

الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
– جامعة تلمسان – أبي بكر بلقايد –
Université de Tlemcen – Aboubakr Belkaïd –
كلية التكنولوجيا
Faculté de Technologie
قسم الهندسة الصناعية
Département de Génie Industriel



Mémoire de Projet de fin d'Études

Présenté pour l'obtention du diplôme de :

Master en : Génie Industriel, Spécialité : Ingénierie de production

**Amélioration de la stratégie de la planification de production et de la
gestion des stocks chez l'entreprise CONCEPT-SAC**

Présenté Par : Oussama BOUTEFAHA et Mostapha AZZA

Soutenu le 29/06/2025 devant le jury composé de :

Président	Mme. Yamina HOUBAD	MCB	Université de Tlemcen
Examineur	Mr. Khalid MEKAMCHA	MCB	Université de Tlemcen
Examineur	Mme. Wassila ABDELLAOUI	MCB	Université de Tlemcen
Encadrant	Mr. Yassir BENSMAN	MCB	Université de Tlemcen
Invité	Mr. Mohammed BENNEKROUF	MCA	ESSA Tlemcen

Dédicace

À nos chers parents, pour leur amour inestimable, leur patience, leurs sacrifices quotidiens et leur confiance inébranlable. Ce travail leur est dédié avec tout notre respect et notre reconnaissance.

À nos familles, qui ont toujours été à nos côtés dans les moments de doute comme dans les moments de réussite.

À nos amis proches, pour leur soutien moral, leurs encouragements sincères et leur présence motivante tout au long de notre parcours.

À tous ceux qui ont cru en nous et qui nous ont poussés à donner le meilleur de nous-mêmes.

Ce mémoire représente pour nous l'aboutissement d'un parcours, mais aussi le début d'un nouveau chapitre, que nous abordons avec gratitude et ambition.

Remerciements

Avec une profonde dévotion, Nous tenons à exprimer notre gratitude envers Allah le Tout-Puissant pour nous avoir accordé la santé, la patience et la volonté nécessaires à l'accomplissement de ce mémoire.

Nous tenons à exprimer nos plus sincères remerciements à Mr.BENSMAIN Yassir, notre encadrant, pour sa disponibilité, son accompagnement bienveillant et la richesse de ses conseils

Tout au long de ce travail. Son expertise et sa pédagogie nous ont grandement aidés à structurer nos idées, surmonter les difficultés et mener ce projet à son terme.

Nous remercions également toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réussite de ce mémoire. Leur aide, leurs encouragements et leur présence ont été d'un grand réconfort.

Table de Matières

Dédicace	i
Remerciements	ii
Table de Matières	1
Liste des tableaux	5
Liste des figures.....	7
Liste des abréviations	9
Introduction Générale	4
CHAPITRE I : LA PLANIFICATION DE PRODUCTION ET LA GESTION DES STOCKS	6
I.1. Introduction.....	6
I.2. Gestion de production	6
I.2.1. Historique	6
I.2.2. Définition.....	6
I.2.3. Les Niveaux de la gestion de la production.....	7
Les décisions stratégiques	7
Les décisions tactiques	7
Les décisions opérationnelles.....	7
I.2.4. Domaines d'application en gestion industrielle	7
Gestion du matériel	7
La gestion des moyens de production	7
La gestion administrative de la production	7
I.2.5. Les types du flux de production	8
Production en continu	8
Production en discontinu.....	8
Production par projet.....	8
I.2.6. Les types d'ateliers de production.....	9
- Flow-shop	9
- Flow-shop hybride.....	9
- Job-shop.....	10
- Open Shop	10
I.2.7. Types de production	10
Production par lot.....	10

	Production unitaire	10
	Production de masse.....	10
I.3.	Planification industrielle	11
I.3.1.	La planification.....	11
I.3.2.	Fonction de la planification industrielle	11
I.3.3.	Historique	11
I.3.4.	Niveaux de la planification.....	11
	Planification stratégique.....	11
	Planification tactique.....	11
	Planification opérationnelle	12
I.4.	Typologie de la demande	12
I.4.1.	Les types de demande.....	12
I.5.	Prévisions des demandes.....	13
I.5.1.	Définition.....	13
I.5.2.	Objectifs de la prévision (David, 1986)	14
I.5.3.	Horizon de prévision	14
	Prévision à court terme (Short-term Forecasting).....	14
	Prévision à moyen terme (Medium-terme Forecasting)	14
	Prévision à long terme (Long-term Forecasting)	14
I.6.	Les techniques de prévisions.....	15
I.6.1.	Les méthodes qualitatives.....	15
I.6.2.	Les méthodes quantitatives.....	15
I.7.	L’approvisionnement	19
I.7.1.	Définition.....	19
I.7.2.	Méthode d’approvisionnement traditionnelle.....	20
I.7.3.	La méthode MRP.....	20
I.7.4.	MRP II (Manufacturing Resource Planning)	21
I.7.5.	Les étapes clés du processus MRP II	21
I.8.	Les ERP (Enterprise Ressources Planning)	23
I.8.1.	Définition.....	23
I.8.2.	Fonctionnalités	24
I.9.	Conclusion	25
CHAPITRE II : PRESENTATION DE L’ENTREPRISE ET DE LA PROBLEMATIQUE		
	INDUSTRIELLE.....	26

II.1.	Introduction	26
II.2.	Présentation de l'entreprise	26
II.3.	Fiche technique de l'entreprise	27
II.4.	Les différents types de sacs	28
II.5.	Organisation industrielle	33
II.6.	Procédé de fabrication des sacs tissés	33
II.7.	Contraintes et défis affectant la production	39
II.8.	Problématique traitée	42
II.9.	Conclusion	44
CHAPITRE III : PRÉVISION DE LA DEMANDE POUR LA PLANIFICATION DE LA		
PRODUCTION.....		46
III.1.	Introduction	46
III.2.	Méthodes de prévision candidates	46
III.2.1.	L'outil utilisé pour le calcul	48
III.2.2.	Méthode du Lissage exponentiel de Holt-Winters	49
III.3.	Prévision des ventes en 2025 pour la famille A des sacs des produits alimentaires	50
III.3.1.	Application de la méthode du lissage exponentiel de Holt-Winters additif	51
III.3.2.	Application de la méthode des coefficients saisonniers avec prédiction	
	annuelle linéaire	54
III.4.	Prévision des ventes en 2025 pour la famille B des sacs des produits alimentaires	
	du bétail	55
III.4.1.	Résultats obtenus par la méthode de Holt-Winter additif après	
	l'optimisation des coefficients	56
III.4.2.	Résultats obtenus par la méthode des coefficients saisonniers avec	
	prédiction annuelle linéaire	56
III.5.	Sélection de la meilleure méthode de prévision.....	57
III.6.	Résultat de prévisions de ventes pour l'année 2025 en utilisant la méthode du	
	Coefficients saisonniers avec prédiction annuelle linéaire	58
III.7.	Conclusion	58
CHAPITRE IV : ÉLABORATION DU PLAN INDUSTRIEL ET COMMERCIAL (PIC)		60
IV.1.	Introduction	60
IV.2.	Types de produits commandés et modes de production	60
IV.3.	Notre contribution au niveau de la planification.....	62

IV.4.	Calcul du besoin en termes des différents types de rouleaux	63
IV.4.1.	Estimation des pourcentages des ventes par taille.....	63
IV.4.2.	Prévision des ventes par taille (unité : sac)	65
IV.4.3.	Prévision de la production brute des sacs par taille.....	66
IV.4.4.	Prévision de tissage par type de rouleau.....	67
IV.5.	Comparaison entre la capacité des ateliers d'extrusion et du tissage et la charge imposée par la production souhaitée par moi	69
IV.5.1.	Calcul de la capacité de production (en UE R60) de l'extrudeuse par mois	70
IV.5.2.	Solutions proposées : Plan industriel pour l'extrusion et le tissage	72
IV.5.3.	Analyse des taux de charge mensuel prévu pour les ateliers de lamination, d'impression et de confection	78
IV.6.	Conclusion	84
CHAPITRE V : ÉLABORATION DU PLAN DIRECTEUR DE PRODUCTION (PDP)		85
V.1.	Introduction	85
V.2.	Prévisions de production/vente mensuelle et hebdomadaire par type de rouleau entre Juin et Aout.....	85
V.3.	Plan Directeur de Production pour l'atelier du tissage	86
V.3.1.	Structure d'un tableau PDP	86
V.3.2.	Plan directeur de production pour le type de rouleau R40	88
V.3.3.	Plan directeur de production pour le type de rouleau R50	90
V.3.4.	Plan directeur de production pour le type de rouleau R60	91
V.3.5.	Plan directeur de production pour le type de rouleau R62	91
V.3.6.	Taux de charge de l'atelier du tissage et nombre total des machines utilisées	92
V.4.	Plan Directeur de Production pour l'atelier d'extrusion.....	92
V.5.	Analyse des taux de charge des ateliers de lamination, d'impression et de confection	94
V.6.	Cohérence entre le PIC et les quatre PDPs du tissage	96
V.7.	Conclusion	97
Conclusion Générale.....		98
BIBLIOGRAPHIE.....		100
Annexes		103
Résumé.....		108
Abstract		108

Liste des tableaux

Tableau III. 1 : Ventes des sacs en 2023 et 2024	48
Tableau III. 2 : Formules de la méthode du lissage exponentiel de Holt-Winter : Modèles additif et multiplicatif	50
Tableau III. 3 : Prévission de ventes pour les périodes passées en utilisant la méthode du lissage exponentiel Holt-Winter additif pour les produits de la famille A avant l’optimisation des coefficients	51
Tableau III. 4 : Prévisions des ventes pour les sacs de la famille A	53
Tableau III. 5 : Prévission de ventes pour les périodes passées en utilisant la méthode des coefficients saisonniers avec prédiction annuelle linéaire pour les produits de la famille A... ..	55
Tableau III. 6 : Prévission de ventes pour les périodes passées en utilisant la méthode du lissage exponentiel Holt-Winter additif pour les produits de la famille B après l’optimisation des coefficients	56
Tableau III. 7 : Prévission de ventes pour les périodes passées en utilisant la méthode des coefficients saisonniers avec prédiction annuelle linéaire pour les produits de la famille B... ..	56
Tableau III. 8 : Les résultats de MAPE	57
Tableau III. 9 : Prévisions des ventes pour les sacs des produits alimentaire (A)	58
Tableau III. 10 : Prévisions des ventes pour les sacs de la famille B.....	58
Tableau IV. 1 : Prévission globale des ventes en 2025	63
Tableau IV. 2 : Estimation des pourcentages des ventes par taille des sacs	64
Tableau IV. 3 : Prévission des ventes par taille (unité : sac)	65
Tableau IV. 4 : Prévission de la production brute des sacs par taille	66
Tableau IV. 5 : Quantité des rouleaux à tisser par taille	67
Tableau IV. 6 : Paramètres techniques des rouleaux.....	67
Tableau IV. 7 : Comparaison entre la capacité de l’atelier du tissage et la charge du travail imposée par la production souhaitée	69
Tableau IV. 8 : Capacité et charge mensuelle de production souhaité de l’extrudeuse.....	71
Tableau IV. 9 : Périodes de surcapacité et de sous-capacité	72
Tableau IV. 10 : Plan industriel - Solution A1 (irréalisable)	73
Tableau IV. 11 : Plan industriel - Solution A2.....	74

Tableau IV. 12 : Plan industriel - Solution B	75
Tableau IV. 13 : Plan industriel final – Extrusion et tissage - Solution C (retenue).....	77
Tableau IV. 14 : Capacité et charge de production mensuelle prévues de l’atelier de la lamination.....	79
Tableau IV. 15 : Capacité et charge de production mensuelle prévues de l’atelier d’impression	81
Tableau IV. 16 : Capacité et charge de production mensuelle prévues de l’atelier de confection	82
Tableau V. 1 : Prévisions de production/vente mensuelles par type de rouleau entre Juin et Aout	85
Tableau V. 2 : Prévisions de production/vente hebdomadaires (PV) par type de rouleau entre Juin et Aout	86
Tableau V. 3 : PDP - R40.....	88
Tableau V. 4 : PDP – R50	90
Tableau V. 5 : PDP – R60	91
Tableau V. 6 : PDP – R62	91
Tableau V. 7 : Taux de charge de l’atelier du tissage par semaine	92
Tableau V. 8 : Capacité de l’extrudeuse VS production souhaitée en UE (R60).....	93
Tableau V. 9 : PDP proposé des bobines de fil – Station d’extrusion	93
Tableau V. 10 : Le taux de charge de la station de lamination par semaine	94
Tableau V. 11 : Le taux de charge de la station d’impression par semaine	95
Tableau V. 12 : Le taux de charge de la station de confection par semaine	95

Liste des figures

Figure I. 1 : Domaines d'application en gestion industrielle.....	8
Figure I. 2 : Exemple d'un atelier Flow-shop.....	9
Figure I. 4 : Exemple d'un atelier Job-shop	10
Figure I. 5 : Niveaux de la planification industrielle.....	12
Figure I. 6 : Typologie de la demande.....	13
Figure I. 7 : Étapes clés de la planification industrielle.....	23
Figure I. 8 : Fonctionnalités d'un système ERP	24
Figure II. 1 : Logo de l'entreprise CONCEPT SAC.....	26
Figure II. 2 : CONCEPT SAC en chiffre.....	27
Figure II. 3 : Sac en polypropylène tissé	28
Figure II. 4 : Sac en polypropylène tissé laminé	29
Figure II. 5 : Sac en polypropylène tissé BOPP	30
Figure II. 6 : Sac PP avec poignet	32
Figure II. 7 : Organisation industrielle de l'entreprise CONCEPT SAC	33
Figure II. 8 : Processus de production des sacs tisse	34
Figure II. 9 : Matières premières utilisées dans la fabrication des sacs tissés.....	35
Figure II. 10 : L'extrudeuse.....	36
Figure II. 11 : Bobine noire de l'extrudeuse.....	36
Figure II. 12 : Loom de tissage.....	37
Figure II. 13 : Machine de lamination	38
Figure II. 14 : Machine d'impression	38
Figure II. 15 : Machine de confection	39
Figure II. 16 : schéma de la ligne de production	47
Figure III. 1 : Ventes des sacs de produits alimentaires – Famille A en 2023 et 2024	47
Figure III. 2 : Ventes des sacs de produits alimentaires du bétail – Famille B en 2023 et 2024	48
Figure III. 3 : L'ampleur des fluctuations saisonnières – Famille A en 2023 et 2024	49
Figure III. 4 : L'ampleur des fluctuations saisonnières – Famille B en 2023 et 2024	50
Figure IV. 1 : Histogramme des pourcentages des ventes par rapport à la taille des sacs	64

Figure IV. 2 : Quantités des rouleaux à tisser par type	69
Figure IV. 3 : Capacité de l'extrusion et du tissage VS charge de production souhaité par mois	72
Figure IV. 4 : Plan industriel - Solution A1 (irréalisable).....	74
Figure IV. 5 : Plan industriel - Solution A2	75
Figure IV. 6 : Plan industriel - Solution B	76
Figure IV. 7 : Plan industriel final – Extrusion et Tissage - Solution C (retenue).....	77
Figure IV. 8 : Charge de production prévue sur la station de lamination	80
Figure IV. 9 : Charge de production prévue sur la station d'impression	81
Figure IV. 10 : Charge de production prévue sur la station de confection	83
Figure IV. 11 : Charge de production prévue sur la station de confection après l'acquisition de deux machines	84
Figure V. 1 : Le taux de charge de la station de lamination par semaine	94
Figure V. 2 : Le taux de charge de la station d'impression par semaine	95
Figure V. 3 : Le taux de charge de la station de confection par semaine	96

Liste des abréviations

MRP Manufacturing Resource Planning

ERP Enterprise Resource Planning

CPX Centre d'expertise des Progiciels

UE Unité Équivalente R60

IA intelligence artificielle

PIC Plan Industriel et Commercial

PDP Plan Directeur de Production

RL rouleau

PP Polypropylène

BOPP Biaxially Oriented Polypropylène

LDPE Low-density-Polyéthylène

CaCO₃ carbonate de calcium

MAE l'Erreur Moyenne Absolue

MAPE le Pourcentage d'Erreur Absolue Moyenne

RMSE la Racine Carrée de l'Erreur Quadratique Moyenne

Tt Estimation de la tendance

MP Matière première

Introduction Générale

Dans un contexte industriel caractérisé par une complexité croissante, la planification de la production représente un enjeu stratégique pour les entreprises manufacturières. Les fluctuations de la demande, la diversification des produits et les contraintes de capacité imposent une gestion optimisée des ressources et une anticipation précise des besoins du marché. Ces défis, exacerbés par la nécessité de réduire les coûts tout en maintenant un niveau élevé de satisfaction client, placent la planification au cœur de la compétitivité des entreprises.

À cet égard, l'approche MRP II (Manufacturing Resource Planning) se distingue comme un outil puissant permettant d'aligner les objectifs commerciaux avec les capacités opérationnelles, tout en assurant une utilisation efficiente des ressources et une réactivité renforcée face aux variations de la demande. Dans cette optique, la mise en place d'une démarche de planification intégrée apparaît comme une réponse pertinente, à la fois sur les plans technique et organisationnel.

Le présent travail s'inscrit dans cette logique d'amélioration continue et s'intéresse à l'entreprise CONCEPT-SAC, spécialisée dans la fabrication de sacs tissés en polypropylène. Cette entreprise fait face à plusieurs problématiques, notamment la saisonnalité marquée de la demande, la capacité limitée de certains ateliers (notamment l'extrusion et le tissage), et le besoin d'une meilleure synchronisation entre la demande commerciale et la production effective. Ces éléments justifient la mise en place d'un système de planification structuré, reposant sur des bases analytiques solides.

Pour répondre à cette problématique, une approche intégrée a été développée, combinant une prévision quantitative de la demande, l'élaboration d'un Plan Industriel et Commercial (PIC) mensuel et la construction d'un Plan Directeur de Production (PDP) hebdomadaire. Deux méthodes de prévision ont été testées : la régression linéaire avec coefficients saisonniers et le lissage exponentiel de Holt-Winters.

Ce mémoire est structuré en cinq chapitres, organisés de manière à répondre progressivement à la problématique posée. Le premier chapitre introduit les fondements théoriques de la planification industrielle, en mettant l'accent sur l'approche MRP II et ses déclinaisons opérationnelles. Le deuxième chapitre décrit en détail l'entreprise CONCEPT-SAC, son processus de production et les contraintes spécifiques qu'elle rencontre. Le troisième

chapitre est consacré à l'analyse comparative des méthodes de prévision de la demande et à la justification du choix retenu. Le quatrième chapitre traite de l'élaboration du PIC et de l'analyse de plusieurs scénarios de production. Enfin, le cinquième chapitre expose la construction du PDP hebdomadaire, l'ajustement des charges et les propositions d'amélioration pour lisser la production et éviter les surcharges

Ainsi, ce travail vise à proposer un cadre de planification pratique, adaptable et efficace, en cohérence avec les besoins réels de l'entreprise, tout en apportant une contribution académique à la réflexion sur la gestion de la production. En combinant des outils accessibles à une démarche analytique rigoureuse, cette étude ambitionne de fournir une solution concrète pour améliorer les performances industrielles et d'ouvrir des perspectives de recherche futures dans le domaine de la planification intégrée.

CHAPITRE I : LA PLANIFICATION DE PRODUCTION ET LA GESTION DES STOCKS

I.1. Introduction

Dans le secteur industriel, la gestion des ressources constitue un fondement essentiel qui détermine la distinction entre les entreprises, chacune adoptant des méthodologies innovantes adaptées à la nature de ses ressources et à ses objectifs. Une gestion réussie de la production est indissociable d'une planification stratégique rigoureuse, que ce soit à long, moyen ou court terme, garantissant l'alignement des processus avec les aspirations futures. Ce chapitre met en lumière la planification de production et de la gestion des stocks en tant que facteur clé pour renforcer l'efficacité opérationnelle, améliorer la qualité et accroître les rendements financiers.

I.2. Gestion de production

I.2.1. Historique

La gestion de la production a connu une évolution significative depuis la Révolution industrielle (1760–1840), qui a marqué le début de la mécanisation du travail. Au début du XXe siècle, Frederick Taylor a introduit les principes de l'organisation scientifique du travail, fondés sur l'observation méthodique et la standardisation des tâches, posant ainsi les bases de la gestion moderne de la production (Taylor, 1911). Par la suite, Henry Ford a appliqué ces principes à grande échelle en mettant en place la production de masse et la chaîne de montage, ce qui a permis d'augmenter la productivité et de réduire considérablement les coûts de fabrication (Ford, 1922).

I.2.2. Définition

La gestion de la production regroupe un ensemble de méthodes et de processus visant à organiser, planifier, contrôler et transformer les ressources disponibles telles que les matières premières, la main-d'œuvre et les équipements en produits finis ou en services. Elle poursuit plusieurs objectifs clés, notamment l'optimisation de l'efficacité opérationnelle, la réduction des coûts, le respect des délais de livraison, ainsi que l'amélioration continue de la qualité. Selon Stevenson (2020), cette discipline repose sur la synchronisation des ressources humaines,

technologiques et financières, afin d'assurer un équilibre constant entre performance et flexibilité dans l'environnement industriel.

I.2.3. Les Niveaux de la gestion de la production

Les décisions stratégiques

Elles consistent à définir et à formuler la politique de l'entreprise sur le long terme, c'est-à-dire sur une période dépassant cinq ans.

Les décisions tactiques

Il s'agit de décisions à moyen terme qui comprennent la planification de la production sur une période de 18 mois. Elles sont conçues pour répondre à une demande prévisible tout en respectant le cadre défini par le plan stratégique de l'entreprise.

Les décisions opérationnelles

Elles comprennent les décisions quotidiennes prises pour gérer immédiatement les opérations tout en respectant les lignes directrices tactiques préétablies.

I.2.4. Domaines d'application en gestion industrielle

Gestion du matériel

Ce processus comprend la planification et l'organisation de l'achat des matériaux, la gestion des différents types d'inventaire ainsi que leur distribution aux clients. Ce processus est une partie essentielle de la chaîne d'approvisionnement, contribuant à assurer la continuité des activités et l'efficacité opérationnelle.

La gestion des moyens de production

Ce processus comprend la gestion des machines et de la main-d'œuvre, où les charges et les capacités sont ajustées pour équilibrer les ressources disponibles avec les besoins de production. Cela garantit l'efficacité opérationnelle.

La gestion administrative de la production

Ce processus comprend la planification de la production et le suivi de sa mise en œuvre, ainsi que la fourniture des données et informations nécessaires pour d'autres domaines de l'entreprise.

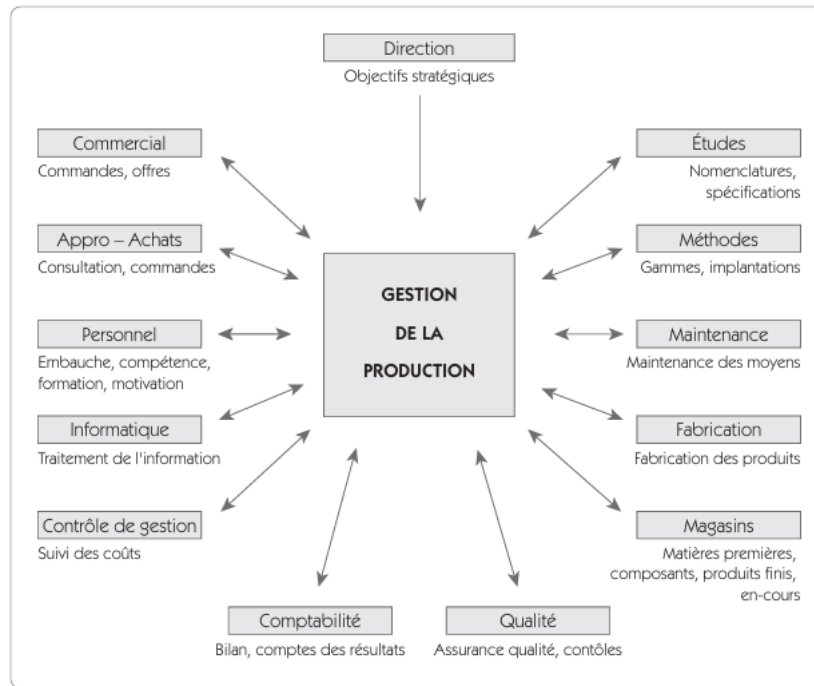


Figure I. 1 : Domaines d'application en gestion industrielle

I.2.5. Les types du flux de production

Il existe trois types principaux de production :

Production en continu

La production en continu est utilisée lorsqu'il s'agit de traiter une grande quantité d'un seul produit ou d'une gamme de produits similaires. Dans ce cas, la production est organisée en un flux linéaire et continu.

Production en discontinu

La production en discontinu est utilisée lors de la gestion de produits variés, où le processus de production est organisé en fonction du flux des produits et de l'enchaînement des tâches requises.

Production par projet

Dans la production par projet, le produit se distingue par son caractère unique et non reproductible, où le processus de production est également unique et non répétable. Ce type de production repose sur l'exécution séquentielle des opérations afin d'assurer l'achèvement efficace du projet.

I.2.6. Les types d'ateliers de production

- Flow-shop

Dans ce type d'atelier, la ligne de production est composée de plusieurs machines disposées en série. Tous les travaux passent par chaque machine dans le même ordre, ce qui garantit un flux de production régulier et coordonné.

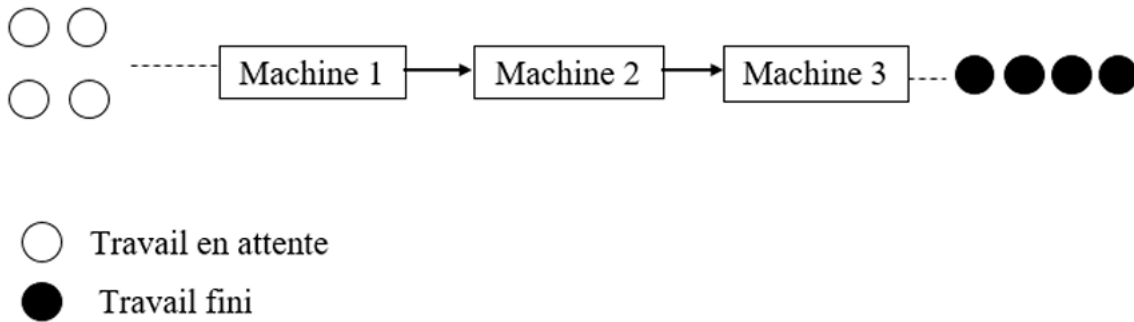


Figure I. 2 : Exemple d'un atelier Flow-shop

- Flow-shop hybride

Le flow shop hybride combine les propriétés du flow shop avec des machines parallèles. Il contient des étages ou à chaque étage on trouve des machines travaillant en parallèle et les travaux passent à chaque étage avec le même ordre de passage pour chaque travail.

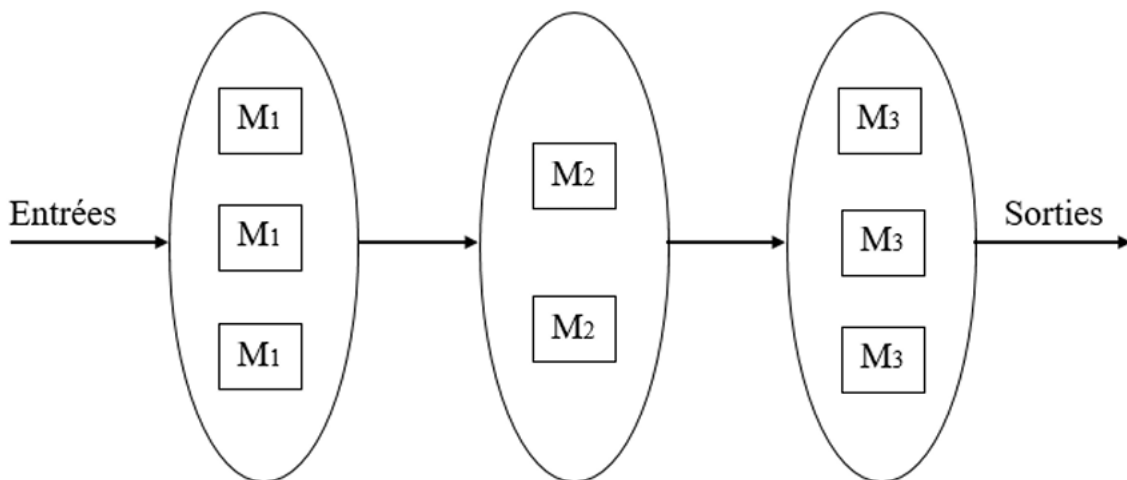


Figure I.3 : Exemple d'un atelier Flow-shop hybride

- **Job-shop**

Le parcours de travail est varié car les opérations peuvent suivre des trajectoires différentes selon la nature de la tâche à accomplir.

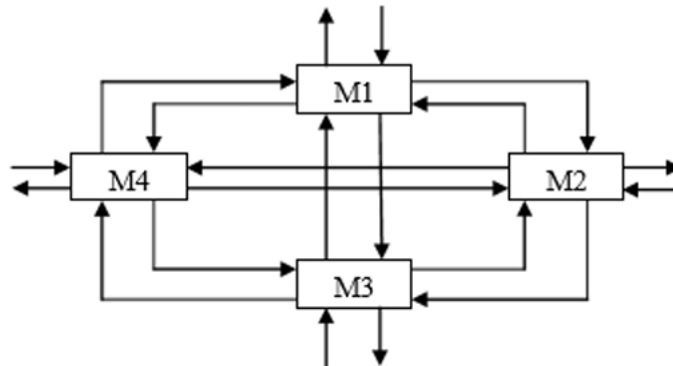


Figure I. 3 : Exemple d'un atelier Job-shop

- **Open Shop**

Ce modèle est très flexible car il dépend d'une séquence de fabrication spécifique à chaque tâche, sans nécessiter un agencement prédéterminé du passage des opérations par les machines (Pinedo, 2016).

I.2.7. Types de production

Production par lot

La production par lots est un système de fabrication dans lequel un ensemble de produits similaires est produit simultanément. Chaque lot étant achevé séparément avant de passer au lot suivant (Stevenson, 2020).

Production unitaire

La production unitaire désigne un mode de fabrication où chaque produit est réalisé individuellement en fonction des spécifications uniques du client. Ce système s'adapte particulièrement aux commandes personnalisées et requiert une grande flexibilité dans les processus de production (Slack, Brandon-Jones & Johnston, 2016).

Production de masse

La production en masse est une méthode industrielle dans laquelle des produits identiques sont fabriqués en grandes quantités à l'aide de lignes de production spécialisées et organisées de manière séquentielle. Ce mode de production permet d'augmenter le volume de fabrication tout en améliorant l'efficacité opérationnelle (Chase, Jacobs & Aquilano, 2006).

I.3. Planification industrielle

I.3.1. La planification

La planification est un processus fondamental qui permet d'organiser les ressources, de définir les actions à entreprendre et d'établir un calendrier adapté afin d'atteindre des objectifs spécifiques dans différents domaines d'activité (Krajewski et al., 2019).

I.3.2. Fonction de la planification industrielle

La planification industrielle est un processus qui comprend l'élaboration et l'examen d'un ensemble de plans interreliés (tels que les plans de vente, de fabrication, d'achat et de gestion de trésorerie), afin de garantir le meilleur équilibre possible entre l'offre et la demande à chaque étape de la chaîne d'approvisionnement et en tout temps (Johnson & Kast, 1996).

