

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE



المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
Ecole Nationale Polytechnique



Département Génie Industriel

Mémoire de projet de fin d'études

Pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en Génie Industriel

Option : Management Industriel

Optimisation de la planification de la production par la
digitalisation du plan directeur de production

Application : Bel Algérie

Réalisé par :

DJERMOUNI Hadile

Encadré par :

M. ZOUAGHI Iskander (ENP)

Présenté et soutenu publiquement le (09/07/2024)

Composition du jury :

Président : M. ABBACI Ayoub MCA ENP

Promoteur : M. ZOUAGHI Iskander MCA ENP

Examinatrice : Mme. BELDJOUDI Samia MCA ENP

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE



المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
Ecole Nationale Polytechnique



Département Génie Industriel

Mémoire de projet de fin d'études

Pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en Génie Industriel

Option : Management Industriel

Optimisation de la planification de la production par la
digitalisation du plan directeur de production

Application : Bel Algérie

Réalisé par :

DJERMOUNI Hadile

Encadré par :

M. ZOUAGHI Iskander (ENP)

Présenté et soutenu publiquement le (09/07/2024)

Composition du jury :

Président : M. ABBACI Ayoub MCA ENP

Promoteur : M. ZOUAGHI Iskander MCA ENP

Examinatrice : Mme. BELDJOUDI Samia MCA ENP

Dédicace

“

« Dire merci est plus qu'une politesse. C'est une reconnaissance sincère. »

À ma chère maman Zora, pour ta force, ta tendresse et ton amour inconditionnel. Merci de toujours me soutenir et m'inspirer à être une meilleure personne.

À papa, Djermo Zin, tes encouragements constants sont une source de motivation. Merci pour ta confiance inébranlable et ton écoute attentive. Merci pour tout ce que tu fais pour moi.

À ma grand-mère Aichouch, pour toutes tes prières, tes précieux conseils et surtout ton amour pur. Merci pour ton soutien sans faille.

À ma sœur Inchirah, pour tes sacrifices, ton attention et ta tendresse. Merci d'être toujours présente pour moi, de m'écouter, de me conseiller et de me soutenir à chaque étape de ma vie.

À mes sœurs Ihsen, Chahinez et mon frère Adem, pour vos encouragements tout au long de ma vie. Merci pour votre soutien et aux moments précieux que nous partageons ensemble.

À ma nièce Mira, ma petite sœur adorée avec qui je partage tant de moments de joie et de folies. Merci à toi, petite, pour ta lumière et ton énergie qui illuminent ma vie.

À mes neveux Daniel et Ayoub, merci pour vos bêtises qui animent chaque instant.

À tous les membres de ma famille. Je suis comblée d'avoir la chance d'appartenir à cette famille.

À toutes les personnes qui m'ont aidée tout au long de mon parcours.

À mes amies Meriem, Amira, Maissa, et Soundous, merci pour tous les moments inoubliables que nous avons passés ensemble.

À Izem et au café, mes accompagnateurs fidèles pendant les longues nuits de travail.

À moi-même.

”**Hadile**

Remerciement

Je remercie ALLAH le Tout Puissant qui m'a aidé, dirigé et donné la force et le courage pour mener à bien ce travail.

J'adresse mes sincères remerciements et ma profonde reconnaissance à mon promoteur, Monsieur Iskander Zouaghi, pour sa patience, ses précieux conseils, son encadrement et son soutien tout au long de la réalisation de ce travail.

Je tiens également à remercier mon encadrant en entreprise, Monsieur Doumi, responsable de planification et d'ordonnancement, pour sa disponibilité, ses encouragements et sa bienveillance.

Je suis profondément reconnaissante envers mes enseignants du département Génie Industriel et des classes préparatoires pour les connaissances qu'ils m'ont inculquées et leur accompagnement tout au long de ma formation, en particulier Mme Beldjoudi, M. Boukabous, Mme Nibouche, Mme Bouchafa, M. Zouaghi, Mme Hammachi, M. Abbaci, Mme Baghli, M. Mehdi et M. Gourine.

Je remercie par avance les membres du jury, Madame Beldjoudi et Monsieur Abbaci, pour m'avoir fait l'honneur d'évaluer ce travail.

Je tiens à remercier chaleureusement ma famille pour leur soutien indéfectible et leur encouragement depuis mon enfance. Ils sont les piliers fondateurs de ce que je suis aujourd'hui.

Pour finir, merci Polytech !

Hadile

الملخص

يتمثل الهدف من هذا المشروع في تحسين تخطيط الإنتاج في شركة *BelAlgérie* ، من خلال التركيز على عملية خطة الإنتاج الرئيسية، والتي تم تحديدها كنقطة حرجة أثناء التشخيص المتعمق لسلسلة التوريد. بعد تحليل تفصيلي لعمليات التخطيط، تم تحديد عدد من النقاط الضعف التي أثرت بشكل كبير على الكفاءة التشغيلية للشركة. واستجابةً لذلك، تم تطوير حل متكامل، يشمل أتمتة عمليات التخطيط والإمداد عبر منصة رقمية. يتيح هذا الحل الإعداد التلقائي للخطة والاسترجاع الآلي للبيانات وتكامل أدوات دعم القرار. الهدف من هذا النهج هو تحسين استجابة شركة *BelAlgérie* للتقلبات في الطلب، وبالتالي تحسين عملياتها وإدارة المخزون بشكل عام.

الكلمات المفتاحية : تخطيط الإنتاج، *MRPII* ، *VBA* ، الرقمنة.

Abstract

This project aims to optimize production planning at Bel Algérie, focusing on the Master Production Plan process, identified as a critical point during an in-depth diagnosis of the supply chain. Following a detailed analysis of the planning processes, several gaps were identified, significantly impacting the company's operational efficiency. In response, an integrated solution was developed, including MPS automation via a digital platform. This solution enables planning plans to be drawn up automatically, data to be retrieved automatically, and decision-support tools to be integrated. This approach aims to enhance Bel Algérie's responsiveness to fluctuations in demand, optimizing its operations and improving overall inventory management.

Keywords : Production planning, MRP II, optimization, VBA, digitalization.

Résumé

Ce projet vise à optimiser la planification de la production chez Bel Algérie, en mettant l'accent sur le processus d'élaboration du Plan Directeur de Production, identifié comme un point critique lors d'un diagnostic approfondi de la chaîne d'approvisionnement. Suite à une analyse détaillée des processus de planification, plusieurs lacunes ont été identifiées, impactant significativement l'efficacité opérationnelle de l'entreprise. En réponse, une solution intégrée a été développée, incluant l'automatisation du PDP à travers une plateforme digitale. Cette solution, réalisée à l'aide de VBA, permet une élaboration automatique des plans de planification, la récupération automatisée des données et l'intégration d'outils d'aide à la décision. Cette approche vise à renforcer la réactivité de Bel Algérie aux fluctuations de la demande, optimisant ainsi ses opérations et améliorant la gestion globale des stocks.

Mots clés : Planification de la production, MRP II, optimisation, VBA, digitalisation.

Table des matières

Table des figures

Liste des tableaux

Liste des Abbreviations

Introduction générale	11
1 État des lieux	13
1.1 Marché agroalimentaire et production laitière et fromagère	14
1.1.1 L'agroalimentaire, l'industrie laitière et fromagère dans le monde . . .	14
1.1.2 L'agroalimentaire, l'industrie laitière et fromagère en Algérie	19
1.2 Présentation de Bel Algérie	21
1.2.1 Activités et gamme de produits	22
1.3 La supply chain de bel algérie	24
1.3.1 Organigramme du département supply chain	24
1.3.2 Activités et organisation de la supply chain de bel Algérie	25
1.3.3 Cartographie du macro-processus supply chain	29
1.4 Diagnostic, dysfonctionnement et problématique	29
1.4.1 Diagnostic SCOR	29
1.4.2 Résultat du diagnostic et problématique	32
2 État de l'art	36
2.1 Transformation digitale et digitalisation des organisations	37
2.1.1 La transformation digitale, la digitalisation et l'automatisation	37
2.1.2 La transformation digitale des organisations	39
2.1.3 Outils et langages de digitalisation des processus	45
2.2 Gestion de la production	46
2.2.1 Définition et objectifs	46
2.2.2 Typologie de la production	47
2.2.3 Dimensions de la gestion de la production	49

2.2.4	Gestion de la production par la théorie des contraintes et stock de sécurité	51
2.3	La Planification de Production	54
2.3.1	Définition de la planification	54
2.3.2	Approches et Fonctions de la planification industrielle	55
2.3.3	Niveaux et horizon de planification	57
2.3.4	Difficulté de l'élaboration de la planification	58
2.4	Manufacturing Resources Planning MRP II	59
2.4.1	Introduction, évolution et objectifs du MRP	59
2.4.2	Principes fondamentaux	60
2.4.3	Structure et Démarche du MRP II	62
2.4.4	Avantages et inconvénients du MRP	67
3	Solution proposée	69
3.1	Structure de la solution	70
3.1.1	Collecte de données	70
3.2	Stratégie de Développement et d'Implémentation	71
3.2.1	Étude des besoins	71
3.2.2	Conception de la solution	74
3.2.3	Développement de la solution	75
3.3	Livrable de la solution	78
3.3.1	Outils de Gestion de Données	79
3.3.2	Outils de calculs avancés	89
3.4	Evaluation, impacts et limites de la solution	94
3.4.1	Evaluation de la solution	94
3.4.2	Impacts et valeurs ajoutées de la Solution E-PDP	96
3.4.3	Limites de la solution	100
	Conclusion générale	102
	Bibliographie	104
4	Annexes	106

Table des figures

1.1	Schéma simplifié d'une Supply Chain laitière	16
1.2	Prévision de la consommation mondiale future du fromage	17
1.3	Gamme de produits du groupe Bel	18
1.4	Présence mondiale du groupe Bel	19
1.5	Marques de bel Algérie	22
1.6	Organigramme de la direction d'usine	24
1.7	Organigramme du département Supply Chain	25
1.8	lignes de production de Bel Algérie	28
1.9	Cartographie du processus supply chain de Bel Algérie	29
1.10	Cartographie niveau 1 du macro-processus Supply Chain	30
1.11	Cartographie niveau 2 du processus de planification	31
1.12	Cartographie niveau 3 du processus de planification	32
1.13	Arbre de défaillance des problèmes de stockage	33
1.14	Arbre de défaillance des problèmes de Planification	33
2.1	Etapas de la conversion entre la phase d'évaluation et la phase d'action	42
2.2	Planification hiérarchisée sous MRP	61
2.3	Structure du MRP II	63
3.1	Identification du besoin– Diagramme de la Bête à cornes	72
3.2	Processus clés de chaque itération selon l'approche agile	74
3.3	Diagramme de cas d'utilisation	75
3.4	La page "Home" écran d'accueil de l'application	79
3.5	Exemple d'écran pour choix de données à insérer	80
3.6	Feuille d'insertion des données de prévisions	80

3.7	Exemple d'écran sur la feuille de closing stock	81
3.8	Exemple d'écran pour l'insertion dans la fonction "Actualiser"	82
3.9	Exemple d'écran sur le résultat de la fonction "Actualiser"	82
3.10	Interface choix paramètres	83
3.11	Exemple d'écran de la fonctionnalité Stock de sécurité	83
3.12	Exemple d'écran de la fonctionnalité de modification	84
3.13	Un exemple de résultat de sauvegarde	84
3.14	Affichage du paramètre TRS	85
3.15	Exemple d'écran de la paramètre contraintes de production	86
3.16	Affichage du paramètre contraintes de production	86
3.17	Affichage du paramètre Capacités machines	87
3.18	Exemple d'écran de choix de la base de donnée	88
3.19	Exemple de l'interface de choix du PDP et de famille de produit	90
3.20	Exemple PDP KIRI automatique	91
3.21	Exemple PDP KIRI manuel	92
3.22	Exemple d'écran sur la fonctionnalité "Calculatrice"	93

Liste des tableaux

1.1	Types de produits et formats	23
2.1	Types deancements et industries	48
2.2	Liste des éléments influant l'offre et la demande de la Stock : matières premières, produits finis	55
3.1	Phases de Développement de la plateforme	76
3.2	Évaluation de la solution	95
3.3	Tableau comparatif des écarts	99

Liste des Abbreviations

CBN	<i>Calcul des Besoins Nets</i>
DMM	<i>Digital Maturity Model</i>
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>
KPI	<i>key performance indicator</i>
MPS	<i>Master Production Scheduling</i>
MRP II	<i>Manufacturing Resources Planning</i>
OPT	<i>Optimized Production Technology</i>
PDP	<i>Plan Directeur De Production</i>
PIC	<i>Plan Industriel et Commercial</i>
SCOR	<i>Supply Chain Operations Reference</i>
SIPOC	<i>Supplier Input Process Output Customer</i>
SS	<i>Stock de Sécurité</i>
TOC	<i>Theory of Constraints</i>
TRS	<i>Taux de Rendement Synthétique</i>
UHT	<i>Ultra Haute Température</i>
UML	<i>Unified Modeling Language</i>
VBA	<i>Visual Basic for Applications</i>
VBE	<i>Editeur Visual Basic</i>

Introduction générale

Les avancées technologiques ont radicalement transformé les opérations des entreprises, offrant de nouvelles perspectives pour améliorer leur efficacité opérationnelle et leur compétitivité à l'échelle mondiale. La digitalisation s'est rapidement affirmée comme un avantage concurrentiel majeur dans plusieurs industries, devenant un levier stratégique essentiel pour substituer les processus manuels par des systèmes informatisés, plus rapides, précis et efficaces. Cette transition libère des ressources et du temps, accroît la productivité, permettant aux entreprises de concentrer leurs efforts sur des activités à haute valeur ajoutée, stimulant ainsi l'innovation et consolidant leur position sur le marché mondial.

Dans le secteur agroalimentaire, spécifiquement dans celui des produits laitiers et fromagers, les exigences rigoureuses en termes de qualité, de sécurité alimentaire et de gestion des stocks sont exacerbées par une demande fluctuante et des cycles de production complexes. La digitalisation de ces processus devient donc cruciale, intégrant des systèmes informatisés pour une gestion agile et prédictive. Cela garantit une disponibilité optimale des produits tout en réduisant les coûts et les risques associés à la gestion des stocks et à la planification de la production.

Group Bel, un acteur majeur dans l'industrie fromagère internationale, et sa filiale Bel Algérie jouent un rôle essentiel dans le paysage agroalimentaire, notamment en Algérie où ils contribuent significativement à l'économie locale et au développement du secteur fromager. Bel Algérie, intégrée au sein du groupe Bel, tire parti des meilleures pratiques et des technologies avancées déployées à l'échelle internationale pour optimiser ses opérations et maintenir sa position de leader sur le marché algérien du fromage.

Au cœur de cette dynamique opérationnelle se trouve la supply chain, un réseau complexe englobant la production, la distribution et la gestion des stocks. La planification joue un rôle crucial dans cette chaîne, influençant directement la capacité de l'entreprise à s'adapter aux fluctuations du marché tout en optimisant les niveaux de stocks. L'introduction de technologies avancées vise spécifiquement à résoudre ces défis en automatisant et en optimisant le processus de planification. Ces innovations offrent également des outils analytiques essentiels pour une prise de décision plus rapide et plus précise, permettant ainsi à Bel Algérie de maintenir une agilité opérationnelle et une compétitivité accrues sur le marché local.

Cette étude vise à intégrer une solution technologique afin d'améliorer le processus de plani-

fication et les opérations de Bel Algérie. Elle met particulièrement l'accent sur l'optimisation de la planification pour aligner la production avec les niveaux de stocks fluctuants et répondre efficacement à la demande du marché local.

La problématique centrale de ce projet est de déterminer comment améliorer ce processus afin d'accroître l'efficacité de la supply chain, d'optimiser l'utilisation des ressources et d'aligner la production avec les niveaux de stocks fluctuants. Le diagnostic réalisé a permis d'identifier une problématique précise et directe, formulée comme suit :

« Comment pouvons-nous améliorer le processus de planification pour augmenter l'efficacité de la supply chain, optimiser l'utilisation des ressources, et aligner la production avec les niveaux de stocks ? »

Le présent document expose la méthodologie adoptée, structurée en trois principales parties :

Le premier chapitre a pour objectif d'analyser en profondeur le contexte de l'étude, de le décrire avec précision, de réaliser un diagnostic approfondi des processus actuels, de détecter les problèmes et les dysfonctionnements, puis de formuler la problématique de manière claire et concise.

Le deuxième chapitre établit les bases théoriques nécessaires à la compréhension et à la conception du projet. Il explore des concepts clés tels que la transformation digitale, la digitalisation des processus, la gestion de la production et la planification, en intégrant des études de cas et des exemples concrets pour illustrer leur application pratique.

Le dernier chapitre se concentre sur la solution proposée, détaillant sa structure, les étapes de son implémentation, les outils technologiques utilisés pour son développement, ses fonctionnalités ainsi que les résultats observés et les gains obtenus en termes d'efficacité opérationnelle et de performance de la supply chain.

Nous concluons notre étude par une synthèse générale des travaux réalisés et des résultats obtenus. En outre, nous explorons les perspectives de projets futurs pour enrichir davantage la solution mise en œuvre et pour continuer à soutenir l'innovation et l'excellence opérationnelle chez Bel Algérie.

Chapitre 1

État des lieux

Introduction

Dans ce chapitre, nous explorerons l'industrie agroalimentaire, en mettant l'accent sur l'industrie laitière et fromagère, en particulier le groupe Bel et sa filiale Bel Algérie. Nous débiterons par une vue d'ensemble mondiale et algérienne, puis nous présenterons en détail les activités, produits et organisation de Bel Algérie.

La troisième partie sera dédiée à la supply chain de Bel Algérie, nous décrivons son organisation et nous détaillerons ses processus clés. Ensuite, nous procéderons à un diagnostic approfondi du processus de planification pour identifier les dysfonctionnements et les problématiques clés. Ce diagnostic posera le cadre d'un projet visant à améliorer l'efficacité et la performance du processus de planification de Bel Algérie.

1.1 Marché agroalimentaire et production laitière et fromagère

Cette première partie sera dédiée à la présentation du secteur agroalimentaire, sa filière laitière ainsi que le secteur fromager. Nous commencerons par une vue d'ensemble du secteur agroalimentaire, en détaillant ses caractéristiques, ses activités principales, ainsi que ses principaux acteurs. Nous soulignerons également l'importance de l'industrie agroalimentaire dans l'économie mondiale et algérienne. Ensuite, nous nous pencherons sur la production laitière, en présentant sa chaîne d'approvisionnement. Enfin, nous concentrerons notre attention sur la filière laitière en Algérie, en mettant particulièrement l'accent sur la production de fromages, qui constitue le cœur de métier de Bel Algérie.

