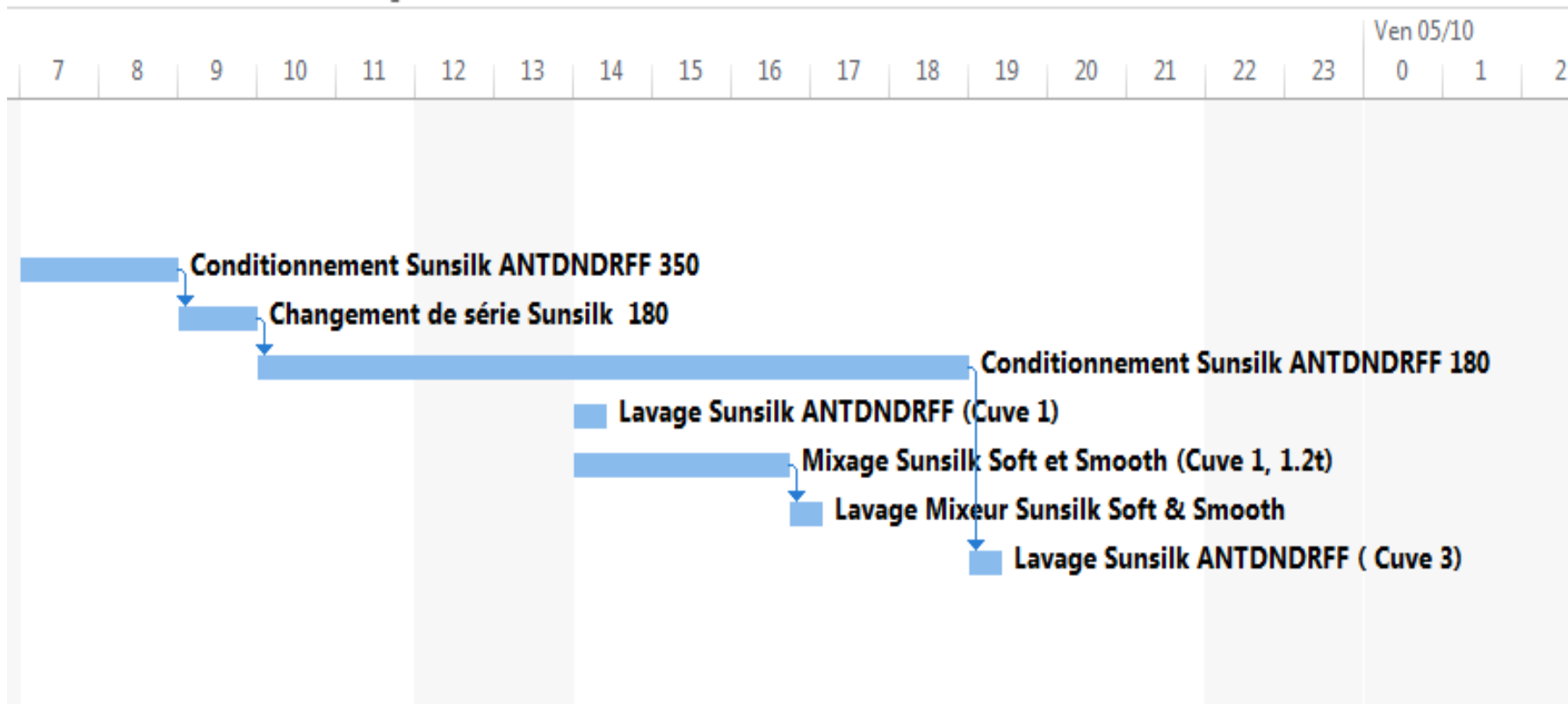
Planning journalier du Lundi 02/10



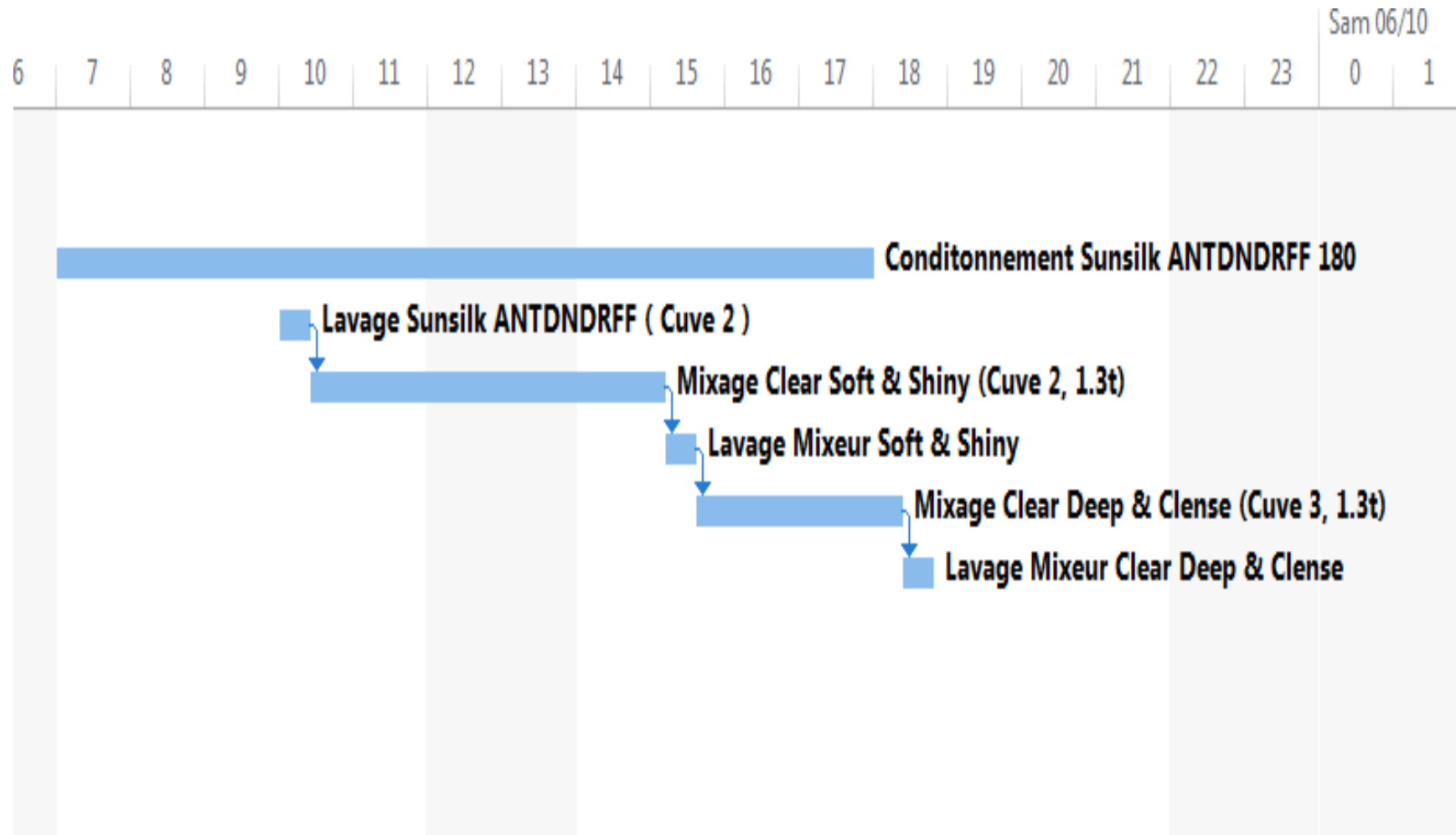