I.3.3. Historique

La planification industrielle a évolué depuis la révolution industrielle (1760-1840) avec la division du travail, jusqu'au management scientifique (1880-1920) grâce à Taylor et Gilbreth. Dans les années 1960, le MRP est apparu pour la gestion des stocks, puis le MRP II dans les années 1980. Dans les années 1990, il a évolué vers l'ERP pour inclure toutes les ressources de l'entreprise. Aujourd'hui, elle utilise l'IA et l'analyse de données pour améliorer l'efficacité.

I.3.4. Niveaux de la planification

En fonction des prévisions des activités de l'entreprise, la planification est divisée en plusieurs niveaux :

Planification stratégique

Un processus méthodique visant à définir des objectifs à long terme (entre deux et cinq ans) pour les opérations industrielles et à orienter les ressources disponibles (telles que les machines, la main-d'œuvre et les matières premières). Ces objectifs incluent l'amélioration de l'efficacité de la production, la réduction des coûts, l'augmentation de la qualité et le développement de nouveaux produits (Brown, 2005).

Planification tactique

La planification tactique dans la production également connue sous le nom de planification à moyen terme est un processus de transformation des objectifs stratégiques en plans

opérationnels à court et moyen terme, couvrant une période de 3 à 18 mois. Cela inclut des activités telles que : Déterminer les quantités de production requises ; Améliorer le flux des matériaux ; Assurer une utilisation optimale des ressources disponibles (Christopher, 2016).

Planification opérationnelle

La planification opérationnelle, également connue sous le nom de planification à court terme, couvre un horizon temporel allant d'un jour à un mois. Elle se concentre sur la gestion de la production quotidienne de l'entreprise. La planification opérationnelle est définie comme "l'étape à laquelle les objectifs stratégiques sont transformés en plans de travail détaillés et précis, compte tenu des contraintes de temps, des ressources disponibles et des capacités opérationnelles (Baglin, 2020).

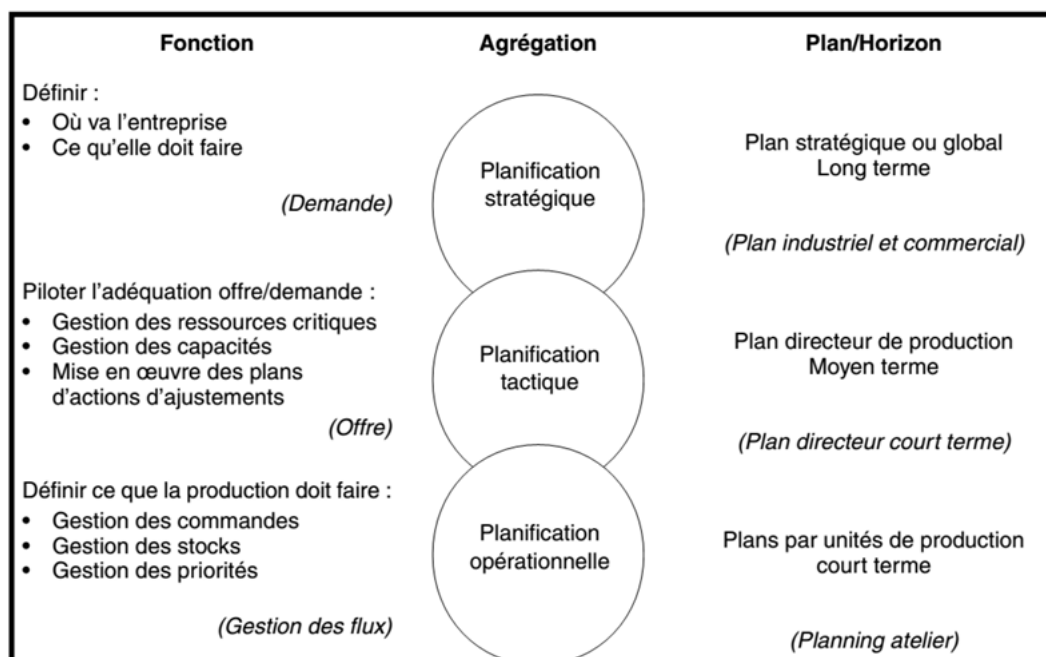


Figure I. 4 : Niveaux de la planification industrielle

I.4. Typologie de la demande

La typologie de la demande est une classification des différents types de demande auxquels une entreprise peut être confrontée dans le cadre de ses activités. Elle est essentielle pour adapter les stratégies de gestion des stocks, de production et d'approvisionnement.

I.4.1. Les types de demande

- **Demande constante (A) :** La demande reste relativement stable dans le temps, oscillant autour d'une moyenne constante.

- **Demande à tendance (B) :** La demande montre une tendance à la hausse ou à la baisse au fil du temps, oscillant autour d'une valeur variable.
- **Demande saisonnière (C) :** La demande est influencée par des variations périodiques marquées, comme une augmentation pendant certaines saisons. Elle se caractérise par des pics et des creux répétés.
- **Demande saisonnière avec tendance (D) :** Elle combine des variations saisonnières et une tendance générale à la hausse ou à la baisse
- **Demande erratique :** se produit lorsque les valeurs de la demande varient de manière totalement aléatoire dans le temps, sans qu'il y ait un modèle ou une tendance spécifique prévisible (Pillet, Martin-Bonnefous & Courtois, 2003).

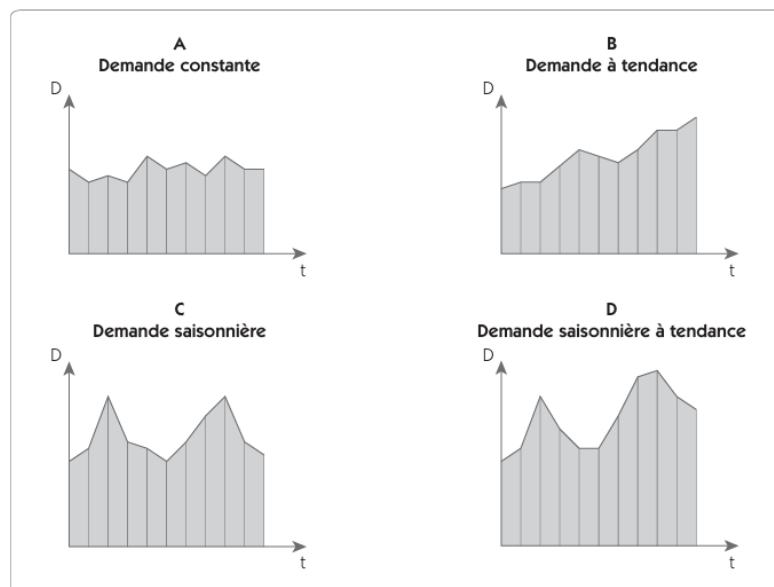


Figure I. 5 : Typologie de la demande

I.5. Prévisions des demandes

Dans un contexte d'évolution rapide marquée par la mondialisation des marchés, le progrès technologique, l'augmentation des risques et des incertitudes, les entreprises doivent restructurer leurs politiques de production et de gestion, et être capables d'établir des prévisions pour assurer la disponibilité continue de leurs produits.

I.5.1. Définition

La prévision est un processus d'estimation ou de prédiction du volume des ventes futures de biens ou de services offerts par l'entreprise pour une période donnée. Cette fonction est établie

soit mathématiquement (sur la base de données historiques), soit intuitivement (sur la base de la connaissance du marché), soit en combinant les deux méthodes.

Les prévisions de ventes sont un processus d'estimation du volume des ventes attendu sur une période donnée, et constituent un outil essentiel pour planifier les activités marketing et allouer les ressources efficacement

(Tanner, Raymond & Honeycutt, 2008).

I.5.2. Objectifs de la prévision (David, 1986)

- Assurer la disponibilité des quantités appropriées de produits pour répondre à la demande prévue sans augmenter les coûts inutiles.
- Estimer les revenus futurs pour allouer les ressources financières de manière efficace et organisée.
- Fournir des données précises pour aider à prendre des décisions concernant l'expansion ou l'entrée sur de nouveaux marchés.

I.5.3. Horizon de prévision

Il est généralement divisé en trois types principaux :

Prévision à court terme (Short-term Forecasting)

Il est utilisé pour la planification opérationnelle quotidienne, comme la gestion des stocks et la planification de la production.

Période : De quelques jours à un an.

Prévision à moyen terme (Medium-term Forecasting)

Il est utilisé pour la planification financière et l'élaboration des budgets.

Période : D'un an à trois ans.

Prévision à long terme (Long-term Forecasting)

Il est utilisé pour la planification stratégique.

Période : Plus de trois ans.

I.6. Les techniques de prévisions

On peut distinguer deux types principaux de méthodes de prévision : les méthodes qualitatives et les méthodes quantitatives. Les méthodes qualitatives reposent sur des approches non mathématiques. En revanche, les méthodes quantitatives sont basées sur des modèles mathématiques et statistiques.

I.6.1. Les méthodes qualitatives

Les méthodes qualitatives de prévision sont des approches qui reposent sur l'expérience, l'intuition et les opinions personnelles. Ces méthodes sont utilisées lorsqu'il est nécessaire de prendre en compte des facteurs non quantifiables tels que les changements sociaux ou politiques (Hanke & Wichern, 2009).

- Expert Opinion

Basé sur les opinions de personnes expérimentées dans un domaine spécifique comme la méthode Delphi qui repose sur la collecte d'avis d'un groupe d'experts de manière anonyme, suivie d'une analyse pour parvenir à un consensus.

- Sondage d'opinion

Basée sur la collecte d'opinions d'individus ou de groupes concernant leurs prévisions futures comme les enquêtes clients pour mesurer la demande future de produits et les enquêtes de marché pour comprendre les tendances futures du marché

I.6.2. Les méthodes quantitatives

Les méthodes quantitatives de prévision sont des approches systématiques qui utilisent des données passées pour générer des prévisions futures (Hanke & Wichern, 2009).

- Méthode de la régression linéaire

La régression linéaire constitue une méthode statistique permettant de représenter et d'analyser la relation entre une variable dépendante (également appelée variable à expliquer) et une ou plusieurs variables indépendantes (ou explicatives). Cette méthode repose sur l'ajustement d'une droite ou d'un hyperplan dans un cadre multivarié aux données empiriques, dans le but de modéliser cette relation. Dans sa forme la plus élémentaire, dite régression linéaire simple, la relation est supposée linéaire et peut être exprimée par l'équation suivante :

$$y = a.x + b + \varepsilon$$

y : variable dépendante (ce qu'on veut prédire)

x : variable indépendante (ce qu'on connaît)

a : pente de la droite (effet de x sur y)

b : ordonnée à l'origine (interception, valeur de y lorsque $x = 0$)

ε : terme d'erreur aléatoire (inconnu, supposé suivre une loi normale de moyenne 0).

- Méthode de la moyenne mobile

Cette méthode est utilisée dans :

- Prévision de la demande : permet d'estimer la demande future en fonction des données antérieures.
- Lissage des données : Elle est utilisée pour lisser les données avant d'appliquer d'autres méthodes de prévision.

Dans le cas de la moyenne mobile sur trois périodes, la demande projetée pour la période 4 est calculée à partir des données de consommation des périodes 1, 2 et 3 selon la formule suivante :

$$P4 = \frac{D_1 + D_2 + D_3}{3}$$

- Méthode de la moyenne mobile pondérée

La moyenne mobile pondérée est une méthode d'analyse de séries chronologiques qui consiste à calculer une moyenne glissante des valeurs d'une variable, en attribuant un poids spécifique à chaque observation. Contrairement à la moyenne mobile simple, qui attribue un poids égal à 1 à toutes les valeurs, cette méthode accorde plus d'importance aux observations les plus récentes (ou selon un autre critère de pondération choisi). Mathématiquement, elle s'exprime comme suit :

$$MMP_t = \frac{w_1x_t + w_2x_{t-1} + \dots + w_nx_{t-n+1}}{w_1 + w_2 + \dots + w_n}$$

t : valeur de la série au temps

w_i : poids attribué à chaque observation (avec $w_i > 0$)

n : nombre total de périodes considérées.

- Méthode de la moyenne mobile échelonnée

La moyenne mobile échelonnée, également appelée moyenne à pas fixes, est une technique de lissage appliquée aux séries chronologiques. Elle consiste à diviser la série en intervalles de même taille, à calculer la moyenne des valeurs de chaque intervalle, puis à attribuer cette

moyenne à l'ensemble des observations de l'intervalle concerné. Contrairement à la moyenne mobile glissante, recalculée à chaque nouvelle période, cette approche conserve une valeur constante sur chaque segment, ce qui permet de représenter l'évolution de la série sous forme de paliers (Makridakis et al., 1998).

$$j = \frac{1}{k} \sum_{i=(j-1)k+1}^{jk} x_i$$

Chaque valeur du bloc devient :

$$\bar{x}(j-1)k + 1 = \dots = \bar{x}jk = \bar{x}$$

Où :

x_i : valeur de la série à l'instant i .

K : taille de l'échelon (nombre de périodes dans un bloc)

j : numéro du bloc

\bar{x} : moyenne du j^e blo

Exemple :

Si la série temporelle est : $\mathbf{x} = \{10,12,14,11,13,15\}$

et que l'on choisit $\mathbf{k}=3$ (c'est-à-dire que chaque bloc contient **3** valeurs) :

- **Premier bloc** : 10,12,14 $\rightarrow x_1 = (10+12+14)/3=12$
- **Deuxième bloc** : 11,13,15 $\rightarrow x_2 = (11+13+15)/3=13$

- Lissage exponentiel simple

Cette méthode est l'une des plus couramment utilisées dans le domaine de la prévision de la demande des produits. Elle repose sur l'ajustement de la prévision de la période précédente (P_{n-1}) en fonction de la différence entre la demande réelle de la période précédente (D_{n-1}) et la prévision qui a été faite pour celle-ci. Cela est exprimé par l'équation suivante :

$$P_n = \alpha D_{n-1} + \alpha(1-\alpha)D_{n-2} + \alpha(1-\alpha)^2 D_{n-3} + \dots$$

- Lorsque la valeur de α se rapproche de 1, la méthode donne plus de poids aux données récentes.
- Lorsque la valeur de α se rapproche de 0, la méthode donne plus de poids aux données anciennes.

- **Lissage exponentiel de Holt**

Le lissage exponentiel de Holt est une méthode de prévision utilisée pour des séries chronologiques présentant une tendance linéaire, mais sans saisonnalité. Une extension du lissage exponentiel simple qui ne peut traiter que des séries sans tendance.

Cette méthode permet de prévoir les valeurs futures en tenant compte à la fois du niveau actuel de la série et de sa tendance en les ajustant progressivement au fil du temps à l'aide de coefficients de lissage selon la formule suivante :

- Équation du niveau :

$$L_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1})$$

- Équation de la tendance :

$$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}$$

- Équation de prévision :

$$\hat{Y}_{t+h} = L_t + hT_t$$

Où :

- α : coefficient de lissage du niveau ($0 \leq \alpha \leq 1$)
- β : coefficient de lissage de la tendance ($0 \leq \beta \leq 1$)
- Y_t : donnée observée à la période t
- L_t : niveau estimé à t
- T_t : tendance estimée à t

- **Lissage exponentiel de Holt-Winter**

Le modèle de lissage exponentiel de Holt-Winters est une technique de prévision couramment utilisée pour les séries temporelles qui présentent à la fois une tendance et un comportement saisonnier. Cette méthode repose sur l'idée de donner plus de poids aux données récentes, tout en intégrant la dynamique de la tendance et de la saisonnalité au fil du temps.

On distingue deux variantes principales du modèle :

- Additive : recommandée lorsque les fluctuations saisonnières ont une amplitude constante.
- Multiplicative : plus adaptée lorsque l'intensité de la saisonnalité évolue proportionnellement au niveau général de la série (Ces notions ont été exoliquées dans le chapitre 3) (Holt, 1957).

- **Méthodes de prévisions causales**

Les méthodes de prévision causales reposent sur l'utilisation de modèles statistiques ou économétriques permettant de mettre en évidence des liens explicites entre la variable à estimer

(dite variable dépendante) et un ensemble de variables explicatives susceptibles d'influencer son évolution. Contrairement aux approches extrapolatives qui s'appuient exclusivement sur l'historique de la variable étudiée, les méthodes causales intègrent des facteurs exogènes afin d'améliorer la précision des prévisions futures. Mathématiquement, elle s'exprime comme suit :

- **Régression linéaire simple**

$$Y_t = a + bX_t + \varepsilon_t$$

Y_t : valeur à prévoir à l'instant t

X_t : variable explicative

a : l'ordonnée à l'origine (interception)

b : le coefficient de régression (pente)

ε_t : l'erreur aléatoire (souvent supposée de moyenne nulle).

- **Régression linéaire multiple**

$$Y_t = a + b_1X_{1t} + b_2X_{2t} + \dots + b_nX_{nt} + \varepsilon_t$$

X_1, X_2, \dots, X_n : variables explicatives (par exemple, prix, publicité, revenu, saison, etc.)

b_1, b_2, \dots, b_n : coefficients de régression associés à chaque variable explicative

a : constante (ordonnée à l'origine)

ε_t : terme d'erreur.

I.7. L'approvisionnement

La gestion de l'approvisionnement est considérée comme l'un des piliers fondamentaux de tout succès commercial, jouant un rôle central pour assurer la continuité des opérations et atteindre l'efficacité opérationnelle. Lorsqu'il est géré efficacement, il contribue à améliorer la rentabilité et le rendement global de l'entreprise.

I.7.1. Définition

L'approvisionnement est un ensemble de processus et d'activités organisées conçus pour fournir les biens et services nécessaires à la continuité des opérations. Cela comprend la sélection des fournisseurs appropriés, la gestion des bons de commande et le suivi des livraisons pour assurer la qualité requise (Helfer et al., 2008).

I.7.2. Méthode d'approvisionnement traditionnelle

Les méthodes d'approvisionnement varient selon la nature de l'entreprise et ses objectifs stratégiques (Ballou, 2004) :

Méthode d'approvisionnement traditionnelle

Cette méthode repose sur la passation de commandes régulières en fonction des besoins de l'entreprise.

Avantages : Simplicité et flexibilité dans la gestion des commandes.

Inconvénients : Risque de rupture de stock ou de surstockage

Méthode d'approvisionnement par lots

Il consiste à passer des commandes en grandes quantités à des intervalles de temps définis.

Avantages : Réduction des coûts de commande et de transport.

Inconvénients : Risque de surstockage

Méthode d'approvisionnement Juste-à-Temps (Just-in-Time)

Passer des commandes uniquement en cas de besoin réel.

Avantages : Adaptation rapide aux changements de volume et de nature de la demande, tout en réduisant les coûts de stockage.

Inconvénients : Risque de retards de la part des fournisseurs.

I.7.3. La méthode MRP

Historique

Au cours des années 1960, face à l'accroissement de la demande client et au développement rapide des technologies informatiques, les industriels ont constaté les limites des méthodes traditionnelles de gestion de la production. Cette prise de conscience a conduit à l'émergence d'un nouveau concept de planification des besoins en composants, connu sous le nom de MRP (Material Requirements Planning), développé aux États-Unis à partir de 1965 par Joseph

Orlicky. Ce système permettait une anticipation plus précise des besoins en matériaux tout en intégrant les contraintes de délais (Orlicky, 1975).

Définition

MRP est un système utilisé pour déterminer les quantités nécessaires de matières premières et de composants, basé sur les prévisions de la demande, les commandes des clients et les niveaux de stock, afin de planifier la production et l'achat des composants utilisés dans la fabrication (Orlicky, 1975).

I.7.4. MRP II (Manufacturing Resource Planning)

C'est un système de planification intégré qui a vu le jour dans les années 1980 sous la forme d'une évolution du Material Requirements Planning (MRP), introduit dans les années 1960. Ce système vise à améliorer la gestion des processus de fabrication en coordonnant la planification des matériaux, de la main-d'œuvre, des machines et des ressources financières. Le MRP II repose sur une approche de planification globale qui relie les différents départements de l'entreprise tels que la production, les stocks, les achats et les finances. Grâce à sa capacité de fournir une vue d'ensemble des processus de fabrication, MRP II améliore l'efficacité opérationnelle et réduit les coûts (Nahmias, 2020).

Principaux avantages de MRP II

- **Amélioration du flux de travail** : Synchronisation des calendriers de production avec les niveaux de stock.
- **Intégration des départements** : Intégration de tous les départements de l'entreprise (production, stock, achats, finances) dans un système unique.
- **Flexibilité dans la planification** : Permettre des ajustements rapides aux plans de production.

I.7.5. Les étapes clés du processus MRP II

- Plan Stratégique

Le plan stratégique est une feuille de route visant à établir une politique marketing future à long terme basée sur les prévisions de ventes. Ce plan prend en compte l'environnement externe (comme le marché et la concurrence) et l'environnement interne (comme les ressources et les

compétences), garantissant ainsi la réalisation des objectifs stratégiques avec efficacité et efficience (Hamel & Prahalad, 1994).

- **Plan Industriel et Commercial (PIC)**

Le Plan Industriel et Commercial est un outil de planification visant à coordonner les activités de production avec les prévisions de ventes. Il est utilisé pour anticiper les besoins en ressources (matières premières, main-d'œuvre, équipements) et ajuster les capacités de production en fonction de la demande du marché. Il couvre généralement une période de 6 à 24 mois et est élaboré en collaboration entre les départements commerciaux, industriels et logistiques (Slack et al., 2016).

Cette planification est mise en œuvre à travers une série d'étapes, qui incluent :

- **Estimation du volume de la demande :** Cette étape consiste à analyser les prévisions de la demande en se basant sur les données historiques et les tendances du marché.
- **Évaluation des ressources actuelles et futures :** Cette étape consiste à analyser des capacités de production disponibles (machines, main-d'œuvre, matières premières).
- **Assurer l'équilibre entre la production et la demande :** Il s'agit d'ajuster la production en fonction des prévisions de la demande et des ressources disponibles, afin d'éviter les ruptures de stock ou les excédents.

- **Plan Directeur de Production (PDP)**

Le plan directeur de production est un outil de planification qui permet de transformer les prévisions commerciales en un programme de production réaliste. Il définit avec précision le calendrier des quantités à produire pour chaque produit fini, constituant ainsi le programme de référence principal pour la production (Jacobs & Chase, 2017).

Cette planification est mise en œuvre à travers une série d'étapes, qui incluent :

- **Estimation des besoins :** en s'appuyant sur les commandes fermes et les prévisions.
- **Déterminer le niveau de stock initial :** disponible au début de la période de planification.
- **Planifier les ordres de fabrication :** vise à définir quoi produire, à quel moment, et avec quelles ressources, en fonction des besoins identifiés.

- **Calculs des besoins nets (CBN)**

Le Calcul des Besoins Nets est une méthode de planification utilisée pour déterminer les quantités exactes de composants, matières premières ou sous-ensembles nécessaires à la production ainsi que les dates auxquelles ces besoins doivent être satisfaits. Il s'appuie sur les prévisions de la demande ou les commandes fermes, le plan directeur de production (PDP), la nomenclature des produits (BOM), les stocks disponibles et les délais d'approvisionnement. Le CBN permet ainsi de générer des ordres de fabrication ou d'achat en quantité et en temps optimaux, tout en évitant les ruptures de stock et les surstocks. Ce processus suit une logique de flux poussé, dans laquelle les besoins sont déclenchés par la planification plutôt que par la demande réelle. Outil central dans les systèmes MRP (Material Requirements Planning), le CBN est particulièrement adapté aux environnements de production où la structure des produits est complexe et les exigences en composants nombreuses et interdépendantes.

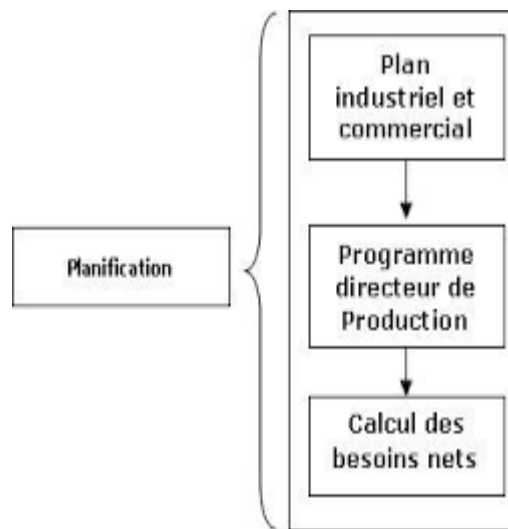


Figure I. 6 : Étapes clés de la planification industrielle

I.8. Les ERP (Enterprise Ressources Planning)

I.8.1. Définition

Les systèmes de planification des ressources de l'entreprise (ERP) sont des solutions logicielles intégrées visant à soutenir le flux d'informations et la coordination des ressources à travers tous les départements de l'entreprise. Ces systèmes aident à atteindre une efficacité opérationnelle élevée, à améliorer la qualité de la prise de décision et à renforcer la compétitivité de l'entreprise grâce à l'intégration des différents processus commerciaux dans un système unifié (Esteves & Pastor, 2001).

Selon le CXP, un logiciel de gestion d'entreprise est considéré comme intégré s'il remplit les conditions suivantes :

- Qu'il provienne d'un fournisseur unique.
- Qu'il garantisse l'unicité de l'information.
- Qu'il prenne en charge la mise à jour des données en temps réel.
- Qu'il offre une traçabilité complète de toutes les opérations.

I.8.2. Fonctionnalités

Les systèmes ERP offrent une gamme étendue de fonctionnalités conçues pour intégrer et gérer les processus métier essentiels d'une entreprise. Voici les principales fonctionnalités des systèmes ERP :



Figure I. 7 : Fonctionnalités d'un système ERP

- Gestion financière

Elle vise à maîtriser la situation financière de l'entreprise avec précision. Elle comprend la gestion des livres comptables, des comptes clients et fournisseurs, ainsi que des immobilisations. Elle permet également de consolider les états financiers des différentes filiales, offrant ainsi une vision globale de la performance financière.

- Contrôle de gestion

Il permet d'analyser la rentabilité de l'entreprise à l'aide de tableaux de bord interactifs, en évaluant la performance sous divers angles tels que les produits, les processus ou les types d'activités.

- **Gestion de projet**

Elle planifie et contrôle les étapes des projets avec précision, en veillant à la disponibilité des ressources nécessaires pour une exécution efficace et dans les délais impartis.

- **Administration des ventes**

Elle supervise toutes les activités commerciales liées aux clients, des outils de vente à la facturation et à la gestion des expéditions, garantissant une expérience client fluide.

- **Gestion des ressources humaines**

Elle fournit des outils complets pour gérer les affaires du personnel, y compris la gestion des salaires, des absences et des congés. De plus, elle se concentre de plus en plus sur la gestion et le développement des compétences des employés pour renforcer l'efficacité organisationnelle.

- **Gestion de la qualité**

Elle assure l'enregistrement et la traçabilité de toutes les informations relatives à la qualité des produits, soutenant ainsi l'amélioration des processus et la conformité aux normes requises.

I.9. Conclusion

Ce chapitre a présenté la gestion de la production et la planification industrielle comme des piliers fondamentaux pour assurer la compétitivité et la performance des entreprises industrielles. Il a permis d'introduire les concepts clés liés à l'organisation de la production, ses différents niveaux de décision (stratégique, tactique et opérationnel) ainsi que les types de production et d'ateliers.

Nous avons également exploré l'importance de la planification industrielle, qui permet d'anticiper et de coordonner efficacement les ressources, les capacités de production et la demande du marché. À travers les typologies de la demande, les techniques de prévision, les méthodes d'approvisionnement et la gestion des stocks, l'entreprise peut structurer sa production de manière optimale tout en assurant la disponibilité des matières premières et des produits finis.

En somme, une gestion rigoureuse et intégrée de la production, soutenue par des outils modernes, une planification adaptée et un contrôle efficace des stocks, est indispensable pour améliorer la productivité et garantir une réponse agile aux évolutions du marché.

CHAPITRE II : PRESENTATION DE L'ENTREPRISE ET DE LA PROBLEMATIQUE INDUSTRIELLE

II.1. Introduction

Une entreprise, entité économique autonome et organisée, a pour objectif de produire des biens ou des services et de les vendre sur le marché. L'objectif principal étant de maximiser les profits. Cette étude de cas s'intéresse à **Concept Sac**, une entreprise spécialisée dans la production de sacs tissés pour l'emballage alimentaire, pour illustrer ce processus.

Ce chapitre donne une vue d'ensemble de l'entreprise, en commençant par l'organigramme, les différents services et les données financières clés. Elle se concentre ensuite sur son cœur de métier : le système de production et la diversité des produits. Le processus de fabrication industrielle des sacs tissés est décrit en détail, y compris les machines et les matières premières utilisées.



Figure II. 1 : Logo de l'entreprise CONCEPT SAC

II.2. Présentation de l'entreprise

Concept Sac est une société algérienne située dans le secteur d'activité Mascara, spécialisée dans la fabrication et la commercialisation de sacs en polypropylène tissé. Elle dispose d'un site de production de plus de 19770 m², avec une capacité annuelle pouvant atteindre 40 millions de sacs.

La société propose une large gamme de produits tissés, notamment :

- Le fil en polypropylène (PP)
- Les rouleaux de PP tissé,
- Les sacs tissés standard

- Les sacs tissés stratifiés
- Les sacs BOPP
- Les sacs à enveloppe.

Soucieux de répondre aux exigences de ses clients, Concept Sac mise sur une combinaison de qualité irréprochable et de prix compétitifs. Pour des raisons de performance et de fiabilité, la société utilise uniquement du polypropylène vierge, à l'exclusion de toute utilisation de matériaux recyclés ou granulés. Ce choix stratégique s'accompagne d'un service client attentif, renforçant ainsi sa position de fournisseur de solutions d'emballage haut de gamme.

II.3. Fiche technique de l'entreprise

Dénomination : Entreprise « Concept Sac »

Statut juridique : SARL (Société à Responsabilité Limitée)

Date de création : 2015

Siège social : Desserte Zone Industrielle section 15 ilots 308,309,310 29000. Mascara

Coordonnées :

- Site web : www.conceptsac-dz.com
- Tél : 0561 60 47 94
- Fax : +213 045 73 73 64
- Mail : contact@conceptsac-dz.com

Directeur général : Mr. HAMZA BEKHTI

Effectif en 2025 : 120 personnes.

Activité : Production de de sacs tissés

Régime de travail : Trois équipes par jour (3 x 8h)



Figure II. 2 : CONCEPT SAC en chiffre

II.4. Les différents types de sacs

Dans un souci de répondre à la diversité des besoins du marché, l'unité de production propose plusieurs types de sacs tissés, chacun conçu selon des caractéristiques techniques précises. Ces sacs varient selon leur capacité, leur structure, leur destination d'usage (emballage de farine, de légumineuses, d'aliments pour bétail, etc.) et leur niveau de finition (avec ou sans impression, laminés ou non, avec ou sans poignée).

II.4.1. Sac en polypropylène tissé

Les sacs tissés en polypropylène sont des emballages robustes pour le transport de marchandises lourdes et de déchets. Leur tissage dense offre une résistance maximale à l'éclatement, à la déchirure et à la coupure, ce qui en fait une alternative durable aux sacs plastiques classiques.



Figure II. 3 : Sac en polypropylène tissé

Domaines d'utilisation

- Secteur agroalimentaire

Ces emballages sont couramment utilisés pour le conditionnement de produits alimentaires secs tels que la farine, la Semoule, le riz, le sucre ou encore les légumineuses. Leur structure permet une bonne protection contre les agressions extérieures et assure une bonne tenue durant le transport et la manutention.