Cette introduction permettra de comprendre l'impact significatif de ces industries sur les marchés mondiaux et locaux, ainsi que les défis et les opportunités qui façonnent leur développement et leur croissance.

1.1.1 L'agroalimentaire, l'industrie laitière et fromagère dans le monde

L'industrie agroalimentaire se positionne comme l'un des secteurs les plus importants et dynamiques à l'échelle mondiale. Son rôle principal réside dans la transformation des matières premières agricoles en produits alimentaires destinés à la consommation humaine ou animale, répondant ainsi aux besoins alimentaires de la population mondiale croissante, cette industrie englobe toutes les activités et les processus de production, de transformation, et de la distribution des produits alimentaires. Cependant, elle fait face à plusieurs défis majeurs notamment des défis liés aux normes de la qualité, à la sécurité alimentaire, aux exigences environnementales ainsi qu'aux pratiques durables.

Industrie laitière mondiale

Au cœur du secteur agroalimentaire, l'industrie laitière occupe une position principale. Elle démarre par la production de lait cru, puis le transforme en divers produits laitiers comme le lait standardisé, les yaourts, le beurre et les fromages, qui sont ensuite mis à disposition des consommateurs. Le lait frais est largement considéré comme un produit de base essentiel pour la plupart des consommateurs, tout en étant une matière première indispensable à de nombreuses industries agroalimentaires. Cette importance est d'autant plus marquée par les projections indiquant une croissance annuelle de la production mondiale de lait de 1.6 % jusqu'en 2029, un taux de croissance supérieur à celui de la plupart des principaux produits agricoles.

La figure 1.1, présente un schéma de la chaîne d'approvisionnement de la transformation du lait. Cette cartographie inclut les principales entités, de la production initiale à la ferme jusqu'à l'atteinte du consommateur final. Ce processus débute à la ferme laitière produisant le lait cru. Ce lait peut ensuite être dirigé vers plusieurs destinations :

- Centres de collecte de lait : Ils consolident et distribuent le lait des petites fermes.
- Transformateurs de lait : le lait représente une matière première majeure dans de nombreuses industries de transformation alimentaire. Les transformateurs l'utilisent pour produire une variété de produits laitiers comme la poudre de lait, le fromage, le beurre, le yaourt, la crème glacée et les confiseries.
- Détaillants : Ils achètent les produits transformés pour les vendre aux consommateurs finaux.
- Traiteurs : Ils utilisent les produits laitiers pour répondre aux demandes spécifiques des consommateurs.
- Consommateurs : Le lait et ses produits dérivés atteignent finalement les consommateurs, qui achètent soit directement auprès des fermes laitières, soit via les détaillants ou les traiteurs.

Le schéma met également en évidence le rôle essentiel des fournisseurs d'intrants pour les fermes laitières, qui fournissent les matières premières nécessaires à la production laitière.

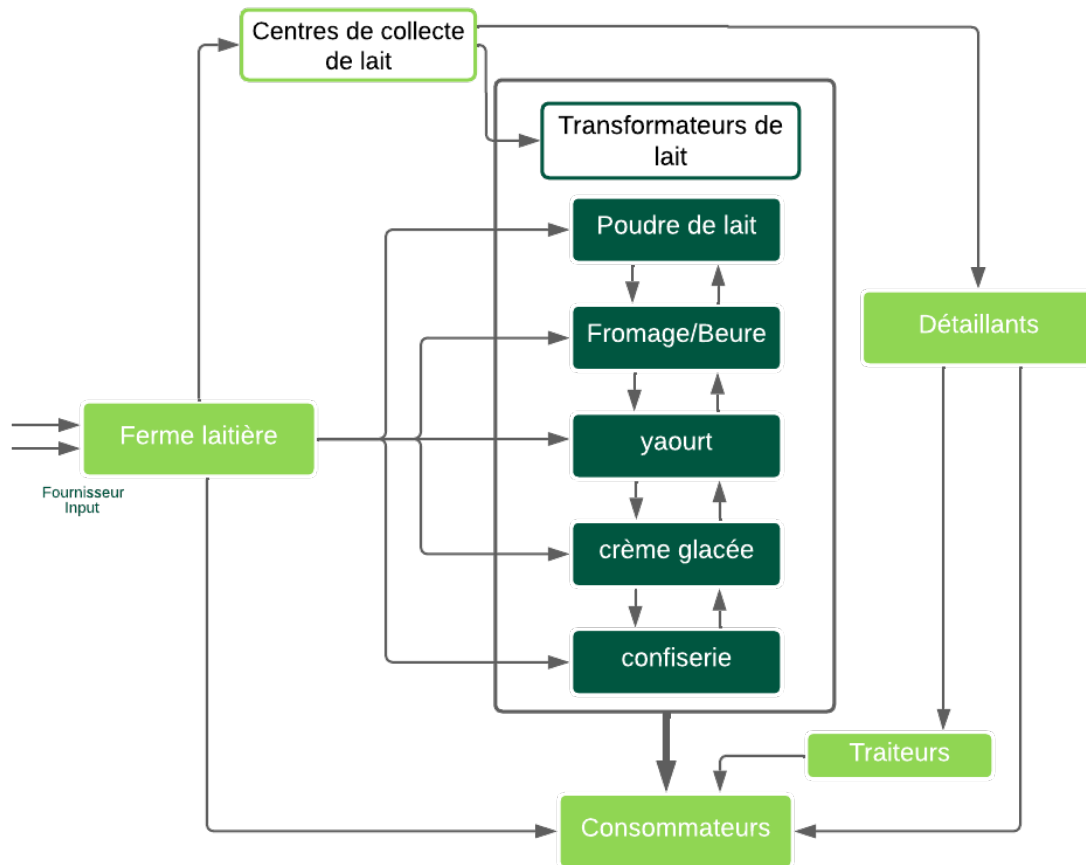


FIGURE 1.1 – Schéma simplifié d'une Supply Chain laitière[1]

Industrie fromagère mondiale

L'industrie fromagère est une partie intégrante et principale de l'industrie laitière, elle se distingue par sa diversité avec environ 1000 variétés de fromages mondialement disponibles. Cette richesse reflète non seulement les saveurs variées mais également les méthodes ancestrales de conservation des éléments nutritifs du lait. La demande croissante pour les fromages est principalement due à une prise de conscience accrue de leurs avantages nutritionnels, notamment leur richesse en protéines, minéraux et calcium, essentiels pour une alimentation saine et équilibrée.

Les projections de la consommation mondiale de fromage de 2023 à 2029 montrent une tendance à la hausse, avec une augmentation progressive chaque année, cette évolution illustrée dans la figure 1.2, met en évidence l'importance stratégique pour les entreprises d'investir dans cette industrie. En profitant de cette opportunité de croissance durable, elles peuvent réaliser des économies d'échelle, ce qui leur permet d'avoir une meilleure rentabilité, une position renforcée ainsi qu'un avantage concurrentiel.

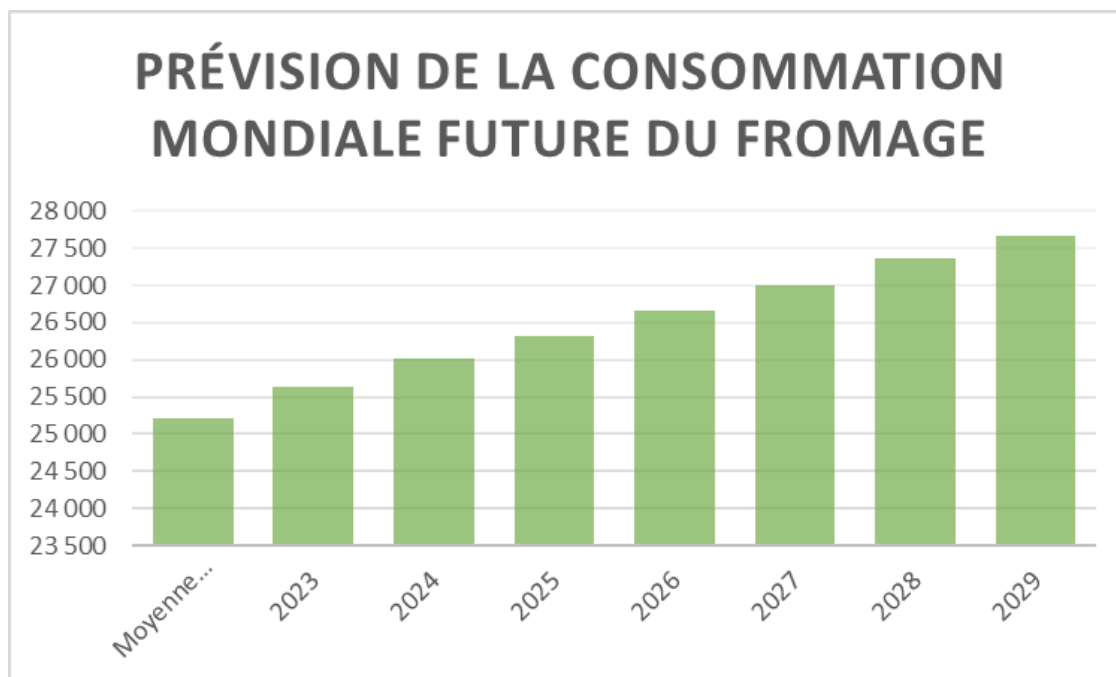


FIGURE 1.2 – Prévion de la consommation mondiale future du fromage[2]

Position du groupe Bel mondialement

Le Groupe Bel, une société agroalimentaire de renommée internationale spécialisée dans la production de fromages et de portions lactières, fruitières ou végétales. une société leader dans le secteur des fromages de marque, Fondée en 1865 dans le Jura par Jules Bel sous le nom des « Établissements Jules Bel », le Groupe Bel s'est développé pendant plus d'un siècle et demi pour devenir l'une des entreprises fromagères les plus connues en France et à l'international. Elle se classe au troisième rang mondial des fromages de marque, avec plus de 25 marques, dont La Vache qui Rit, Boursin, Kiri et Babybel, distribuées dans les cinq continents.

5 MARQUES CŒUR + de 25 MARQUES LOCALES ET INTERNATIONALES



FIGURE 1.3 – Gamme de produits du groupe Bel [3]

Bel opère dans plus de 30 pays avec une trentaine d'usines de production réparties aux quatre coins du globe. Le groupe occupe une position de leader dans 25 pays et se classe parmi les trois premiers dans 45 pays. Sa stratégie repose sur la proximité avec les marchés de ses clients et la collaboration avec des fournisseurs et partenaires locaux.

En tant qu'acteur responsable, Bel s'efforce de réduire son empreinte carbone en modernisant ses sites de production et en développant des produits innovants tout en garantissant la sécurité et le bien-être de ses équipes. Engagé pour une alimentation durable et accessible à tous, Bel poursuit sa mission "For All. For Good." en visant à transformer les modèles alimentaires pour préserver les ressources planétaires.

En 2022, Bel a réalisé un chiffre d'affaires de 3593 millions d'euros, répartis sur deux segments de marché, le marché mature avec un chiffre d'affaire de 2 654 millions d'euros, représentant une partie majeure du revenu global, ce marché couvre des régions fortement développées et bien établies telles que l'Europe, le Proche et Moyen-Orient, l'Afrique du Nord et l'Amérique du Nord. Le marché des nouveaux territoires, comprenant le Moyen-Orient, l'Afrique subsaharienne et la Chine. a généré un chiffre d'affaires de 941 millions d'euros, ce chiffre met en évidence le potentiel de croissance du groupe et les opportunités significatives pour le futur, avec des marchés émergents où la demande pour des produits laitiers et fromagers est en augmentation [3].

Ces deux segments illustrent la stratégie équilibrée de Bel entre maintenir une forte présence sur ses marchés traditionnels tout en investissant et se développant dans des régions à fort potentiel de croissance.

Fondée en 1865 par Jules Bel à Orgelet, France, la Fromagerie BEL a commencé comme une petite fromagerie artisanale. En 1922, l'entreprise s'est transformée en Fromagerie BEL et a commencé à se développer à l'international, ouvrant des usines en Belgique et au Royaume-Uni en 1929. À partir des années 1970, BEL a étendu sa présence mondiale en établissant des filiales dans plusieurs pays, dont les États-Unis, le Maroc et l'Algérie. Aujourd'hui, BEL est présente sur les 5 continents, avec une trentaine de sites de production dans 130 pays, couvrant l'Amérique, l'Asie-Pacifique, l'Europe, le Moyen-Orient et l'Afrique.

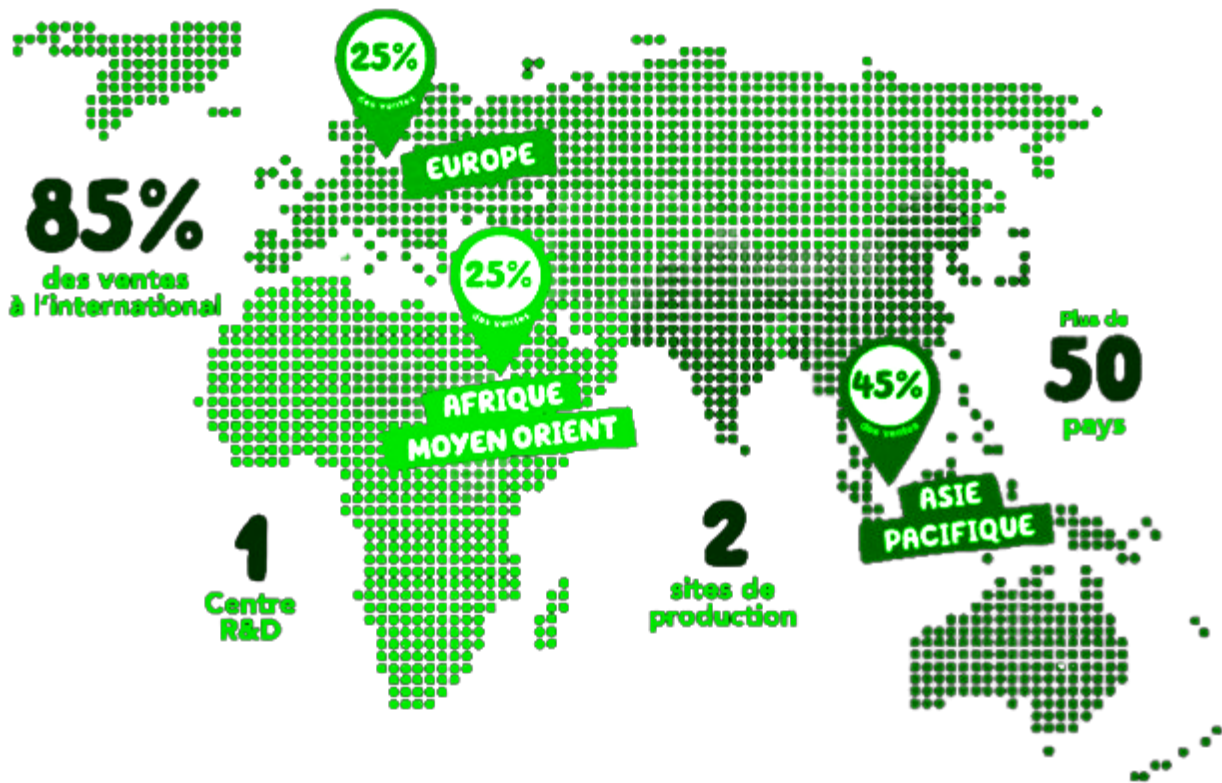


FIGURE 1.4 – Présence mondiale du groupe Bel[3]

1.1.2 L'agroalimentaire, l'industrie laitière et fromagère en Algérie

L'industrie agroalimentaire occupe une position significative dans l'économie algérienne devenant le deuxième secteur exportateur après les hydrocarbures, avec un taux de croissance annuel estimé à 6 %. Elle assure la disponibilité des produits alimentaires de base sur le marché national, avec une gamme diversifiée englobant les céréales, le sucre, les huiles et les boissons non alcoolisées. avec une attention particulière portée à la filière laitière. Selon Bessaoud (2019), l'industrie agroalimentaire algérienne est en forte croissance, avec plus de 3000 PME actives dans divers secteurs. Cette dynamique a conduit le gouvernement à accorder une priorité à cette industrie dans le cadre du développement territorial. En 2021, cette industrie a enregistré une valeur ajoutée de 8,1 % au quatrième trimestre contre une valeur de 1,7% en 2020 durant la même période. Ce secteur a continué de croître, avec une

variation de +3,7 % au premier trimestre 2023, comparativement à +6,2 % à la même période l'année précédente [4].

Industrie laitière en Algérie

L'industrie laitière en Algérie est confrontée à d'importants défis malgré son rôle stratégique dans l'économie nationale. Une forte dépendance aux importations de lait en poudre, représentant plus de 94% des importations totales de produits laitiers, entrave sa capacité à répondre pleinement à la demande croissante des industries laitières locales [4]. Cette situation se traduit par l'utilisation généralisée de la poudre de lait importée dans la fabrication de produits laitiers tels que le lait liquide, les yaourts et les fromages produits en Algérie. (Figure 1.1) Face à ces enjeux, l'Algérie s'efforce de renforcer à la fois la quantité et la qualité de sa production alimentaire, dans le but de réduire sa dépendance aux importations et de garantir un approvisionnement adéquat du marché intérieur à des prix raisonnables (Institut technique des Élevages, 2013). Ces efforts s'inscrivent dans un contexte marqué par une croissance démographique soutenue, une sensibilisation accrue des citoyens aux normes nutritionnelles, une amélioration du pouvoir d'achat et une demande croissante pour des produits laitiers de qualité. En outre, les investissements importants réalisés dans le secteur ont contribué à stimuler la croissance de la consommation des produits laitiers dérivés, tels que les yaourts et les fromages, qui connaissent une augmentation significative de la demande [5]. La demande intérieure pour le lait de consommation atteint un niveau proche de la saturation, tandis que la consommation des produits dérivés comme les yaourts et les fromages connaît une forte croissance. Les investissements importants dans le secteur ont contribué à cette croissance, ainsi qu'à l'amélioration continue de la qualité des produits et à la stabilité des prix [6].

Industrie fromagère en Algérie

L'essor de l'industrie fromagère en Algérie se révèle très important, avec une consommation annuelle de 85 000 tonnes. Cette dynamique industrielle ne se contente pas de diversifier l'offre sur le marché local, elle constitue également un pilier fondamental de la sécurité alimentaire et de l'indépendance économique du pays, réduisant sa dépendance vis-à-vis des importations.