Planning journalier du Lundi 03/10



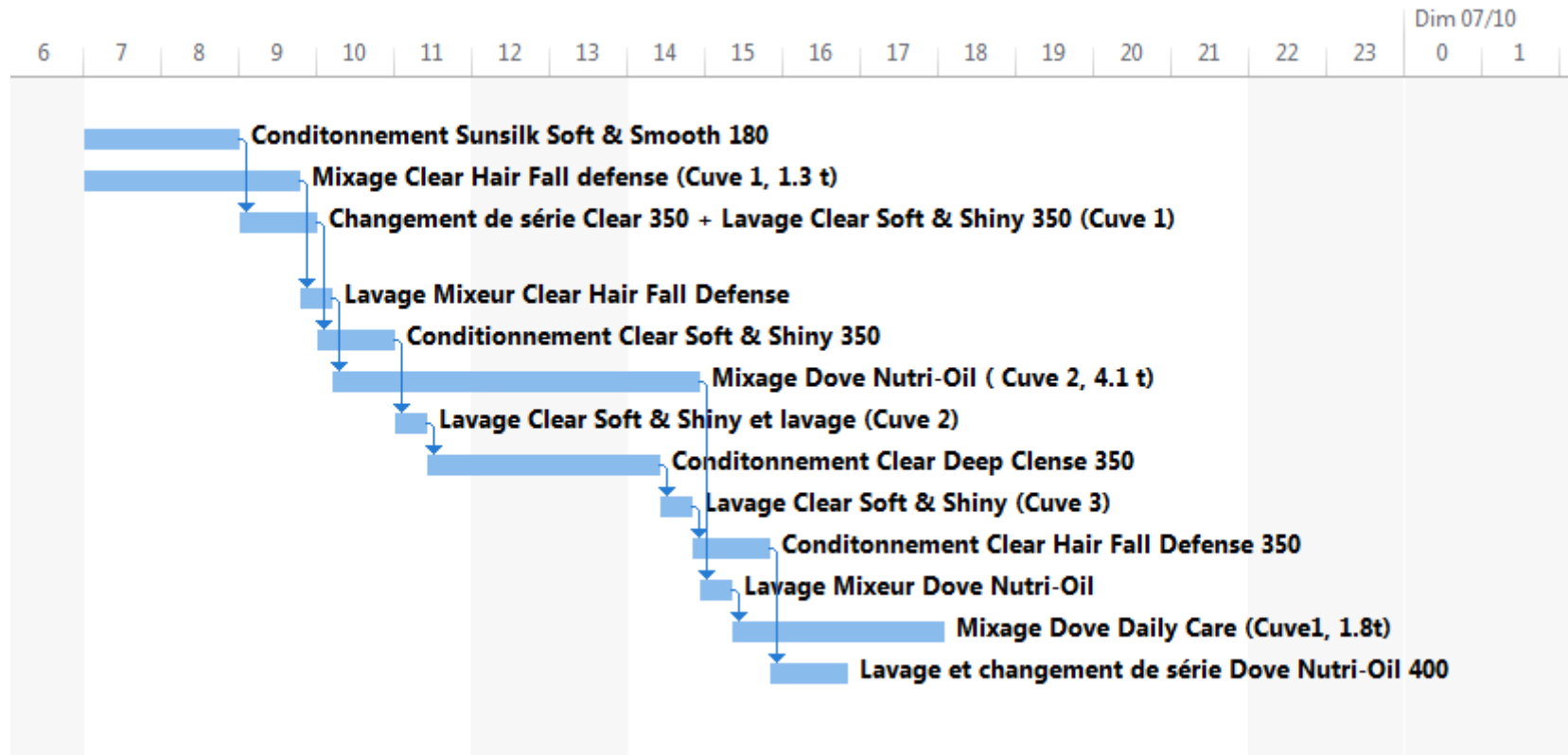
Planning journalier du Lundi 04/10



Planning journalier du Lundi 05/10



Planning journalier du Lundi 06/10



Planning journalier du Mardi 07/10