- **Secteur agricole**

Le polypropylène tissé est très apprécié pour le stockage et la distribution de produits céréaliers comme le blé, l'orge ou le maïs. Grâce à leur robustesse, ces sacs peuvent être empilés ou stockés en silos sans risque de dégradation prématurée.

- **Nutrition animale**

Dans ce domaine, les sacs servent principalement à l'emballage des aliments destinés au bétail ou aux élevages intensifs. Ils peuvent être imprimés avec des informations précises telles que la composition nutritionnelle, les dates de production ou les instructions de distribution.

II.4.2. Sac en polypropylène tissé laminé

Les sacs en polypropylène tissés laminés sont fabriqués en appliquant un film de polyéthylène de basse densité (LDPE) sur le tissu, puis en le formant. Ce procédé confère au matériau une résistance élevée, convient à l'emballage de produits ayant des exigences de résistance élevées et permet une impression de haute qualité.



Figure II. 4 : Sac en polypropylène tissé laminé

Domaines d'utilisation

- **Produits agroalimentaires sensibles**

Les sacs laminés sont privilégiés pour le conditionnement de denrées alimentaires qui exigent une protection accrue contre l'humidité et les contaminants. Ils sont notamment employés pour emballer des produits tels que la farine, la Semoule, le sucre ou encore les poudres alimentaires, en garantissant une conservation plus longue et une meilleure intégrité du contenu.

- **Nutrition animale**

Dans le domaine de l'alimentation animale, ces emballages assurent une protection efficace des produits en vrac tels que les granulés, les mélanges protéiques ou les farines d'engraissement. Leur structure laminée réduit considérablement les échanges d'air et d'humidité, préservant ainsi la qualité nutritionnelle des aliments.

- **Engrais et semences agricoles**

Ces sacs sont couramment utilisés pour le conditionnement de semences et engrais, qu'ils soient d'origine chimique ou organique. La couche de laminage constitue une barrière protectrice contre les éléments extérieurs, tels que l'humidité ou les rayons ultraviolets, ce qui permet de maintenir les propriétés des produits jusqu'à leur utilisation.

- **Produits industriels en vrac**

Dans l'industrie, les sacs PP laminés sont particulièrement adaptés au transport et au stockage de matières en poudre ou granulées telles que le ciment, les pigments ou les résines plastiques. Leur conception renforcée et leur imperméabilité leur permettent de répondre aux exigences des environnements industriels exigeants.

II.4.3. Sac en polypropylène tisse BOPP

Les sacs en polypropylène tissés BOPP sont fabriqués en laminant un film imprimé sur un tissu. Cela garantit une résistance et une qualité d'impression maximales. Le film imprimé au dos protège l'image.



Figure II. 5 : Sac en polypropylène tissé BOPP

Domaines d'utilisation

- Secteur agroalimentaire

Les sacs en PP tissés avec pelliculage BOPP sont particulièrement utilisés pour l'emballage de produits secs tels que le riz, la farine, la Semoule ou encore les céréales. Le film BOPP appliqué en surface agit comme une barrière protectrice contre l'humidité et les corps gras, tout en permettant une impression de haute définition qui améliore la lisibilité et l'esthétique de l'emballage, ce qui est essentiel pour la mise en rayon.

- Nutrition animale

Ce type de sac est couramment utilisé pour conditionner des aliments destinés au bétail ou aux animaux domestiques, sous forme de granulés ou de farines. En plus de protéger le contenu contre les agents extérieurs (humidité, poussières), il permet une présentation claire des informations relatives à la composition nutritionnelle, aux instructions d'usage et à l'identification du produit.

- Produits agricoles (semences et engrais)

Dans le domaine agricole, les sacs BOPP sont privilégiés pour le stockage et la distribution des semences, des engrais ou des produits phytosanitaires. Leur structure multicouche assure une protection efficace contre les agressions environnementales comme la poussière, les rayons UV ou l'humidité, ce qui garantit la qualité des produits jusqu'à leur utilisation.

- Applications industrielles

Grâce à leur résistance mécanique renforcée et à leur fini lisse, ces sacs sont parfaitement adaptés au conditionnement de produits industriels en poudre ou en granulés, tels que les résines plastiques, les pigments ou les additifs techniques. Leur conception facilite non seulement le stockage et la manutention, mais aussi l'identification rapide du contenu grâce à une impression personnalisable.

II.4.4. Sacs PP avec poignet

Fabriqués en polypropylène ou BOPP, ces sacs tissés laminés sont équipés de poignées pour un transport facile.



Figure II. 6 : Sac PP avec poignet

Domaines d'utilisation

- Produits agroalimentaires destinés à la vente au détail

Ces sacs sont couramment utilisés pour l'emballage de produits alimentaires tels que le riz, la Semoule, la farine ou les légumineuses, destinés à la vente en grandes surfaces. L'intégration d'une poignée simplifie le transport pour les consommateurs, notamment pour des contenances allant de 5 à 25 kg, tout en rendant l'expérience d'achat plus pratique et agréable.

- Nutrition animale en formats réduits

Dans le domaine de la nutrition animale, les sacs avec poignée sont spécialement conçus pour des produits en petites quantités (jusqu'à 20 kg), tels que les aliments pour animaux domestiques (chiens, chats, volailles). Ces sacs facilitent leur manipulation et leur transport, tout en préservant les qualités de protection offertes par le polypropylène tissé.

- Produits agricoles et pour le jardinage

Les sacs avec poignet sont également utilisés pour le conditionnement de semences, engrais ou autres produits destinés au jardinage et à l'agriculture, souvent pour un usage domestique ou semi-professionnel. La poignée intégrée améliore la facilité de transport et de manipulation, particulièrement lors du stockage ou de l'utilisation sur le terrain.

- Applications marketing et promotionnelles

Grâce à leur surface large et imprimable, les sacs avec poignée sont fréquemment employés dans les campagnes de marketing, les packs promotionnels ou comme outil de communication pour les produits de grande consommation. Leur conception valorise le produit tout en offrant une visibilité accrue en rayon.

II.5. Organisation industrielle

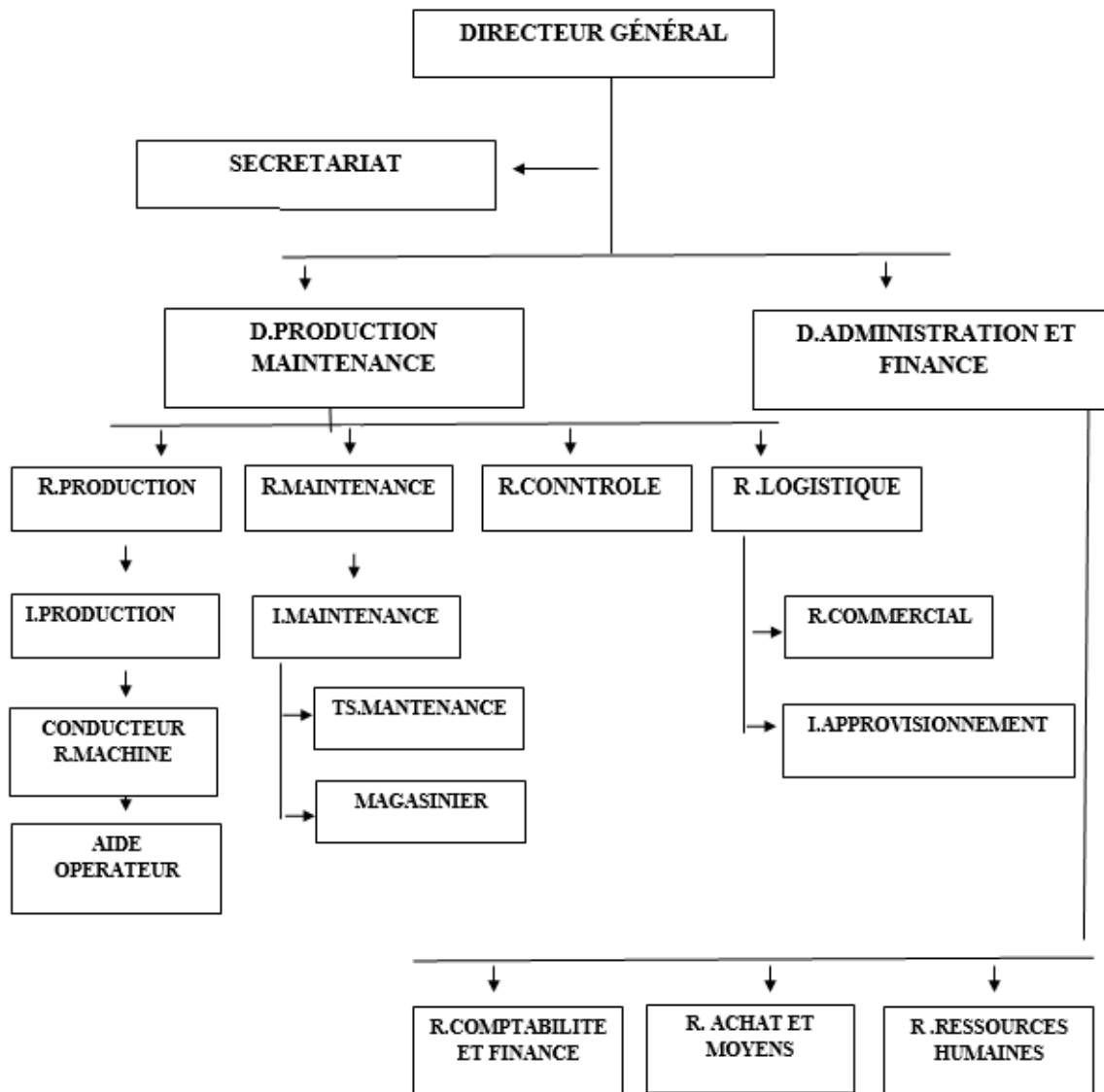


Figure II. 7 : Organisation industrielle de l'entreprise CONCEPT SAC

II.6. Procédé de fabrication des sacs tissés

Les sacs tissés en polypropylène sont devenus incontournables et offrent une alternative durable aux sacs en plastique, notamment dans le commerce de détail. Leur structure tissée dense les rend extrêmement durables, imperméables et faciles à nettoyer – des propriétés qui séduisent un large public.

Ces sacs sont utilisés pour emballer une grande variété de produits, des biens de consommation courante aux matériaux industriels tels que le ciment, les produits chimiques et divers produits agricoles (comme la farine, le sucre, la Semoule, etc.). Leur production, qui se

CHAPITRE II : PRÉSENTATION DE L'ENTREPRISE ET DE LA PROBLÉMATIQUE INDUSTRIELLE

caractérisé par une personnalisation infinie en termes de dimensions, d'épaisseur, d'impression et d'emballage, nécessite un processus méticuleux composé de cinq étapes de base entrecoupées de contrôles de qualité fréquents (Figure 16).

- L'extrusion
- Le tissage
- La lamination
- L'impression
- La confection

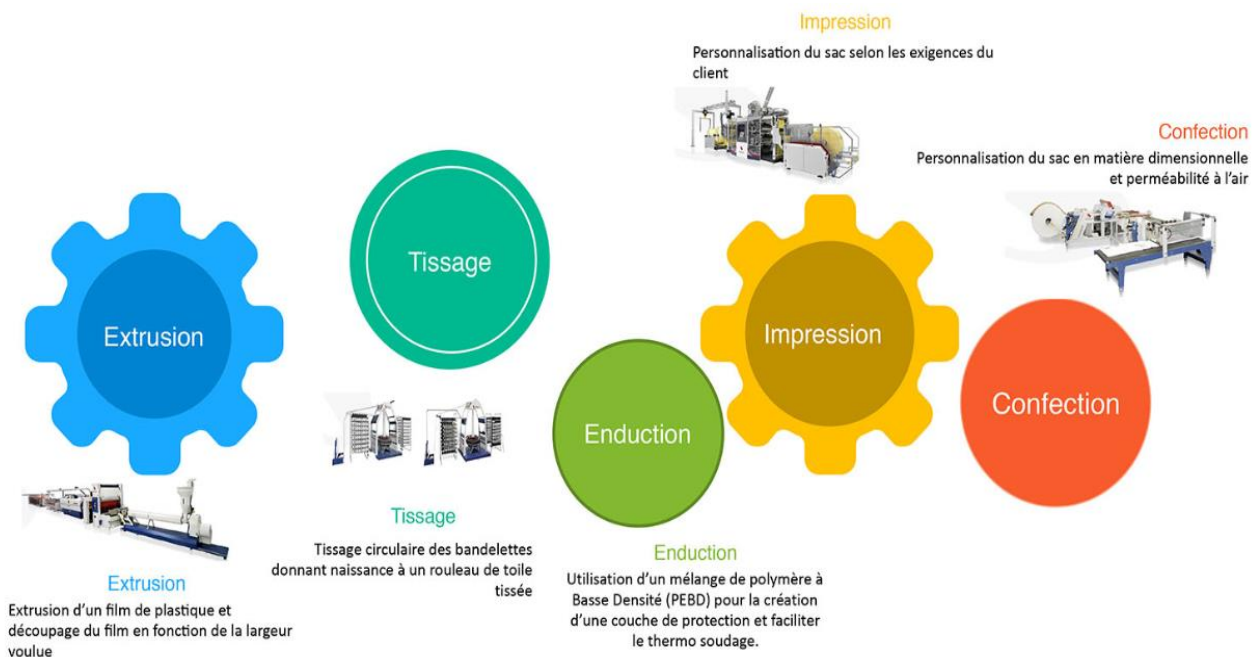


Figure II. 8 : Processus de production des sacs tissés

- Matières premières

L'unité de production des sacs tissés repose essentiellement sur l'utilisation de granulés de polypropylène (PP) vierge comme matière première de base pour la fabrication des fils destinés au tissage. Pour optimiser les propriétés mécaniques des fils et réduire le coût de revient, du carbonate de calcium (CaCO_3) est ajouté en proportions maîtrisées lors du processus d'extrusion.

La lamination des rouleaux tissés est réalisée à l'aide d'un mélange de polypropylène (PP) spécial pour lamination et de polyéthylène basse densité (LDPE). Cette combinaison permet de renforcer les performances des sacs, notamment en termes de résistance à l'humidité, d'étanchéité et de protection contre les agents extérieurs (poussière, humidité, etc.).

Par ailleurs, des composants secondaires tels que les encres d'impression, ainsi que certains accessoires de finition peuvent être importés, rendant la chaîne d'approvisionnement sensible à des perturbations logistiques et politiques (cf. contraintes logistiques).

La qualité, la stabilité d'approvisionnement et le contrôle de ces matières premières jouent un rôle déterminant dans la régularité de la production et la conformité des produits finis aux exigences des clients.

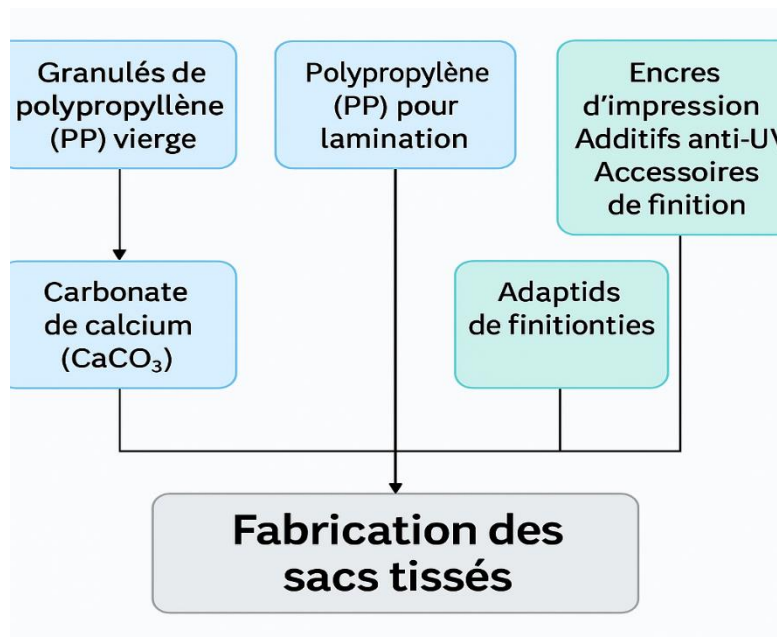


Figure II. 9 : Matières premières utilisées dans la fabrication des sacs tissés

II.6.1. L'extrusion

L'extrusion est la première étape de la fabrication des sacs. Les granulés de polymère sont transformés en un fil sans fin dont l'épaisseur varie en fonction du produit final souhaité.

Ce processus est réalisé par une extrudeuse (Figure II.10). Le principe de fonctionnement de cette machine est basé sur le transport, la fusion, le mélange, la plastification et la compression des matières premières (polymère et additifs) à l'aide d'une vis plastifiante. Le mélange plastifié est ensuite mis sous pression pour former un mince film plastique, qui est découpé en bandes uniformes à l'aide de couteaux. Ces bandes sont étirées puis enroulées en bobines de fils. La bobine de fil ainsi obtenue sert de matière première pour l'étape suivante du processus de fabrication.

Capacité de production

La machine produit 210 bobines par heure. Chaque bobine contient 19 000 mètres de fil.



Figure II. 10 : L'extrudeuse



Figure II. 11 : Bobine noire de l'extrudeuse

Les bobines noires contiennent du fil de polypropylène, matière première essentielle utilisée dans le processus de tissage des sacs. Leur disposition ordonnée permet une alimentation continue et homogène des métiers à tisser, contribuant à la régularité du maillage et à la qualité du produit fini.

II.6.2. Le tissage

L'étape suivante consiste à produire un tissu tubulaire à l'aide de métiers circulaires spéciaux. Ces machines transforment des fils plats de polypropylène (PP) en un tube de tissu continu. Le tissage est réalisé en insérant des fils de trame à travers une série de passages supérieur et inférieur, chaque fil de trame étant entrelacé entre au moins deux fils de chaîne. Ce processus circulaire crée un rouleau de tissu tubulaire.

Capacité de production

Le site contient 50 machines de tissage Chaque 8h machine produit :

- Type 1 : rouleau (largeur 40 cm, longueur 1200 mètre).
- Type 2 : rouleau (largeur 50 cm, longueur 1000 mètre).
- Type 3 : rouleau (largeur 60 cm, longueur 900 mètre).
- Type 4 : rouleau (largeur 70 cm, longueur 550 mètre).

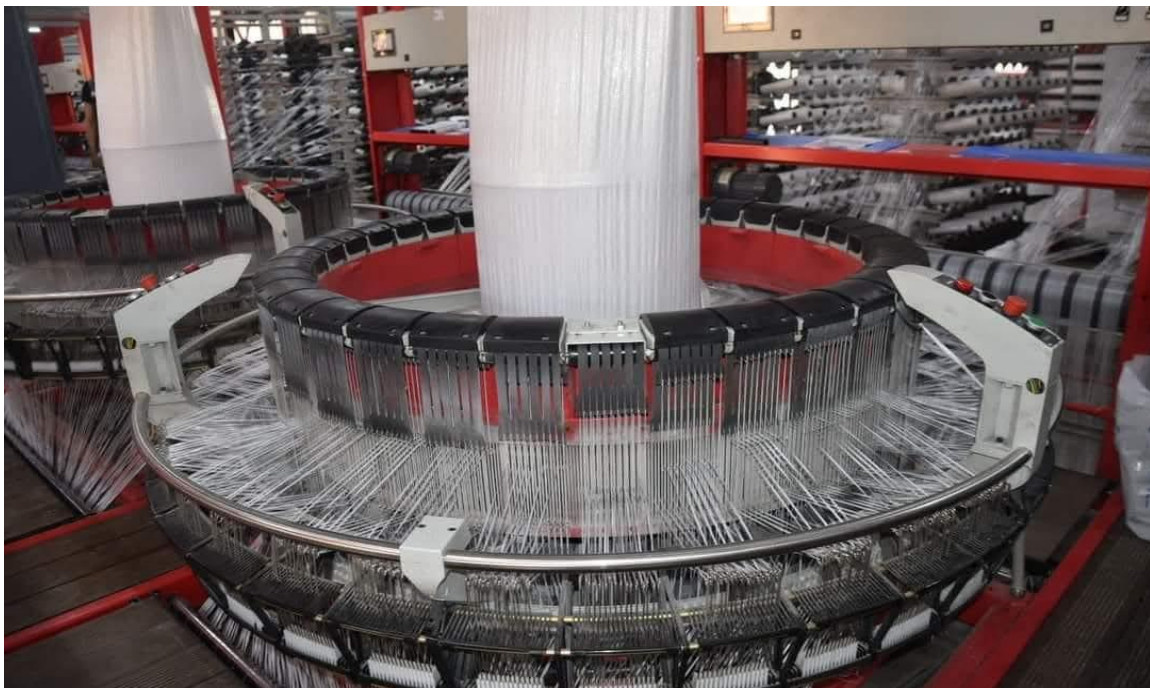


Figure II. 12 : Loom de tissage

II.6.3. La lamination

Le laminage est une étape cruciale dans la fabrication du sac. Un rouleau de tissu est enduit par extrusion d'un mélange de polymères composé de 80 % de polypropylène (PP) et de 20 % de polyéthylène basse densité (LDPE).



Figure II. 13 : Machine de lamination

II.6.4. L'impression

L'impression représente la dernière étape du processus de fabrication du produit. Au cours de cette étape, le design et les couleurs nécessaires pour obtenir l'aspect unique souhaité par le client sont appliqués, en suivant les spécifications établies précédemment. Une technique est utilisée pour imprimer ces dessins, qui sont réalisés en différents lots à l'aide d'encre à base d'eau qui sont sans danger pour les aliments.

Capacité de production

Le site contient une seule machine de lamination. Chaque huit heures, la machine produit 40000 mètres toutes les huit heures.



Figure II. 14 : Machine d'impression

II.6.5. La confection

La confection est généralement la dernière étape de la production des sacs tissés avant l'emballage final, notamment pour les sacs neutres qui ne nécessitent pas d'impression. Une fois les rouleaux tissés (laminés ou non) prêts, ils sont traités par une machine qui coupe et coud les sacs selon des dimensions et paramètres prédéfinis.

Capacité de production

Le site contient cinq machines. Une machine peut couper 26 à 35 sacs par minute, avec cinq à dix minutes de temps de changement.



Figure II. 15 : Machine de confection

II.7. Contraintes et défis affectant la production

La production dans l'industrie des sacs plastiques tissés est soumise à un ensemble de contraintes qui influencent fortement la performance de l'entreprise. Ces contraintes peuvent être regroupées en trois catégories principales : les contraintes spécifiques au marché, liées notamment à la diversité des produits et à la saisonnalité de la demande ; les contraintes internes, propres à l'organisation et aux capacités de l'usine ; et enfin, les contraintes externes, souvent imprévisibles, liées à l'environnement économique, logistique et climatique. L'analyse de ces contraintes est essentielle pour adapter les outils de planification et orienter les choix méthodologiques dans le cadre de ce projet.

II.7.1. Contraintes spécifiques au marché

Diversité des produits

L'entreprise « CONCEPT SAC » fabrique une large gamme de sacs en plastique destinés à des usages variés tels que :

CHAPITRE II : PRÉSENTATION DE L'ENTREPRISE ET DE LA PROBLÉMATIQUE INDUSTRIELLE

- Les sacs destinés aux produits alimentaires de base (farine, Semoule, légumineuses),
- Les sacs destinés aux aliments pour volailles et ovins,
- Différentes tailles et capacités selon les besoins des clients (10 kg, 25 kg, 50 kg, etc.).

Cette diversité fonctionnelle et dimensionnelle entraîne plusieurs contraintes techniques et organisationnelles :

- Variabilité des spécifications techniques : chaque référence de sac diffère par sa taille, son épaisseur, sa résistance, et le type d'impression exigé (nom du client, logo, indications nutritionnelles...).
- Temps de réglage des machines (set-up) : chaque changement de type de sac requiert un ajustement manuel ou semi-automatique des équipements de production (tissage, imprimantes, découpeuses, couture), ce qui entraîne des temps d'arrêt non productifs.
- Production en petites séries : en raison des demandes spécifiques de certains clients, l'entreprise est souvent amenée à produire des séries limitées, ce qui complexifie la planification.
- Impact sur la gestion des stocks : il devient difficile de constituer un stock standard, car les références produites sont nombreuses, et leur rotation varie fortement selon la saison et la clientèle.

Saisonnalité de la demande

L'activité de production est fortement influencée par la saisonnalité du marché algérien, notamment à travers certaines périodes clés qui entraînent une variation importante de la demande :

- **Le mois de Ramadan et Aid El-Fitr** : période marquée par une consommation accrue de produits alimentaires tel que : les viandes blanches (volaille qui nécessitent d'aliment pour l'engraissement), la Semoule pour « Chamiya », le sucre et la farine pour les gâteaux. Ce phénomène engendre une hausse anticipée de la demande en sacs destinés à l'emballage de ces produits et ce, plusieurs semaines voire mois avant le début du mois sacré. Les producteurs des produits alimentaires et de la volaille intensifient leur activité pour répondre aux besoins des consommateurs durant le mois de jeûne.
- **Aïd El-Adha** : cet événement religieux entraîne une demande élevée en aliments pour ovins, ce qui se traduit par un pic de consommation de sacs plastiques destinés aux aliments d'engraissement, principalement dans les trois mois qui précèdent l'Aïd.

- **La rentrée sociale** : en septembre, la relance des activités agricoles, commerciales et industrielles s'accompagne d'une augmentation des commandes, notamment pour les produits de première nécessité.

II.7.2. Contraintes internes

L'entreprise a investi dans une ligne de production complète de sacs tissés, conçue et assemblée par un fabricant chinois. Cette ligne a été élaborée de manière à garantir une cohérence optimale entre toutes les étapes du processus de fabrication, depuis l'extrusion jusqu'à la couture finale. Elle se compose de cinq stations principales :

- L'extrusion : une seule machine,
- Le tissage : 50 machines,
- La lamination : une seule machine,
- L'impression : une seule machine,
- La confection (découpe et couture) : cinq machines.

Ce dimensionnement a été prévu pour assurer un équilibre parfait des capacités de production entre les différentes stations, permettant d'atteindre un rendement mensuel optimal d'environ quatre millions de sacs, à condition que l'ensemble du système fonctionne de manière parfaitement synchronisée.

Cependant, ce haut degré d'intégration et d'interdépendance entre les équipements représente également une contrainte majeure. En effet :

- En cas d'absentéisme, de dysfonctionnement ou de déséquilibre au niveau de l'extrudeuse, l'ensemble du processus de production est immédiatement interrompu, car cette station constitue le point de départ de la chaîne.
- Inversement, un ralentissement ou une panne au niveau de la station de découpe et couture provoque une accumulation des produits semi-finis, entraînant un engorgement du flux et une baisse notable de la cadence de production.

Voici quelques problèmes internes affectant le rendement global de la ligne de production :

- **Dégradation des machines** : L'usure naturelle des équipements réduit leur disponibilité et augmente la fréquence des arrêts techniques.
- **Pannes imprévues** : Toute défaillance soudaine dans une station critique (extrudeuse, découpe, couture) peut bloquer la chaîne entière ou ralentir fortement le flux.

- **Absence ou retard des opérateurs** : Le non-respect des horaires du travail ou le manque de personnel qualifié désorganise la production et empêche une exploitation optimale des machines.
- **Mauvaise planification de la production** : Une organisation inefficace des ordres de fabrication entraîne des périodes de sous-utilisation ou d'attente entre les phases et Accumulation de produits semi-finis. Un déséquilibre entre les cadences des différentes stations provoque un engorgement et perturbe le flux.

Par conséquent, cette ligne nécessite une planification et une coordination rigoureuse et un entretien constant pour maintenir l'équilibre entre les stations et éviter les interruptions.

II.7.3. Contraintes externes

L'activité industrielle du site est régulièrement confrontée à des perturbations externes qui compromettent la fluidité de la production. Parmi ces facteurs, l'instabilité de l'approvisionnement en matières premières, les fluctuations énergétiques, les contraintes logistiques ainsi que les conditions climatiques extrêmes jouent un rôle déterminant. Ces éléments, souvent imprévisibles, peuvent entraîner des arrêts de production, une baisse de productivité et une sous-utilisation des équipements.

- **Instabilité de l'approvisionnement en matières premières** : Le retard ou la rupture dans l'arrivée des grains de PP, films de lamination, ou encres empêche le lancement ou la poursuite du cycle de production.
- **Instabilité énergétique** : Les coupures du courant électrique ou les chutes de tension affectent la continuité de fonctionnement des machines sensibles.
- **Contraintes logistiques** : L'entreprise subit des retards d'approvisionnement dus à des blocages portuaires, des formalités douanières lourdes et des tensions politiques. Ces perturbations affectent directement la continuité de la production et réduisent le taux d'utilisation des équipements.
- **Conditions climatiques extrêmes** : la chaleur excessive ou l'humidité peut affecter les machines ou ralentir les opérateurs.

II.8. Problématique traitée

Dans un environnement de production fortement automatisé et interconnecté, comme c'est le cas dans la fabrication de sacs tissés, le bon fonctionnement de chaque station dépend de

CHAPITRE II : PRÉSENTATION DE L'ENTREPRISE ET DE LA PROBLÉMATIQUE INDUSTRIELLE

l'efficacité des autres. La moindre perturbation peut ainsi engendrer des effets en cascade sur l'ensemble du processus.

La problématique majeure identifiée réside dans la sensibilité du système aux déséquilibres de cadence entre les différentes stations. Ces déséquilibres, amplifiés par la diversité croissante des produits et les exigences variables du marché, rendent difficile l'optimisation de la production. Ils soulèvent un enjeu crucial : comment améliorer la planification, l'organisation et la synchronisation des différentes étapes de la chaîne, tout en maintenant une flexibilité suffisante pour répondre aux pics de demande et aux commandes spécifiques ?

Dans le cadre de ce projet, nous traitons la problématique de la planification de la production à moyen et court terme dans une usine de fabrication de sacs plastiques tissés destinés aux produits alimentaires et à l'alimentation animale. Notre contribution s'articule en deux volets complémentaires :

- Le premier volet porte sur la prévision de la demande dans un contexte de forte variabilité, caractérisé par la diversité des références (dimensions, lamination, impression) et des cycles saisonniers influencés par les secteurs agricole et commercial. À travers une approche adaptée, nous établissons des prévisions de ventes pour l'année 2025, aussi bien au niveau des familles de produits qu'au niveau des références semi-finies issues du tissage.
- Le second volet concerne la planification de la production sur les étapes amont du processus, à savoir l'extrusion et le tissage, selon une logique de flux poussé. Sur la base des prévisions établies, nous construisons un plan industriel annuel (PIC) en unités équivalentes, puis nous élaborons les plans directeurs de production (PDP) hebdomadaires pour les différents types de rouleaux (R40, R50, R60 et R62), en assurant la cohérence entre la demande prévisionnelle, les capacités des ateliers et les objectifs de production à moyen et à court terme.

En revanche, les étapes aval de la production - lamination, impression et confection - suivent une logique de flux tiré, car elles dépendent directement des spécifications particulières des commandes clients. La planification de ces étapes plus personnalisées fera l'objet d'un travail ultérieur.