Les Algériens sont parmi les plus grands consommateurs de fromage. En réponse à cette demande croissante, le gouvernement algérien s'engage à favoriser la production locale en modernisant les méthodes de fabrication et en mettant en place de nouveaux programmes de développement.

Selon une étude récente de DjazAgro, les ventes de fromages ont augmenté de 10% en 2023 pour atteindre 1,15 milliard d'euros, avec une forte préférence pour les fromages à tartiner,

enregistrant une croissance de 11% et atteignant 750 millions d'euros. Les ventes totales de fromages en Algérie devraient atteindre 1,73 milliard d'euros d'ici 2030 [7]. La croissance démographique de l'Algérie et la popularité croissante du fromage seront les principaux moteurs de cette croissance jusqu'en 2030. De plus, les produits fromagers locaux devraient gagner en parts de marché alors que les acteurs nationaux cherchent à se différencier et à rivaliser avec les marques internationales.

Cependant, cette industrie doit relever des défis tels que l'amélioration des infrastructures logistiques et la concurrence des importations étrangères. Pour réussir et maintenir sa compétitivité, elle doit continuer à innover et à répondre aux attentes des consommateurs, en mettant en avant la qualité et l'authenticité de ses produits locaux.

Position de Bel Algérie dans le marché algérien

Bel Algérie occupe une position dominante sur le marché fromagère algérien. En 2020, sa marque phare "La Vache qui Rit" s'est distinguée en devenant le leader mondial des ventes, avec 2,5 millions de portions vendues quotidiennement en Algérie. Pour répondre aux besoins du pouvoir d'achat local, Bel Algérie a développé des recettes plus accessibles tout en maintenant un niveau nutritionnel élevé, notamment avec sa gamme "La Vache qui Rit Simply" [8].

L'entreprise a également investi significativement dans l'amélioration continue de ses processus de production, obtenant ainsi la certification de sécurité alimentaire la plus rigoureuse, un exploit unique dans le pays [8].

Grâce à cette adaptation aux attentes des consommateurs, à la qualité de ses produits et à ses pratiques environnementales responsables, Bel Algérie a solidifié sa position en tant qu'acteur incontournable du marché alimentaire en Algérie [9].

1.2 Présentation de Bel Algérie

La Fromagerie Bel Algérie, filiale du groupe Bel, a débuté ses activités en 2001, initialement par le biais d'une plate-forme de sous-traitance qui a duré plus de cinq ans. La production locale a commencé en 2007 sur le site de Mazafran à Koléa. Au fil des années et grâce à une croissance rapide de la demande, la production annuelle sur ce site est passée de 2000 tonnes à 25000 tonnes en 2014.

Grâce à son engagement envers l'innovation et son adaptation aux besoins locaux, Bel Algérie a su conquérir le marché algérien, devenant le leader mondial de la consommation de La Vache Qui Rit. Son produit innovant, La Vache Qui Rit Koul Youm, spécialement conçu pour le marché des condiments, témoigne de sa capacité à répondre aux attentes des consommateurs.

La vision de Bel Algérie est d'être une usine modèle responsable et agile qui incarne les

valeurs du Groupe Bel. En œuvrant activement pour répondre aux besoins alimentaires du peuple algérien et en créant de la valeur à long terme pour ses parties prenantes, l'entreprise se positionne comme un symbole d'excellence en matière d'alimentation saine pour tous.

1.2.1 Activités et gamme de produits

Marques et gamme de produits

La filiale algérienne détient un portefeuille diversifié de marques localement produites, chacune apportant une contribution distincte et répondant aux différents besoins des consommateurs algériens. Voici un aperçu de son ensemble de marques :



FIGURE 1.5 – Marques de bel Algérie

Bel Algérie, propose actuellement une gamme diversifiée de produits répartis en quatre familles principales, comprenant au total 17 produits

- PTN : il représente les produits en portions triangulaires, disponibles en plusieurs formats de portions : 8,16 et 24.
- PRN : il représente les produits en portions rectangulaires, disponibles en plusieurs formats de portions : 4 et 6 barres.
- PSR : il représente les produits en barquettes comme la vache qui rit kol youm ainsi que le kiri délice.
- PKR : il représente les produits de la marque kiri, en portions carrés, disponibles en formats de portions : 6 et 12.

TABLE 1.1 – Types de produits et formats

Type de produit	Produit	Format
PTN	LVQR	8P, 16P & 24P
	EDAM	8P & 16P
	Emmental	8P & 16P
	Picon	16P, 24P
	Simply	8P, 16P & 24P
PRN	CHEF OLIVES	4 barres
	CHEF Gruyère	4 barres
	CHEF Ail & Fines Herbes	4 barres
	CHEF Poulet Grillé	4 barres
PSR	KoulYoum	Barquette 180g
	Kiri	Barquette 180g
PKR	Kiri PC	6P, 12P

Organisation et activités de Bel Algérie

L'organisation de Bel Algérie est structurée autour de différents départements. une structure hiérarchique reflétant la collaboration au sein de l'entreprise. Au sommet se trouve le Comité de Direction Usine (CODU), chargé des décisions stratégiques majeures. Directement sous sa supervision, le Directeur Usine assume la responsabilité globale de la gestion opérationnelle, soutenu par une Assistante de Direction qui facilite les tâches administratives. La sécurité, la santé et l'environnement sont sous la responsabilité du département HSE Filiale. Les responsables fonctionnels se répartissent en trois principaux domaines : les achats, l'amélioration continue et le contrôle de gestion ; la production, les ressources humaines et l'ingénierie ; ainsi que la maintenance, la supply chain, l'approvisionnement et la qualité. Chaque responsable joue un rôle crucial dans son domaine spécifique tout en collaborant étroitement avec les autres pour assurer l'efficacité et la qualité des opérations de l'usine. L'organigramme de la direction d'usine est représenté dans la figure 1.6.

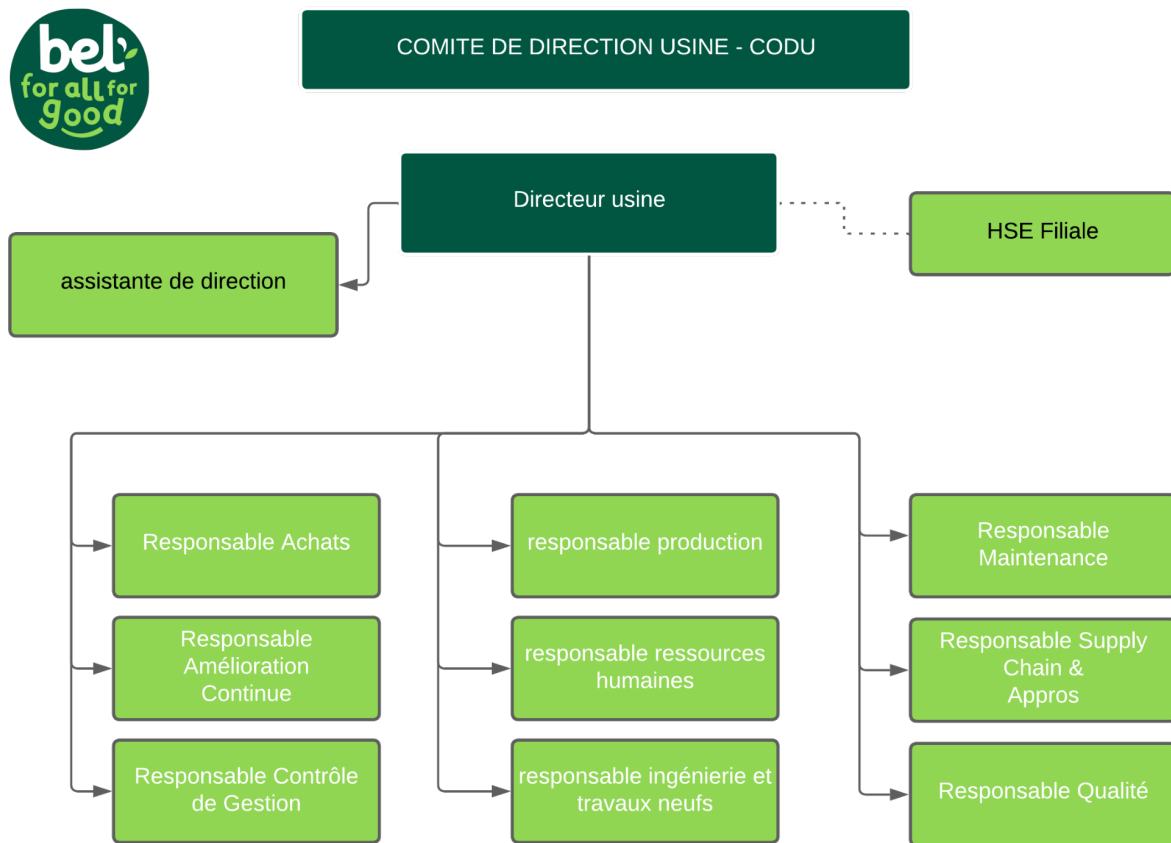


FIGURE 1.6 – Organigramme de la direction d'usine

1.3 La supply chain de bel algérie

Dans cette section, nous allons présenter l'organisation de la supply chain de Bel Algérie, ses activités ainsi qu'une cartographie décrivant son processus global.

1.3.1 Organigramme du département supply chain

La direction supply chain gère l'ensemble des processus d'un cycle de vie d'un produit, incluant l'achat et l'approvisionnement en matières premières, la production, le transport, le stockage et la distribution. Sa mission principale est de garantir la gestion efficace des flux physiques et d'informations, assurant la livraison de produits de qualité aux clients finaux au bon moment, au bon endroit, et en bonne quantité, tout en optimisant les coûts. Le schéma (Figure 1.7) présente l'organigramme de la direction supply chain de Bel Algérie, indiquant les différents départements associés.

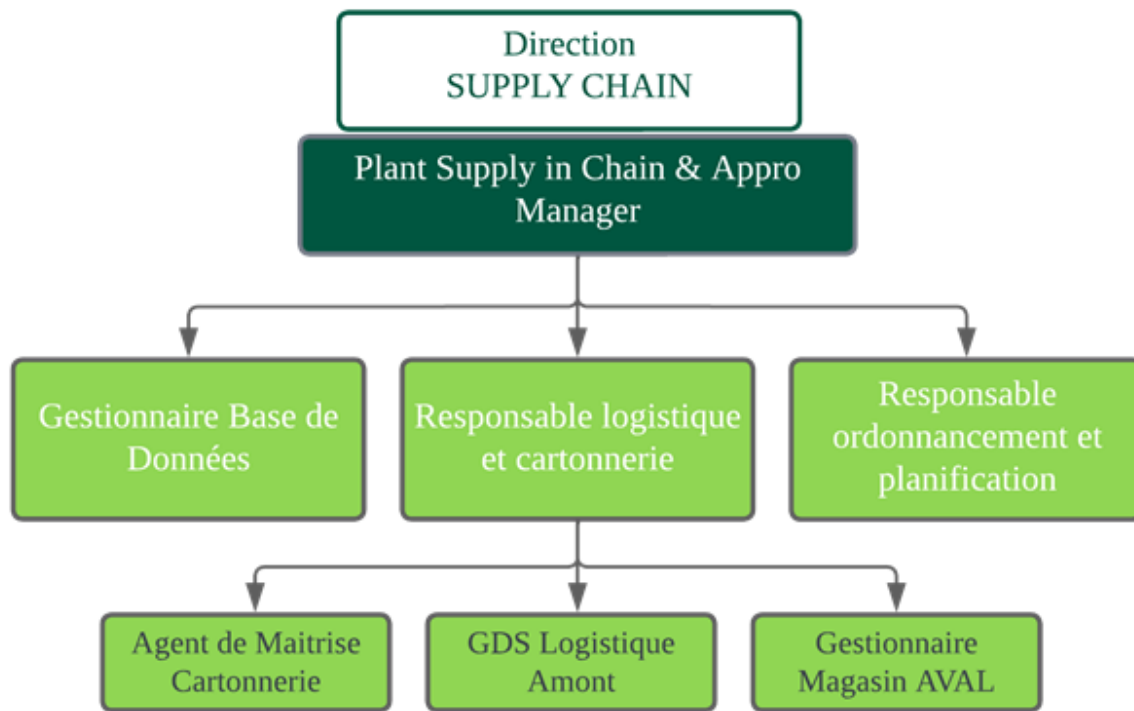


FIGURE 1.7 – Organigramme du département Supply Chain

1.3.2 Activités et organisation de la supply chain de bel Algérie

Bel Algérie s’engage à maintenir une supply chain efficace et intégrée pour répondre aux besoins de ses clients et optimiser ses opérations. Elle est organisée autour de départements interdépendants dont chacun joue un rôle essentiel dans la coordination et le succès globale de la supply chain.

Processus de planification

Le processus de planification constitue la première étape cruciale de la supply chain, jouant un rôle clé dans la satisfaction, l’alignement et la coordination des différents processus. Son objectif principal est d’optimiser les programmes de production en utilisant les prévisions de ventes, les contraintes industrielles et les niveaux de stocks.

En établissant des programmes précis, il détermine les quantités de produits à fabriquer pour répondre aux besoins des clients tout en minimisant les coûts et en respectant les contraintes opérationnelles. Ils permettent de synchroniser les activités de production, d’approvisionnement, et de gestion des stocks, assurant ainsi une réponse efficace tout en maintenant la flexibilité nécessaire pour s’adapter aux fluctuations du marché en minimisant les risques de surplus ou de rupture de stocks.

Processus d'achats et d'approvisionnements

Le processus d'achats et d'approvisionnements garantit la disponibilité continue des matières premières et des ressources nécessaires à la production.

Ce processus commence par l'analyse des besoins à partir du Plan Directeur de Production (PDP) afin de déterminer les besoins nets en matières premières nécessaires pour satisfaire le PDP. Une fois les besoins nets calculés, des commandes sont passées auprès des fournisseurs locaux ou étrangers, sélectionnés selon plusieurs critères : la qualité des produits fournies, les délais de livraison, ainsi que leur réactivité.

Processus du stockage

Le processus de stockage chez Bel Algérie varie en fonction de la nature du produit. Pour les matières premières et les éléments nécessaires à la production, le stockage s'effectue à l'usine de Koléa, où une zone de réception spécifique est aménagée. Cette zone comprend un réfrigérateur maintenu à une température comprise entre 4 et 6 °C, utilisé pour stocker des produits tels que le beurre, la crème et le cheddar. De plus, un espace de stockage à température ambiante est dédié aux poudres et autres ingrédients secs nécessaires à la production.

En ce qui concerne les produits finis, après leur fabrication à l'usine, ils sont expédiés dans un délai de 24 heures vers la base logistique de Blida. Durant le processus d'expédition, ces produits finis sont temporairement stockés à l'usine dans des conditions appropriées pour assurer leur qualité et leur intégrité jusqu'à ce qu'ils soient transportés à leur destination finale.

Processus de production

Le processus de production chez Bel Algérie vise à transformer les matières premières en produits finis de haute qualité, répondant ainsi aux besoins des clients.

Le planificateur joue un rôle essentiel dans ce processus en élaborant des plannings de production détaillant les quantités de produits à fabriquer. Ces plannings sont ensuite convertis en ordres de fabrication par le responsable de production. Ce dernier garantit la fluidité et la réussite de la production en allouant les ressources nécessaires et en lançant le processus conformément aux instructions du planificateur et selon la configuration décrite. Cette interaction continue permet de synchroniser les activités de production avec les besoins du marché, facilitant ainsi des ajustements rapides en cas de changement de demande ou de problèmes opérationnels.

Le processus de production chez Bel Algérie se divise en deux étapes principales : la fabrication et le conditionnement primaire.

- La fabrication : Dans la première étape, les matières premières sont transformées en produits semi-finis à travers plusieurs sous-étapes critiques. Les ingrédients sont d'abord préparés, pesés et fragmentés, puis mélangés et cuits dans des pré-mélangeurs ou cutters-cuiseurs. Durant cette phase, de l'eau et du sel de fonte sont ajoutés pour ajuster la texture du mélange. Enfin, la pâte subit une stabilisation thermique par pasteurisation ou stérilisation, selon les exigences du produit final, garantissant ainsi sa qualité et sa sécurité.
- Le conditionnement primaire : Après la fabrication, la pâte fabriquée passe dans des machines de conditionnement, des couleuses préalablement configurées pour produire des formats tels que 8, 16 ou 24 portions triangulaires ou autres. Durant cette phase chaque portion est emballée individuellement dans un emballage adapté assurant une barrière contre les contaminants extérieurs, puis regroupée dans des boîtes conçues pour contenir le nombre précis de portions. Après cela, les boîtes sont soigneusement scellées par des machines banderoleuses pour assurer leur protection lors du transport et du stockage. Enfin, les boîtes sont étiquetées et entreposées dans des conditions optimales.

Le processus de production intègre également des contrôles de qualité à chaque étape pour détecter et corriger rapidement toute déviation par rapport aux normes établies. Cela garantit la satisfaction des clients tout en minimisant les déchets et en améliorant l'efficacité opérationnelle, contribuant ainsi à une production durable et responsable.

Description des lignes de production

La zone de production est équipée de plusieurs lignes de production spécialisées, chacune dédiée à un type de produit spécifique. Ces lignes de production suivent des protocoles rigoureux pour garantir la conformité aux normes de qualité et de sécurité alimentaire.

Nous présentons dans la figure 1.8 un schéma descriptif des lignes de production de chaque famille de produits.

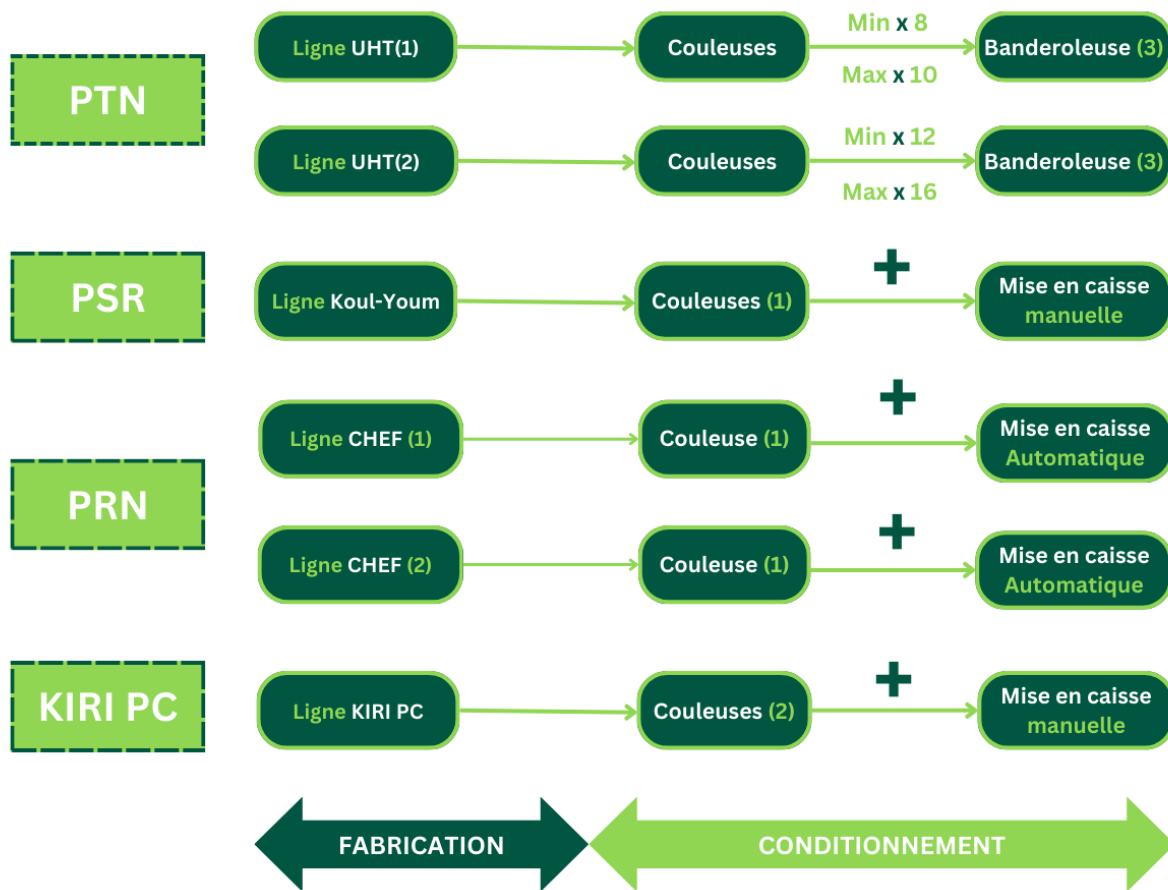


FIGURE 1.8 – lignes de production de Bel Algérie

Processus de la Qualité

Le processus de qualité est essentiel au bon fonctionnement de la supply chain de Bel Algérie, garantissant que tous les produits respectent les normes de qualité à chaque étape de la production.

Dès la réception des matières premières à l'usine de Koléa, des tests et inspections sont réalisés pour s'assurer de leur conformité aux normes et standards établies, assurant ainsi la qualité dès le début du processus. Pendant la fabrication, des échantillons sont régulièrement prélevés pour des tests approfondis, permettant de détecter toute déviation par rapport aux spécifications techniques et d'apporter les ajustements nécessaires pour maintenir une qualité optimale.

Une fois fabriqués, les produits finis sont soumis à des tests rigoureux avant d'être autorisés à la vente. Ils peuvent être retenus pour une période de 4 à 7 jours afin de garantir une évaluation approfondie de leur qualité et de leur sécurité alimentaire avant d'être commercialisés. Bel Algérie s'assure non seulement de la satisfaction des clients, mais aussi de la pérennité de ses opérations en minimisant les risques de non-conformité et en maximisant la qualité de ses produits.

1.3.3 Cartographie du macro-processus supply chain

Le macro-processus de la supply chain chez Bel Algérie est représenté à travers le modèle SIPOC (Supplier Input Process Output Customer), comme illustré dans la figure 1.9. Ce modèle offre une vue d'ensemble claire et structurée, en identifiant les fournisseurs internes et externes qui fournissent les entrées nécessaires au processus. Les entrées comprennent les informations, les matières premières et autres ressources essentielles. Le processus décrit les activités principales qui transforment ces entrées en sorties, comprenant les résultats et documentations destinés aux clients internes ou externes.

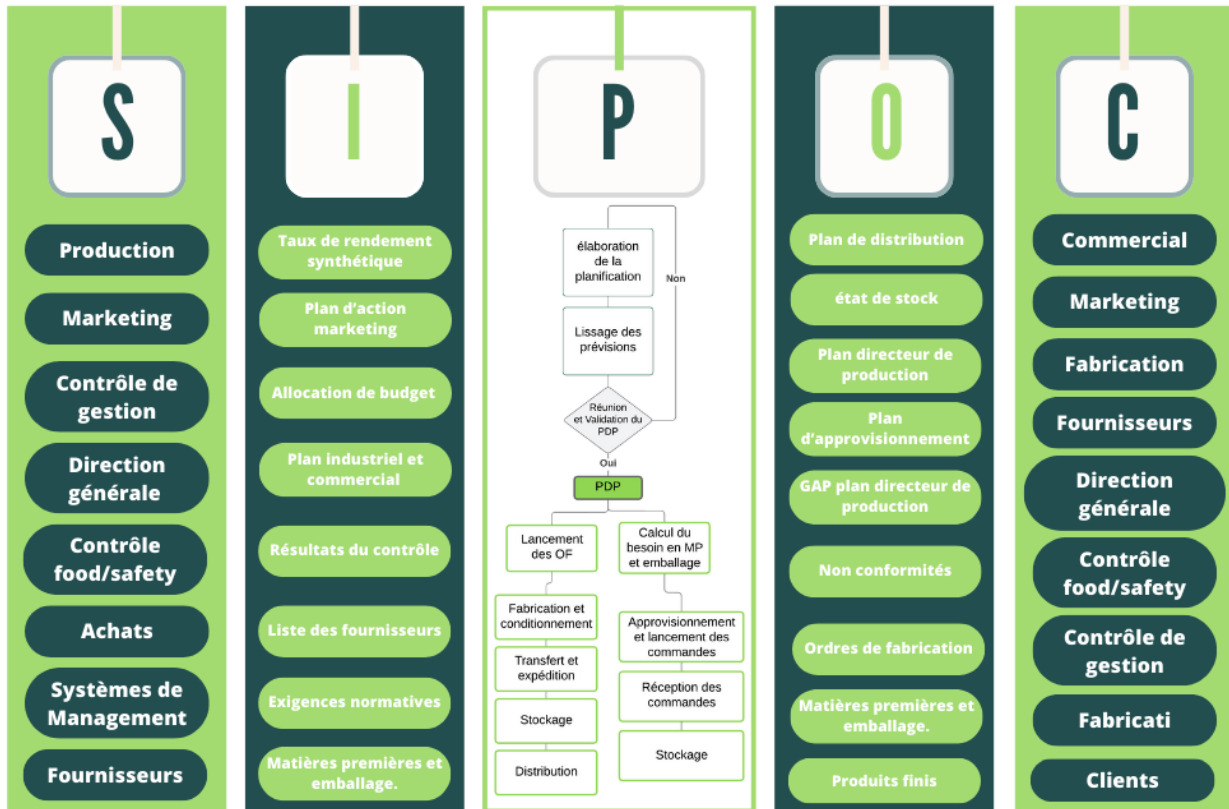


FIGURE 1.9 – Cartographie du processus supply chain de Bel Algérie

1.4 Diagnostic, dysfonctionnement et problématique

Dans cette partie, nous allons présenter le diagnostic effectué, les dysfonctionnements relevés et la problématique du projet.

1.4.1 Diagnostic SCOR

Dans cette partie, nous allons présenter le fonctionnement de la chaîne logistique de l'entreprise Bel Algérie en nous basant sur le référentiel SCOR (Supply Chain Operations Reference). Ce référentiel est un outil méthodologique et diagnostique qui offre une base

solide pour évaluer et améliorer les processus internes de l'entreprise.

Nous présenterons les résultats de cette analyse sous forme de cartographie pour chaque niveau, indiquant les activités principales, les détails opérationnels, ainsi que les différents flux.

Ce diagnostic mettra en lumière les points positifs ainsi que les aspects à améliorer dans chaque processus, ce qui nous permettra de dresser la liste des principaux dysfonctionnements relevés.

Cartographie SCOR de Niveau 1

Le modèle SCOR divise l'entreprise en cinq macro-processus : planification, approvisionnement, production, distribution et gestion des retours. Nous nous concentrerons particulièrement sur le processus de planification.

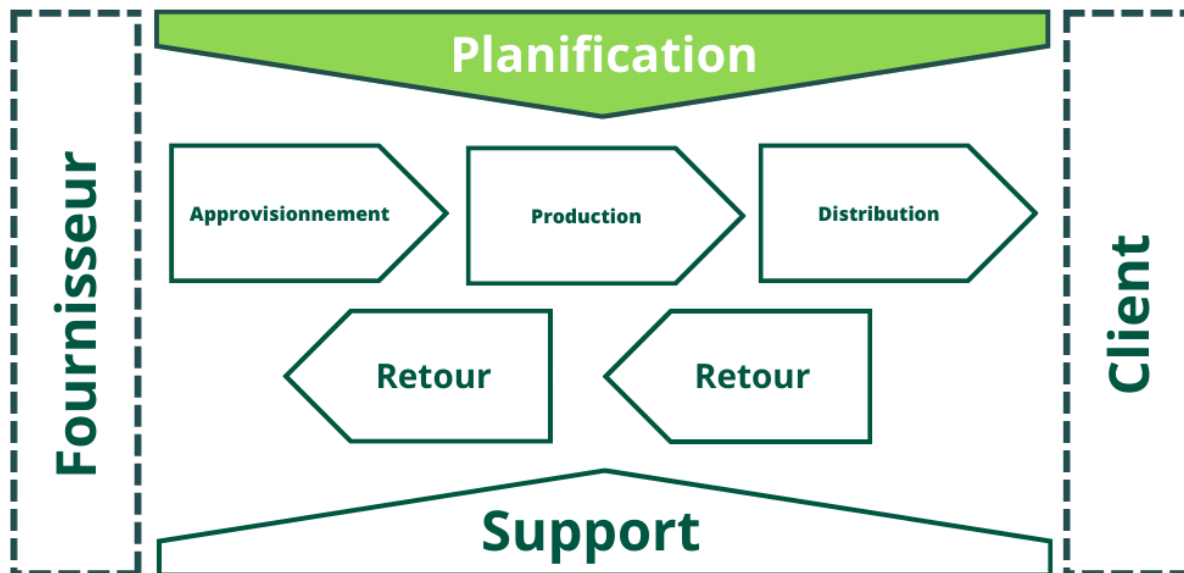


FIGURE 1.10 – Cartographie niveau 1 du macro-processus Supply Chain

Cartographie SCOR de Niveau 2

Dans la décomposition niveau 2, nous allons nous focaliser sur le processus de planification en définissant ses sous-processus. La planification est cruciale pour garantir une production efficace et des livraisons ponctuelles. Identifiée comme la première étape critique dans la cartographie du macro-processus de la Supply Chain de Bel Algérie (figure 1.9), l'analyse de ce processus permet de minimiser les dysfonctionnements tout au long de la chaîne d'approvisionnement. Nous illustrons dans la figure 1.11 la décomposition Niveau 2 du modèle SCOR :

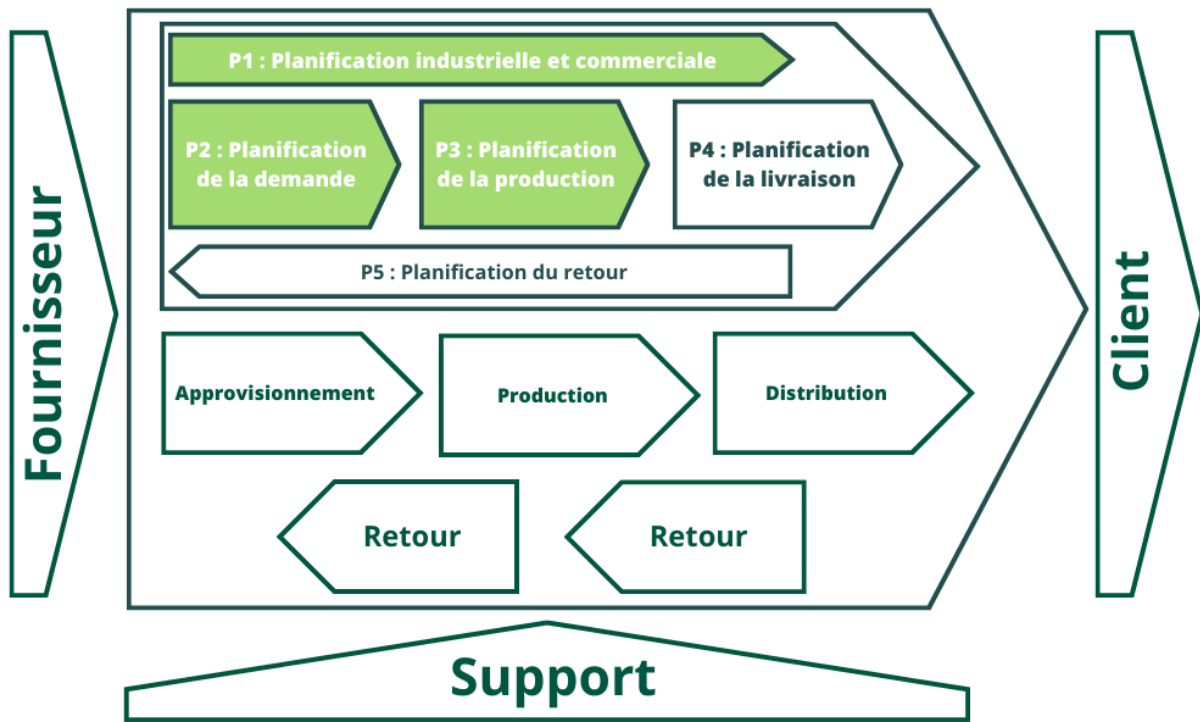


FIGURE 1.11 – Cartographie niveau 2 du processus de planification

Cartographie SCOR de Niveau 3

Nous passons maintenant au niveau 3 du référentiel (figure 1.12), qui concerne les sous-processus critiques du processus de planification chez Bel Algérie, décomposant chaque étape pour une meilleure compréhension et optimisation. La planification industrielle et commerciale (P1) se focalise sur l'identification des besoins et des capacités, la confrontation des prévisions avec les contraintes, et l'élaboration du Plan Industriel et Commercial (PIC). Son objectif est d'assurer la cohérence entre les objectifs stratégiques de l'entreprise et ses capacités opérationnelles.

La planification de la demande (P2) implique l'établissement des plans de ventes et l'élaboration des prévisions de demande pour anticiper les besoins des clients. Enfin, la planification de la production (P3) vise à équilibrer la demande avec les contraintes de production, à établir des plans détaillés de production et d'approvisionnement, et à ordonnancer la production tout en suivant l'exécution des plans. Ce sous processus permet d'Optimiser l'utilisation des ressources de production et garantit que les produits sont fabriqués de manière efficace et en temps voulu.

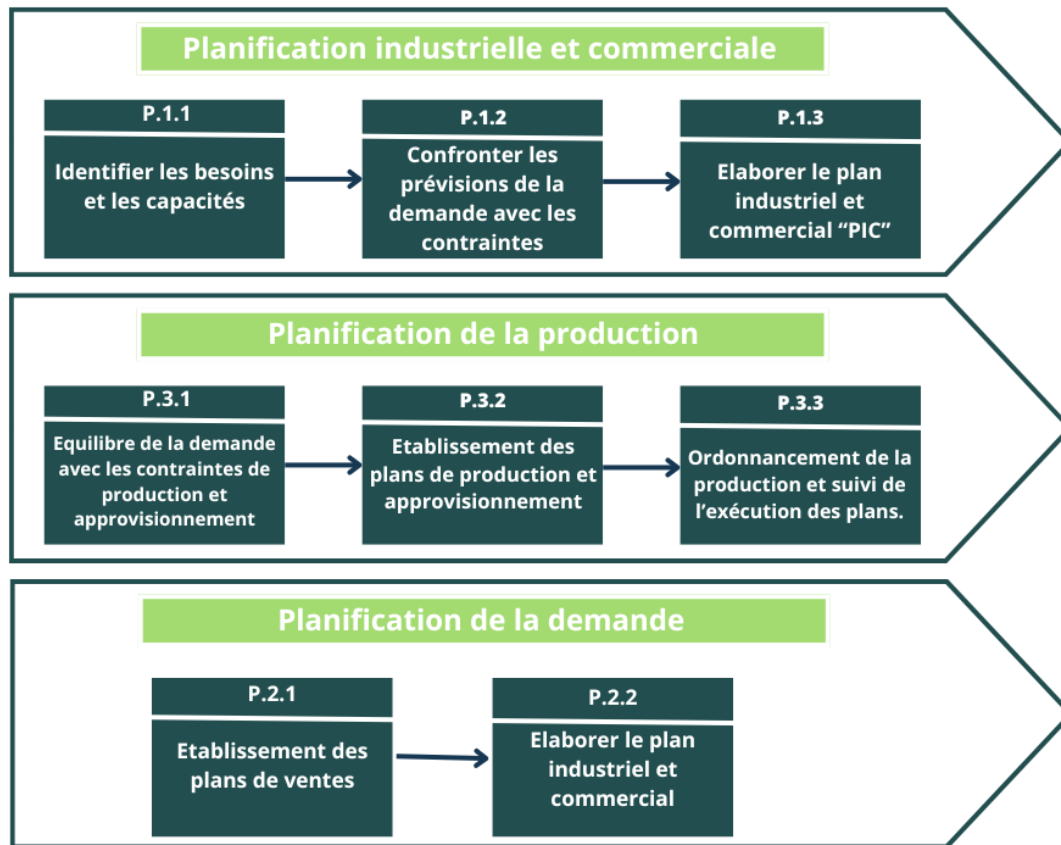


FIGURE 1.12 – Cartographie niveau 3 du processus de planification

1.4.2 Résultat du diagnostic et problématique

A. Résultat du diagnostic

Après avoir effectué le diagnostic du processus de planification et analysé les cartographies des différents niveaux, nous avons identifié plusieurs dysfonctionnements qui affectent la performance globale de la supply chain de Bel Algérie. Pour structurer et présenter ces problèmes de manière claire et concise, nous avons élaboré des arbres de dysfonctionnements. Ces arbres rassemblent les diverses sources d'inefficacités et les problèmes détectés. Grâce à cette représentation visuelle, nous pouvons mieux comprendre les dysfonctionnements et les points faibles de notre processus actuel. Cette analyse nous permettra de proposer des solutions ciblées et efficaces pour améliorer la gestion de notre processus de planification.