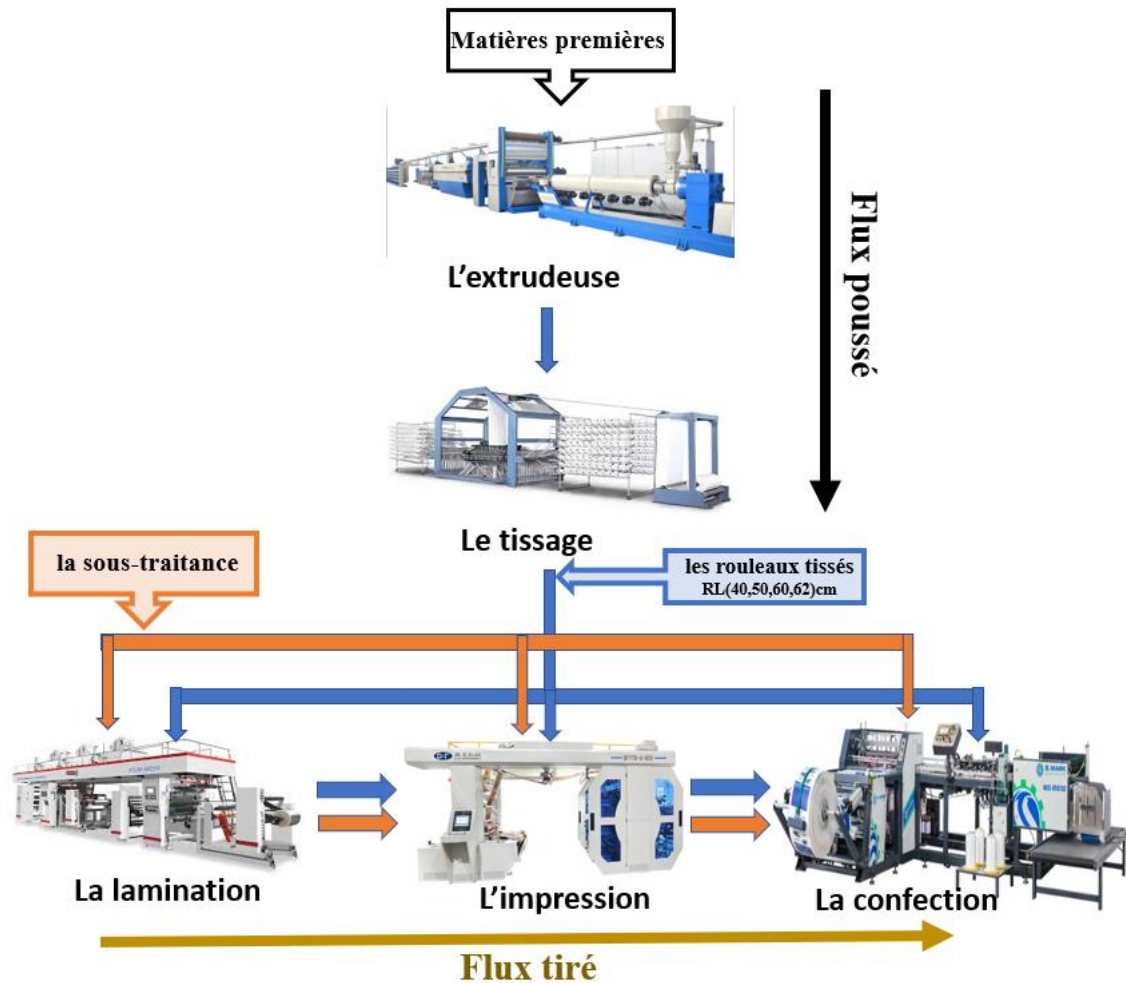


Figure II. 16 : Schéma de la ligne de production

II.9. Conclusion

Ce chapitre a permis d'introduire le contexte industriel dans lequel s'inscrit notre étude, à travers une présentation détaillée de l'entreprise, de son organisation productive et de son environnement opérationnel. Nous avons mis en évidence les principales contraintes externes et internes qui perturbent le rendement de la production, telles que la diversité des produits, la saisonnalité de la demande et la dégradation des machines.

Ces éléments soulignent la nécessité de renforcer la maîtrise des processus de planification, afin de mieux anticiper la demande, optimiser l'utilisation des ressources et sécuriser les flux de production. C'est dans cette perspective que nous avons défini la problématique traitée dans ce projet, qui porte sur la prévision de la demande et la planification de la production pour les étapes d'extrusion et de tissage, en adoptant une approche hiérarchique

CHAPITRE II : PRÉSENTATION DE L'ENTREPRISE ET DE LA PROBLÉMATIQUE INDUSTRIELLE

et structurée. Les étapes aval, caractérisées par un mode de production en flux tiré, feront quant à elles l'objet d'un développement ultérieur.

Ce cadre d'analyse constitue le socle méthodologique sur lequel s'appuient les deux chapitres suivants, consacrés respectivement à la construction du modèle de prévision et à l'élaboration du plan industriel et des plans directeurs de production.

CHAPITRE III : PRÉVISION DE LA DEMANDE POUR LA PLANIFICATION DE LA PRODUCTION

III.1.Introduction

L'industrie des sacs plastiques tissés se caractérise par un environnement de production complexe, nécessitant une synchronisation précise entre les prévisions commerciales et les capacités productives. La variabilité intrinsèque de la demande, conjuguée à la diversité typologique des produits, constitue un défi méthodologique majeur pour l'élaboration de modèles prévisionnels robustes et fiables.

La planification de la production dans ce secteur s'organise sur une période de 3 à 12 mois selon une approche hiérarchique qui intègre trois dimensions principales : la gestion stratégique de l'approvisionnement, l'optimisation dynamique des stocks et l'allocation prioritaire des capacités productives. Cette industrie présente des défis prévisionnels spécifiques liés à l'hétérogénéité et l'importance des commandes des produits (variations de caractéristiques et personnalisation), notamment : des sacs de différentes dimensions, laminés et non-laminés, avec ou sans impression, et la complexité des cycles saisonniers (corrélation avec les cycles agricoles et commerciaux, variations intersectorielles).

Dans ce chapitre, nous présentons une étude prévisionnelle détaillée du volume des ventes pour l'année 2025 au profit de l'entreprise « CONCEPT SAC ». Les prévisions sont calculées pour les deux familles de produits « sacs pour produits alimentaires » et « sacs pour produits alimentaires du bétail », et aussi pour chaque référence du sacs semi-finis obtenus après l'étape du tissage. Ces niveaux de prévision par famille et par référence nous servent après pour établir le plan industriel et le plan directeur de production pour les deux premières étapes : l'extrusion et le tissage.

III.2.Méthodes de prévision candidates

Notre étude se concentre sur la prévision de la demande pour deux familles spécifiques : sacs A pour les produits alimentaires (Farine/Semoule/blé/sucre/...) et sacs B pour les produits alimentaires du bétail. Nous disposons de données historiques couvrant les deux ans 2023 et 2024, soit une période de 24 mois (voir le tableau III.1), qui serviront de base à nos projections.

CHAPITRE III : PRÉVISION DE LA DEMANDE POUR LA PLANIFICATION DE LA PRODUCTION

Nos prévisions sont basées sur une approche quantitative à base de séries chronologiques (extrapolation dans le temps), c'est-à-dire que nous nous appuyons exclusivement sur les données passées (historique des ventes) sans considérer de variables externes. Le tableau III.1 présente une série chronologique des données historiques qui constituent la base de l'analyse. L'extrapolation des données repose sur une analyse approfondie des composantes saisonnières et tendancielle identifiées dans les séries temporelles. En analysant les différentes courbes ci-dessous, nous remarquons que les ventes des deux familles de sacs A et B présentent les deux composantes : - la composante de la tendance à la hausse et la composante de la saisonnalité. Ainsi, deux méthodes sont proposées pour calculer les prévisions de 2025 : la méthode des coefficients saisonniers avec prédiction annuelle linéaire et la méthode du lissage exponentiel de Holt-Winters. Le choix entre ces deux méthodes dépendra de la précision de chacune dans le calcul des prévisions pour les périodes passées.

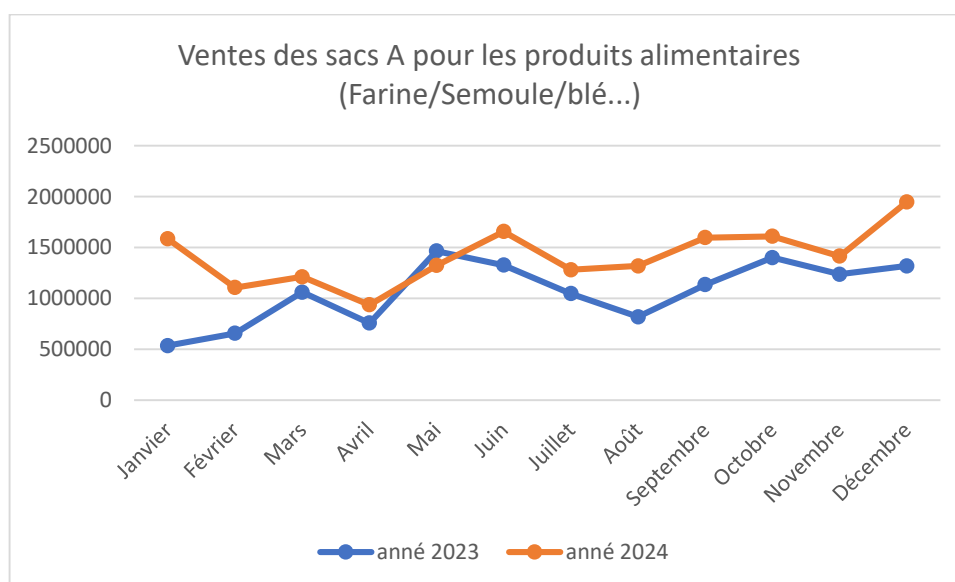


Figure III. 1 : Ventes des sacs de produits alimentaires – Famille A en 2023 et 2024

CHAPITRE III : PRÉVISION DE LA DEMANDE POUR LA PLANIFICATION DE LA PRODUCTION

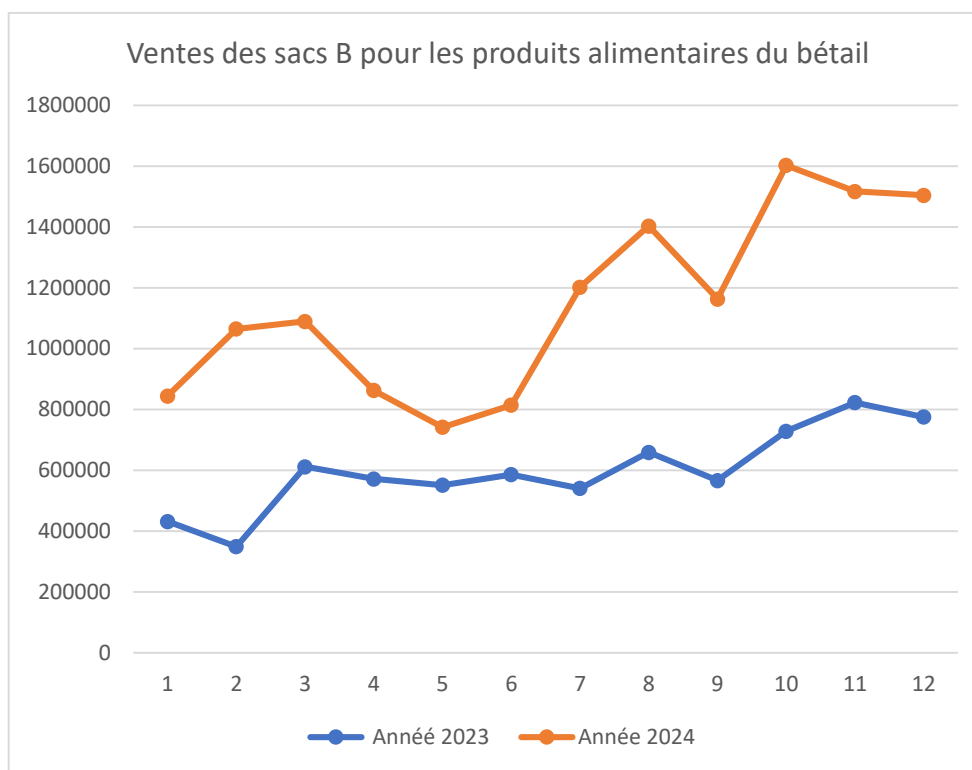


Figure III. 2 : Ventes des sacs de produits alimentaires du bétail – Famille B en 2023 et 2024

Tableau III. 1 : Ventes des sacs en 2023 et 2024

Famille	Ventes des sacs pour les produits alimentaires (A)		Ventes des sacs pour les produits alimentaires du bétail (B)	
	2023	2024	2023	2024
Année	2023	2024	2023	2024
Janvier	534024	1584430	431309	844240
Février	656006	1105431	349020	1065099
Mars	1060603	1211462	611390	1089890
Avril	756192	935850	571492	862884
Mai	1464173	1322640	550874	741723
Juin	1326789	1656037	586005	814316
Juillet	1046755	1280280	540558	1202469
Août	816975	1318000	658727	1403714
Septembre	1133376	1597734	566529	1163321
Octobre	1399669	1609732	728224	1602965
Novembre	1236961	1414230	822802	1516930
Décembre	1318315	1947470	775513	1504594

III.2.1. L'outil utilisé pour le calcul

Dans notre démarche pour comprendre, analyser les données et prédire les ventes futures, le choix des outils de calcul est essentiel. Parmi ces outils, le logiciel Excel se distingue comme un instrument puissant, flexible et facile, que nous avons utilisé pour organiser et analyser les données et effectuer les opérations de calcul nécessaires.

III.2.2. Méthode du Lissage exponentiel de Holt-Winters

La méthode de Holt-Winters s'applique en présence de trois composantes principales : le niveau, la tendance et la saisonnalité. Elle existe en deux modèles : le modèle additif et le modèle multiplicatif. À la lumière de l'analyse de la courbe des ventes des sacs A des produits alimentaires (figure III.1 et figure III.2), la méthode de lissage exponentiel de Holt-Winters additif apparaît comme la plus appropriée. Comme indiqué dans le tableau III.2, cette méthode repose sur une décomposition en trois composantes : le niveau, la tendance, et une saisonnalité additive. Une saisonnalité additive veut dire que l'ampleur des fluctuations saisonnières reste constante au fil du temps, indépendamment du niveau des ventes, comme le montrent les deux courbes des ventes ci-dessous (figure III.3 et figure III.4). Elle permet ainsi de capter avec précision les variations régulières et récurrentes observées dans les données tout en suivant l'évolution globale de la tendance.

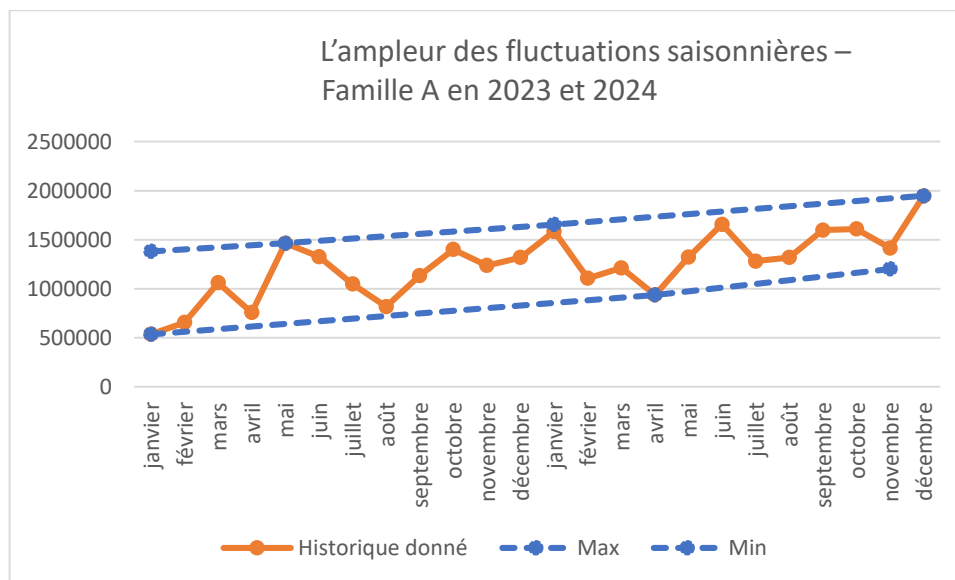


Figure III. 3 : L'ampleur des fluctuations saisonnières – Famille A en 2023 et 2024

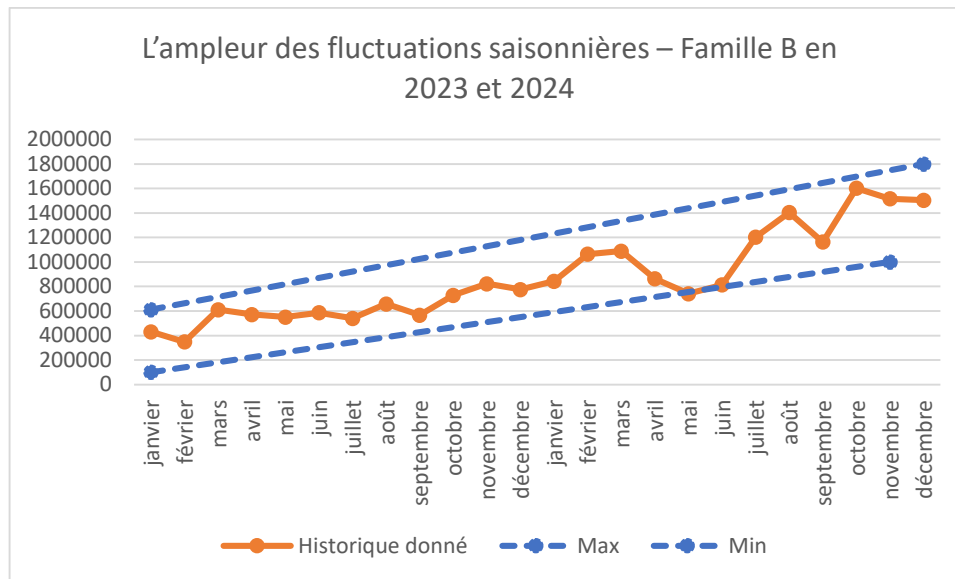


Figure III. 4 : L'ampleur des fluctuations saisonnières – Famille B en 2023 et 2024

Les équations fondamentales sont données dans le tableau ci-dessous :

α : Coefficient de lissage du niveau ($0 \leq \alpha \leq 1$)

β : Coefficient de lissage de la tendance ($0 \leq \beta \leq 1$)

γ : Coefficient de lissage de la saisonnalité ($0 \leq \gamma \leq 1$)

m : nombre de période par cycle

Tableau III. 2 : Formules de la méthode du lissage exponentiel de Holt-Winter : Modèles additif et multiplicatif

	Modèle additif		Modèle multiplicatif	
Indice du Niveau	$a_m = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m D_j$	$a_t = \alpha(D_t - C_{t-m}) + (1 - \alpha)(a_{t-1} + b_{t-1})$ $t = m + 1, \dots, T$	$a_m = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m D_j$	$a_t = \alpha \left(\frac{D_t}{C_{t-m}} \right) + (1 - \alpha)(a_{t-1} + b_{t-1})$ $t = m + 1, \dots, T$
Indice de la Pente	$b_m = 0$	$b_t = \beta(a_t - a_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1}$ $t = m + 1, \dots, T$	$b_m = 0$	$b_t = \beta(a_t - a_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1}$ $t = m + 1, \dots, T$
Indice de la saisonnalité	$C_t = D_t - a_m$ $t = 1, 2, \dots, m$	$C_t = \gamma(D_t - a_t) + (1 - \gamma)C_{t-m}$ $t = m + 1, \dots, T$	$C_t = \frac{D_t}{a_m}$ $t = 1, 2, \dots, m$	$C_t = \gamma \left(\frac{D_t}{a_t} \right) + (1 - \gamma)C_{t-m}$ $t = m + 1, \dots, T$
Prévision $m + 1 \leq t \leq T$	$P_t = a_{t-1} + b_{t-1} + C_{t-m}$		$P_t = (a_{t-1} + b_{t-1}) \cdot C_{t-m}$	
Prévision P_{T+h}	$a_T + h \cdot b_T + C_{T+h-m}$ si $1 \leq h \leq m$ $a_T + h \cdot b_T + C_{T+h-2m}$ si $m + 1 \leq h \leq 2m$ ----- $a_T + h \cdot b_T + C_{T+h-Km}$ si $(K - 1) \cdot m + 1 \leq h \leq Km$		$(a_T + h \cdot b_T) \cdot C_{T+h-m}$ si $1 \leq h < m$ $(a_T + h \cdot b_T) \cdot C_{T+h-2m}$ si $m + 1 \leq h < 2m$ ----- $(a_T + h \cdot b_T) \cdot C_{T+h-Km}$ si $(K - 1) \cdot m + 1 \leq h \leq Km$	

III.3. Prévision des ventes en 2025 pour la famille A des sacs des produits alimentaires

L'objectif de cette section est d'appliquer les deux méthodes : la méthode du lissage exponentiel de Holt-Winter additif et la méthode des coefficients saisonniers avec prédiction annuelle

CHAPITRE III : PRÉVISION DE LA DEMANDE POUR LA PLANIFICATION DE LA PRODUCTION

linéaire pour calculer les prévisions des ventes pour les périodes passées. Ensuite, la méthode qui donne l'erreur la plus faible entre les prévisions des ventes passées (2023 et 2024) et les ventes réelles passées (2023 et 2024) sera utilisée pour calculer les prévisions des ventes pour l'année 2025.

III.3.1. Application de la méthode du lissage exponentiel de Holt-Winters

additif

Le tableau III.3 présenté ci-dessous illustre l'application pratique du modèle additif de Holt-Winters aux données de vente passées. Chaque colonne représente une étape cruciale du processus de prévision. Dans notre cas, un cycle est défini par une année, et puisque l'unité du temps dans notre système de prévision est le mois, et puisque l'année inclut 12 mois, donc $m = 12$.

Paramètres initiaux :

$$\alpha = 0,5$$

$$\beta = 0,5$$

$$\gamma = 0,5$$

Tableau III. 3 : Prévision de ventes pour les périodes passées en utilisant la méthode du lissage exponentiel Holt-Winter additif pour les produits de la famille A avant l'optimisation des coefficients

Année	Mois	Demandes	Prévision	a(t)	b(t)	C(t)	MAPE
1	1	534024				-528463	
	2	656006				-406481	
	3	1060603				-1883,5	
	4	756192				-306295	
	5	1464173				401686,5	
	6	1326789				264302,5	
	7	1046755				-15731,5	
	8	816975				-245512	
	9	1133376				70889,5	
	10	1399669				337182,5	
	11	1236961				174474,5	
	12	1318315			1062487	0	255828,5
2	13	1584430	534024	1109567	47080,53	-79127	0,6629551
	14	1105431	750167,1	1172571	63003,91	-254508	0,3213805
	15	1211462	1233691	1234579	62007,56	-11392,6	0,0183492
	16	935850	990291,6	1294146	59567,42	-329583	0
	17	1322640	1755400	1334317	40170,58	216563,4	0,327194
	18	1656037	1638790	1375260	40943,63	271680,5	0,0104149
	19	1280280	1400472	1410817	35556,46	-67146,5	0
	20	1318000	1200862	1451623	40806,75	-195403	0,0888759
	21	1597734	1563320	1493973	42349,25	85611,06	0,0215395

CHAPITRE III : PRÉVISION DE LA DEMANDE POUR LA PLANIFICATION DE LA PRODUCTION

	22	1609732	1873504	1524499	30526,64	224347,8	0,163861
	23	1414230	1729500	1540895	16395,82	39610,28	0,2229272
	24	1947470	1813119	1563313	22417,59	313300,1	0,0689873
						MAPE	0,1588737

Optimisation des coefficients α , β et γ

La meilleure méthode de prévision parmi un ensemble de méthodes candidates est la méthode qui minimise l'erreur globale entre les ventes réelles et les prévisions obtenues par cette méthode pour les mêmes périodes passées. Plusieurs mesures de performance des prévisions sont proposées par les spécialistes du domaine, tel que : l'erreur absolue moyenne (MAE), l'erreur carrée moyenne (MSE) et l'erreur absolue moyenne en pourcentage (MAPE). La MAE (Mean Absolute Error), ou erreur absolue moyenne, est une mesure de la précision d'un modèle de prévision. Elle représente l'écart moyen absolu entre les valeurs réelles et les valeurs prédites, exprimé dans les mêmes unités que les données. La MSE (Mean Squared Error), ou erreur quadratique moyenne, est une mesure de la qualité d'une prévision qui calcule la moyenne des carrés des écarts entre les valeurs réelles et les valeurs prédites. Elle accorde plus de poids aux grandes erreurs en raison de l'élévation au carré. Un problème avec la MAE et la MSE est que leurs valeurs dépendent de l'ampleur de la prévision. Si la prévision est mesurée en milliers ou en millions, les valeurs MAE et MSE peuvent être très importantes. Pour éviter ce problème, la MAPE (Mean Absolute Percentage Error), ou erreur absolue moyenne en pourcentage, est utilisé dans tous les calculs qui suivent. Elle permet d'évaluer l'écart moyen entre les valeurs réelles et les valeurs prédites, exprimé en pourcentage des valeurs réelles. Cette dernière est une mesure intuitive et facile à interpréter.

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{D_t - P_t}{D_t} \right| \times 100$$

- n : nombre total mois dans la valeur de prévision est obtenue.
- D_t : valeur de vente réelle à la période t
- P_t : valeur prévisionnelle à la période t

L'objectif de cette partie est de trouver le triplet α , β et γ qui minimisent la mesure MAPE. Les valeurs initiales de ce triplet proposées dans la partie précédente ont été choisies aléatoirement, mais probablement elles ne minimisent pas la MAPE. Ainsi, nous pouvons formuler ce problème d'optimisation comme suit :

Min MAPE

$$0 \leq \alpha, \beta, \gamma \leq 1$$

La résolution de ce problème a été faite à travers le solveur d'Excel. Voici les étapes suivies :

- 1- Activation du solveur : Aller à Fichier → Options → Compléments (menu à gauche) → Bouton « Aller » en bas → Cocher le complément Solveur → Ok.
- 2- Sous l'onglet « Données », cliquer sur « Solveur » :
 - a. Dans le champ « Objective », sélectionner la case où se trouve la valeur de la mesure MAPE.
 - b. Cocher la case « Min ».
 - c. Dans le champ de variables, sélectionner les cellules où se trouvent les valeurs des coefficients.
 - d. Afin de déterminer l'intervalle des coefficients comme contraintes, cliquer sur le bouton « Ajouter » en face du champ des contraintes, une petite fenêtre s'ouvre.
 - e. Pour la contrainte $\alpha, \beta, \gamma \leq 1$, dans le champ « Référence », sélectionner les cellules où se trouvent les valeurs des coefficients. Dans le champ au milieu, sélectionner « ≤ ». Dans le champ « Contraintes », tapez 1, et cliquez sur « Ajouter »
 - f. Répétez l'opération pour la contrainte $0 \leq \alpha, \beta, \gamma$, puis cliquez sur « Ok »
 - g. Dans la liste « Sélectionner la méthode de résolution », sélectionner « GRG Nonlinear », puis cliquer sur le bouton « Résoudre ».
- 3- C'est fini, analyser les nouvelles valeurs optimales des coefficients. Toutes les valeurs ont été mises à jour (coefficients, a_m, b_m, C_m , prévisions).

Les paramètres optimisés et les prévisions obtenues sont comme suit :

$$\text{MAPE} = 0,1588737$$

$$\text{Coefficients optimaux : } \alpha = 0.04482127 \quad \beta = 1 \quad \gamma = 0.447846248$$

Tableau III. 4 : Prévisions des ventes pour les sacs de la famille A

Mois	Produits alimentaires (Farine/Semoule....) (A)
Janvier	534024
Février	750167
Mars	1233691
Avril	990292
Mai	1755400
Juin	1638790
Juillet	1400472

Août	1200862
Septembre	1563320
Octobre	1873504
Novembre	1729500
Décembre	1813119

III.3.2. Application de la méthode des coefficients saisonniers avec prédiction annuelle linéaire

Estimation de la prévision globale de l'année 2025

Nous devons d'abord calculer la prévision pour l'année 2025. Pour ce faire, nous appliquons la méthode de régression linéaire afin de déterminer l'équation de la droite $y=at+b$ qui passe au mieux à travers le nuage de points formés par les ventes globales en 2023 et 2024. Nous avons utilisé le module d'utilitaire d'analyse sur Excel. Pour l'activer, aller à Fichier → Options → Compléments (menu à gauche) → Bouton « Aller » en bas → Cocher le complément **Utilitaire d'analyse** → Ok. Pour l'utiliser, accéder à l'onglet « Données », cliquer sur « Utilitaire d'analyse » et choisir « Régression ». Une fenêtre s'affiche, dans le premier champ, sélectionner les cellules contenant les demandes globales en 2023 et 2024, et dans le deuxième champ, sélectionner les cellules contenant les identifiants 1 et 2 relatifs aux années 2023 et 2024.

Cette opération permet de définir les valeurs a et b de l'équation de la régression linéaire recherchée.

Voici le résultat obtenu : $a = 4233458$ et $b = 8516380$

Ensuite, nous utilisons l'équation obtenue pour calculer la prévision globale de sacs A en 2025 :

$$P^{2025} = 3 \times 4233458 + 8516380 = 21216754$$

Calcul des coefficients saisonniers

$$C_m = \frac{\sum_{t=2023}^{2024} Vente_m^t}{\sum_{x=1}^{12} \sum_{t=2023}^{2024} Vente_x^t} \quad \forall m = 1, \dots, 12$$

Avec C_m : Coefficient saisonnier du mois m

CHAPITRE III : PRÉVISION DE LA DEMANDE POUR LA PLANIFICATION DE LA PRODUCTION

Formule de prévision

En utilisant l'indice d'importance de chaque mois (coefficients saisonniers) par rapport à l'année, ainsi que la prévision annuelle pour la troisième année (2025), nous déduisons les prévisions mensuelles de l'année 2025 (tableau III.5).

Tableau III. 5 : Prévision de ventes pour les périodes passées en utilisant la méthode des coefficients saisonniers avec prédiction annuelle linéaire pour les produits de la famille A

$Vente_x^t$	Année $t =$ 2023	Année $t =$ 2024	P_x^{2025}	$\sum_{t=2023}^{2024} Vente_x^t$	C_x	
				Totaux		
1	534024	1584430	1511671	2118454	0,071249	
2	656006	1105431	1256913	1761437	0,059242	
3	1060603	1211462	1621284	2272065	0,076415	
4	756192	935850	1207395	1692042	0,056908	
5	1464173	1322640	1988594	2786813	0,093728	
6	1326789	1656037	2128463	2982826	0,10032	
7	1046755	1280280	1660509	2327035	0,078264	
8	816975	1318000	1523460	2134975	0,071805	
9	1133376	1597734	1948846	2731110	0,091854	
10	1399669	1609732	2147427	3009401	0,101214	
11	1236961	1414230	1891818	2651191	0,089166	
12	1318315	1947470	2330375	3265785	0,109837	MAPE
Totaux	12749838	16983296	21216754	29733134		0,08

III.4. Prévision des ventes en 2025 pour la famille B des sacs des produits alimentaires du bétail

Nous avons appliqué les mêmes méthodes de prévision et nous avons suivi les mêmes étapes pour la prévision des ventes en 2020 pour les sacs des produits alimentaires du bétail.

III.4.1. Résultats obtenus par la méthode de Holt-Winter additif après l'optimisation des coefficients

Tableau III. 6 : Prévision de ventes pour les périodes passées en utilisant la méthode du lissage exponentiel Holt-Winter additif pour les produits de la famille B après l'optimisation des coefficients

Mois	Demandes	Prévision	a(t)	b(t)	C(t)	MAPE
1	431309				-168061	
2	349020				-250350	
3	611390				12019,75	
4	571492				-27878,3	
5	550874				-48496,3	
6	586005				-13365,3	
7	540558				-58812,3	
8	658727				59356,75	
9	566529				-32841,3	
10	728224				128853,8	
11	822802				223431,8	
12	775513		599370,3	0	176142,8	
13	844240	431309	1012301	0	-168061	0,489116
14	1065099	761951	1315449	0	-250350	0,28462
15	1089890	1327469	1077870	0	12019,75	0,217984
16	862884	1049992	890762,3	0	-27878,3	0,21684
17	741723	842266	790219,3	0	-48496,3	0,135553
18	814316	776854	827681,3	0	-13365,3	0,046004
19	1202469	768869	1261281	0	-58812,3	0,360591
20	1403714	1320638	1344357	0	59356,75	0,059183
21	1163321	1311516	1196162	0	-32841,3	0,12739
22	1602965	1325016	1474111	0	128853,8	0,173397
23	1516930	1697543	1293498	0	223431,8	0,119065
24	1504594	1469641	1328451	0	176142,8	0,023231
					MAPE	0,187748

III.4.2. Résultats obtenus par la méthode des coefficients saisonniers avec prédiction annuelle linéaire

Tableau III. 7 : Prévision de ventes pour les périodes passées en utilisant la méthode des coefficients saisonniers avec prédiction annuelle linéaire pour les produits de la famille B

$Vente_x^t$	Année $t = 2023$	Année $t = 2024$	P_x^{2025}	$\sum_{t=2023}^{2024} Vente_x^t$		
				Totaux	C_x	
1	431309	844240	1240768	1275549	0,060727	

CHAPITRE III : PRÉVISION DE LA DEMANDE POUR LA PLANIFICATION DE LA PRODUCTION

2	349020	1065099	1375560	1414119	0,067324	
3	611390	1089890	1654890	1701280	0,080996	
4	571492	862884	1395264	1434376	0,068289	
5	550874	741723	1257351	1292597	0,061539	
6	586005	814316	1362138	1400321	0,066667	
7	540558	1202469	1695499	1743027	0,082983	
8	658727	1403714	2006204	2062441	0,09819	
9	566529	1163321	1682681	1729850	0,082356	
10	728224	1602965	2267623	2331189	0,110985	
11	822802	1516930	2275934	2339732	0,111391	
12	775513	1504594	2217934	2280107	0,108553	MAPE
Totaux	7192443	13812145	20431847	21004588		0,057

III.5.Sélection de la meilleure méthode de prévision

L'évaluation de la performance des deux méthodes de prévision pour les deux familles des produits A et B repose sur la métrique MAPE. Nous rappelons les valeurs MAPE obtenues en utilisant les deux méthodes de prévision par rapport aux de familles du sac dans le tableau ci-dessous :

Tableau III. 8 : Les résultats de MAPE

MAPE	Coefficients saisonniers avec prédiction annuelle linéaire	Lissage exponentiel de Holt-Winters additif
Sacs pour les produits alimentaires (A)	8 %	15 %
Sacs pour les produits alimentaires du bétail (B)	5.7 %	18 %

L'analyse comparative des différentes méthodes de prévision montre que la méthode des coefficients saisonniers donne les prévisions la plus proches globalement aux ventes passées et cela pour les deux familles de produits étudiées A et B avec des MAPE respectifs de 8 % et 5.7 %, traduisant une précision satisfaisante et une bonne capacité d'adaptation aux variations saisonnières observées.

III.6. Résultat de prévisions de ventes pour l'année 2025 en utilisant la méthode du Coefficients saisonniers avec prédiction annuelle linéaire

Tableau III. 9 : Prévisions des ventes pour les sacs des produits alimentaire (A)

Mois 2025 par famille	Produits alimentaires (Farine/Semoule....)
Janvier	1511671
Février	1256913
Mars	1621284
Avril	1207395
Mai	1988594
Juin	2128463
Juillet	1660509
Août	1523460
Septembre	1948846
Octobre	2147427
Novembre	1891818
Décembre	2330375

Tableau III. 10 : Prévisions des ventes pour les sacs de la famille B

Mois 2025 par famille	Produits aliment bétail
Janvier	1240768
Février	1375560
Mars	1654890
Avril	1395264
Mai	1257351
Juin	1362138
Juillet	1695499
Août	2006204
Septembre	1682681
Octobre	2267623
Novembre	2275934
Décembre	2217934

III.7. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons appliqué une méthodologie quantitative rigoureuse afin d'établir les prévisions de ventes pour l'année 2025 au sein de l'entreprise CONCEPT SAC, dans le but d'anticiper efficacement les besoins du marché. L'étude s'est basée sur l'analyse des données historiques des années 2023 et 2024, en se concentrant sur deux familles de produits : les sacs destinés aux produits alimentaires et ceux destinés à l'alimentation du bétail.

Deux méthodes de prévision ont été mises en œuvre : la méthode du lissage exponentiel de Holt-Winters additif et celle des coefficients saisonniers couplée à une régression linéaire annuelle. La précision de chaque méthode a été évaluée à l'aide de l'indicateur MAPE, permettant de mesurer l'écart moyen entre les ventes réelles et les prévisions exprimées en pourcentage.

Les résultats ont révélé que la méthode des coefficients saisonniers avec prédiction linéaire annuelle offre une meilleure précision, avec un MAPE de 8 % pour la famille A et de

CHAPITRE III : PRÉVISION DE LA DEMANDE POUR LA PLANIFICATION DE LA PRODUCTION

5,7 % pour la famille B, contre respectivement 15 % et 18 % pour la méthode de Holt-Winters. Ces résultats démontrent une capacité accrue à capter les tendances et les variations saisonnières dans les données de vente.

Les prévisions établies serviront ainsi de base pour la construction du plan industriel et du plan directeur de production, notamment pour les deux premières étapes clés de fabrication : l'extrusion et le tissage. Cette démarche contribuera à synchroniser au mieux les capacités productives avec la demande anticipée, réduisant les risques de surstock et de ruptures, et favorisant une gestion plus efficace des ressources.

CHAPITRE IV : ÉLABORATION DU PLAN INDUSTRIEL ET COMMERCIAL (PIC)

IV.1. Introduction

Dans le chapitre précédent, nous avons présenté les prévisions mensuelles de la demande pour l'année 2025, réparties en deux grandes familles de sacs : « sacs pour produits alimentaires » et « sacs pour produits alimentaires du bétail ». L'objectif de ce chapitre est de définir le plan industriel et commercial annuel permettant de répondre efficacement à ces prévisions globales.

Pour rappel, la section 4 du chapitre 2 a précisé que l'entreprise « CONCEPT SAC » est spécialisée dans la fabrication de sacs tissés de diverses tailles, structures et niveaux de finition. Cette diversité de produits impose une planification rigoureuse de la production, afin de garantir une réponse adaptée aux attentes des clients.

IV.2. Types de produits commandés et modes de production

En analysant l'historique des ventes, nous remarquons qu'elles sont très diversifiées. Le premier paramètre est la taille du sac. Nous distinguons quatre tailles différentes :

- Sac 1 : dimension 60 cm x 40 cm
- Sac 2 : dimension 83 cm x 50 cm
- Sac 3 : dimension 107 cm x 60 cm
- Sac 4 : dimension 107 cm x 62 cm

Les commandes des clients qui sont producteurs des produits alimentaires concernent les trois premiers types de sacs : 1, 2 et 3, alors les commandes des clients producteurs d'aliment du bétail concernent les deux derniers types : 3 et 4. A noter que les rouleaux de ces sacs de différentes dimensions sont obtenus dès la deuxième étape de production, à savoir : le tissage, avant de passer (selon la demande) à la lamination, l'impression et/ou la confection

Le deuxième paramètre concerne la lamination du sac. Certains clients demandent est ce que les sacs soient laminés. D'après l'historique des ventes, environ 35% des sacs finis vendus ont été demandées avec lamination.

Le troisième paramètre concerne l'impression de la marque et le design souhaité par le client sur les sacs. Certains clients producteurs d'aliments du bétail demandent des sacs sans impression. D'après l'historique des ventes, environ 85% des sacs finis vendus ont été demandés avec impression.

Le quatrième paramètre concerne l'existence du poignet, préféré pour les sacs de petits poids afin de faciliter la manutention au niveau des différentes entités de la chaîne logistique.

Pour résumé, nous pouvons dire que les produits finis appartiennent à l'une des catégories suivantes :

- Des sacs de différentes tailles qui passent par toutes les étapes de la production, à savoir : l'extrusion, le tissage, la lamination, l'impression et la confection.
- Des sacs de différentes tailles sans impression, qui passent par l'extrusion, le tissage, la lamination et la confection.
- Des sacs de différentes tailles non laminés qui passent par l'extrusion, le tissage, l'impression et la confection.
- Des sacs de différentes tailles non laminés et sans impression, qui passent seulement par l'extrusion, le tissage et la confection.

En analysant cette classification, nous constatons que tous les sacs vendus passent par les deux premières étapes de production, à savoir : l'extrusion et le tissage. Les produits semi-finis obtenus après le tissage sont tous des rouleaux de différentes dimensions. Notons par :

- Type R40 : rouleau de 40 cm de largeur et de 5000 mètres de longueur.
- Type R50 : rouleau de 50 cm de largeur et de 5000 mètres de longueur.
- Type R60 : rouleau de 60 cm de largeur et de 5000 mètres de longueur.
- Type R62 : rouleau de 62 cm de largeur et de 5000 mètres de longueur.
- Type R70 : rouleau de 70 cm de largeur et de 5000 mètres de longueur.

Après le tissage, les rouleaux prennent leur propre chemin en production en fonction des exigences des clients. A noter que les demandes pour les sacs de 70 cm de largeur résultantes des rouleaux R70 sont tous traitées par un sous-traitant externe. Ainsi, ces types de sacs ne sont pas considérés dans notre projet.

Afin de répondre au mieux aux exigences des clients, L'entreprise organise la production comme suit :

- Production en flux poussé concernant l'extrusion et le tissage en fonction des prévisions des ventes. Actuellement l'entreprise n'utilise aucune approche pour la planification. Pour assurer une planification optimale à ce stage, nous nous sommes basées sur l'approche MRP II afin d'établir le plan industriel et commercial (PIC) et le plan directeur de production (PDP) qui répondent au mieux aux prévisions de demandes établies dans le troisième chapitre.
- Production en flux tiré pour les étapes de la lamination, de l'impression et de la confection afin de répondre aux différentes personnalisées des clients. Plusieurs approches peuvent être utilisées pour ce type de production, comme la production juste-à temps et l'approche de la planification des besoins matières pilotée par la demande (DDMRP). Cette problématique sera traitée ultérieurement dans un futur travail.

IV.3. Notre contribution au niveau de la planification

Dans ce projet, nous abordons le problème de planification agrégée de la production en flux poussé, couvrant les étapes d'extrusion et de tissage. L'objectif est de déterminer un plan industriel en rouleaux permettant de satisfaire les ventes prévues pour l'année 2025. Nous faisons l'hypothèse que les autres étapes de production (notamment la lamination, l'impression et la confection) sont absentes, et que les produits finis sont des rouleaux de différentes dimensions : R40, R50, R60 et R62, qui sont issus de l'étape du tissage.

Dans un premier temps, nous procéderons à une estimation approximative des besoins de production au niveau du tissage pour chaque type de rouleau (R40, R50, R60 et R62), en vue de répondre aux demandes globales des clients. Elle s'appuiera sur les prévisions de ventes pour 2025 (tableaux III.9 et III.10) ainsi que sur la répartition des production/ventes par type de rouleau observée au cours des deux dernières années. Rappelons que les types de rouleau différent par leur largeur (40 cm, 50 cm, 60 cm ou 62 cm).

Ensuite, conformément au principe de la planification agrégée, nous définirons une unité équivalente commune pour les quatre types de rouleaux, permettant de convertir les prévisions spécifiques de chaque modèle en une mesure unique.

Enfin, nous établirons le plan industriel global en unité équivalente, en tenant compte les capacités de production de l'extrudeuse et de l'atelier de tissage, ce dernier étant constitué de 50 machines.

IV.4. Calcul du besoin en termes des différents types de rouleaux

Le tableau IV.1 synthétise les prévisions mensuelles agrégées des ventes pour l'année 2025. Cette visualisation macroscopique constitue le fondement de la planification stratégique, offrant une perspective holistique de l'activité commerciale anticipée.

Tableau IV. 1 : Prévision globale des ventes en 2025

P_x^{2025}	Prévision des ventes globales en 2025 (sac)
Janvier	2752439
Février	2632473
Mars	3276174
Avril	2602659
Mai	3245945
Juin	3490601
Juillet	3356008
Août	3529664
Septembre	3631527
Octobre	4415050
Novembre	4167751
Décembre	4548310

IV.4.1. Estimation des pourcentages des ventes par taille

Le tableau IV.2 établit la répartition proportionnelle en pourcentage du volume commercial global entre les différentes tailles de sacs. Cette quantification relative permet d'optimiser l'allocation des ressources productives en fonction du poids commercial de chaque référence.

Pour estimer les pourcentages de vente par taille (largeur) de sacs, nous avons procédé à une analyse comparative des données de volumes commerciaux pour les années 2023 et 2024. Pour chaque taille de produit, nous avons calculé sa part proportionnelle par rapport au volume total de ventes pour chacune des deux années. Ensuite, nous avons pris la moyenne de ces deux proportions afin d'obtenir une estimation représentative et équilibrée du poids commercial de chaque catégorie pour l'année 2025.

Tableau IV. 2 : Estimation des pourcentages des ventes par taille des sacs

PR_x^T	Sacs alimentaires (40 cm)	Sacs alimentaires (50 cm)	Sacs alimentaires (60 cm)	Sacs d'aliment du bétail (60 cm)	Sacs d'aliment du bétail (62 cm)
Janvier	8,8	31,1	10,2	30,3	19,7
Février	9,8	30,1	10,2	29,1	20,9
Mars	9,4	29,6	11	28,1	21,9
Avril	9,2	29,2	11,6	27	23
Mai	8	35	7,1	26,7	23,3
Juin	8,8	32,5	8,8	26,6	23,4
Juillet	7,5	37,2	5,2	24,9	25,1
Août	9,1	27,8	13,1	24,7	25,3
Septembre	9,7	33,6	6,7	24,5	25,5
Octobre	10,2	35,2	4,6	23,3	26,7
Novembre	17,6	27,9	4,5	22,6	27,4
Décembre	9,3	35,8	4,9	22	27

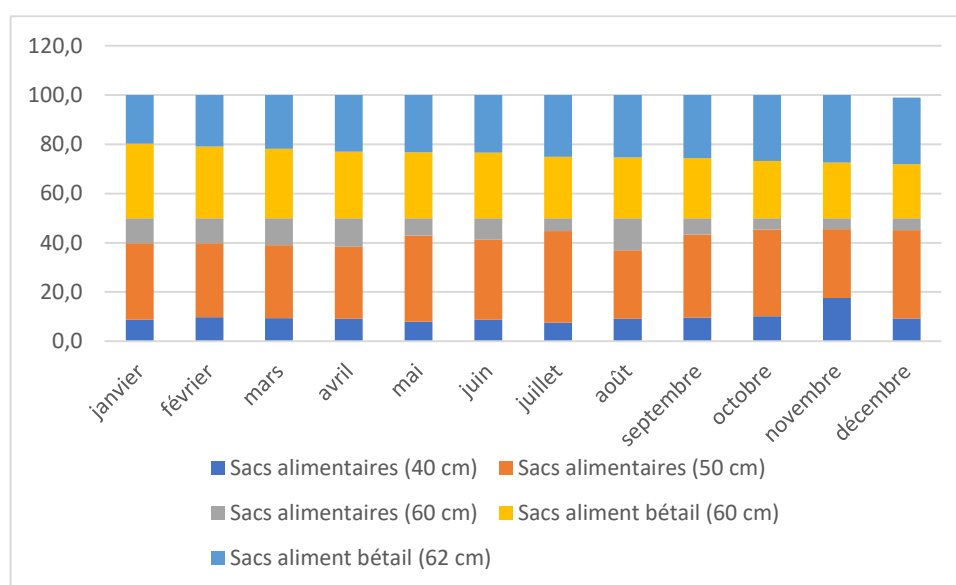


Figure IV. 1 : Histogramme des pourcentages des ventes par rapport à la taille des sacs

La figure IV.1 et le tableau IV.2 montrent que les prévisions des ventes pour les sacs alimentaires de 50 cm dominent l'année, atteignant un pic notable en juillet (37.2 %). Les ventes pour les sacs d'aliments du bétail et les produits alimentaires de 60 cm représentent la majeure partie de la production annuelle, bien qu'il enregistre une tendance à la baisse au fil des mois. Le format 40 cm connaît une forte augmentation en novembre (17.6 %), tandis que les autres formats, notamment le 62 cm, restent globalement stables, avec une légère hausse observée en fin d'année.

IV.4.2. Prévision des ventes par taille (unité : sac)

Le tableau IV.3 traduit les prévisions commerciales en unités opérationnelles (sacs), constituant ainsi le lien tangible entre la planification commerciale et les impératifs logistiques et productifs. Cette conversion volumétrique est fondamentale pour la planification des capacités.

Tableau IV. 3 : Prévision des ventes par taille (unité : sac)

P_x^T	Produits alimentaires (40 cm)	Produits alimentaires (50 cm)	Produits alimentaires (60 cm)	Sacs d'aliment du bétail (60 cm)	Sacs d'aliment du bétail (62 cm)
Janvier	241464	855079	279675	833188	543030
Février	257238	791122	267876	765774	550462
Mars	307861	971045	359180	922089	715997
Avril	238972	759470	302887	701645	599684
Mai	259045	1134984	228943	867775	755196
Juin	306174	1133285	305841	929381	815918
Juillet	252874	1249531	175598	835923	842080
Août	320919	982163	461748	870284	894547
Septembre	350822	1220569	244371	888035	927727
Octobre	449899	1555345	202280	1026873	1180652
Novembre	732546	1162601	188728	941425	1142450
Décembre	420753	1629714	223687	998866	1229805

Pour déterminer les ventes prévues par taille, par exemple, pour les sacs alimentaires de 40 cm de largeur pour le mois de juin 2025, on applique la formule suivante :

$$P_6^{A:R40} = \frac{1}{100} \cdot P_6^{2025} \cdot PR_6^{A:R40}$$

Avec :

- $P_6^{A:R40}$: ventes prévues pour les sacs Alimentaires de 40 cm de largeur en juin 2025
- $PR_6^{A:R40}$: % des ventes prévues pour les sacs Alimentaires de 40 cm en juin 2025.
- P_6^{2025} : ventes prévues globales en juin 2025.

Application :

$$P_6^{A:R40} = \frac{1}{100} \cdot 3490601 \cdot 8.8 = 306174 \text{ sacs}$$

Ainsi, les ventes prévues pour les sacs alimentaires de 40 cm en mois de juin 2025 est estimé à 306174 sacs.

IV.4.3. Prédiction de la production brute des sacs par taille

Afin de répondre aux ventes prévues calculées dans la section précédente, nous devons prendre en considération, dans le calcul du plan de production, le taux de déchets habituel au niveau de l'usine qui est estimé à 3% au niveau de toute l'usine.

Prenons le même exemple des sacs alimentaire de 40 cm. Afin d'assurer la vente prévue de 241464 sacs en mois de juin 2025, nous devons planifier une production de :

$$X_6^{A:R40} = P_6^{A:R40} + P_6^{A:R40} \times 0.03$$

Avec :

- $X_6^{A:R40}$: production prévue pour les sacs Alimentaires de 40 cm de largeur en juin 2025
- $P_6^{A:R40}$: ventes prévues pour les sacs Alimentaires de 40 cm de largeur en juin 2025

Application :

$$X_6^{A:R40} = 306174 + 306174 \times 0.03 = 315359$$

Ainsi, la production prévisionnelle pour les sacs alimentaires de 40 cm en mois de juin 2025 est estimée à 315359 sacs.

Les résultats de cette étape sont présentés dans le tableau IV.4 qui intègre les paramètres de rendement industriel, notamment le taux de déchet anticipé (estimé à 3%), pour établir les volumes de production bruts nécessaires à la satisfaction de la demande commerciale prévue. Cette correction technique est essentielle à l'adéquation entre les objectifs commerciaux et les contraintes industrielles.

Tableau IV. 4 : Prédiction de la production brute des sacs par taille

Mois 2025	Produits alimentaires (40 CM)	Produits alimentaires (50 CM)	Produits alimentaires (60 CM)	Produits aliment bétail (60 CM)	Produits aliment bétail (62 CM)
Janvier	248708	880732	288066	858184	559322
Février	264956	814856	275912	788747	566976
Mars	317097	1000177	369956	949752	737477
Avril	246141	782254	311974	722695	617675
Mai	266817	1169033	235811	893809	777853
Juin	315359	1167284	315016	957263	840396
Juillet	260461	1287017	180866	861001	867343
Août	330547	1011628	475601	896393	921384
Septembre	361347	1257186	251703	914677	955560

Octobre	463396	1602005	208349	1057679	1216071
Novembre	754523	1197479	194390	969668	1176723
Décembre	433376	1678606	230398	1028833	1266699

IV.4.4. Prévion de tissage par type de rouleau

Le tableau IV.5 présente la conversion des besoins de production brute (en sac) en besoins de tissage (en rouleau). L'objectif est de connaître la quantité brute des rouleaux à produire pour chaque type (R40, R50, R60 et R62). Rappelons que ces rouleaux seront obtenus après l'étape du tissage. Les paramètres utilisés pour la conversion sont présentés dans le tableau IV.06.

Tableau IV. 5 : Quantité des rouleaux à tisser par taille

Mois 2025	R40	R50	R60	R60 (Aliment bétail)	R62 (Aliment bétail)	Somme - Production souhaitée en UE R60
Janvier	30	146	62	184	120	537
Février	32	135	59	169	121	512
Mars	38	166	79	203	158	641
Avril	30	130	67	155	132	511
Mai	32	194	50	191	166	631
Juin	38	194	67	205	180	680
Juillet	31	214	39	184	186	651
Août	40	168	102	192	197	697
Septembre	43	209	54	196	205	703
Octobre	56	266	45	226	260	848
Novembre	91	199	42	208	252	782
Décembre	52	279	49	220	271	868

Tableau IV. 6 : Paramètres techniques des rouleaux

Type de rouleau (T)	R40	R50	R60	R62
Longueur des rouleaux	5000 m			
Longueur des sacs obtenus après confection (M^T)	60 cm	83 cm	107 cm	107 cm
Largeur des sacs obtenus après confection (L^T)	40 cm	50 cm	60 cm	62 cm
Nombre total de sacs obtenus par rouleau après la confection (NS^T)	8333	6024	4672	4672
Consommation de la matière première pour obtenir le fil équivalent à un rouleau (KG) pendant l'extrusion	126	157.5	189	195.3
Durée de tissage par rouleau (h) (DT^T)	34	40	42	45

Exemple de calcul de la quantité des rouleaux R40 à tisser en mois de juin

$$XR_6^{R40} = \frac{X_6^{A:R40}}{NS^{R40}}$$

Avec :

- XR_6^{R40} : quantité des rouleaux R40 à tisser en mois de juin 2025.
- $X_6^{A:R40}$: production prévue pour les sacs de 40 cm de largeur en juin 2025.
- NS^{R40} : Nombre total de sacs obtenus par rouleau après la confection d'un rouleau R40.

Application :

$$XR_6^{R40} = \frac{315359}{8333} = 38 \text{ rouleaux R40}$$

Ainsi, le tissage prévisionnel des rouleaux R40 pour le mois de juin 2025 est estimée à 38 rouleaux.

Calcul de la quantité mensuelle à tisser en unité équivalente : rouleaux R60

En se basant sur l'avantage de l'agrégation proposé par la méthode MRP II au niveau de la planification industrielle et commerciale à moyen terme, nous avons choisi le rouleau R60 comme unité équivalente et nous avons converti toutes les quantités réelles des rouleaux à tisser en cette unité équivalente, ce qui permet de faciliter le processus de planification.

Par exemple : le tissage de $XR_6^{R40} = 38$ rouleaux de type R40 en moins de juin 2025 est l'équivalent de tissage de :

$$\frac{DT^{R60} \cdot XR_6^{R40}}{DT^{R40}} = \frac{42 \cdot 38}{34} \approx 31 \text{ rouleaux R60}$$

Après la conversion pour chaque type de rouleau et pour chaque période, nous avons calculé la somme des résultats par période. Les résultats de cette sommation sont présentés dans la dernière colonne du tableau IV.05. Ces résultats sont représentés par : XI_m^{UE} .

Par exemple :

$$XI_6^{UE} = \frac{DT^{R60} \cdot XR_6^{R40}}{DT^{R40}} + \frac{DT^{R60} \cdot XR_6^{R50}}{DT^{R50}} + \frac{DT^{R60} \cdot XR_6^{R60}}{DT^{R60}} + \frac{DT^{R60} \cdot XR_6^{R62}}{DT^{R62}}$$

$$XI_6^{UE} = \frac{42 \cdot 38}{34} + \frac{42 \cdot 194}{34} + \frac{42 \cdot (67 + 205)}{34} + \frac{42 \cdot 180}{34}$$

$$XI_6^{UE} = 680$$

Ceci dit que le tissage de 38 rouleaux R40, 194 rouleaux R50, 272 rouleaux R60 et 180 rouleaux R62 en mois de juin est équivalent au tissage de 680 rouleaux R60 (UE).

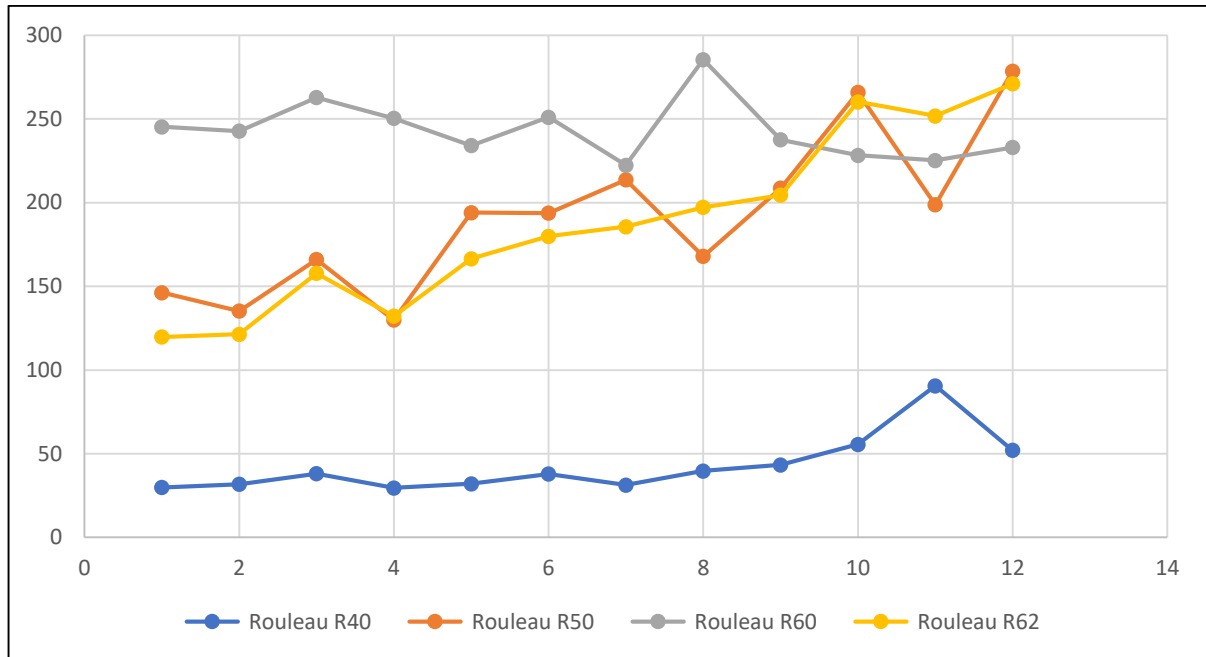


Figure IV. 2 : Quantités des rouleaux à tisser par type

Les demandes prévues pour les rouleaux R50, R60 et R62 seront les plus élevées, avec des pics en mars, octobre et décembre. Le rouleau R40 connaîtra une forte augmentation en novembre. Globalement, tous les formats voient leur demande augmenter en fin d'année, reflétant une anticipation de la saisonnalité.

IV.5. Comparaison entre la capacité des ateliers d'extrusion et du tissage et la charge imposée par la production souhaitée par moi

Nous avons estimé le nombre d'heures travaillées par jour (*NHJ*) à 20 heures avec quatre heures d'arrêt : une heure de pause par équipe et une heure au maximum de retard de démarrage des équipes.

Tableau IV. 7 : Comparaison entre la capacité de l'atelier du tissage et la charge du travail imposée par la production souhaitée

Mois 2025	Nbre de jours travaillés par mois	Capacité mensuelle en nombre d'heures totales de l'atelier du tissage	Capacité mensuelle de la tisseuse en UE R60	Somme - Production souhaitée en UE R60	Charge %	Nbre des équipes par jours
Notation	$NJM_m^{E/L}$	$NHM^m = NJM_m^{E/L} \cdot 50 \cdot NHJ$	$C_m^{Tis/UE} = \frac{NHM^m}{DT^{R60}}$	XI_m^{UE}	$\frac{XI_m^{UE}}{C_m^{Tis/UE}}$	NEJ_m^{Tis}
	Donnée	Donnée	Donnée	Donnée	Donnée	Décision
Janvier	31	31000	738	537	73	3

Février	28	28000	667	512	77	3
Mars	31	31000	738	641	87	3
Avril	30	30000	714	511	71	3
Mai	31	31000	738	631	85	3
Juin	30	30000	714	680	95	3
Juillet	31	31000	738	651	88	3
Août	31	31000	738	697	94	3
Septembre	30	30000	714	703	98	3
Octobre	31	31000	738	848	115	3
Novembre	30	30000	714	782	109	3
Décembre	31	31000	738	868	118	3

IV.5.1. Calcul de la capacité de production (en UE R60) de l'extrudeuse par mois

– Données

- Consommation de la matière première polypropylène et carbonate de calcium sans arrêt (24h/24, 7j/7, 3 équipes) par l'extrudeuse : 4800 KG/jour.
- Taux utilisation maximal de l'extrudeuse : 90%.
- Longueur d'un rouleau R60 : 5000 m.
- Largeur d'un rouleau R60 : 0.6 m.
- Nombre de couche de tissu dans un rouleau : 2.
- Consommation de la matière première polypropylène et carbonate de calcium par une couche tissée de 1 m² : 31.5 g.

Exemple du mois de juin 2025 ($NJM_6^{E/L} = 30$ jours)

– Calcul

- Consommation maximale de la matière première polypropylène et carbonate de calcium sans arrêt (24h/24, 7j/7, 3 équipes) par l'extrudeuse en mois de juin :

$$4800 \times 0.9 \times 30 = 129600 \text{ KG}$$

- Superficie d'un rouleau R60 :

$$5000 \times 0.6 = 3000 \text{ m}^2$$

- Consommation de la matière première polypropylène et carbonate de calcium par un rouleau R60 :

$$\frac{3000 \times 2 \times 31.5}{1000} = 189 \text{ KG}$$

– **Résultat**

- Capacité de production (en UE R60) de l'extrudeuse par mois :

$$C_6^{Ext/UE} = \frac{129600}{189} \approx 686 \text{ rouleaux R60}$$

La figure IV.03 montre que la production souhaitée dépasse la capacité maximale des ateliers d'extrusion et du tissage à partir du mois de septembre 2025, avec un pic de 868 rouleaux UE en octobre (115 % de charge pour le tissage et 122% pour l'extrusion). Pourtant, les deux ateliers sont prévus de travailler avec un régime permanent 7j/7, 24h/j.