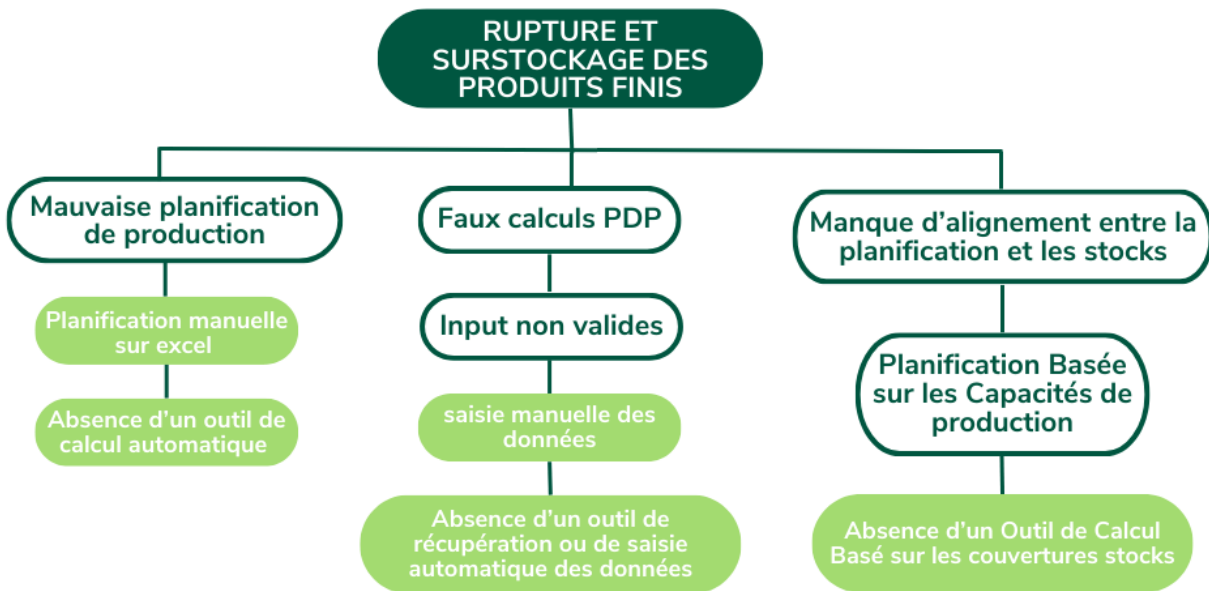


FIGURE 1.13 – Arbre de défaillance des problèmes de stockage

Nous avons remarqué des problèmes liés aux stockages, des ruptures ainsi que des surstockages. Ces dysfonctionnements peuvent causer des retards, des dégradations de produits dues à des conditions inappropriées ainsi qu’une augmentation des coûts de stockage et des pertes de produits. Nous avons pu détecter trois principales causes de ces défaillances, un manque d’alignement entre la planification et la gestion des stocks à cause d’une planification basée sur les capacités de production et non sur les stocks. Les faux calculs PDP à cause la saisie manuelle des données qui provoque des inputs non valides. ainsi qu’une mauvaise planification car elle se fait manuellement sur excel.

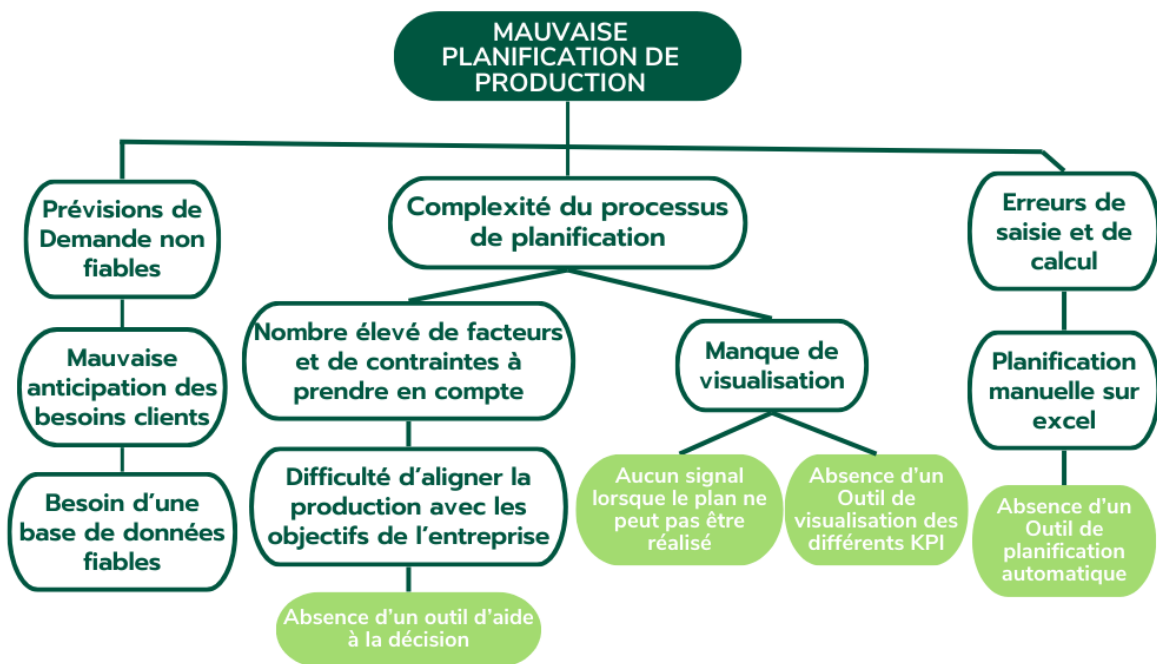


FIGURE 1.14 – Arbre de défaillance des problèmes de Planification

Nous avons également détecté plusieurs défaillances liées au processus de planification, ces problèmes peuvent perturber toute la supply chain car l'élaboration de la planification est la première étape du macro-processus supply chain, et le plan industriel et commercial ainsi que le plan directeur de production représentent les inputs de tous les autres départements. Les problèmes détectés sont représentés dans la figure 1.14, le principal problème est la non fiabilité des prévisions de la demande qui représentent un input non négligeable de la planification, et qui provoque directement des erreurs de PDP, il est causé par la mauvaise anticipation des besoins clients donc il est nécessaire d'avoir une historique de données fiable afin d'éviter ce dysfonctionnement.

La complexité du processus peut également causer des dysfonctionnements, car elle engendre une difficulté d'alignement entre le pdp et les objectifs de l'entreprise à cause du nombre élevé de facteurs et de contraintes à prendre en compte. Dans un second lieu, il y a un manque de visualisation ce qui rend le processus plus complexe.

Finalement, l'outil utilisé, excel provoque des saisies erronées, ainsi que des mauvaises calculs à cause de la suppression des formules, donc la nécessité d'avoir un outil de calcul automatique. Les dysfonctionnements identifiés montrent une nécessité urgente d'amélioration des processus de planification chez Bel Algérie. Ces problèmes ont des impacts négatifs sur l'efficacité opérationnelle, les coûts, et la satisfaction client.

B. Problématique

Chez Bel Algérie, la planification est un processus stratégique essentiel qui influence directement la performance de l'ensemble de la supply chain. Une planification efficace garantit une production alignée avec les objectifs stratégiques de l'entreprise, ainsi que des livraisons ponctuelles. Cependant, plusieurs dysfonctionnements dans le processus de planification peuvent entraîner des inefficacités importantes, affectant la capacité de l'entreprise à répondre aux besoins de ses clients et à optimiser ses ressources.

À travers notre diagnostic, nous avons détecté plusieurs dysfonctionnements dans le processus de planification chez Bel Algérie. Ces dysfonctionnements concernent principalement la mauvaise anticipation des besoins clients, des prévisions de demande inexactes, une planification basée sur les capacités, et l'absence d'outils de calcul automatique et de visualisation des KPI.

Ces défis soulèvent une question essentielle :

« Comment pouvons-nous améliorer le processus de planification pour augmenter l'efficacité de la supply chain, optimiser l'utilisation des ressources, et aligner la production avec les niveaux de stocks ? »

Cette question est d'une importance capitale compte tenu des impacts directs de la planification sur la production, les approvisionnements, les livraisons et, finalement, la satisfaction

des clients. Une amélioration du processus de planification permettra de mieux aligner les capacités de production avec les prévisions de la demande, d'optimiser l'utilisation des ressources, et de garantir des livraisons ponctuelles et précises. Cela nécessitera l'introduction d'outils de calcul automatique, de visualisation des KPI, et d'aide à la décision pour automatiser et affiner la précision de la planification, ainsi que pour gagner du temps et améliorer la prise de décision.

Conclusion

Après avoir mené une analyse approfondie de l'existant, incluant une exploration détaillée des processus et des activités de l'entreprise, ainsi que le diagnostic réalisé pour chaque étape du processus de planification, nous avons pu mettre en lumière les inefficacités et les points faibles qui impactent la performance globale de la supply chain. Cette démarche nous a permis d'identifier de manière claire et précise le problème à résoudre.

Par la suite, nous présenterons les notions et concepts théoriques utilisés pour élaborer une solution adaptée à notre contexte spécifique. De plus, nous détaillerons la solution proposée ainsi que la méthodologie suivie pour sa conception et sa mise en œuvre.

Chapitre 2

État de l'art

Introduction

Ce chapitre se concentre principalement sur la digitalisation de la production, explorant comment les avancées technologiques transforment les processus industriels. Nous commencerons par étudier la transformation digitale, examinant ses implications et ses objectifs pour les organisations. Ensuite, nous aborderons en détail la gestion de la production, en explorant ses différentes dimensions et typologies. Nous passerons ensuite à la planification de la production, en mettant en avant les approches stratégiques, tactiques et opérationnelles. Enfin, nous analyserons en profondeur le Manufacturing Resources Planning, soulignant son rôle majeur dans la digitalisation efficace des processus de production.

2.1 Transformation digitale et digitalisation des organisations

Dans un monde en constante évolution, l'émergence des nouvelles technologies est devenue un enjeu stratégique crucial pour toutes les entreprises, quel que soit leur domaine d'activité ou leur taille.

Cependant, la diversité des termes et concepts associés peut prêter à confusion. Afin de clarifier ces notions essentielles, nous procédons à une présentation détaillée de ces concepts, nous soulignons leur importance ainsi que leur impact sur les organisations, permettant ainsi une meilleure compréhension et mise en œuvre de ces processus au sein des entreprises.

2.1.1 La transformation digitale, la digitalisation et l'automatisation

La transformation digitale

L'émergence d'internet à partir des années 1990 a initié une nouvelle ère de transformation du système de production, souvent qualifiée de « numérisation de l'économie » ou de « transformation digitale » [10]. Cette transformation est devenue une préoccupation majeure pour les dirigeants, notamment ceux des PME. Elle représente un bouleversement profond dans le fonctionnement des activités des entreprises. Elle se traduit par l'adoption et l'intégration des solutions technologiques telles que l'intelligence artificielle, l'internet des objets, l'automatisation des tâches répétitives. Ces technologies sont déployées dans l'ensemble des activités pour améliorer la qualité opérationnelle, optimiser les processus, réduire les inefficacités et les délais ainsi que d'augmenter la productivité.

La transformation digitale consiste à faire évoluer l'activité d'une entreprise dans un monde digital et connecté, autour de trois axes principaux : le client, l'organisation et les proces-

sus opérationnels. Cela implique de repenser l'organisation et d'intégrer le numérique dans chaque dimension de l'entreprise. [11] Dans un environnement de plus en plus numérisé, elle est désormais essentielle pour maintenir la compétitivité sur le marché.

La digitalisation

La digitalisation, quant à elle, est le processus qui vise à transformer un objet, un outil, un processus ou un métier en un code informatique afin de le rendre plus performant, automatisé et numérisé. [12] Son objectif principal est d'améliorer la gestion, l'agilité et la fluidité des opérations en créant de nouveaux outils informatiques. ce qui devient de plus en plus indispensable pour garder ou acquérir un avantage concurrentiel.[13]

La transformation digitale, quant à elle, est un concept stratégique qui englobe l'utilisation des technologies numériques pour créer de nouveaux processus commerciaux. Elle révolutionne le fonctionnement des entreprises en repensant leurs méthodes de travail, en encourageant une culture d'innovation et en offrant des interactions client plus personnalisées et efficaces. Son objectif est de répondre aux exigences changeantes du marché en exploitant pleinement le potentiel des technologies digitales.

En résumé, la transformation digitale est un changement total qui s'impose aux entreprises traditionnelles, tandis que la digitalisation est le processus technique qui permet de les faire évoluer dans un monde numérique.

L'automatisation des processus

L'automatisation des processus désigne la mise en œuvre de technologies et de systèmes pour exécuter des tâches et des activités de manière autonome, sans ou avec une intervention humaine minium. Cela implique l'utilisation de logiciels, d'algorithmes et de robots logiciels pour automatiser les flux de travail, les processus métier et les opérations. Bien que des progrès importants aient été réalisés dans le domaine de la digitalisation et de l'automatisation, certaines activités essentielles des processus métier, telles que la collecte, la vérification et la saisie d'informations, demeurent présentes dans la plupart des entreprises. Ces activités sont non seulement monotones et répétitives, mais elles peuvent également être coûteuses.

Cependant, grâce à l'automatisation des processus, ces tâches peuvent être effectuées de manière plus efficace, précise et rentable, libérant ainsi du temps et des ressources pour se concentrer sur des activités à plus forte valeur ajoutée et favorisant ainsi la croissance et l'innovation de l'entreprise.

2.1.2 La transformation digitale des organisations

La transformation digitale des organisations est un processus complexe et multidimensionnel nécessitant une stratégie bien définie pour être efficace. Elle ne se limite pas à l'intégration de nouvelles technologies, mais implique également des changements culturels, organisationnels et opérationnels. Une stratégie de transformation digitale bien élaborée est essentielle pour aligner et opérationnaliser les initiatives de digitalisation avec les objectifs globaux de l'entreprise. Pour que la transformation digitale soit véritablement efficace et réussie, il est essentiel d'évaluer et de comprendre le niveau de maturité digitale de l'organisation. Ce concept de maturité digitale se réfère au niveau de maîtrise du digital par une entreprise.[14] Il permet d'identifier la capacité de l'entreprise à intégrer, gérer et exploiter les technologies numériques pour atteindre ses objectifs stratégiques et opérationnels.

Dans cette perspective, la première étape consiste à connaître le niveau de maturité digitale global de l'entreprise et de ses différents services [15]. Ce diagnostic est important car il permet d'identifier les forces et les faiblesses de l'organisation en matière de digitalisation et de savoir la démarche adéquate pour la transition digitale. Selon Frimousse et Peretti (2018), la capacité de changement dans une organisation correspond à la capacité des individus à s'adapter aux nouveautés.

L'objectif de la transformation digitale est d'élever le niveau de maturité digitale de l'organisation. Cela implique l'amélioration des compétences numériques des employés, l'optimisation des processus internes via la digitalisation, l'automatisation et l'intégration de technologies avancées. Cela est crucial, car une entreprise dotée d'une maturité digitale élevée est mieux équipée pour naviguer dans un environnement en constante évolution, car elle possède les compétences et les structures nécessaires pour tirer pleinement parti des opportunités offertes par les nouvelles technologies et elles tendent à obtenir des résultats financiers supérieurs à ceux de leurs concurrents.

La maturité digitale

La maturité digitale d'une organisation représente sa capacité à utiliser efficacement les technologies numériques pour atteindre ses objectifs stratégiques, opérationnels et commerciaux. Elle reflète sa capacité à intégrer, gérer et exploiter les technologies de l'information et de la communication pour créer de la valeur ajoutée, innover et s'adapter aux changements numériques. Les entreprises qui parviennent à un niveau élevé de maturité digitale bénéficient d'un avantage concurrentiel significatif. Elles sont mieux positionnées pour saisir les opportunités offertes par la transformation numérique, telles que l'optimisation des processus, le développement de nouveaux produits et services, l'amélioration de l'expérience client, et la croissance des revenus. À l'inverse, les organisations qui accusent un retard dans leur transformation digitale risquent de perdre en compétitivité. Dans la littérature, la maturité digitale est souvent évaluée à l'aide de modèles conçus par des praticiens et des universitaires,

qui servent d'outils de diagnostic interne pour évaluer le niveau de maturité d'une organisation dans sa transformation digitale. Ces modèles prennent en compte différents aspects de l'organisation, tels que sa stratégie numérique, ses capacités technologiques, sa culture organisationnelle, et son agilité face au changement.

A. Modèles de maturité digitale

Les modèles d'évaluation de la maturité numérique sont des outils cruciaux pour comprendre et améliorer le niveau de digitalisation d'une organisation. Ils couvrent un large éventail de dimensions telles que la culture digitale, la technologie, la stratégie digitale, l'organisation, les compétences digitales, l'innovation, etc. Ces modèles fournissent des questionnaires pour évaluer le niveau de maturité actuel de l'entreprise, avoir une compréhension globale de son niveau de digitalisation, et d'identifier ses points forts ainsi que les domaines à améliorer dans le cadre de sa stratégie de transformation digitale.[16]

D'après [15], Pour obtenir une image complète de l'état de la transformation numérique d'une entreprise, l'utilisation de modèles de maturité multidimensionnels apparaît comme l'approche la plus appropriée.

Le modèle de maturité aidera les administrations à juger de leur degré de maturité et à définir les types de procédure et les retombées générales à prendre en considération pour passer au niveau supérieur. [17] Ils sont des outils de soutien qui aident les organisations à identifier les écarts par rapport à leurs objectifs futurs. Ils permettent de se concentrer sur les points clés et les points de départ pour une transformation réussie.

La plupart des modèles de maturité numérique ont en commun un ensemble de dimensions correspondant aux efforts investis dans le digital et l'ensemble des étapes de maturité numérique. Mais ils ont une variation considérable en termes d'approches et d'objectifs.

Par exemple, le modèle de maturité numérique de Deloitte et TM Forum évalue la capacité numérique à travers cinq dimensions métiers. D'autre part, le modèle de maturité numérique créé par Google et le Boston Consulting Group mesure la maturité numérique à travers quatre étapes de croissance. Les désaccords rencontrés entre les modèles de maturité numérique se manifestent principalement dans trois domaines : la spécialisation de l'industrie, le champ d'application et la focalisation de l'évaluation. Voici un développement détaillé de ces domaines :

- Spécialisation de l'industrie : Certains modèles de maturité numérique sont conçus pour être génériques et applicables à diverses industries, tandis que d'autres sont spécifiquement adaptés à un secteur particulier, donc adapter le modèle au secteur d'industrie de l'entreprise permet de fournir une analyse plus approfondie et des résultats plus pertinents.
- Champ d'application : Les modèles de maturité numérique varient en termes de champ

d'application, allant de modèles holistiques à des modèles focalisés sur des domaines spécifiques. Les modèles holistiques offrent une vue globale de la maturité numérique de l'ensemble de l'organisation, aidant les dirigeants à comprendre les interactions entre différentes parties de l'entreprise et à prioriser les initiatives de transformation numérique avec un impact significatif. En revanche, les modèles spécifiques permettent une analyse plus détaillée et sont adaptés aux entreprises souhaitant transformer un domaine particulier sans perturber l'ensemble de l'organisation.

- Focalisation de l'évaluation : la focalisation de l'évaluation peut différer d'un modèle à l'autre en fonction des objectifs de l'organisation. Certains modèles se concentrent sur l'évaluation des produits et des services numériques, tandis que d'autres mettent l'accent sur les processus internes, les compétences des employés ou la capacité d'innovation de l'organisation. Ces différences de focalisation reflètent les priorités stratégiques et les besoins spécifiques de chaque entreprise en matière de transformation numérique.

Le choix du modèle à utiliser doit être adapté à la stratégie de l'entreprise, à son business model et à son modèle opérationnel. Une approche top-down est recommandée pour aligner ces éléments avec le DMM, garantissant que tous poursuivent le même objectif de transition numérique réussie. La démarche entre la phase d'évaluation et la phase d'action du DMM se déroule en trois étapes :

- Imaginer : cette étape consiste à évaluer l'état actuel de l'organisation en tenant en compte des tendances du marché, des besoins des clients et des ambitions stratégiques. Cette phase nécessite une analyse approfondie pour identifier les opportunités et les pistes d'améliorations. Sur la base de cette analyse, l'entreprise définit une vision claire et réaliste de sa transformation numérique, alignée avec ses objectifs stratégiques globaux.
- Livrer : Cette étape consiste à tester les concepts imaginés pour vérifier leur faisabilité et efficacité, puis à les affiner pour répondre aux besoins réels de l'entreprise. Les capacités à améliorer sont priorisées selon leur impact potentiel sur les objectifs commerciaux, permettant de concentrer les ressources sur les initiatives les plus prometteuses. Des ajustements sont faits en fonction des résultats des tests et des retours d'expérience, garantissant que les initiatives sont pratiques et réalisables dans le contexte désiré de l'organisation.
- Implémenter : La phase d'implémentation consiste à exécuter les actions planifiées, en assurant une gestion rigoureuse des projets pour un déploiement efficace et ponctuel. Une fois les actions mises en place, il est crucial de mesurer leur impact sur la maturité digitale de l'entreprise à l'aide de KPI pour évaluer les objectifs et identifier les ajustements nécessaires. La transformation numérique est un processus continu, où les résultats de cette phase guident les futures évaluations et actions pour une amélioration continue, adaptée aux évolutions du marché et aux avancées technologiques.

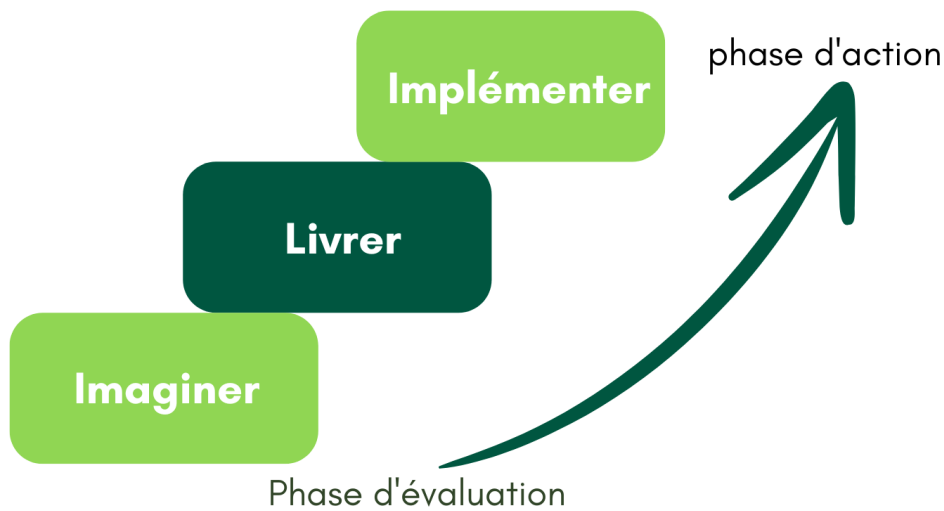


FIGURE 2.1 – Etapes de la conversion entre la phase d'évaluation et la phase d'action

B. Niveaux de maturité digitale

Un niveau de maturité correspond à l'état d'avancement de la transformation d'une entreprise et est attribué en fonction de la note obtenue lors de son évaluation [18]. Ces niveaux décrivent un ensemble approprié de capacités de l'entreprise, afin de donner un aperçu de ses compétences actuelles (numériques). Ils sont souvent décrits selon une échelle progressive, composée de plusieurs niveaux.

Niveau 0 (Non développé ou traditionaliste)

À ce stade, l'organisation manque de connaissances et d'application des technologies de l'Industrie 4.0 dans ses opérations et n'aborde pas la transformation numérique dans ses stratégies. Elle a d'autres priorités qui n'incluent pas la numérisation de ses processus. Les initiatives visant à adopter les nouvelles tendances sont rares et apparaissent de manière isolée. Il n'existe pas d'intérêt réel pour le développement des compétences technologiques des employés, et il peut même y avoir une résistance à l'intégration des nouvelles technologies dans les opérations de l'entreprise.

Niveau 1 (Découverte ou aspirante)

À ce niveau, l'organisation montre un intérêt naissant pour l'adoption des technologies. L'entreprise aspirante commence à se familiariser avec la technologie et la transformation numérique. Des essais pilotes commencent à être explorés, et une prise de conscience de la nécessité de compétences technologiques chez les employés se développe. Bien que les efforts de formation restent limités et ponctuels. L'organisation commence à déployer quelques programmes pour inclure les technologies I4.0 dans ses processus, et les premiers résultats positifs sont documentés et communiqués aux employés [19].

Dans ce niveau, L'organisation ne dispose pas des outils organisationnels et technologiques adéquats pour construire une infrastructure permettant la répétabilité, l'utilisabilité et l'ex-

tensibilité des solutions utilisées [20].

Niveau 2 (Éveil ou Évolutive)

À ce niveau, les organisations reconnaissent l'importance cruciale de l'adoption des technologies de l'Industrie 4.0 pour leur épanouissement, leur développement et leur compétitivité future. et elles aspirent à développer leur degré de maturité digitale afin d'améliorer leur performance ainsi de se positionner avantageusement dans un marché de plus en plus numérisé. Le processus de transformation digitale commence à être planifié et partiellement mis en œuvre. Certaines technologies digitales sont mises en œuvre dans des domaines spécifiques de l'entreprise, mais de manière souvent fragmentée. Les employés reçoivent des formations périodiques sur les nouvelles technologies et les compétences nécessaires pour l'utilisation efficace des moyens digitaux mais l'intégration complète et la coordination des systèmes demeurent limitées.

Niveau 3 (Développé)

À ce niveau, les technologies et concepts de l'Industrie 4.0 sont continuellement intégrés dans les projets de l'entreprise, devenant une partie intégrante de sa culture de travail. Les processus sont alignés avec les changements du marché, permettant à l'organisation de rester agile et compétitive.

La direction joue un rôle actif en stimulant l'adoption des tendances technologiques. Des programmes de formation formels et réguliers sont mis en place pour garantir le développement des compétences des employés et assurer une utilisation efficace des nouvelles technologies. Malgré certains défis liés à la gestion du processus de transformation numérique, l'organisation progresse vers une maturité digitale plus avancée, en travaillant à combler les lacunes pour améliorer son efficacité et son intégration technologique. Ce développement positionne l'entreprise pour exploiter pleinement les avantages de la transformation numérique, renforçant ainsi sa compétitivité sur le marché.

Niveau 4 (Intégré ou moderniste)

Le niveau Moderniste marque une avancée significative dans la transformation numérique, caractérisée par une intégration significative et une interopérabilité efficace entre les différents processus et systèmes. Ce processus, délicatement planifié et exécuté, favorise une amélioration continue des opérations et permet des prises de décision rapides basées sur des données en temps réel.

À ce stade, les meilleures pratiques de l'Industrie 4.0 sont non seulement identifiées, mais également pleinement intégrées dans la culture organisationnelle. Les employés jouent un rôle central en tant qu'utilisateurs et promoteurs des technologies de l'Industrie 4.0. Les organisations "Modernistes" font preuve d'une ouverture au changement et accordent une priorité stratégique au numérique. Et elles sont capables d'anticiper et de s'adapter aux changements du marché grâce à leur capacité à exploiter les données et les technologies

émergentes.

Niveau 5 (Leadership ou Futuriste)

Au niveau Leadership, l'organisation se démarque par son excellence en matière de maturité digitale, devenant ainsi une référence incontestée dans son secteur. Grâce à une culture d'apprentissage et d'innovation, elle anticipe les tendances futures et consolide son avantage concurrentiel. Son influence s'étend au-delà de ses frontières, témoignant de son rôle crucial dans la transformation digitale de l'écosystème industriel.

Sur le plan opérationnel, elle adopte une approche fortement axée sur le numérique, s'appuyant sur une infrastructure technologique robuste et une organisation à fort potentiel de croissance visant à améliorer la vitesse, la robustesse et la sécurité dans tous les aspects de son fonctionnement. L'automatisation et l'optimisation des opérations sont la norme, reflétant son engagement envers l'efficacité et la modernisation continue.

C. Diagnostic de la maturité digitale

Connaître le niveau de maturité digitale est fondamental pour identifier les points d'amélioration. Ce diagnostic constitue une base essentielle permettant de définir clairement les priorités et les étapes de la transformation. Il assure également l'alignement des initiatives digitales sur les objectifs stratégiques de l'entreprise, garantissant ainsi une approche réaliste, intégrée et cohérente. Ce diagnostic se concentre généralement sur 5 dimensions clés :

- La proposition de valeur et la stratégie : comment l'offre répond aux besoins des clients et la capacité à faire évoluer le modèle d'affaires.
- Les relations clients et le parcours utilisateur : la qualité de l'expérience client numérique.
- Les opérations et les processus métiers : le degré d'intégration du numérique dans les processus.
- Les collaborateurs et la culture d'entreprise : l'adoption du digital par les collaborateurs.
- Les technologies et l'innovation : le niveau d'utilisation des outils numériques.

Le diagnostic peut être réalisé via des outils d'auto-évaluation en ligne ou avec l'aide de consultants spécialisés. Il aboutit à un score de maturité digitale, généralement sur 100, qui permet de positionner l'entreprise par rapport à un référentiel.

Le diagnostic de maturité digitale sert de fondement pour établir une feuille de route de transformation digitale. Cette feuille de route doit être détaillée, avec des actions spécifiques, des responsabilités claires et des échéances précises. Elle doit également être flexible pour s'adapter aux évolutions rapides du paysage technologique. En priorisant les initiatives, l'entreprise peut concentrer ses efforts sur les projets les plus impactants, assurant ainsi une progression régulière et mesurable vers une maturité digitale accrue.

2.1.3 Outils et langages de digitalisation des processus

La digitalisation des processus est essentielle pour améliorer l'efficacité opérationnelle et renforcer la compétitivité des entreprises modernes. En convertissant les tâches manuelles en processus numériques automatisés, cette approche permet de réduire les erreurs et les délais tout en libérant des ressources pour l'innovation et la croissance.

Pour réussir cette transformation, les entreprises intègrent stratégiquement une gamme d'outils et de langages informatiques avancés. Les plateformes intranet facilitent la collaboration interne, les systèmes ERP centralisent la gestion des opérations, et les logiciels de gestion de projet coordonnent efficacement les équipes et les ressources. Parallèlement, les langages comme le BPM, l'IoT, la RPA, la VBA, et la Machine Learning fournissent l'infrastructure nécessaire pour développer et déployer ces outils avec efficacité.

La digitalisation des processus combine l'adoption d'outils innovants et l'utilisation de langages technologiques pour transformer et optimiser les opérations quotidiennes, répondant ainsi aux exigences d'un environnement en constante évolution.

Visual Basic for Applications (VBA) est un langage de script intégré dans les applications Microsoft telles que Word, Excel, Access, PowerPoint, etc [21]. Il permet d'écrire des procédures appelées macros, automatisant ainsi des opérations réalisées manuellement. À l'aide de structures de contrôle conditionnelles et de boucles, VBA permet de les exécuter plus rapidement qu'un utilisateur humain. De plus, VBA offre la possibilité de créer des interfaces utilisateur personnalisées, comme des boîtes de dialogue ou des formulaires, améliorant ainsi l'interaction entre l'utilisateur et l'interface.

Le code VBA est écrit dans une application distincte appelée l'éditeur Visual Basic (VBE), qui fonctionne en collaboration avec Excel. Pour que le VBE soit opérationnel, Excel doit être en cours d'exécution simultanément. Excel propose un outil intégré d'enregistrement de macros, qui convertit automatiquement les actions effectuées dans Excel en code VBA, modifiable ensuite dans le VBE (Mansfield, 2013, p. 25). Cette fonctionnalité est particulièrement utile pour automatiser des tâches courantes et générer rapidement du code VBA de base. Cependant, certaines fonctionnalités telles que les boucles ou les boîtes de dialogue personnalisées ne peuvent pas être enregistrées automatiquement. Dans ces cas, le code correspondant doit être écrit directement dans le VBE [21].

VBA présente plusieurs avantages clés pour l'automatisation et la personnalisation : Automatisation efficace : Permet d'automatiser des tâches répétitives, augmentant ainsi la productivité en réduisant les interventions manuelles.

Personnalisation des interfaces : Facilite la création d'interfaces utilisateur adaptées aux besoins spécifiques, améliorant ainsi l'ergonomie et l'efficacité des applications Excel. Facilité d'utilisation : L'enregistrement de macros convertit automatiquement les actions en code VBA, rendant l'automatisation accessible même aux utilisateurs non-programmeurs. Flexi-

bilité pour des solutions avancées : VBA offre une flexibilité pour développer des solutions sur mesure répondant aux besoins spécifiques.

2.2 Gestion de la production

Cette section se concentre sur la gestion de la production, un élément fondamental pour optimiser l'efficacité opérationnelle au sein des entreprises. Elle explore les définitions, les objectifs et les principes clés qui sont au cœur de cette discipline essentielle.

2.2.1 Définition et objectifs

La gestion de la production est le pilier central de toute entreprise visant à maximiser son efficacité opérationnelle. Elle consiste en un ensemble d'activités qui participent à la conception, la planification des ressources, leur ordonnancement, le contrôle, l'enregistrement et la traçabilité des activités de production [22] visant à optimiser l'utilisation des ressources disponibles, qu'elles soient physiques, humaines ou financières. Son objectif est de coordonner les différentes étapes de production, en tenant compte des contraintes et des normes de performance, pour garantir que les produits sont fabriqués dans les bonnes spécifications techniques et commerciales, dans les quantités nécessaires et dans les délais adéquats. Une bonne gestion du système de production permet à l'entreprise de rester compétitive sur le marché en répondant efficacement aux besoins des clients et en maximisant la rentabilité des activités.

La gestion de la production représente l'application méthodique de techniques et de pratiques pour superviser l'ensemble des processus de fabrication, depuis la conception jusqu'au contrôle qualité des produits finis. Une organisation efficace de la production se résume dans la capacité à prendre les meilleures décisions qui permet de réaliser les objectifs de l'entreprise.

on compte :

- Réduction des stocks.
- Maximisation de l'efficacité opérationnelle en optimisant l'utilisation des ressources disponibles, qu'elles soient physiques, humaines ou financières, pour maximiser la productivité et minimiser les coûts de production.
- Diminution des coûts de fabrication, incluant les dépenses liées aux heures supplémentaires et les ressources gaspillées.
- Raccourcir les cycles de production pour améliorer la réactivité de l'entreprise face aux variations de la demande sur le marché.
- Garantir la satisfaction des clients en produisant des biens ou des services de haute qualité, livrés dans les délais convenus.

- Mettre en place des systèmes informatisés pour une gestion plus efficace de ses processus et des données.

2.2.2 Typologie de la production

Il existe une diversité d'approches adoptées par les entreprises dans l'organisation et la gestion de leur système de production.

La typologie de la production offre un aperçu essentiel sur les différentes approches adoptées par les entreprises dans l'organisation de leurs processus de production.

Elle permet de classer les différents types de production en fonction de critères spécifiques tels que les quantités fabriquées, l'organisation des flux de production et la relation avec les clients. Ces classifications sont essentielles pour les entreprises, car elles fournissent des orientations précieuses pour choisir les méthodes de gestion de production les plus adaptées à leurs besoins et à leur contexte spécifique.

Classification selon les séries de production et la répétitivité

Cette classification permet de distinguer entre les différentes entreprises en fonction de la quantité de produits fabriqués (taille de lot) et de la fréquence de cette fabrication.

Les entreprises peuvent être classées en quatre catégories principales en fonction de ces critères :

- Production unitaire : Dans ce cas, chaque produit est fabriqué de manière individuelle, généralement sur mesure selon les besoins spécifiques du client. Ce type de production est souvent associé à des produits hautement personnalisés ou uniques.
- Production par petites séries : Dans ce cas, les produits sont fabriqués en petites quantités.
- Production par moyennes séries : Ce type de production implique la fabrication de quantités modérées de produits, souvent dans des volumes intermédiaires entre les petites séries et les grandes séries.
- Production par grandes séries : Dans ce cas, les produits sont fabriqués en grandes quantités.
- La notion de grandeur est relative à chaque entreprise, ainsi le lancement de ces quantités peut être d'une manière répétitive ou non selon l'entreprise et le produit proposé.

TABLE 2.1 – Types de lancements et industries[22]

	Lancements répétitifs	Lancements non répétitifs
Production unitaire	Moteur de fusée Pompes destinées au nucléaire	Travaux publics Moules pour presses
Petites et moyennes séries	Outillages Machines outils	Sous-traitance (mécanique électronique) Préséries
Grandes séries	Electroménager Automobile	Journaux Articles de mode

Classification selon l'organisation du flux de production

Cette classification est faite selon le flux de production de l'entreprise [22]. Nous distinguons :

Production en continu

Dans ce type de production, les machines sont implémentées d'une manière à fabriquer continuellement le produit sans interruption ou de changement. Cette implémentation n'offre pas une grande flexibilité surtout en termes de diversité de produit, elle est adaptée aux productions de grandes séries à une gamme de produits d'une diversité maîtrisée. Cette implémentation nécessite une maintenance préventive afin d'éviter l'arrêt total du système et il est recommandé de l'automatiser afin d'optimiser le temps de cycle de production, minimiser les goulots d'étranglements et de fluidifier l'écoulement des produits.