Tableau IV. 8 : Capacité et charge mensuelle de production souhaité de l'extrudeuse

Mois 2025	Nbre de jours travaillés par mois	Capacité mensuelle de l'extrudeuse en UE R60	Somme - Production souhaitée en UE R60	Charge %	Nbre des équipes par jours
Notation	$NJM_m^{E/L}$	$C_m^{Ext/UE}$	XI_m^{UE}	$\frac{XI_m^{UE}}{C_m^{Ext/UE}}$	NEJ_m^{Ext}
	Donnée	Donnée	Donnée	Donnée	Décision
Janvier	31	709	537	76	3
Février	28	640	512	80	3
Mars	31	709	641	90	3
Avril	30	686	511	74	3
Mai	31	709	631	89	3
Juin	30	686	680	99	3
Juillet	31	709	651	92	3
Août	31	709	697	98	3
Septembre	30	686	703	102	3
Octobre	31	709	848	120	3
Novembre	30	686	782	114	3
Décembre	31	709	868	122	3

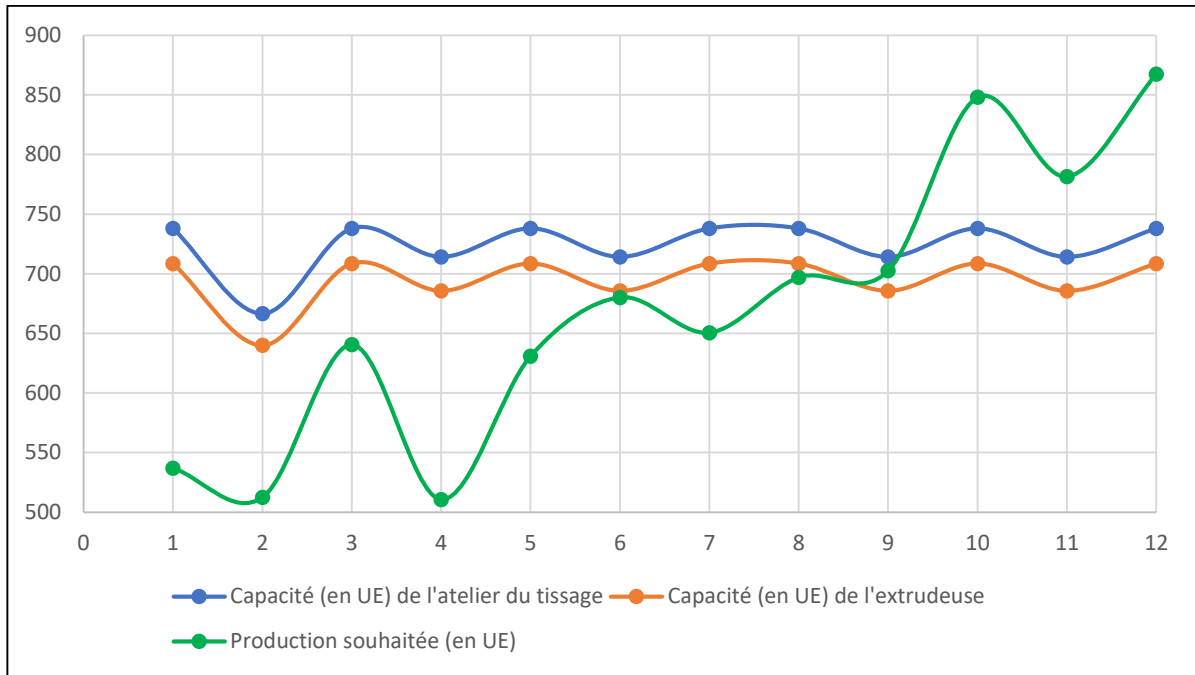


Figure IV. 3 : Capacité de l'extrusion et du tissage VS charge de production souhaité par mois

IV.5.2. Solutions proposées : Plan industriel pour l'extrusion et le tissage

En analysant les résultats de la section précédente, nous pouvons dire que la production ne doit pas dépasser la capacité globale des deux ateliers, exprimée par le minimum entre la capacité en UE de l'atelier du tissage et la capacité en UE de l'extrudeuse.

Le tableau IV.09 présente la surcapacité et la sous-capacité par mois.

Tableau IV. 9 : Périodes de surcapacité et de sous-capacité

Mois 2025	Capacité globale $\text{Min}(C_m^{\text{Tis}/\text{UE}}, C_m^{\text{Ext}/\text{UE}})$	Production souhaitée XI_m^{UE}	Surcapacité	Sous-capacité
Janvier	709	537	172	0
Février	640	512	128	0
Mars	709	641	68	0
Avril	686	511	175	0
Mai	709	631	78	0
Juin	686	680	5	0
Juillet	709	651	58	0
Août	709	697	12	0
Septembre	686	703	0	-17
Octobre	709	848	0	-140
Novembre	686	782	0	-96
Décembre	709	868	0	-159

Pour répondre aux besoins en production sans dépasser la capacité des ateliers, nous proposons deux solutions :

Première solution : Solution A

Nous profitons de la surcapacité des mois du janvier à aout pour régler le problème de la sous-capacité des mois d’octobre à décembre (production à l’avance). Ainsi le plan de production final devient comme suit :

Tableau IV. 10 : Plan industriel - Solution A1 (irréalisable)

Mois 2025	Capacité globale $Min(C_m^{Tis/UE}, C_m^{Ext/UE})$	Production – Solution A1 ($XF_m^{UE/A1}$)	Sur- capacit é	Sous- capacit é
Janvier	709	537	172	0
Février	640	512+15=527	128- 15=113	0
Mars	709	641+68=709	0	0
Avril	686	511+175=686	0	0
Mai	709	631+78=709	0	0
Juin	686	680+5=685	0	0
Juillet	709	651+58=709	0	0
Août	709	697+12=709	0	0
Septembr e	686	703-17=686	0	0
Octobre	709	848-140=709	0	0
Novembre	686	782-96=686	0	0
Décembre	709	868-159=709	0	0

Malheureusement, cette solution n’est plus réaliste, car nous sommes déjà à la fin du mois de mai 2025 au moment de la réalisation de ce projet. Elle aurait toutefois pu être pertinente si elle avait été mise en œuvre dès janvier 2025, à condition bien sûr de prendre en compte ses limites, notamment les coûts de stockage engendrés ainsi que les risques de détérioration, tels que les incendies, les nuisibles (rats, etc.), ou autres incidents.

Ce constat met en évidence l’importance stratégique de la planification à long terme, en particulier dans une industrie caractérisée par de fortes fluctuations de la demande. Une vision à long terme permet non seulement d’anticiper les périodes de sous-capacité ou de surcapacité, mais aussi d’optimiser les ressources, de réduire les coûts liés aux ajustements d’urgence et de mieux répondre aux exigences du marché en matière de délais, de qualité et de réactivité.

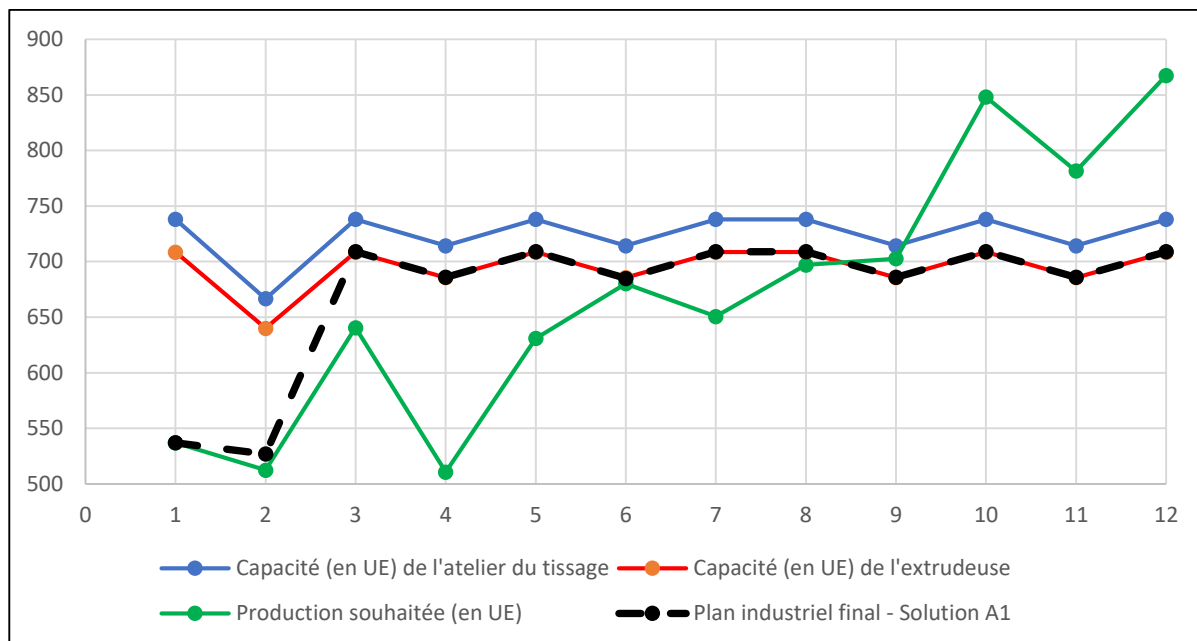


Figure IV. 4 : Plan industriel - Solution A1 (irréalizable)

Néanmoins, il est possible de tirer parti de la surcapacité observée durant les mois de juillet à août pour anticiper partiellement la production, et ainsi atténuer le problème de sous-capacité prévu entre septembre et décembre. La quantité restante en UE, non couverte par cette avance de production, pourrait être confiée à un sous-traitant. Les résultats de cette proposition sont présentés dans le tableau IV.11 et la comparaison entre la charge et la capacité est illustrée dans la figure IV.05.

Cependant, il faut toujours tenir en compte les coûts du stockage, les risques de détérioration, ainsi que la qualité des rouleaux produits par le sous-traitant. Ce dernier point est particulièrement crucial, car un recours à la sous-traitance peut entraîner des variations en termes de conformité, de performances techniques ou de durabilité des produits finis. Un contrôle de qualité rigoureux devra donc être mis en place pour garantir que les exigences techniques et les standards de l'entreprise soient respectés.

Tableau IV. 11 : Plan industriel - Solution A2

Mois 2025	Capacité globale $\text{Min}(C_m^{Tis/UE}, C_m^{Ext/UE})$	Production – Solution A2 $(XF_m^{UE/A2})$	Sur-capacité	Sous-capacité	Sous-traitance
Janvier	709	537	172	0	
Février	640	512	128	0	
Mars	709	641	68	0	
Avril	686	511	175	0	
Mai	709	631	78	0	
Juin	686	680+5=685	0	0	
Juillet	709	651+58=709	0	0	

Août	709	697+12=709	0	0	
Septembre	686	703-17=686	0	0	
Octobre	709	848-140=709	0	-82	82
Novembre	686	782-96=686	0	-96	96
Décembre	709	868-159=709	0	-159	159

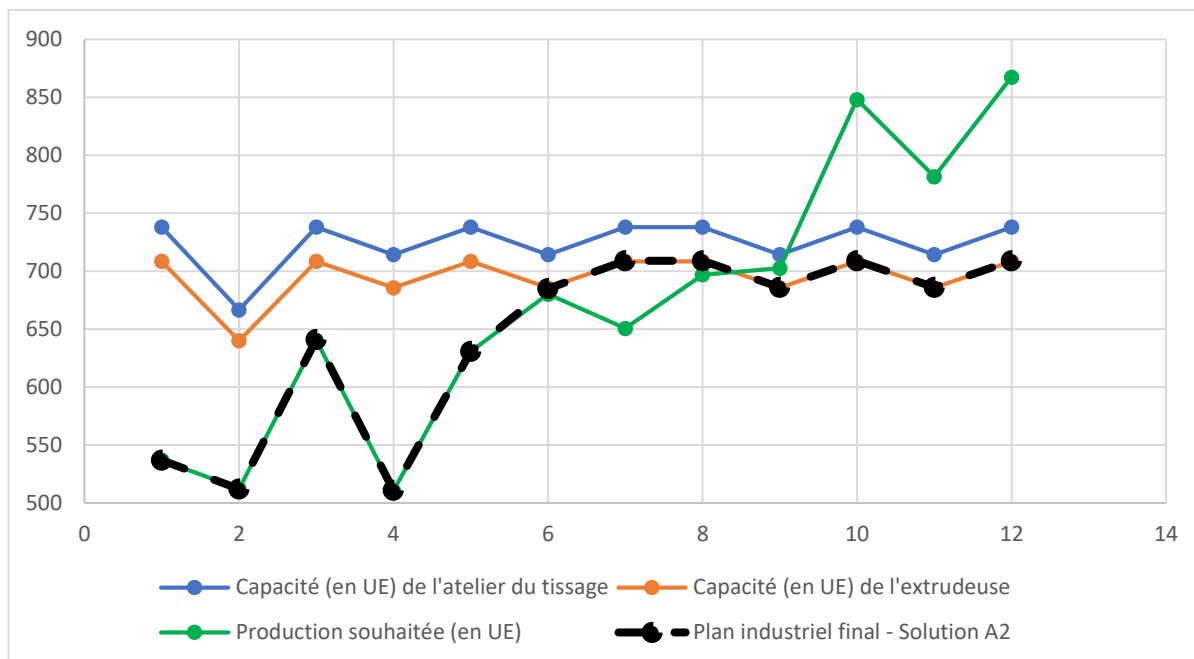


Figure IV. 5 : Plan industriel - Solution A2

Deuxième solution : Solution B

Deux approches sont envisageables pour compenser la sous-capacité enregistrée entre octobre et décembre. La première consiste à sous-traiter l'ensemble de la quantité manquante sur cette période. La seconde consisterait à ne sous-traiter que les besoins non couverts entre septembre et décembre, tout en anticipant la production des 17 rouleaux UE manquants pour le mois de septembre durant les mois de juillet et août. Cette solution permettrait d'éviter les démarches administratives et les procédures de contrôle de qualité associées à la sous-traitance pour une quantité aussi réduite de 17 rouleaux UE. Les résultats de cette dernière proposition sont présentés dans le tableau IV.12, et la comparaison entre la charge et la capacité est illustrée dans la figure IV.6.

Tableau IV. 12 : Plan industriel - Solution B

Mois 2025	Capacité globale $\text{Min}(C_m^{Tis/UE}, C_m^{Ext/UE})$	Production – Solution B $(XF_m^{UE/B})$	Sur-capacité	Sous-capacité	Sous-traitance
Janvier	709	537	172	0	
Février	640	512	128	0	
Mars	709	641	68	0	

Avril	686	511	175	0	
Mai	709	631	78	0	
Juin	686	680	5	0	
Juillet	709	651+5=656	53	0	
Août	709	697+12=709	0	0	
Septembre	686	703-17=686	0	0	0
Octobre	709	848-140=709	0	-140	140
Novembre	686	782-96=686	0	-96	96
Décembre	709	868-159=709	0	-159	159

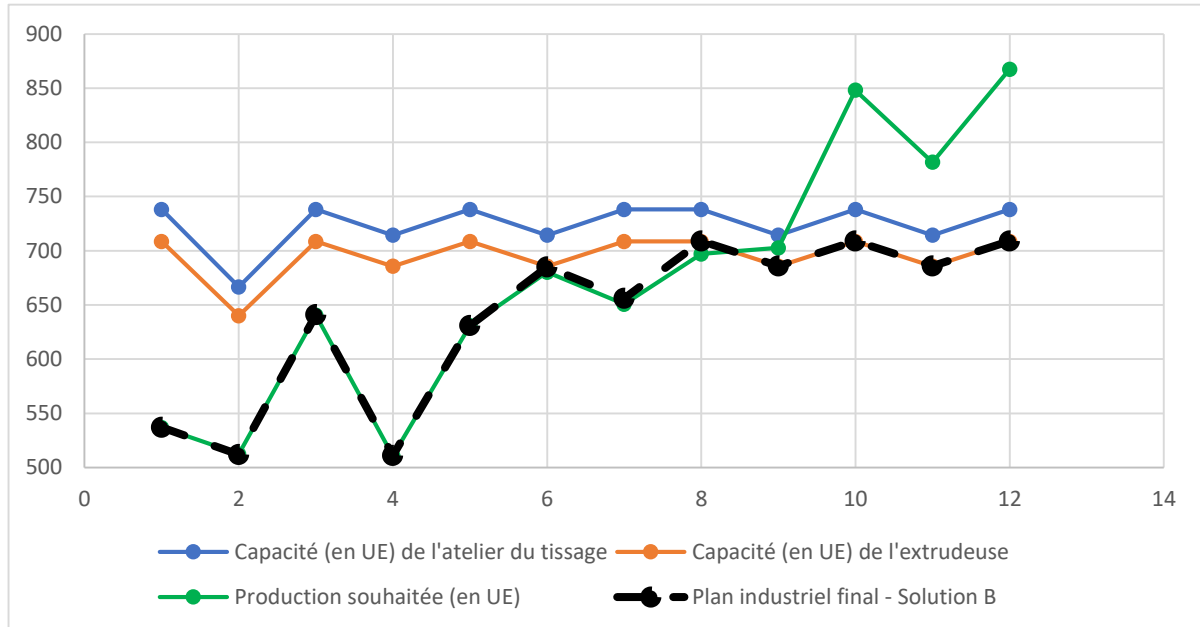


Figure IV. 6 : Plan industriel - Solution B

Deuxième solution : Solution C

Étant donné que la quantité manquante au mois de septembre est relativement faible (17 rouleaux), il est possible de puiser dans le stock de sécurité des rouleaux de type R60 afin d'éviter le recours à la sous-traitance durant ce mois. Pour les mois suivants, le recours à la sous-traitance demeure une solution pertinente. Il convient toutefois de reconstituer le stock de sécurité, même s'il n'a été que légèrement entamé. À cet effet, nous proposons de sous-traiter en octobre un total de 157 rouleaux UE (140 prévus + 17 destinés à reconstituer le stock). Cette approche souligne l'importance stratégique du stock de sécurité et son rôle clé dans la gestion des aléas liés à l'incapacité de production, aux défaillances ou aux problèmes de qualité.

Dans ce cas-là, la quantité de rouleaux en UE à produire par l'extrudeuse et les tisseuses dans les prochains mois sera comme suit :

$$XF_m^{UE} = \text{Min} \left(C_m^{Tis/UE}, C_m^{Ext/UE}, XI_m^{UE} \right), \quad \forall t \in \{6, \dots, 12\}$$

Les résultats de cette proposition sont présentés dans le tableau IV.13. La figure IV.7 illustre la comparaison entre la charge et la capacité d'extrusion et de tissage.

Tableau IV. 13 : Plan industriel final – Extrusion et tissage - Solution C (retenue)

Mois 2025	Capacité globale	Production – Solution C	Sur-capacité	Sous-capacité	Sous-traitance
m	$\text{Min}(C_m^{Tis/UE}, C_m^{Ext/UE})$	$XF_m^{UE/C}$			$XOUT_m^{UE/C}$
Janvier	709	537	172	0	
Février	640	512	128	0	
Mars	709	641	68	0	
Avril	686	511	175	0	
Mai	709	631	78	0	
Juin	686	680	5	0	
Juillet	709	651	58	0	
Août	709	697	12	0	
Septembre	686	703-17=686	0	-17	
Octobre	709	848-140=709	0	-140	157
Novembre	686	782-96=686	0	-96	96
Décembre	709	868-159=709	0	-159	159

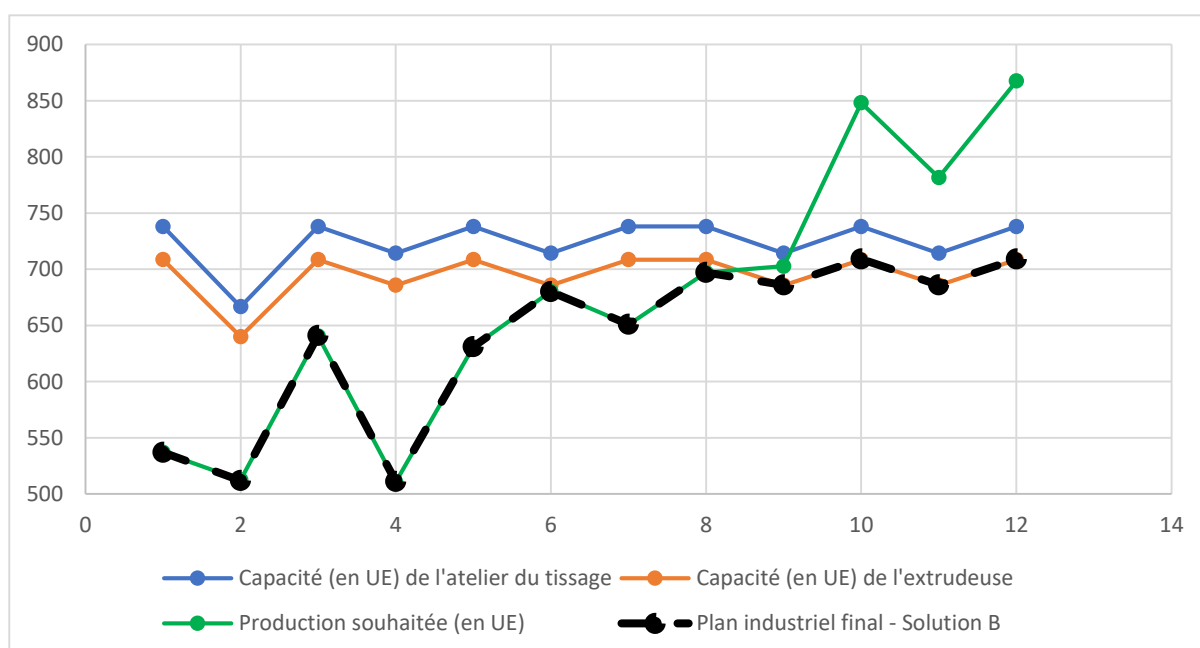


Figure IV. 7 : Plan industriel final – Extrusion et Tissage - Solution C (retenue)

Il convient de souligner que le choix entre ces différentes solutions relève de la responsabilité des dirigeants de l'entreprise « CONCEPT-SAC ». Cette décision devra s'appuyer sur une analyse approfondie des aspects économiques (coûts de production, de sous-traitance, de stockage, etc.) ainsi que des critères qualitatifs (conformité des produits, fiabilité des sous-traitants, impact sur la satisfaction client). Une évaluation multicritère permettra ainsi

d'identifier l'option la plus équilibrée et la mieux adaptée aux objectifs stratégiques de l'entreprise.

Nous formulons l'hypothèse que l'entreprise « CONCEPT-SAC » retient la solution C. Le chapitre 5 du projet qui suit concernant les plans directeurs de production sera donc élaboré en se basant sur cette option.

IV.5.3. Analyse des taux de charge mensuel prévu pour les ateliers de lamination, d'impression et de confection

Dans cette phase finale, une analyse comparative approfondie a été réalisée entre la production mensuelle souhaitée en unités équivalente (notée XI_m^{UE}), nécessaire pour satisfaire l'ensemble des commandes prévues, et la capacité mensuelle disponible des trois ateliers en aval de la chaîne de production : lamination, impression et confection.

Cette étape joue un rôle clé dans la validation de la faisabilité globale du Plan industriel et le plan de la sous-traitance de Production, en s'assurant que les flux de production prévus peuvent être absorbés par les ateliers sans risque de saturation ni de surcharge.

Pour rappel, la quantité de rouleaux en UE issue du plan industriel final retenu pour les étapes d'extrusion et de tissage, notée $XF_m^{UE/C}$, est regroupée avec la quantité sous-traitée $XOUT_m^{UE/C}$ dans le stock tampon situé après l'étape de tissage. C'est à partir de ce stock que chaque rouleau est orienté vers sa destination finale, conformément au schéma de la ligne de production présenté dans la figure II.16.

L'ensemble de ces produits constitue la quantité XI_m^{UE} , représentant la production mensuelle souhaitée, planifiée pour couvrir les besoins des clients. Par conséquent, la charge considérée (avec ou sans pondération) pour les ateliers de lamination, impression et confection est directement déterminée par les quantités XI_m^{UE} .

Station de lamination

D'après l'historique des ventes, environ 35% des sacs sont demandés avec lamination. Ainsi, la quantité de rouleaux en UE concernée par la lamination correspond à $XI_m^{UE} \cdot 35\%$.

Etant donné la capacité théorique journalière de lamination : 8 rouleaux par jour, 8h/24. Prenons l'exemple du mois de juin 2025 (19 jours ouvrables), la capacité théorique mensuelle de lamination est : $8 \times 19 = 152$ rouleaux par mois, 8h/24.

Afin de satisfaire la charge de lamination prévue, nous proposons de faire fonctionner la machine de lamination en deux équipes par jour (soit 16 heures sur 24), en tenant compte uniquement des jours ouvrables. Ainsi, la capacité de lamination en juin par exemple ($NJM_6^{Lam} = 19$ jours) devient comme suit :

$$8 \times 2 \times 19 = 304 \text{ rouleaux UE}$$

Le tableau IV.14 présente la capacité mensuelle de l'atelier de lamination, la quantité mensuelle des rouleaux en UE à laminier, le nombre de jours de fonctionnement par mois ainsi que le nombre d'équipes exploitées par jour.

Tableau IV. 14 : Capacité et charge de production mensuelle prévues de l'atelier de la lamination

Mois 2025	Nbre de jours travaillés par mois	Capacité mensuelle de lamineuse en rouleau UE	Production mensuelle globale souhaitée en rouleau UE	Production mensuelle prévue, concernée par lamination en rouleau UE	Charge %	Nbre des équipes par jours
Notation	NJM_m^{Lam}	$C_m^{Lam/UE}$	XI_m^{UE}	$XI_m^{UE} \cdot 35\%$	$\frac{XI_m^{UE} \cdot 35\%}{C_m^{Lam/UE}}$	NEJ_m^{Lam}
m	Donnée	Donnée	Donnée	Estimation	Donnée	Décision
Janvier	22	352	537	188	53	2
Février	20	320	512	179	56	2
Mars	19	304	641	224	74	2
Avril	22	352	511	179	51	2
Mai	21	336	631	221	66	2
Juin	19	304	680	238	78	2
Juillet	23	368	651	228	62	2
Août	22	352	697	244	69	2
Septembre	22	352	703	246	70	2
Octobre	23	368	848	297	81	2
Novembre	20	320	782	274	85	2
Décembre	23	368	868	304	83	2

Après l'analyse de la figure IV.8, nous pouvons dire que la station de lamination pourra facilement assurer la lamination de la quantité prévue des rouleaux concernés par cette opération, et ceci qu'avec deux équipes en jours ouvrables seulement (5j/7, 16h/24).

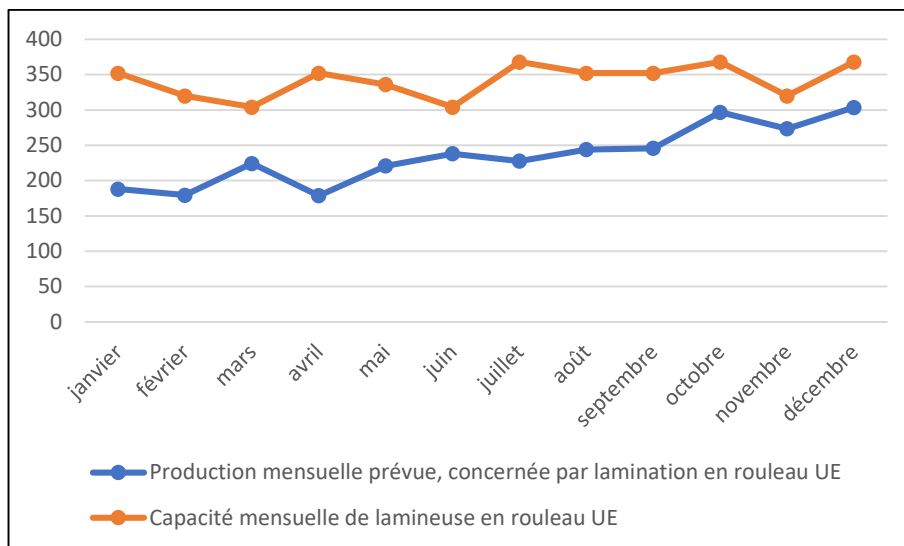


Figure IV. 8 : Charge de production prévue sur la station de lamination

Station d'impression

D'après l'historique des ventes, environ 85% des sacs sont demandés avec impression. Certaines commandes pour des sacs d'aliment du bétail sont exclues. Ainsi, la quantité de rouleaux en UE concernée par l'impression correspond à $XI_m^{UE} \cdot 85\%$.

Etant donné la capacité théorique journalière d'impression : 8 rouleaux par jour, 8h/24. Prenons l'exemple du mois de juin 2025 (19 jours ouvrables), la capacité théorique mensuelle d'impression est : $8 \times 19 = 152$ rouleaux par mois, 8h/24.

Afin de satisfaire la charge d'impression prévue, nous proposons de faire fonctionner la machine en trois équipes par jour (24h/24), jours ouvrables inclus. Ainsi, la capacité d'impression en juin par exemple ($NJM_6^{Imp} = 30$ jours) devient comme suit :

$$8 \times 3 \times 30 = 720 \text{ rouleaux UE}$$

Le tableau IV.15 présente la capacité mensuelle de l'atelier d'impression, la quantité mensuelle des rouleaux UE concernés par l'impression, le nombre de jours de fonctionnement par mois ainsi que le nombre d'équipes exploitées par jour.

Tableau IV. 15 : Capacité et charge de production mensuelle prévues de l’atelier d’impression

Mois 2025	Nbre de jours travaillés par mois	Capacité mensuelle de l’impression en rouleau UE	Production mensuelle globale souhaitée en rouleau UE	Production mensuelle prévue, concernée par l’impression en rouleau UE	Charge %	Nbre des équipes par jours
Notation	NJM_m^{Imp}	$C_m^{Imp/UE}$	XI_m^{UE}	$XI_m^{UE} \cdot 35\%$	$\frac{XI_m^{UE} \cdot 35\%}{C_m^{Imp/UE}}$	NEJ_m^{Imp}
m	Donnée	Donnée	Donnée	Estimation	Donnée	Décision
Janvier	31	744	537	456	61	3
Février	28	672	512	436	65	3
Mars	31	744	641	544	73	3
Avril	30	720	511	434	60	3
Mai	31	744	631	536	72	3
Juin	30	720	680	578	80	3
Juillet	31	744	651	553	74	3
Août	31	744	697	592	80	3
Septembre	30	720	703	597	83	3
Octobre	31	744	848	721	97	3
Novembre	30	720	782	664	92	3
Décembre	31	744	868	737	99	3

L’analyse de la figure IV.9 permet de conclure que la station d’impression est en mesure d’assurer la charge de travail prévue, à condition de fonctionner en continu, avec trois équipes par jour (24h/24), travaillant tous les jours du mois (7j/7).