Production en discontinu

Une approche discontinue ou en atelier est conseillée aux entreprises ayant un système de production proposant différents produits avec une quantité de moyenne série. Cette implémentation regroupe les machines selon les tâches qu'elles exécutent, donc il y aura plusieurs ateliers. Cette approche permet de réaliser un grand nombre de tâches d'une manière indépendante et de produire différents produits qui n'ont pas spécifiquement les mêmes opérations de production. Par contre, elle peut engendrer de grands niveaux de stock.

Production par projet

Ce type de production est adopté par les entreprises proposant des produits de processus unique qui ne se renouvellent pas. Son principe est d'enchaîner toutes les étapes du processus du projet et d'essayer de minimiser les délais afin de livrer les produits dans les brefs délais.

Classification selon la relation avec le client

Production pour stock

L'entreprise suit une Supply chain "Make to stock" qui vise à implémenter les stocks en produits finis. Cette approche est utilisée lorsque le délai de fabrication est supérieur au délai toléré par le client. Dans ce cas, l'entreprise doit s'appuyer sur des prévisions, analyser et fabriquer la demande future afin de satisfaire ses clients.

Production à la commande

Ce type d'approche est adopté par les entreprises ayant un délai de fabrication inférieur ou égal au délai toléré par le client. Dans ce cas, le système de production est déclenché par la commande du client ce qui est bénéfique pour l'entreprise en termes de stock car elle ne tombe pas dans des problèmes liés au stockage sauf dans le cas d'annulation du client.

Assemblage à la commande

Cette approche est utilisée par les entreprises ayant des produits qui diffèrent dans les dernières opérations de la fabrication. donc l'entreprise cherche à implémenter le stock par des produits standards et faire l'assemblage lors de la réception de la commande du client. Ce type de produit permet d'assurer des produits personnalisés dans des courts délais.

2.2.3 Dimensions de la gestion de la production

La production consiste à transformer les matières premières en produits consommables en exploitant des ressources matérielles et humaines. Pour atteindre ses objectifs, la gestion de production doit prendre en compte plusieurs dimensions essentielles [23]. Par conséquent, la gestion de la production implique :

A. Gérer des Matières

La gestion des matières est une dimension essentielle de la gestion de production. Elle consiste à s'assurer que l'entreprise dispose de tous les éléments nécessaires à la fabrication, en

quantité adéquate, selon les normes de qualité et au bon moment. Cela implique l'utilisation de la nomenclature produit, le suivi des stocks pour assurer un approvisionnement continu des lignes de production et la coordination avec les fournisseurs pour garantir la disponibilité des produits au moment souhaité. Une bonne gestion des matières permet d'éviter les ruptures d'approvisionnement et de fluidifier les processus de production.

Gérer les matières revient à se concentrer sur l'approvisionnement, le suivi des stocks et la gestion des données techniques.

B. Gérer des Ressources

La gestion des ressources consiste à planifier, allouer et contrôler l'utilisation optimale des ressources matérielles, financières, humaines et techniques nécessaires à la production. Cela inclut la gestion de leur disponibilité au bon moment, l'équilibre entre les charges de travail et les capacités des ressources, ainsi que le choix du mode de production adapté (projet, continu, masse, petites séries).

Cette gestion se fait à différents horizons. À court terme, il s'agit d'affecter les ressources disponibles et d'ordonner les tâches à effectuer. À moyen terme, on équilibre les charges en anticipant et répartissant le travail. À long terme, les décisions stratégiques incluent l'investissement, l'embauche et la formation du personnel.

La gestion des ressources implique également une flexibilité des équipes pour s'adapter aux fluctuations de la demande. Une gestion efficace permet d'éviter les goulots d'étranglement, de limiter les coûts et de garantir la réactivité de la production, assurant ainsi l'efficacité et la rentabilité des opérations de fabrication.

C. Gérer des Flux de Produits et d'Informations

La gestion des flux est un élément clé de la gestion de production. Elle consiste à planifier, organiser, suivre et contrôler les flux physiques de produits et les flux d'informations associés, de l'approvisionnement à la livraison. Elle fait souvent référence à des notions de flux : flux poussés, flux tirés, flux tendus et flux logistiques.

En gestion de production, on distingue principalement deux types de flux :

- Flux physiques : ils englobent toutes les activités liées à l'approvisionnement, la circulation et la distribution des matières premières, des composants, des pièces de rechange, des sous-ensembles et des produits finis.
- Flux d'informations : ils concernent la gestion et le suivi des commandes clients, des ordres de fabrication, des données techniques relatives aux processus de production, ainsi que des heures de main-d'œuvre, des heures machines, des consommations de matières premières et des rebuts. Il s'agit de collecter, traiter et transmettre ces infor-

mations de manière efficace et précise à travers l'ensemble de l'organisation.

La gestion des flux physiques vise à assurer un approvisionnement continu, une intégration efficace des matériaux dans le processus de fabrication, ainsi qu'une gestion optimale des stocks et de la logistique. tandis que la gestion des flux d'informations vise à planifier d'une manière optimale les opérations, d'optimiser l'utilisation des ressources et d'améliorer la traçabilité des produits tout au long de leur cycle de vie.

La gestion de production doit maîtriser les flux pour satisfaire les clients. Cela implique :

- Planifier la production en fonction des ressources disponibles (machines, personnel, matières premières, etc.) pour optimiser l'utilisation des capacités.
- Enregistrer et contrôler en temps réel les mouvements de produits (entrées, sorties, transferts) et les niveaux de stocks pour avoir une visibilité précise
- Communiquer en temps réel entre les différents services impliqués (achats, production, logistique, qualité, etc.) pour une coordination efficace et afin de synchroniser les flux d'informations avec les flux physiques.

D. Gérer des Hommes

Bien que la technologie soit prédominante dans la fonction production, le facteur humain reste fondamental pour le succès global de l'entreprise. Une communication efficace et un partage transparent des informations et instructions au sein du personnel sont essentiels pour piloter efficacement la production.

Le bon fonctionnement du système de production repose sur la disponibilité d'informations précises et rapides, le respect strict des consignes et procédures établies, ainsi que sur la capacité des individus à prendre des initiatives et à réagir de manière appropriée en cas d'imprévus ou de déviations par rapport aux prévisions.

Dans la gestion des ressources humaines, l'accent est mis sur la supervision efficace, le développement continu des compétences, la motivation et la sécurité. Les responsables jouent un rôle essentiel en assurant une supervision attentive pour assurer le bon déroulement des opérations. Parallèlement, la formation continue, la motivation régulière ainsi que l'implication des équipes sont essentielles pour améliorer les techniques de production, développer de nouvelles compétences et intégrer des nouvelles technologies.

2.2.4 Gestion de la production par la théorie des contraintes et stock de sécurité

La gestion de la production par la théorie des contraintes, développée par E.M. Goldratt sous le nom d'Optimized Production Technology (OPT) dans son livre le but, c'est une

approche de management industriel qui se distingue par son focus sur l'optimisation des flux plutôt que sur l'équilibrage maximal des capacités de production.

En conséquence, l'objectif de cette théorie n'est pas de produire le maximum d'unités, mais d'optimiser le débit tout en maintenant les niveaux de stocks souhaités ainsi que des coûts de production faibles, garantissant ainsi un flux de travail efficient et constant.

A. Caractéristiques de la Théorie des Contraintes

Une contrainte, définie par Goldratt (1988) comme tout élément limitant la performance du système et l'empêchant d'atteindre ses objectifs. Selon l'OPT, chaque système de production comporte des goulots d'étranglement, des points où la capacité ne parvient pas à répondre à la demande, ralentissant ainsi l'ensemble du processus.

La théorie des contraintes vise à transformer les limitations inhérentes des systèmes de production en points de focalisation pour des améliorations continues, garantissant ainsi une meilleure réactivité et une gestion plus flexible des ressources.

Règles de la Théorie des Contraintes

La TOC est guidée par neuf règles fondamentales qui orientent la gestion et l'optimisation des systèmes de production :

1. **Équilibrer les flux et non les capacités** : Plutôt que de chercher à équilibrer toutes les capacités de production, la TOC recommande de synchroniser les flux pour éviter les stocks intermédiaires inutiles.
2. **Le niveau d'utilisation d'un non-goulot n'est pas déterminé par son propre potentiel mais par d'autres contraintes du système [24]** : Le système de production étant cadencé par la capacité du goulot, toute perte de temps sur ce goulot est une perte pour l'ensemble du système. En conséquence, toute action visant à libérer de la capacité supplémentaire pour ce goulot bénéficiera à l'ensemble du système.
3. **Utilisation et plein emploi d'une ressource ne doivent pas être synonymes** : Maximiser l'utilisation d'une ressource au-delà de ce qui est nécessaire à la contrainte principale peut générer des coûts inutiles et des retards.
4. **Une heure perdue sur un goulot est une heure perdue pour tout le système** : Les perturbations sur les goulots ont un impact direct sur la performance globale du système.
5. **Une heure gagnée sur un non-goulot n'est qu'un leurre** : Optimiser les ressources non-goulot au-delà de leurs besoins réels n'améliore pas la performance globale du système.
6. **Les goulots déterminent à la fois le débit de sortie et les niveaux de stocks** : La capacité des goulots détermine la vitesse à laquelle le système peut produire.

7. **Souvent le lot de transfert ne doit pas être égal au lot de production** : Des lots de transfert plus petits peuvent accélérer le flux de production et réduire les coûts.
8. **Les lots de fabrication doivent être variables et non fixes** : Adapter la taille des lots de fabrication permet de mieux répondre aux variations de la demande et d'optimiser la production globale.
9. **Les délais de fabrication sont le résultat d'un programme et ne peuvent donc pas être pré-déterminés** : L'ordonnancement doit être flexible et adaptatif pour tenir compte des variations dans les processus de production.

Ces règles fournissent un cadre stratégique pour identifier, gérer et optimiser les contraintes dans les systèmes de production selon la TOC.

B. Stock de sécurité

Le stock de sécurité est un concept crucial en gestion des stocks et en gestion de la production, visant à prévenir les ruptures d'approvisionnement et à atténuer les risques liés à l'incertitude de la demande et des délais. Il représente la quantité supplémentaire de stock maintenue au-delà du niveau moyen nécessaire, afin de faire face à des variations imprévues de la demande ou des retards dans la libération des produits.

Le stock de sécurité offre plusieurs avantages stratégiques et opérationnels :

- **Prévention des ruptures** : Il garantit la disponibilité continue des produits en cas de pic soudain de la demande ou de retard de livraison, assurant ainsi la satisfaction des clients et la pérennité des opérations.
- **Réduction des risques** : En minimisant les risques de rupture d'approvisionnement, le stock de sécurité permet de maintenir la continuité des processus de production ou de distribution, évitant ainsi les coûts associés aux interruptions.
- **Réduction du stress opérationnel** : Avec un stock de sécurité en place, les gestionnaires peuvent faire face aux imprévus avec plus de sérénité, sachant qu'ils disposent d'une réserve pour amortir les impacts négatifs sur la chaîne d'approvisionnement.
- **Maintien de la flexibilité financière** : En évitant les ruptures de stock, les entreprises préservent leur capacité à investir dans d'autres aspects stratégiques de leur activité sans être contraintes par des situations d'urgence coûteuses.

Le calcul du stock de sécurité peut être réalisé selon plusieurs méthodes :

Loi Normale avec Incertitude sur la Demande :

$$SS = Z \times \text{écart-type de la demande} \times DL \quad (2.1)$$

Cette méthode est privilégiée lorsque le délai de réapprovisionnement est relativement stable mais que l'incertitude réside dans la variation de la demande.

Loi Normale avec Incertitude sur le Délai :

$$SS = Z \times \text{écart-type du délai} \times CM \quad (2.2)$$

Utilisée lorsque l'incertitude de la demande est négligeable par rapport à la variabilité du délai de livraison.

Loi Normale avec Incertitude sur la Demande et le Délai Indépendants :

$$SS = Z \times (DL \times (VC)^2 + (VDL \times CM)^2) \quad (2.3)$$

Cette méthode s'applique lorsque l'incertitude concerne à la fois la demande et le délai de réapprovisionnement, et que ces deux variables sont indépendantes.

Z : Coefficient de sécurité, souvent associé au niveau de service désiré.

DL : Délai de réapprovisionnement.

VC : Variabilité de la consommation.

VDL : Variabilité du délai de réapprovisionnement.

CM : Consommation moyenne sur la période considérée.

2.3 La Planification de Production

Cette section explore la planification de production, cruciale pour l'efficacité des entreprises manufacturières. Nous couvrons la gestion des ressources, l'optimisation des capacités, et la gestion des risques, tout en soulignant son rôle stratégique dans l'alignement des objectifs commerciaux avec les exigences du marché.

2.3.1 Définition de la planification

La planification est un processus essentiel qui façonne l'avenir d'une entreprise en prenant des décisions à la fois opérationnelles et stratégiques. Elle consiste à anticiper et à organiser les activités liées à la production pour répondre aux besoins de la clientèle de manière efficace et efficiente tout en minimisant les risques et en définissant les moyens nécessaires pour les mettre en œuvre. Son objectif est de garantir la pérennité de l'entreprise en assurant son adaptation aux exigences du marché et en maximisant son efficacité opérationnelle.

2.3.2 Approches et Fonctions de la planification industrielle

La fonction de la planification industrielle revêt une grande importance dans le contexte économique actuel [25]. Les lois économiques actuelles obligent tout dirigeant d'entreprise à prévoir ses activités afin d'optimiser sa politique d'investissement, de fabrication et de vente. Ainsi, chaque entreprise se trouve dans l'obligation de construire des plans pour anticiper et organiser ses activités futures.

La planification de production, en particulier, est un processus essentiel qui cherche à équilibrer la demande et l'offre en élaborant des plans de production futurs. Ce processus repose sur des prévisions, l'analyse du marché et la prise en compte des événements à venir. Son objectif principal est d'anticiper et de répondre à la demande future tout en respectant les contraintes liées aux moyens de production, au stockage et à la maintenance.

Le tableau 2.2 décrit les inputs et les éléments influant l'offre et la demande de la planification de la production, par rapport à la demande, elle est influencée en premier lieu par les prévisions de ventes, les événements saisonniers, ainsi que les promotions et les campagnes marketing. En revanche, l'offre varie en fonction de l'état de stock, la maintenance préventive et corrective, la capacité de production, ainsi que les budgets et les ressources allouées.

TABLE 2.2 – Liste des éléments influant l'offre et la demande de la Stock : matières premières, produits finis

Catégorie	Éléments
Prévisions de vente.	Prévisions de vente pour les prochains trimestres
Nouveaux produits	Stock : matières premières, produits finis
Événements futurs	Maintenance et entretien
Promotions et campagnes marketing	Fournisseurs Main d'œuvre Capacité de production
Évaluation de la concurrence	Analyse de la concurrence et positionnement sur le marché
	Finances (BFR, trésorerie)

Types de Décisions dans la Planification de la Production

La planification de la production implique la prise de décisions stratégiques et opérationnelles essentielles pour assurer le bon fonctionnement et la pérennité d'une entreprise. Ces décisions peuvent être regroupées en deux grandes catégories : les décisions de capacité et les décisions de flux.

A) Décisions de Capacité

Les décisions de capacité concernant la gestion des ressources et des capacités de production

de manière à répondre à la demande du marché. comprennent à la fois des décisions à long terme, comme l'augmentation de la capacité de production par l'embauche ou l'investissement dans de nouvelles machines, et des décisions à plus court terme, telles que l'ajustement des effectifs ou la gestion des heures supplémentaires.

B) Décisions de Flux

Les décisions de flux sont axées sur la gestion du flux des matières premières et des produits en cours de production. Elles incluent les prévisions à moyen terme des besoins en approvisionnement, la planification des ordres de fabrication internes pour les sous-ensembles, ainsi que la gestion à très court terme de la priorité des lots en attente devant une même machine. Il s'agit ainsi de synchroniser les opérations de manière à minimiser les temps d'attente et à optimiser l'utilisation des ressources disponibles.

Approches de la Planification de la Production

La planification de la production est un aspect critique pour toute entreprise manufacturière. Elle implique une gestion rigoureuse des ressources matérielles et humaines, incluant la gestion des matières premières et des équipements de production, ainsi que la planification des capacités et des équipes. Cette discipline vise à aligner la demande des clients avec les capacités de l'entreprise tout en optimisant l'efficacité opérationnelle.

A. Planification des ressources

- La planification de la production nécessite une gestion optimale des ressources de l'entreprise, notamment :
- Les matières premières et composants nécessaires à la fabrication
- La disponibilité des machines et équipements de production
- La capacité et la charge de travail des équipes

Les planificateurs de production surveillent attentivement ces ressources afin d'identifier les contraintes potentielles ou les interruptions qui pourraient affecter les niveaux de production. Ce processus, connu sous le nom de planification de la capacité, permet aux planificateurs de réagir rapidement en ajoutant des approvisionnements, du matériel supplémentaire et du personnel, assurant ainsi l'atteinte des objectifs de production fixés.

B. Planification des ordres de fabrication

Dans le cadre de la planification des ordres de fabrication, les planificateurs de production examinent de manière approfondie les commandes clients, en tenant compte de plusieurs critères : les délais impartis, l'importance stratégique du client, ainsi que les ressources et

capacités disponibles. Ils évaluent la faisabilité des demandes en fonction des capacités existantes et des contraintes opérationnelles, ajustant les priorités et séquençant les ordres de fabrication pour répondre efficacement aux attentes des clients, maximiser les volumes de vente et optimiser la charge de production. Une coordination étroite entre la production et les ventes est donc essentielle pour maintenir un équilibre entre la satisfaction client et l'efficacité opérationnelle de l'entreprise.

C. Planification du personnel

Dans le cadre de la planification du personnel, l'objectif principal est d'optimiser la productivité des équipes en mettant en œuvre plusieurs stratégies efficaces.

- La polyvalence et la rotation des tâches permettent aux employés d'acquérir des compétences variées, renforçant ainsi leur flexibilité et leur engagement.
- L'optimisation des pauses et des horaires réduit les temps morts et maximise l'efficacité pendant les périodes de pointe.
- La formation croisée assure la continuité de la production en permettant aux employés de se remplacer mutuellement, assurant ainsi une continuité dans la production même en cas d'absence ou de fluctuation du personnel. tandis que le travail en équipe favorise la collaboration et stimule la créativité.

En intégrant ces pratiques, une main-d'œuvre plus performante et motivée émerge, soutenant ainsi les objectifs opérationnels de l'entreprise.