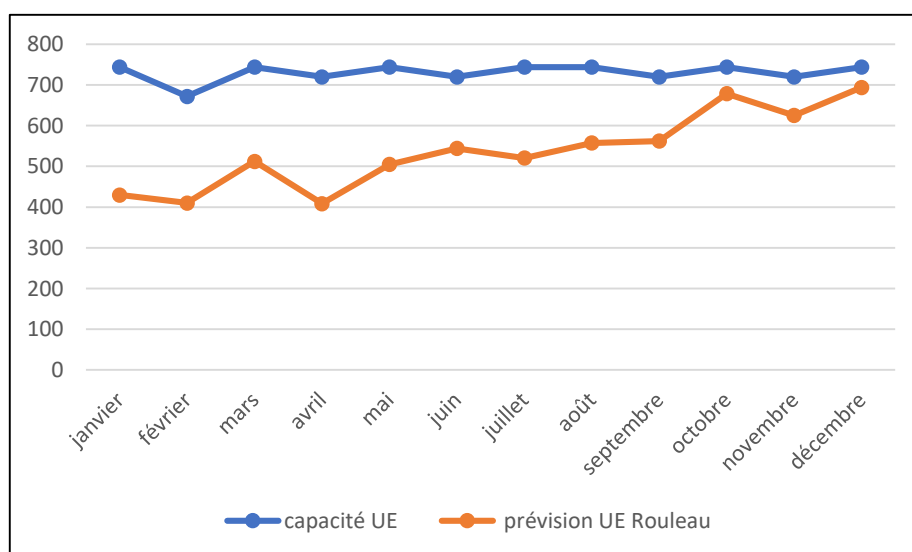


Figure IV. 9 : Charge de production prévue sur la station d’impression

Station de confection

Tous les rouleaux de tissus, laminés et non laminés, avec ou sans impression sont concernés par la confection. Etant donné la capacité théorique journalière de l’atelier de confection qui est composé de cinq machines : environ 8.91 rouleaux par jour, 8h/24. Prenons l’exemple du mois de juin 2025 (19 jours ouvrables), la capacité théorique mensuelle d’impression est : $8.91 \times 19 = 169$ rouleaux par mois, 8h/24.

Afin de satisfaire la charge de confection prévue, nous proposons de faire fonctionner la machine en trois équipes par jour (24h/24), jours ouvrables inclus. Ainsi, la capacité de confection en juin par exemple ($NJM_6^{Conf} = 30$ jours) devient comme suit :

$$8.91 \times 3 \times 30 \approx 803 \text{ rouleaux UE}$$

Le tableau IV.16 présente la capacité mensuelle, la quantité mensuelle des rouleaux UE prévues pour la vente, le nombre de jours de fonctionnement par mois ainsi que le nombre d’équipes exploitées par jour.

Tableau IV. 16 : Capacité et charge de production mensuelle prévues de l’atelier de confection

Mois 2025	Nbre de jours travaillés par mois	Capacité mensuelle de l’atelier de confection en rouleau UE	Production mensuelle globale souhaitée en rouleau UE	Charge %	Nbre des équipes par jours
Notation	NJM_m^{Conf}	$C_m^{Conf/UE}$	XI_m^{UE}	$\frac{XI_m^{UE} \cdot 35\%}{C_m^{Conf/UE}}$	NEJ_m^{Conf}
m	Donnée	Donnée	Donnée	Donnée	Décision
Janvier	31	829	537	65	3
Février	28	749	512	68	3
Mars	31	829	641	77	3
Avril	30	803	511	64	3
Mai	31	829	631	76	3
Juin	30	803	680	85	3
Juillet	31	829	651	78	3
Août	31	829	697	84	3
Septembre	30	803	703	88	3
Octobre	31	829	848	102	3
Novembre	30	803	782	97	3
Décembre	31	829	868	105	3

L'analyse des prévisions de production pour la station de confection aux mois d'octobre et de décembre 2025 (figure IV.10) met en évidence un dépassement de la capacité de l'atelier, bien que celui-ci soit prévu pour fonctionner en continu, soit 24h/24, 7j/7.

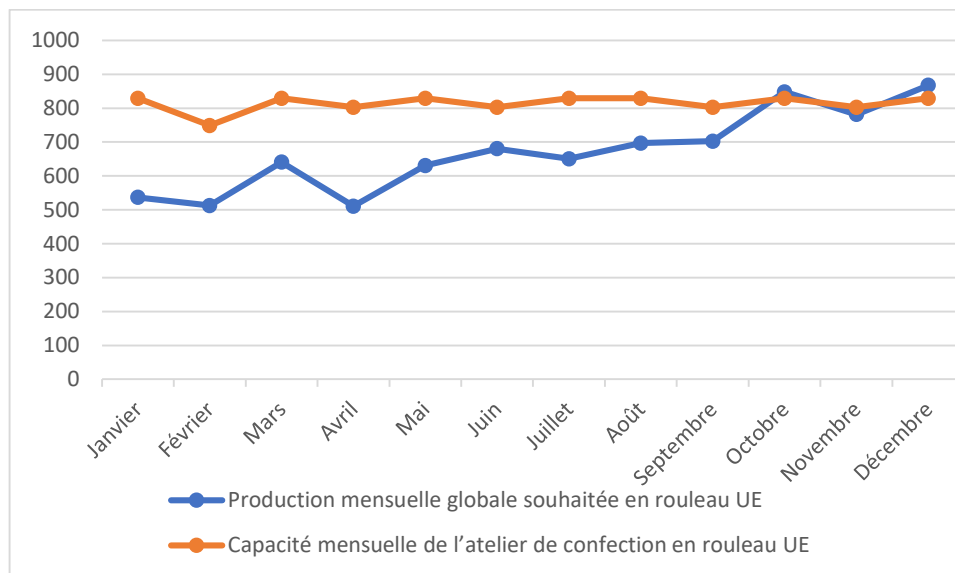


Figure IV. 10 : Charge de production prévue sur la station de confection

Dès le début de la réalisation de ce projet de fin d'études, le responsable de l'entreprise nous avait informés de son intention d'acquérir prochainement deux nouvelles machines de confection. Cette décision vient conforter la pertinence de nos prévisions et la justesse de nos calculs obtenus dans notre analyse, notamment en ce qui concerne la capacité insuffisante de l'atelier de confection pour répondre à la demande projetée.

En supposant que les deux nouvelles machines de confection soient livrées et installées avant le mois d'octobre, la figure IV.11 montre que la capacité de l'atelier serait alors suffisante pour répondre aisément à l'ensemble des commandes prévues aux mois d'octobre et de décembre.

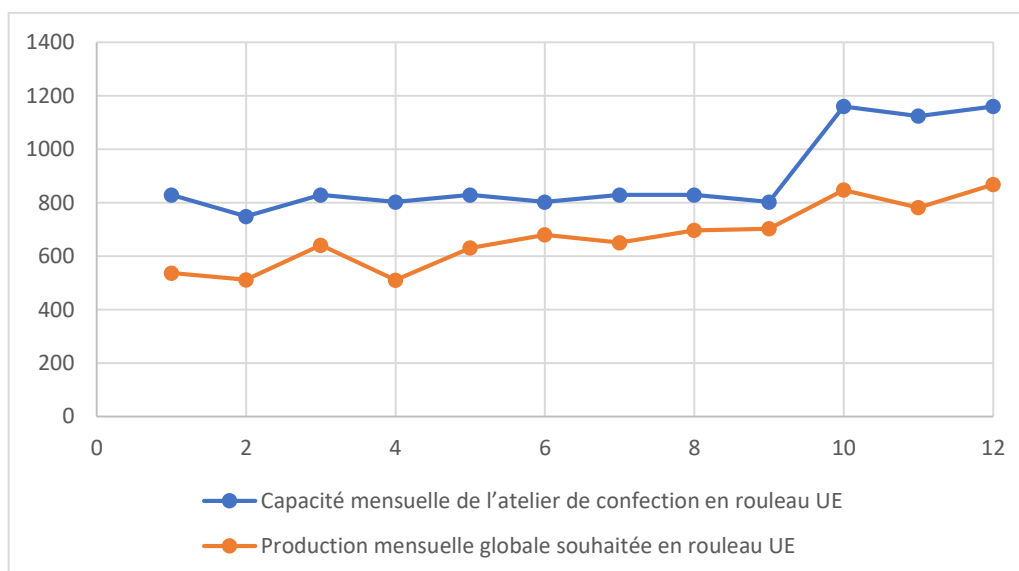


Figure IV. 11 : Charge de production prévue sur la station de confection après l'acquisition de deux machines

IV.6. Conclusion

Ce chapitre a conduit à l'élaboration d'un plan industriel et commercial (PIC) structuré et détaillé, répondant aux prévisions de la demande pour l'année 2025. En s'appuyant sur les données historiques de ventes et sur les caractéristiques spécifiques des produits finis, nous avons établi une planification rigoureuse des étapes de production en flux poussé, notamment l'extrusion et le tissage. L'introduction d'une unité équivalente (UE) a permis de regrouper les besoins selon les types de rouleaux, rendant ainsi la planification plus cohérente et plus facile à gérer.

L'analyse croisée entre la capacité des ateliers (extrusion, tissage, lamination, impression et confection) et les charges mensuelles projetées a mis en évidence des périodes de surcapacité et de sous-capacité. Pour pallier ces déséquilibres, plusieurs solutions industrielles ont été proposées, combinant anticipation de la production et recours à la sous-traitance. La solution C s'est avérée être un compromis pertinent entre faisabilité opérationnelle, optimisation des ressources et maîtrise des coûts.

Ce travail met en lumière l'importance d'une planification industrielle anticipée, fondée sur des données fiables et des outils méthodologiques adaptés, tels que le MRP II. Il constitue une base solide pour l'élaboration du Plan Directeur de Production (PDP), qui sera traité dans le chapitre suivant.

CHAPITRE V : ÉLABORATION DU PLAN DIRECTEUR DE PRODUCTION (PDP)

V.1. Introduction

Dans le chapitre précédent, nous avons établi le plan industriel et de la sous-traitance pour les deux ateliers d'extrusion et de tissage sur un horizon de 12 mois (année 2025). Dans ce chapitre, nous allons établir le Plan Directeur de Production (PDP) des quatre types de rouleau R40, R50, R60 et R62 au niveau de l'étape du tissage, ainsi que le PDP des bobines de fil au niveau de l'étape d'extrusion. Contrairement à une planification annuelle, la période considérée ici est plus courte et plus ciblée : elle couvre 10 semaines à partir du mois de juin 2025. Cette approche permet une meilleure réactivité face aux besoins opérationnels et une coordination fine des ressources de production pour les bobines de fil et les différentes références de rouleaux de tissu.

V.2. Prévisions de production/vente mensuelle et hebdomadaire par type de rouleau entre Juin et Aout

Le tableau V.1 rappelle les quantités des rouleaux à tisser par taille entre juin et Aout. Ce tableau a été extrait du tableau IV.05 de la section IV.4 du chapitre 4. Ces quantités représentent aussi le nombre de rouleaux qui correspondent aux ventes prévues en sac en cette période. L'analyse de ces quantités révèle une production fortement variable selon les types de rouleaux et les périodes :

Tableau V. 1 : Prévisions de production/vente mensuelles par type de rouleau entre Juin et Aout

Mois 2025	Juin	Juillet	Août
Rouleau largeur 40 CM (R40)	38	31	40
Rouleau largeur 50 CM (R50)	194	214	168
Rouleau largeur 60 CM (R60 UE)	272	223	294
Rouleau largeur 62 CM (R62)	180	186	197
Total en UE (R60)	680	651	697

Afin d'obtenir les prévisions hebdomadaires, nous avons réparti équitablement la prévision mensuelle de production de chaque type de rouleau (tableau V.1) sur quatre périodes par mois,

correspondant à quatre semaines de production. Le résultat de cette répartition approximatives est donné dans le tableau V.2.

Tableau V. 2 : Prévisions de production/vente hebdomadaires (PV) par type de rouleau entre Juin et Aout

Semaines : du juin à Aout	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
Rouleau R40	9	9	10	10	7	7	8	9	5	5
Rouleau R50	48	48	49	49	53	53	54	54	42	42
Rouleau R60	68	68	68	68	5	55	56	57	43	44
Rouleau R62	45	45	45	45	46	46	47	47	29	29

V.3. Plan Directeur de Production pour l'atelier du tissage

Le PDP multiproduits appliqué à une station industrielle permet d'assurer une cohérence entre la demande client, la capacité productive et les contraintes opérationnelles. Il constitue une brique fondamentale du pilotage industriel, garantissant l'utilisation optimale des ressources matérielles tout en répondant aux engagements commerciaux. L'analyse du plan hebdomadaire par type de produit met en évidence l'importance de l'équilibrage de charge et de la flexibilité de la planification face aux variations de la demande.

L'atelier de tissage dispose d'un parc de 50 machines. Afin d'établir le PDP de manière précise, ces machines seront réparties par type de rouleau à tisser, selon les données techniques et les besoins de production spécifiques à chaque type. Cette répartition nous permettra de déterminer la capacité disponible pour chaque produit et par période, et ainsi de planifier efficacement les quantités à produire dans le respect des contraintes de capacité.

V.3.1. Structure d'un tableau PDP

Un tableau PDP dans notre cas inclut, pour chaque type de rouleau et pour chaque semaine, les commandes fermes (CF), les prévisions restantes (PR), la quantité à lancer par semaine (PDP (début)), la quantité tissée finalisée (PDP (fin)), le stock disponible prévisionnel (DP), le nombre de machines utilisée pour ce type de rouleau en cette semaine, la capacité de production par machine, la capacité totale du tissage assurée par l'ensemble des machines affectées, la taille du lot, le stock initial (ST), le stock de sécurité (SS). Toutes ces informations, qui sont réparties entre données, décisions et résultats assurent une meilleure maîtrise de la planification, permettant ainsi une analyse ciblée et précise de la charge de travail et des ressources nécessaires.

Données

- **Les commandes fermes (CF)** : enregistrées par l'entreprise pour les semaines à venir. Elles sont connues pour les périodes proches de la date actuelle – fin de mai - (bon de commande et ordre d'achat) et qu'il y en a habituellement de moins en moins pour des semaines plus lointaines. Toutes ces commandes fermes consomment les prévisions de vente hebdomadaires (PV) du tableau V.2.
- **Prévision restante (PR)** : c'est la différence entre PV et CF. Elle correspond aux commandes que l'entreprise a encore prévu de recevoir. Il est évident qu'une entrée d'une valeur C dans la ligne des commandes fermes (CF) retranche C à la ligne des prévisions restantes (PR), c'est-à-dire $PV = CF + PR$. Si les commandes dépassent la prévision initiale correspondante (PV), une valeur nulle apparaîtra dans la ligne PR. Cette valeur nulle souligne ce dépassement et fait remarquer que l'entreprise ne s'attend pas à d'autres commandes puisque les commandes acceptées sont déjà supérieures aux prévisions.
- **Taille de lot** : Dans notre cas, un lot correspond à un (1) rouleau.
- **Délai de production** : Il correspond au temps nécessaire pour obtenir un lot. Une valeur nulle signifie que le lancement et la réception du lot ont lieu au cours de la même semaine.
- **Stock initial (ST)** : c'est le stock physique du type de rouleau concerné à la fin du mai.
- **Stock de sécurité (SS)** : C'est le seuil minimum du stock qu'on ne doit pas descendre au-dessous. C'est une quantité de réserve maintenue pour faire face aux incertitudes liées à la demande, aux délais d'approvisionnement ou à des pannes. Il permet d'éviter les ruptures de stock en cas d'imprévus.
- **Nombre de rouleau T par machine** : c'est la capacité de tissage d'une seule machine (en rouleau T).
- **Capacité totale des tisseuses affectées au rouleau T.**

Décisions

- **Les quantités à produire et leurs dates de lancement (PDP début) et de réception (PDP fin)** : la ligne PDP (fin) inclut une quantité disponible à la fin de la semaine. Dans notre cas, il s'agit d'ordres de tissage fermes lancés avant mais dans la même semaine.
- **Nombre de machines (tisseuses) utilisées** : c'est le nombre de tisseuses par semaine suffisant permettant de répondre aux prévisions de vente (CF+PR) du type de rouleau concerné.

Résultats

- **Le stock disponible prévisionnel (DP)** : est le stock physique réel auquel on retranche le stock de sécurité. Tout passage à zéro signifie donc un besoin en produit mais il en reste physiquement encore la valeur du stock de sécurité.

V.3.2. Plan directeur de production pour le type de rouleau R40

Nous présentons dans les tableaux ci-dessous nos PDP proposés pour l'exécution pour le mois de Juin jusqu'au Aout permettant d'assurer les quantités de rouleaux prévues pour la transformation en sacs finis. Nous précisons qu'afin d'atteindre cet objectif, il faut faire fonctionner notre atelier de tissage en continu, càd tous les jours du mois (même les weekends) en trois équipes par jour.

Nous avons estimé le nombre d'heures travaillées par jour (*NHJ*) à 20 heures avec quatre heures d'arrêt : une heure de pause par équipe et une heure au maximum de retard de démarrage des équipes.

Pour le nombre de jours par semaine NJS^m en mois m , il est calculé comme suit :

$$NJS^m = \frac{NJ^m}{4}$$

Par exemple, le nombre de jours par semaine en mois de juin NJS^{juin} et de juillet $NJS^{juillet}$ sont calculés comme suit :

$$NJS^{juin} = \frac{30}{4} = 7.5 \text{ jours}$$

$$NJS^{juillet} = \frac{31}{4} = 7.75 \text{ jours}$$

Tableau V. 3 : PDP - R40

TISSAGE RL 40 CM	Stock initial ST				50	6	7	8	9	10
	Stock de sécurité SS				50					
Périodes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Prévisions restantes PR	4	4	4	4	3	3	3	3	5	5
Commandes fermes CF	5	5	6	6	4	4	5	6	0	0
Disponible prévisionnel DP	-1	-2	-2	-4	-1	0	2	1	6	9
PDP (fin)	8	8	10	8	10	8	10	8	10	8
PDP (début)	8	8	10	8	10	8	10	8	10	8
PDP (fin) en UE	6	6	8	6	8	6	8	6	8	6
Nombre de machines utilise	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Nombre de rouleau par machine	4,41	4,41	4,41	4,41	4,56	4,56	4,56	4,56	4,56	4,56
Capacité totale du tissage pour R40	8	8	10	8	10	8	10	8	10	8
Stock initial ST	49	48	48	46	49	50	52	51	56	59
Stock de sécurité SS	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50

Explication des calculs PDP

Prenons l'exemple du rouleau RL40 en mois de juin. Imaginons au début que : la quantité à produire de rouleaux R40 en semaine 1 : $X_1^{R40} = 0$: (les valeurs X_S^T sont présentées dans la ligne PFP fin).

- **Le stock disponible prévisionnel R40 à la fin de la semaine 1 : DP_1^{R40} :**

$$DP_1^{R40} = DP_0^{R40} + X_1^{R40} - PR_1^{R40} - CF_1^{R40} = 0 + 0 - 4 - 5 + 0 = -9 \leq 0$$

Avec :

DP_0^{R40} : la différence entre le stock initial (ST^{R40}) et le stock de sécurité (SS^{R40}).

Le stock disponible prévisionnel R40 à la fin de la semaine 1 : DP_1^{R40} deviendra négatif si on ne programme pas une production en cette semaine. C'est pour cette raison qu'on a décidé de programmer la production de huit rouleaux en cette semaine 1.

$$X_1^{R40} = 8$$

Ainsi, le stock disponible prévisionnel R40 à la fin de la semaine 1 : DP_1^{R40} deviendra :

$$DP_1^{R40} = DP_0^{R40} + X_1^{R40} - PR_1^{R40} - CF_1^{R40} = 0 + 8 - 4 - 5 + 0 = -1 \leq 0$$

Nous remarquons que huit rouleaux ne répondront pas aux commande ferme et aux prévisions restantes (4+5) de cette semaine. Ainsi, on a décidé de prendre un seul rouleau (la valeur absolue de DP_1^{R40}) du stock de sécurité (n'a pas d'impact négatif sur le SS) pour répondre au besoin.

Maintenant, il faut calculer le nombre de machines nécessaires pour assurer cette quantité de huit rouleaux R40 en semaine 1. Pour cela, nous devons d'abord estimer :

- **Nombre de rouleau par machine par semaine du mois de juin : CMS_{juin}^{R40} :**

$$CMS_{juin}^{R40} = \frac{NJS^{juin} \cdot NHJ}{DTR40} = \frac{7.5 \cdot 20}{34} = 4.41 \text{ rouleaux R40}$$

Ainsi :

- **Nombre de machines utilisées en semaine 1 du mois de juin pour R40 : NM_1^{R40} :**

$$NM_1^{R40} = \frac{X_1^{R40}}{CMS_{juin}^{R40}} = \frac{8}{4.41} \approx 2 \text{ Tisseuses}$$

- **Capacité totale des tisseuses affectées au rouleau R40 en semaine 1 : CS_1^{R40} :**

$$CS_1^{R40} = NM_1^{R40} \cdot CMS_{juin}^{R40} \approx 4 \cdot 2 = 8 \text{ rouleaux R40}$$

Les cinquièmes rouleaux lancés dans les deux tisseuses, après la finalisation de quatre rouleaux chacune, seront prêts en semaine 2 (l'avancement de la production de ces cinquièmes rouleaux d'atteigne 41% vers la fin de la semaine 1).

- **Quantité à produire de rouleaux R40 en semaine 1 : X_1^{R40} :**

$$X_1^{R40} = CS_1^{R40} = 8 \text{ rouleaux R40}$$

Car les machines ne s'arrêtent pas, sauf pour les pauses et les retards de démarrage.

Les valeurs X_5^T doivent inscrites aussi dans les colonnes PDP (début) de la même semaine, ça veut dire que la production de cette quantité commence dans la même semaine (délai = 0 S).

Rappel

La colonne PDP (fin) en UE donne l'équivalent de la quantité à produire X_1^{R40} en unité de référence équivalente (UE) définie par R60.

Par exemple : le tissage de $X_1^{R40} = 8$ rouleaux de type R40 en semaine 1 est l'équivalent de tissage de :

$$\frac{DT^{R60} \cdot X_1^{R40}}{DT^{R40}} = \frac{42 \cdot 38}{34} = 6.46 \text{ rouleaux R60}$$

V.3.3. Plan directeur de production pour le type de rouleau R50

Tableau V. 4 : PDP – R50

TISSAGE RL 50 CM	Stock initial ST				70	6	7	8	9	10
	1	2	3	4	5					
Périodes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Prévisions restantes PR	18	18	19	19	13	13	14	14	12	12
Commandes fermes CF	30	30	30	30	40	40	40	40	30	30
Disponible prévisionnel DP	0	4	7	10	-4	-5	-7	-9	1	11
PDP (fin)	48	52	52	52	39	52	52	52	52	52

CHAPITRE V : ÉLABORATION DU PLAN DIRECTEUR DE PRODUCTION

PDP (début)	48	52	52	52	39	52	52	52	52	52
PDP (fin) en UE	50	55	55	55	41	55	55	55	55	55
Nombre de machines utilise	16	13	13	13	13	13	13	13	13	9
Nombre de rouleau par machine	3,75	3,75	3,75	3,75	3,875	3,875	3,875	3,875	3,875	3,875
Capacité totale du tissage pour R50	48	52	52	52	39	52	52	52	52	52
Stock initial ST	0	4	7	10	-4	-5	-7	-9	1	11
Stock de sécurité SS	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70

V.3.4. Plan directeur de production pour le type de rouleau R60

Tableau V. 5 : PDP – R60

TISSAGE RL 60 CM	Stock initial ST				50						
	Stock de sécurité SS				50						
Périodes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Prévisions restantes PR	28	28	28	28	15	15	16	17	23	24	
Commandes fermes CF	40	40	40	40	40	40	40	40	20	20	
Disponible prévisionnel DP	-17	-25	-13	-21	4	21	4	-1	8	3	
PDP (fin)	51	60	80	60	80	72	39	52	52	39	
PDP (début)	51	60	80	60	80	72	39	52	52	39	
PDP (fin) en UE	51	60	80	60	80	72	39	52	55	39	
Nombre de machines utilise	17	20	20	20	20	18	13	13	13	13	
Nombre de rouleau par machine	3,57	3,57	3,57	3,57	3,57	3,57	3,57	3,57	3,57	3,57	
Capacité totale du tissage pour R60	51	60	80	60	80	72	39	52	52	39	
Stock initial ST	33	25	37	29	54	71	54	49	58	53	
Stock de sécurité SS	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	

V.3.5. Plan directeur de production pour le type de rouleau R62

Tableau V. 6 : PDP – R62

TISSAGE RL 62 CM	Stock initial ST				50						
	Stock de sécurité SS				50						
Périodes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Prévisions restantes PR	15	15	15	15	16	16	17	17	19	19	
Commandes fermes CF	30	30	30	30	30	30	30	30	10	10	
Disponible prévisionnel DP	-3	-6	5	2	-2	8	3	0	4	8	
PDP (fin)	42	42	56	42	42	56	42	44	33	33	
PDP (début)	42	42	56	42	42	56	42	44	33	33	
PDP (fin) en UE	47	47	62	47	47	62	47	49	37	37	
Nombre de machines utilise	14	14	14	14	14	14	14	11	11	11	
Nombre de rouleau par machine	3,33	3,33	3,33	3,33	3,44	3,44	3,44	3,44	3,44	3,44	
Capacité totale du tissage pour R62	42	42	56	42	42	56	42	44	33	33	
Stock initial ST	47	44	55	52	48	58	53	50	54	58	
Stock de sécurité SS	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	

V.3.6. Taux de charge de l'atelier du tissage et nombre total des machines utilisées

Le tableau ci-dessous présente le taux de charge global de l'atelier de tissage permettant ainsi une analyse ciblée et structurée de la charge du travail.

Dans ce tableau, nous avons calculé la somme des quantités à produire en unités équivalentes (R60) afin d'évaluer la charge globale de production. Cette approche permet de déterminer la capacité disponible par période et de vérifier la faisabilité du programme, en identifiant les écarts éventuels à combler par ajustement ou sous-traitance.

Nous remarquons que certaines tisseuses ne seront pas utilisées. Le nombre des tisseuses en état d'arrêt varie entre 1 et 15, en fonction de l'importance des ventes prévues. Une tisseuse se trouve dans deux états seulement : soit elle est active pendant toute la semaine, soit elle est en arrêt pendant toute la semaine. Cette proposition simplifie le processus de planification, stabilise la cadence de production, réduit le temps total de démarrage et d'échauffement, donne un temps suffisant pour éventuelles maintenances préventives, ce qui maximise le rendement global de l'atelier. Cette stratégie s'inscrit dans la logique du Lean manufacturing, visant à réduire les gaspillages et à fiabiliser le processus.

Tableau V. 7 : Taux de charge de l'atelier du tissage par semaine

Périodes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Capacité totale par semaine du tissage en UE	179	179	179	179	185	185	185	185	185	185
Production souhaitée en en UE	155	168	205	168	176	195	148	162	151	137
Nombre de machines utilisées	49	49	49	49	49	47	42	39	39	35
La charge d'atelier tissage (%)	87	94	115	94	95	106	80	88	82	74

V.4. Plan Directeur de Production pour l'atelier d'extrusion

Dans cette phase, nous avons réalisé une comparaison entre la capacité hebdomadaire disponible au niveau de la station d'extrusion et les besoins de production présentés par le PDP. L'objectif est de vérifier la faisabilité du programme en termes de charge de travail et de disponibilité réelle des ressources.

La capacité mensuelle de l'extrudeuse a été estimée dans le chapitre précédent. Par exemple, cette machine peut produire des bobines de fil équivalentes à : 686 rouleaux R60 (unités équivalentes) en juin, 709 en juillet et août.

Cela correspond à une capacité hebdomadaire de production de bobine équivalentes à : 172 rouleaux R60 par semaine en juin, 177 rouleaux R60 par semaine en juillet et août.

Le tableau V.8 présente une comparaison entre la capacité hebdomadaire disponible de l'extrudeuse en UE et les besoins hebdomadaires en UE issus du PDP (tableau V.7).

Tableau V. 8 : Capacité de l'extrudeuse VS production souhaitée en UE (R60)

Période	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Capacité de l'extrudeuse en UE (R60)	172	172	172	172	177	177	177	177	177	177
Production souhaitée en UE (R60)	155	168	205	168	176	195	148	162	151	137

L'analyse montre que la capacité de l'extrudeuse est insuffisante pour couvrir les besoins en semaines 3 et 6. Pour remédier à cette situation, nous proposons les ajustements suivants :

- Produire des bobines pour 172 rouleaux R60 en semaine 3.
- Produire des bobines pour 177 rouleaux R60 en semaine 6.
- L'équivalent en bobines de 33 (205-172) rouleaux R60 manquant en semaine 3 sera assuré comme suit :
 - o Production des bobines pour 16 rouleaux R60 en semaine 1.
 - o Production des bobines pour 4 rouleaux R60 en semaine 2.
 - o Utilisation du stock de sécurité des bobines : l'équivalent de 13 rouleaux R60.
- L'équivalent en bobines de 18 (195-177) rouleaux R60 manquant en semaine 6 sera assuré comme suit :
 - o Production des bobines pour 4 rouleaux R60 en semaine 4.
 - o Production des bobines pour 1 rouleau R60 en semaine 5.
 - o Utilisation du stock de sécurité des bobines : l'équivalent de 13 rouleaux.

Ainsi, le PDP proposé pour les bobines de fil (extrusion) sera comme suit :

Tableau V. 9 : PDP proposé des bobines de fil – Station d'extrusion

Périodes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Capacité de l'extrudeuse en UE (R60)	172	172	172	172	177	177	177	177	177	177
Production prévue en UE	155	168	172	168	176	177	148	162	151	137
Production supplémentaire à l'avance en UE	16	4		4	1					
Utilisation du stock de sécurité des bobines			13			13				

Cette production à l'avance des bobines a également permis de mettre en relation la station d'extrudeuse avec la station de tissage, afin de s'assurer d'une cohérence entre les deux maillons de la chaîne de production. En cas de dépassement de capacité dans l'une ou l'autre station,

nous avons identifié et quantifié les volumes supplémentaires des bobines à produire à l’avance, garantissant ainsi la continuité du flux de production.

V.5. Analyse des taux de charge des ateliers de lamination, d’impression et de confection

Dans cette phase de l’étude, une comparaison détaillée a été menée entre les PDPs d’extrusion et de tissage souhaité et les capacités disponibles dans les autres stations en aval de la chaîne de production, à savoir : la lamination, l’impression et la confection. Cette étape est essentielle pour vérifier la faisabilité du PDP à l’échelle globale en s’assurant que les flux de production planifiés peuvent être absorbés sans saturation ou surcharge.

Tableau V. 10 : Le taux de charge de la station de lamination par semaine

Périodes	Proportion des RL laminés sur la base de l'historique							35%	8	9	10
	1	2	3	4	5	6	7				
Capacité de la station de lamination en UE (R60)	180	180	180	180	186	186	186	186	186	186	
Production prévue en UE	155	168	205	168	176	195	148	162	151	137	
Quantité nécessitant la lamination (Production prévue x 35%)	54	59	72	59	61	68	52	57	53	48	
Charge %	30	33	40	33	33	37	28	30	28	26	

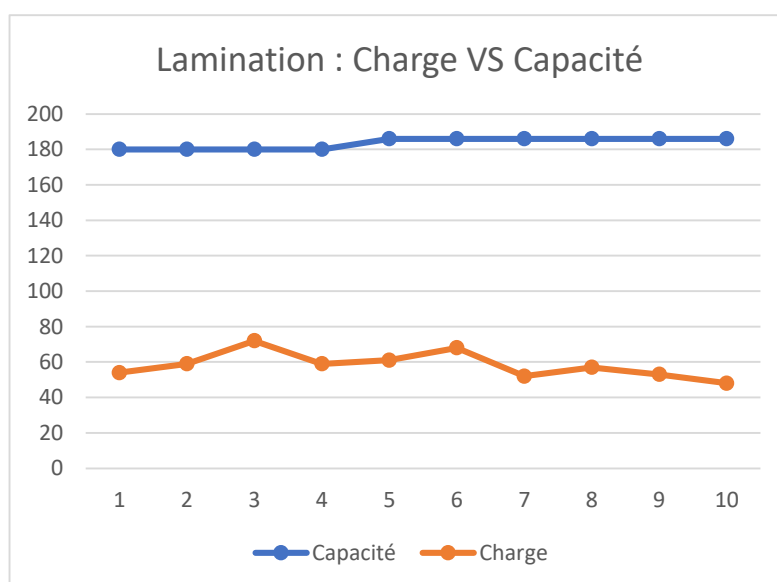


Figure V. 1 : Le taux de charge de la station de lamination par semaine

Tableau V. 11 : Le taux de charge de la station d'impression par semaine

Périodes	Proportion des RL imprimés sur la base de l'historique							85%		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Capacité de la station d'impression en UE (R60)	180	180	180	180	186	186	186	186	186	186
Production prévue en UE	155	168	205	168	176	195	148	162	151	137
Quantité nécessitant l'impression (Production prévue x 85%)	131	143	174	143	149	166	126	138	129	116
Charge %	73	79	97	79	80	89	68	74	69	62

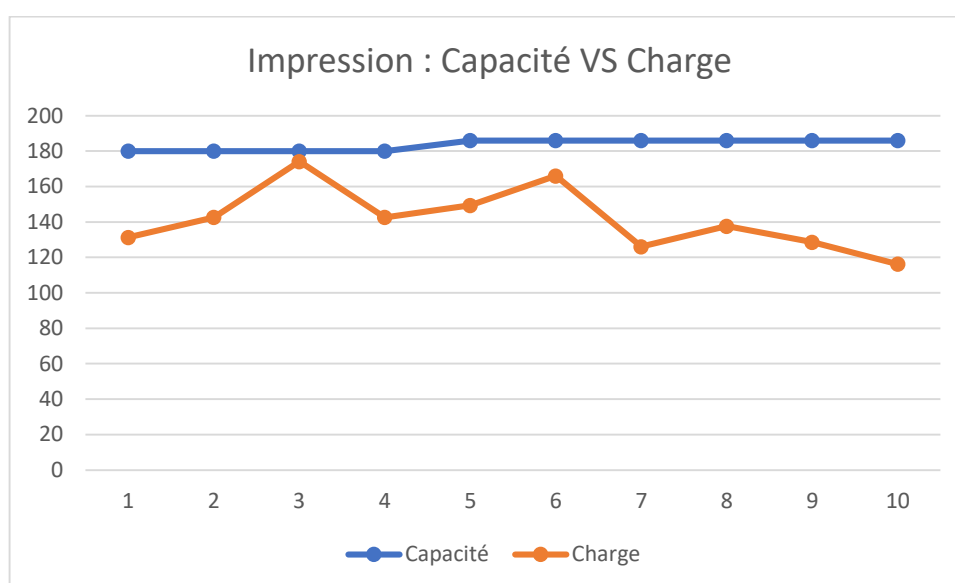


Figure V. 2 : Le taux de charge de la station d'impression par semaine

Tableau V. 12 : Le taux de charge de la station de confection par semaine

Période	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Capacité de la station de confection en UE (R60)	263	263	263	263	270	270	270	270	270	270
Production prévue en UE	155	168	205	168	176	195	148	162	151	137
Charge %	59	64	78	64	65	72	55	60	56	51

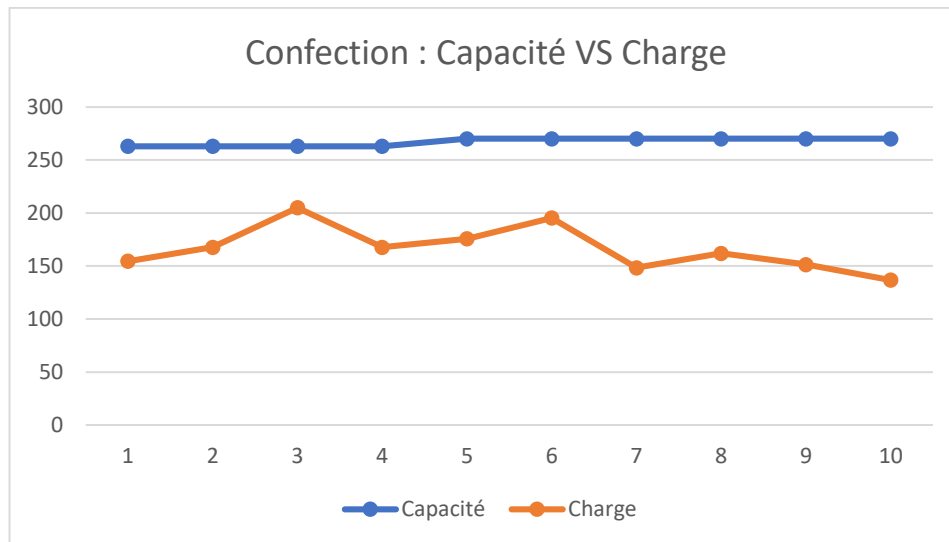


Figure V. 3 : Le taux de charge de la station de confection par semaine

L'analyse des courbes ci-dessus (figures V.1, V.2 et V.3) met en évidence que les ateliers de lamination et de confection sont capables de suivre le rythme imposé par la production prévue en tissage sans contrainte majeure. Toutefois, le poste d'impression présente des périodes critiques de saturation partielle.

V.6. Cohérence entre le PIC et les quatre PDPs du tissage

Dans cette phase de l'étude, une analyse a été menée afin de vérifier la cohérence entre les prévisions mensuelles établies dans le Plan Industriel et Commercial et les volumes hebdomadaires planifiés dans les Plans Directeurs de Production. Cette vérification repose sur le calcul d'un écart relatif exprimé en pourcentage, permettant d'évaluer l'alignement entre les deux niveaux de planification.

Conformément aux bonnes pratiques industrielles, cet écart doit être maîtrisé dans une fourchette acceptable de -5 % à 5 %, garantissant ainsi la fiabilité et la stabilité du programme de production selon la formule suivante :

$$\text{Écart (\%)} = \left(\frac{\text{somme PDP en UE}^{\text{juin}} - \text{Prévisions de production en UE}^{\text{juin}}}{\text{Prévisions de production en UE}^{\text{juin}}} \right) \times 100$$

Calcule l'écart du mois de juin :

$$\text{Écart}^{\text{juin}} = \frac{155 + 168 + 205 + 168 - 680}{680} \times 100 = 2,35 \%$$

Calcule l'écart du mois de juillet :

$$\text{Écart}^{\text{juillet}} = \frac{176 + 195 + 148 + 162 - 651}{651} \times 100 = 4,60 \%$$

Les résultats obtenus montrent que l'écart pour le mois de juin est de 2,35 % et celui du mois de juillet de 4,60 %. Ces deux valeurs se situent dans la plage de tolérance fixée entre -5 % et 5 %, ce qui indique une cohérence satisfaisante entre les prévisions mensuelles du Plan Industriel et Commercial et les quantités hebdomadaires planifiées dans les Plans Directeurs de Production.

Cette cohérence traduit une planification bien maîtrisée, où les volumes de production hebdomadaires ont été répartis de manière équilibrée tout en respectant les objectifs mensuels. Cela renforce la fiabilité du système de planification globale, assure une utilisation optimale des capacités disponibles et réduit les risques de la sous-production ou de la surproduction.

V.7. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons élaboré de manière détaillée le Plan Directeur de Production à l'échelle hebdomadaire, en nous concentrant sur une période de 10 semaines à partir de juin 2025. Deux niveaux de PDP ont été établis : d'une part, les PDP des quatre types de rouleaux (R40, R50, R60 et R62) au niveau de l'atelier de tissage, et d'autre part, le PDP des bobines de fil au niveau de l'étape d'extrusion.

Une attention particulière a été portée à la cohérence entre les PDP des rouleaux et celui des bobines, afin de garantir une synchronisation optimale entre les deux étapes clés du processus de fabrication. Parallèlement, la concordance entre le Plan Industriel et Commercial de tissage et les PDP des différents rouleaux a également été assurée, renforçant ainsi la solidité de l'ensemble du dispositif de planification.

Il convient également de souligner que le PDP doit être révisé de manière hebdomadaire sur le terrain, selon le principe de l'horizon glissant (Rolling horizon). Ce mécanisme dynamique permet de mettre à jour continuellement le plan, en intégrant les dernières données disponibles (prévisions, ventes réelles, états des stocks, aléas). Ce fonctionnement améliore considérablement la réactivité et la flexibilité de l'entreprise, tout en assurant une meilleure adaptation aux réalités opérationnelles et aux fluctuations de la demande.

Ainsi, cette démarche progressive, coordonnée et adaptative du MRP II constitue un socle solide pour piloter efficacement la production dans un environnement où l'alignement entre planification stratégique et exécution opérationnelle est plus que jamais un facteur clé de performance.

Conclusion Générale

Ce travail nous a permis de proposer une planification de la production pour un cas réel au sein de l'entreprise CONCEPT-SAC. Grâce à une démarche analytique progressive et rigoureuse, nous avons non seulement identifié les limites du système actuel marqué par un déséquilibre entre la demande saisonnière et les capacités de production mais surtout proposé une solution concrète, réaliste et exploitable dans un environnement industriel.

Au troisième chapitre, nous avons mené une étude quantitative détaillée de la demande prévisionnelle, à travers l'application de deux méthodes : le lissage exponentiel de Holt-Winters et la régression linéaire avec coefficients saisonniers. L'évaluation de la précision à l'aide de l'indicateur MAPE a révélé une meilleure performance de la seconde méthode, avec un MAPE de 8 % pour les sacs alimentaires et 5,7 % pour les sacs d'aliments pour animaux. Pour affiner les résultats, nous avons intégré un taux de déchet dans les calculs pour ajuster les quantités produites et éviter les ruptures.

Sur cette base, le quatrième chapitre a permis de construire un Plan Industriel et Commercial (PIC) à l'échelle mensuelle, en simulant trois scénarios différents. Le scénario C s'est distingué par sa stabilité et sa faisabilité, avec un bon équilibre entre capacité interne et recours à la sous-traitance. Il a permis de maintenir des taux de charge acceptables durant les mois critiques, atteignant 97,4 % en juillet et 91,5 % en août, sans dépasser les limites des ressources disponibles.

Le cinquième chapitre a été consacré à l'élaboration d'un Plan Directeur de Production (PDP) hebdomadaire sur une période de dix semaines, couvrant cinq familles de produits semi-finis (rouleaux tissés et bobines). Les résultats ont montré une cohérence forte entre le PIC et le PDP, avec des écarts faibles de 2,35 % en juin et 4,6 % en juillet, ce qui valide la solidité du modèle construit.

Sur le plan technique, l'utilisation de Microsoft Excel et de son module Solver a offert un environnement flexible et accessible pour modéliser les contraintes de production, simuler des répartitions de charge et identifier les points de saturation. Ces outils, bien qu'élémentaires, ont prouvé leur efficacité dans un contexte de PME, où la simplicité d'implémentation est aussi essentielle que la précision.

Bien que développé spécifiquement pour CONCEPT-SAC, le cadre méthodologique proposé est adaptable à d'autres entreprises industrielles confrontées à des défis similaires. Il peut également servir de base pour une intégration future dans un système ERP global, ou faire l'objet d'améliorations par l'introduction d'algorithmes d'intelligence artificielle, de prévisions multicritères, ou de mécanismes de gestion des aléas.

En définitive, ce mémoire constitue une contribution à la fois pratique et académique dans le domaine de la planification de production. Il associe rigueur analytique, pertinence opérationnelle et applicabilité réelle, en ouvrant la voie à une meilleure synchronisation entre la demande et les capacités dans des environnements industriels dynamiques et évolutifs

BIBLIOGRAPHIE

- Baglin, G. (2020). *Management industriel et logistique*. Éditions Lavoisier.
- Bensmain, Y. (2024). Chapitre 3 : Plan Directeur de Production (PDP). *Cours M1 Génie Industriel*, Université Abou Bekr Belkaid – Tlemcen.
- Bensmain, Y. (2025). *Prévision des demandes – Méthodes quantitatives d'extrapolation*. Cours M1 Génie Industriel, Université Abou Bekr Belkaid – Tlemcen.
- Boubkar, A., & Driouche, O. (2020). *Amélioration de la chaîne de production dans l'entreprise CANAL PLAST* [Mémoire de Master, Université Abou Bekr Belkaid – Tlemcen].
- Bourgeois, F. (2017). *La gestion des stocks* (4^e éd.). Éditions d'Organisation.
- Brigham, E. F., & Houston, J. F. (1975). *Financial management: Theory and practice*. Dryden Press.
- Brown, S. (2005). *Operations management: Strategy and policy*. Elsevier Butterworth-Heinemann.
- Ballou, R. H. (2004). *Gestion de la chaîne logistique* (5^e éd.). Pearson Éducation.
- Chase, R. B., Jacobs, F. R., & Aquilano, N. J. (2006). *Operations management for competitive advantage* (11^e éd.). McGraw-Hill.
- Chopra, S., & Meindl, P. (2019). *Supply chain management: Strategy, planning, and operation* (7^e éd.). Pearson.
- Christopher, M. (2011). *Logistics & supply chain management* (4^e éd.). Pearson Education Limited.
- Christopher, M. (2016). *Logistique et gestion de la chaîne d'approvisionnement* (5^e éd.). Pearson.
- Courtois, A., Martin-Bonnefous, C., & Pillet, M. (2003). *Gestion de la production* (4^e éd.). Éditions d'Organisation.
- David, F. R. (1986). *Strategic management*. Macmillan.
- Esteves, J., & Pastor, J. (2001). Enterprise resource planning systems research: An annotated bibliography. *Communications of the Association for Information Systems*, 7(8), 1–52.
- Evans, J. R., & Lindsay, W. M. (2020). *Quality management and operational excellence* (9^e éd.). Cengage Learning.

- Ford, H. (1922). *My life and work*. Garden City Publishing Company.
- Hamel, G., & Prahalad, C. K. (1994). *La concurrence pour l'avenir*. InterÉditions.
- Hanke, J. E., & Wichern, D. W. (2009). *Business forecasting* (9^e éd.). Pearson.
- Heizer, J., Render, B., & Munson, C. (2020). *Operations management: Sustainability and supply chain management* (13^e éd.). Pearson.
- Holt, C. C. (1957). Forecasting trends and seasonals by exponentially weighted averages. *Carnegie Institute of Technology*.
- Helfer, J.-P., Kalika, M., & Orsoni, J. (2008). *Management : stratégie et organisation* (8^e éd.). Vuibert.
- Jacobs, F. R., & Chase, R. B. (2017). *Operations and supply chain management* (15^e éd.). McGraw-Hill Education.
- Johnson, R. A., & Kast, F. E. (1996). *Gestion des opérations industrielles*. Dunod.
- Krajewski, L. J., Ritzman, L. P., & Malhotra, M. K. (2019). *Operations management: Processes and supply chains* (12^e éd.). Pearson.
- Lapide, L. (2004). Sales and operations planning part I: The process. *The Journal of Business Forecasting*, 23(3), 17–19.
- Makridakis, S., Wheelwright, S. C., & Hyndman, R. J. (1998). *Forecasting: Methods and applications* (3^e éd.). John Wiley & Sons.
- Megaiz, S. F. Z., & Nouçair, M. H. (2020). *Conception, installation et calcul des performances d'une chaîne de production de produits d'emballage – CONCEPTSAC* [Mémoire d'ingénieur, ESSA Tlemcen].
- Mekdad, H. (2022). *Développement de tableaux de bord pour les indicateurs de performance de l'entreprise CONCEPT-SAC avec Power BI* [Mémoire d'ingénieur, ESSA Tlemcen].
- Nahmias, S. (2020). *Production and operations analysis* (7^e éd.). Waveland Press.
- Nahmias, S., & Olsen, T. L. (2015). *Production and operations analysis* (7^e éd.). Waveland Press.
- Orlicky, J. (1975). *Material requirements planning: The new way of life in production and inventory management*. McGraw-Hill.
- Pillet, M., Martin-Bonnefous, C., & Courtois, A. (2003). *Gestion de production*. Éditions Dunod.

- Pinedo, M. (2016). *Scheduling: Theory, algorithms, and systems* (5^e éd.). Springer.
- Silver, E. A., Pyke, D. F., & Thomas, D. J. (2016). *Inventory and production management in supply chains* (4^e éd.). CRC Press.
- Slack, N., Brandon-Jones, A., & Johnston, R. (2016). *Operations management* (8^e éd.). Pearson.
- Stevenson, W. J. (1982). *Operations management*. McGraw-Hill.
- Stevenson, W. J. (2020). *Production and operations management* (13^e éd.). McGraw-Hill Education.
- Tanner, J. F., Raymond, M. A., & Honeycutt, E. D. (2008). *Sales management: Shaping future sales leaders*. Pearson Education.
- Thomas, A., & Lamouri, S. (2018). *Pilotage des chaînes logistiques* (2^e éd.). Dunod.
- CONCEPT SAC. (2025). *Site officiel de l'entreprise*. <https://conceptsac-dz.com>
- CONCEPT SAC. (2025). *Page officielle Facebook*. <https://www.facebook.com/SARLConceptSac/>
- IndiaMART. (2025). *Bag Cutting & Stitching Machine*. <https://www.indiamart.com/>
- Made-in-China. (2025). *Flex Printers Central Drum Printing Machine*. <https://fr.made-in-china.com/>
- PPWOVENMC. (2025). *PP Woven Bag Printing Machine*.
<https://www.ppwovenmc.com/productinfo/166315.html>
- Wikipédia. (2024). *Gestion de la production*. https://fr.wikipedia.org/wiki/Gestion_de_la_production

Annexes

Le tableau ci-dessous présente l'historique des ventes mensuelles réalisées par l'entreprise Concept Sac durant les années 2023 et 2024. Ces données permettent d'avoir une vision globale de l'évolution du chiffre d'affaires, de détecter les tendances saisonnières éventuelles et d'évaluer la performance commerciale sur deux exercices consécutifs. Elles sont également utiles pour alimenter les modèles de prévision et les analyses liées à la planification de la production ou à la gestion des stocks.

Type de sac	CONTENU	IMPRESSION	LAMINATION	janv-23	févr-23	mars-23	avr-23	mai-23	juin-23	juil-23	août-23	sept-23	oct-23	nov-23
SAC PANIER 58X45	Farine/Semoule/...			0	24891	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sac imprimé en BOPP laminé transparent 40x57	Farine/Semoule/...	imprimé		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sac 10 kg imprimé laminé	Farine/Semoule/...	imprimé	laminé	0	0	0	0	0	0	0	9950	0	0	0
Sac 10 kg imprimé laminé -FARINE- avec poignet	Farine	imprimé		8170	14713	16817	14600	0	0	0	0	12780	14750	0
Sac 10 kg imprimé transparent avec poignet laminé	Semoule/...	imprimé	laminé	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11350
Sac 10 kg imprimé transparent laminé Semoule avec poignet	Semoule/...	imprimé	laminé	10950	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sac 10 kg imprimé-FARINE-	Farine	imprimé		0	0	0	0	3000	10000	0	0	0	8250	0
Sac 10 kg imprimé-SEMOULE-	Semoule/...	imprimé		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sac 10 kg -NEUTRE-	Farine/Semoule/...	neutre		0	0	26700	0	0	27560	0	0	0	11080	19825
Sac 10 kg NEUTRE transparent	Semoule/...	neutre		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
sac 25 kg imprimé transparent	Semoule/...	imprimé		10125	0	0	0	0	0	10300	0	0	10800	0
Sac 50X73 transparent imprimé laminé en BOPP	Semoule/...	imprimé	laminé	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sac 25 kg imprimé -FARINE-	Farine	imprimé		192000	330405	257716	256325	235644	336835	286796	339651	473831	509475	527460
Sac 25 kg imprimé laminé -	Farine/Semoule/...	imprimé	laminé	10500	30000	291645	22700	615600	490000	341761	14600	187850	331300	166230
Sac 25 kg imprimé -SEMOULE-	Semoule	imprimé		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sac 25 kg imprimé transparent Semoule	Semoule	imprimé		40099	0	15718	32360	10310	10120	17570	20299	21500	4000	20000
Sac 25 kg Imprimé-SSF-	Farine/Semoule/...	imprimé		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sac 25 kg NEUTRE	Farine/Semoule/...	neutre		0	0	0	0	1500	3500	0	500	100	0	0
Sac 25 kg neutre transparent	Semoule/...	neutre		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sac 50 kg imprimé -FARINE-	Farine	imprimé		242680	240997	402807	339407	488119	428774	390328	426575	366455	457084	453616
Sac 50 kg imprimé laminé lisse	Farine	imprimé	laminé	19500	15000	49200	90800	110000	20000	0	5400	70860	52930	38480
Sac imprimé 100x60-ALIMENT DE BETAÏL-	Aliment betail	imprimé		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sac neutre 100x60	Aliment betail	neutre		413500	274500	496640	398000	470374	428310	405701	451477	507189	607843	575472

Sac NEUTRE 109x60-ALIMENT DE BETAIL-	Aliment bétail	neutre		0	25500	10000	45000	40000	0	13500	0	0	0	0
Sac imprimé laminé 109x62- ALIMENT DE BETAIL-	Aliment bétail	imprimé	laminé	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sac imprimé 109x62-ALIMENT DE BETAIL-	Aliment bétail	imprimé		3809	41520	84750	128492	40500	125270	103857	148753	59340	78250	190830
Sac imprimé laminé 100x62cm	Aliment bétail	imprimé	laminé	14000	7500	20000	0	0	32425	17500	58497	0	42131	56500
Sac laminé 106x62-TRANSPARENT	Aliment bétail	imprimé	laminé	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sac imprimé 121x70	Aliment d'engraissement	imprimé		0	19837	19085	46574	1750	49240	38960	54128	10000	66500	83500
Sac neutre 121x70	Aliment d'engraissement	neutre		88500	67000	150000	55000	91250	89000	81000	161045	90000	115000	220000

Type de sac	CONTENU	IMPRESSION	LAMINATION	janv-24	févr-24	mars-24	avr-24	mai-24	juin-24	juil-24	août-24	sept-24	oct-24	nov-24	déc-24
SAC PANIER 58X45	Farine/Semoule/...			0	0	500	0	900	200	650	850	900	800	0	1750
Sac imprimé en BOPP laminé transparent 40x57	Farine/Semoule/...	imprimé		78140	65620	14314	47790	29740	86415	47000	36600	62650	96500	426000	70750
Sac 10 kg imprimé laminé	Farine/Semoule/...	imprimé	laminé	29500	28077	0	7300	0	28670	950	0	14328	10840	54920	5250
Sac 10 kg imprimé laminé -FARINE- avec poignet	Farine	imprimé		0	19790	48135	0	22000	2090	5000	9750	0	5000	0	3870
Sac 10 kg imprimé transparent avec poignet laminé	Semoule/...	imprimé	laminé	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10730	0	0
Sac 10 kg imprimé transparent laminé Semoule avec poignet	Semoule/...	imprimé	laminé	0	0	13735	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sac 10 kg imprimé-FARINE-	Farine	imprimé		0	7700	19820	0	0	5000	2200	0	0	0	0	2500
Sac 10 kg imprimé-SEMOULE-	Semoule/...	imprimé		50000	0	30190	52750	52500	0	0	0	49650	0	0	0

Sac 10 kg - NEUTRE-	Farine/Semoule/...	neutre		0	0	500	0	0	0	11500	73360	38300	45810	14500	30150
Sac 10 kg NEUTRE transparent	Semoule/...	neutre		0	0	0	0	3480	10000	0	0	0	0	0	2500
sac 25 kg imprimé transparent	Semoule/...	imprimé		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10590
Sac 50X73 transparent imprimé laminé en BOPP	Semoule/...	imprimé	laminé	0	0	0	25000	26400	0	0	0	0	0	0	0
Sac 25 kg imprimé - FARINE-	Farine	imprimé		670350	499251	374317	511760	519640	481400	474760	398250	476510	437845	371810	489910
Sac 25 kg imprimé laminé -	Farine/Semoule/...	imprimé	laminé	300000	31670	242398	25080	325320	443977	392500	267000	501790	593500	167000	757950
Sac 25 kg imprimé - SEMOULE-	Semoule	imprimé		0	40000	752	0	52000	0	0	0	0	0	54000	0
Sac 25 kg imprimé transparent Semoule	Semoule	imprimé		21880	26908	10500	20470	0	22460	19480	16000	10800	30820	11070	26000
Sac 25 kg Imprimé-SSF-	Farine/Semoule/...	imprimé		0	5630	17300	0	20000	0	0	20000	0	0	0	36060
Sac 25 kg NEUTRE	Farine/Semoule/...	neutre		20000	0	10000	10000	1000	0	62000	500	1000	2250	4300	1500
Sac 25 kg neutre transparent	Semoule/...	neutre		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5000	1000
Sac 50 kg imprimé - FARINE-	Farine	imprimé		414560	380785	429001	235700	269660	428325	264240	495690	441806	375637	305630	402190
Sac 50 kg imprimé laminé lisse	Farine	imprimé	laminé	0	0	0	0	0	147500	0	0	0	0	0	105500
Sac imprimé 100x60- ALIMENT DE BETAIL-	Aliment bétail	imprimé		10670	54384	58376	25510	13570	21270	36410	61590	25470	16400	57180	28510
Sac neutre 100x60	Aliment bétail	neutre		566330	520517	568362	420500	452353	626236	612929	873621	642505	859115	895940	853804

Sac NEUTRE 109x60- ALIMENT DE BETAIL-	Aliment bétail	neutre		0	0	5000	0	0	0	0	6500	120250	82000	51000	36500
Sac imprimé laminé 109x62- ALIMENT DE BETAIL-	Aliment bétail	imprimé	laminé	114820	257843	169630	151920	142740	99415	393625	220495	204190	450011	373780	400030
Sac imprimé 109x62- ALIMENT DE BETAIL-	Aliment bétail	imprimé		152420	177955	206942	264954	133060	45460	159505	151978	150906	166869	110780	115580
Sac imprimé laminé 100x62cm	Aliment bétail	imprimé	laminé	0	42300	81580	0	0	9475	0	80670	20000	28570	19950	70170
Sac laminé 106x62- TRANSPARENT	Aliment bétail	imprimé	laminé	0	12100	0	0	0	12460	0	8860	0	0	8300	0
Sac imprimé 121x70	Aliment d'engraissement	imprimé		93000	10000	47000	39630	29490	35000	33980	20000	49500	40000	0	62950
Sac neutre 121x70	Aliment d'engraissement	neutre		215000	130000	114500	397000	171000	103750	168000	335000	145000	214380	192800	149000

Résumé

Ce mémoire porte sur la planification de la production au sein de l'entreprise CONCEPTSAC, spécialisée dans la fabrication de sacs tissés en polypropylène. L'objectif principal est d'appliquer la démarche MRP II (Manufacturing Resources Planning II) combinant les prévisions de la demande, l'élaboration d'un Plan Industriel et Commercial (PIC), et la construction d'un Plan Directeur de Production (PDP), en tenant compte des contraintes propres aux étapes d'extrusion et de tissage. Deux méthodes de prévision ont été testées : les coefficients saisonniers avec régression linéaire et la méthode de Holt-Winters. Les résultats ont démontré une supériorité de la première méthode. Sur la base de ces prévisions, nous avons élaboré un PIC. Une analyse de la capacité des ateliers d'extrusion et de tissage a mis en lumière des périodes de surcapacité et de sous-capacité. Trois scénarios ont été proposés pour équilibrer la charge de production, dont la solution C — combinant anticipation et sous-traitance — a été retenue comme la plus cohérente. Ensuite, un PDP hebdomadaire a été élaboré pour les quatre types de rouleaux tissés ainsi que pour les bobines de fil, sur une période de 10 semaines à partir de juin 2025, tout en garantissant une cohérence avec le PIC. L'ensemble des calculs a été réalisé à l'aide de Microsoft Excel et de son module Solveur.

Mots-clés : Production, Planification, Prévision, PIC, PDP, CONCEPT-SAC.

Abstract

This thesis focuses on production planning within the company CONCEPTSAC, which specializes in the manufacturing of woven polypropylene bags. The main objective is to apply the MRP II (Manufacturing Resources Planning II) approach, combining demand forecasting, the development of a Sales and Operations Plan (S&OP), and the construction of a Master Production Schedule (MPS), while taking into account the specific constraints of the extrusion and weaving stages. Two forecasting methods were tested: seasonal coefficients with linear regression and the Holt-Winters method. The results showed the superiority of the first method. Based on these forecasts, an S&OP plan was developed. An analysis of the capacity of the extrusion and weaving workshops highlighted periods of overcapacity and undercapacity. Three scenarios were proposed to balance the production load, with Scenario C — combining anticipation and subcontracting — being selected as the most coherent. Subsequently, a weekly MPS was developed for the four types of woven rolls as well as for the yarn bobbins, over a 10-week period starting in June 2025, while ensuring consistency with the S&OP. All calculations were carried out using Microsoft Excel and its Solver add-in.

Keywords : Production, Planning, Forecasting, S&OP, MPS, CONCEPT-SAC.

ملخص

يتناول هذا البحث تخطيط الإنتاج داخل شركة CONCEPTSAC المتخصصة في صناعة الأكياس المنسوجة من مادة البولي بروبيلين. الهدف الرئيسي هو تطبيق منهجية MRP II (تخطيط موارد التصنيع)، والتي تجمع بين التنبؤ بالطلب، وإعداد الخطة الصناعية والتجارية، وبناء الخطة الرئيسية للإنتاج، مع مراعاة القيود الخاصة بمرحلتَي البثق والنسيج. تم اختبار طريقتين للتنبؤ: معاملات موسمية مع الانحدار الخطي، وطريقة هولت وينتر. أظهرت النتائج تفوق الطريقة الأولى. وبناءً على هذه التنبؤات، تم إعداد خطة صناعية وتجارية. وقد أظهرت دراسة الطاقة الإنتاجية لورشات البثق والنسيج وجود فترات من الفائض والقصور في الطاقة. تم اقتراح ثلاثة سيناريوهات لموازنة عبء الإنتاج، وقد تم اختيار الحل (C) الذي يجمع بين الاستباق والتعهد — باعتباره الأنسب. بعد ذلك، تم إعداد خطة إنتاج رئيسية أسبوعية لأربعة أنواع من الأقمشة المنسوجة بالإضافة إلى بكرات الخيوط، وذلك لفترة تمتد لعشر أسابيع بدءاً من يونيو 2025، مع ضمان التناسق مع خطة PIC. وقد تم تنفيذ جميع الحسابات باستخدام برنامج مايكروسوفت إكسل ووحدة Solver التابعة له.

الكلمات المفتاحية: الإنتاج، التخطيط، التنبؤ، الخطة الصناعية والتجارية، الخطة الرئيسية للإنتاج، CONCEPT-SAC.