2.3.3 Niveaux et horizon de planification

La planification de production dans une entreprise se décline à différents niveaux d'agrégation et d'horizons :

A. Planification stratégique

La planification stratégique, une planification à long terme sur 2 à 5 ans, qui définit les objectifs de croissance et de développement de l'entreprise, incluant l'expansion sur de nouveaux marchés et l'adoption de nouvelles technologies pour augmenter la capacité de production. Elle guide la stratégie globale de l'entreprise, alignant la production, les finances et le marketing avec ces objectifs à long terme.

B. Planification tactique

La planification tactique, une planification sur 3 à 18 mois, qui transforme les objectifs stratégiques en actions concrètes, en optimisant l'utilisation des ressources comme la capacité de production et les stocks. Elle se concrétise à travers le plan industriel et commercial et le plan directeur de production, adaptés régulièrement pour atteindre les objectifs stratégiques dans les délais fixés.

C. Planification opérationnelle

La planification opérationnelle est une planification à court terme sur une journée à un mois, qui se concentre sur la gestion quotidienne pour répondre rapidement à la demande du marché. Elle coordonne les ressources nécessaires pour assurer le bon fonctionnement des opérations, garantissant une efficacité opérationnelle et une réactivité adaptée aux besoins du marché à court terme.

2.3.4 Difficulté de l'élaboration de la planification

La planification de la production, peut être extrêmement complexe en raison de plusieurs facteurs :

- **Multiplicité de variables** : ce facteur représente le grand nombre de contraintes à prendre en compte lors de la planification, tels que la demande du marché, la capacité de production, la capacité du stockage, le stock des matières premières, le contrôle qualité des produits, la maintenance des machines ainsi que d'autres facteurs.
- **Interactions entre les processus** : Les différentes étapes du processus de production sont souvent interdépendantes. Un retard dans l'approvisionnement en matières premières peut entraîner des retards dans la production, ce qui peut à son tour affecter les délais de livraison des produits finis.
- **Contraintes de capacité** : Les installations de production ont souvent des capacités limitées, que ce soit en termes de main-d'œuvre, d'équipement ou d'espace. La planification doit prendre en compte ces contraintes de capacité pour éviter les surcharges ou les sous-utilisations, ce qui peut être un défi complexe, surtout lorsque la demande fluctue.
- **L'incertitude** : La planification se fait à la base des prévisions de la demande future, donc il y aura toujours un écart entre les prévisions faites et les ventes réelles, cela peut engendrer des surstocks ou des ruptures.
- **Objectifs de coûts** : La planification doit atteindre des objectifs de coûts tout en respectant les contraintes opérationnelles. Cela signifie que l'entreprise doit équilibrer

ses objectifs de production avec des considérations économiques, en veillant à maintenir des coûts optimaux tout en répondant aux besoins du marché.

Malgré les difficultés rencontrées, le processus de planification reste primordial pour toutes les entreprises. Les multiples variables à prendre en compte, les interactions entre les processus, les contraintes de capacité, l'incertitude des prévisions et les objectifs de coûts représentent autant de défis à relever pour assurer une planification efficace.

2.4 Manufacturing Resources Planning MRP II

Cette section sur le Manufacturing Resources Planning, nous explorons les principes fondamentaux de ce système avancé de gestion de la production, ses objectifs, sa structure ainsi que sa démarche.

2.4.1 Introduction, évolution et objectifs du MRP

Le MRP (Manufacturing Resources Planning) est un système de gestion prévisionnelle de la production, introduit dans les années 1960, qui organise les achats de matières premières et de composants, ainsi que la gestion des ressources matérielles et humaines, en se basant sur le plan directeur de production. Historiquement, c'est la première méthode à avoir utilisé les ordinateurs, constituant ainsi la base des premiers systèmes de Gestion de Production Assistée par Ordinateur (GPAO). Le MRP gère les éléments nécessaires à la fabrication d'un produit fini en intégrant les prévisions de demande et les dépendances entre les composants.

A. Historique et évolution

Initialement désignant Material Requirement Planning, le MRP est devenu Manufacturing Resource Planning au fil de son évolution.

1965 : Introduction du MRP (MRP0)

Le concept de Material Requirement Planning a été conçu par Joseph Orlicky. À cette époque, le système comportait un seul module de calcul du besoin en composants, fonctionnant avec une capacité infinie.

1971 : Évolution vers le MRP à boucle fermée (MRP I)

Le MRP à boucle fermée a introduit une validation de la capacité, en plus du calcul du besoin en composants. Ce système incluait également le calcul des charges, permettant une meilleure gestion des ressources de la production.

1979 : Apparition du Manufacturing Resource Planning (MRP II)

Le MRP I a évolué pour devenir le Manufacturing Resource Planning (MRP II). Cette version comprend une planification à long terme et un contrôle d'exécution, élargissant la gestion à toutes les ressources de l'entreprise.

B. Objectifs du MRP

Les objectifs spécifiques du MRP incluent :

- **Assurer la disponibilité adéquate des matériaux** : Réduire les interruptions de production causées par des pénuries ou des surplus de stock.
- **Assurer la validité et la mise à jour des données techniques** : Maintenir la précision et l'actualité des données techniques de l'entreprise.
- **Déterminer le moment idéal pour lancer des ordres** : Planifier le lancement des ordres de fabrication et d'achat au moment optimal.
- **Vérifier l'équilibre entre charge et capacité** : S'assurer que la charge de production est en équilibre avec la capacité disponible.
- **Contrôler l'exécution des ordres** : Suivre et contrôler l'exécution des ordres de fabrication pour garantir le respect des délais et des standards de qualité.

2.4.2 Principes fondamentaux

Les principes fondamentaux du MRP II se concentrent sur la planification hiérarchisée et les stratégies de gestion essentielles à la gestion efficace des ressources de production. Ces principes sont intégrés dans les systèmes MRP II pour assurer une coordination efficace de toutes les ressources de l'entreprise.

Planification hiérarchisée sous MRP

La planification hiérarchisée dans le cadre du MRP organise l'utilisation optimale des ressources dans le respect du temps pour atteindre les objectifs prédéfinis. Elle se base sur plusieurs principes essentiels :

- **Contraintes** : La planification est réalisée sous contraintes.
- **Cohérence, intégration et continuité** : C'est un processus continu qui intègre les décisions du long au court terme pour assurer la cohérence des opérations.
- **Gestion des échéances** : Elle inclut des échéances finales et intermédiaires pour contrôler les performances à l'aide d'indicateurs spécifiques.
- **Gestion de l'incertitude** : La planification est confrontée à l'incertitude inhérente aux prévisions et aux variables de production.

C'est une méthode qui consiste à planifier une succession de programmes cohérents, depuis le plan de production jusqu'au programme de fabrication à court terme [24].

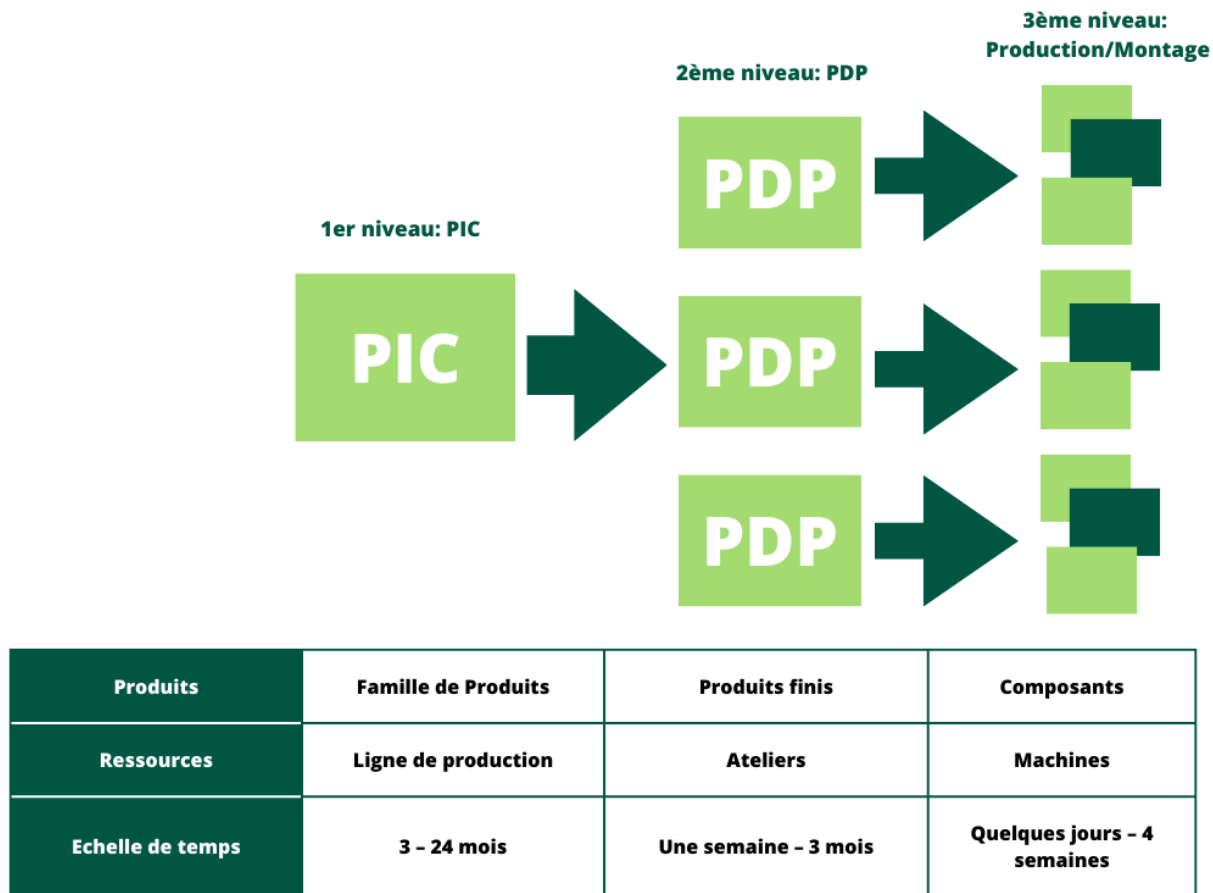


FIGURE 2.2 – Planification hiérarchisée sous MRP

Stratégies de planification dans le MRP

Il existe trois stratégies de production dans la mise en place de la planification hiérarchisée. Ce sont (Eilon, 1975) :

A. Stratégie de Nivellement :

La stratégie de nivellement, également connue sous le nom de programme de production statique [26], vise à maintenir une production stable sur l'horizon de planification en ajustant le taux de production à la demande moyenne par période, tout en tenant compte des stocks initiaux pour atteindre le stock final désiré. Cette approche permet de lisser les variations de la demande en accumulant des stocks pendant les périodes de faible demande et en les utilisant lors des périodes de forte demande. Elle optimise également l'utilisation des ressources telles que la main-d'œuvre et les machines. Cependant, elle peut être coûteuse en raison des frais associés au stockage accru et des risques de pénurie potentiels.

B. Stratégie Synchronique :

La stratégie synchrone vise à ajuster en temps réel le taux de production précisément la demande du marché, sans accumulation de stocks. Cela se traduit souvent par des variations significatives dans l'effectif de travail, incluant l'embauche et le licenciement, ainsi que l'utilisation fréquente d'heures supplémentaires ou le recours à la sous-traitance pour répondre aux besoins fluctuants. Cette stratégie peut être coûteuse en raison des frais engendrés par les ajustements rapides du niveau de production (les coûts d'embauche, formation du personnel...)

C. Stratégie Hybride :

La stratégie hybride se positionne entre les deux approches extrêmes précédemment décrites : elle maintient un taux de production moins variable que la stratégie synchrone tout en réduisant la quantité moyenne de stocks par rapport à la stratégie de nivellement. Cette approche est généralement la moins coûteuse des trois, tout en étant considérée comme optimale si elle est mise en œuvre de manière rigoureuse.

2.4.3 Structure et Démarche du MRP II

Le MRP II se structure autour de trois niveaux de planification, chacun de plus en plus détaillé, et chaque niveau est matérialisé par un planning distinct (Figure 3). Cette approche hiérarchisée permet une gestion efficace des ressources matérielles et humaines en alignement avec les objectifs stratégiques de l'entreprise.

Il utilise une méthode de planification en flux poussé pour déterminer les quantités de matières premières à approvisionner, basée sur les prévisions de vente. Cette approche répond aux questions fondamentales de la production : quoi produire, quand le produire et en quelle quantité. Il assure des réponses cohérentes à ces questions et garantit une suite logique en mesurant les conséquences sur le court terme des décisions prises.

Le MRP distingue deux types de besoins : les besoins indépendants, résultant des ventes de produits finis ou de sous-ensembles sur le marché, et les besoins dépendants, nécessaires pour satisfaire ces ventes. Les besoins indépendants sont basés sur des prévisions, tandis que les besoins dépendants sont calculés à partir de ces besoins indépendants.

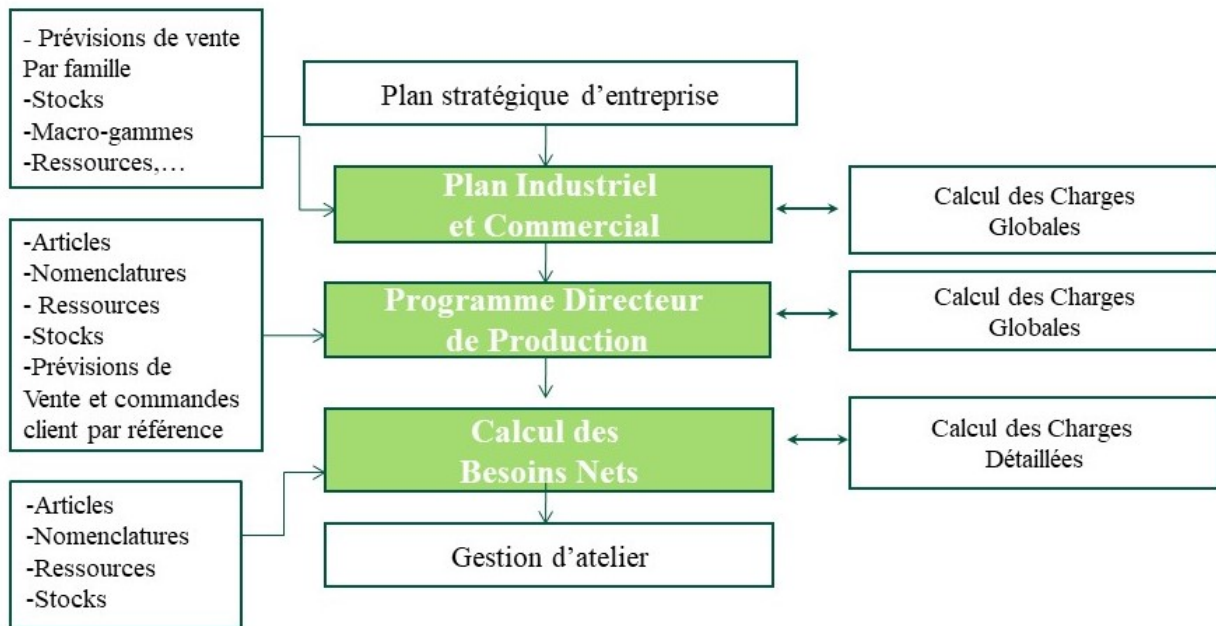


FIGURE 2.3 – Structure du MRP II [24]

Logique de calcul du MRP

Le MRP repose sur une logique de calcul en cascade, organisée autour de deux principales étapes :

- **Détermination des besoins nets** : La détermination des besoins nets dans le MRP consiste à calculer les besoins réels en matériaux en prenant en compte des besoins bruts et soustrayant les stocks disponibles.
- **Couverture des besoins** : Une fois les besoins nets établis, le MRP détermine comment ces besoins seront couverts : approvisionnements ou production.

Cette approche du MRP se base sur l'interdépendance entre les niveaux de la nomenclature : les besoins aux niveaux inférieurs sont directement influencés par les besoins aux niveaux supérieurs. Elle vise à garantir la disponibilité en temps voulu de chaque composant nécessaire à la fabrication, réduisant ainsi les retards et les interruptions de production.

Démarche MRP

La démarche MRP repose sur une méthodologie structurée visant à planifier et à gérer efficacement les ressources nécessaires à la production. Elle se décline en plusieurs étapes clés qui assurent une synchronisation optimale entre la demande prévue et la capacité de production disponible.

A. Calcul des charges

Le calcul des charges évalue la faisabilité des plans PIC, PDP et CBN en comparant les charges de travail nécessaires aux capacités de production disponibles. Il détermine si les ressources humaines et matérielles suffisent pour atteindre les objectifs de production prévus. Le processus commence par une évaluation globale au niveau du PIC, confrontant les prévisions de vente et de production aux capacités disponibles. Au niveau du PDP, les charges sont examinées de manière semi-globale pour assurer la cohérence avec les capacités planifiées à moyen terme. Enfin, au niveau du CBN, les charges sont détaillées pour chaque composant afin de garantir que les ressources sont adéquates pour répondre aux besoins de production.

Tout plan de charge non validé nécessite des ajustements importants, tels que l'extension des capacités, l'utilisation d'heures supplémentaires ou la sous-traitance, pour assurer la réalisation des plans de production et minimiser les risques de perturbations et de retards.

B. Plan industriel et commercial PIC

Le Plan Industriel et Commercial (PIC) est établi par une collaboration entre les responsables commerciaux, la production, les achats et la direction générale. Son objectif est de planifier globalement l'activité de l'entreprise à long terme. Il permet d'intégrer les prévisions de vente, les capacités de production et la stratégie d'entreprise pour établir une planification cohérente sur un horizon temporel allant généralement de 3 à 18 mois, aligné avec le budget de l'entreprise. Organisé autour de familles de produits regroupant des références similaires, le PIC inclut trois tableaux clés : Ventes, Production et Stocks. Ces tableaux facilitent l'évaluation de la performance antérieure et guident les ajustements futurs lors des réunions de PIC. Ces ajustements peuvent inclure l'augmentation de capacité ou la réduction de charge pour maintenir un équilibre entre la demande et la capacité de production.

Les formules suivantes sont utilisées pour le calcul des stocks :

1. Pour le stock prévisionnel :

$$SP_t = SP_{t-1} + PP_t - VP_t \quad (2.4)$$

2. Pour le stock réel :

$$SR_t = SR_{t-1} + PR_t - VR_t \quad (2.5)$$

Les variables sont définies comme suit :

- Stock prévisionnel au temps t : SP_t
- Stock prévisionnel au temps $t - 1$: SP_{t-1}

- Production prévisionnelle au temps t : PP_t
- Vente prévisionnelle au temps t : VP_t
- Stock réel au temps t : SR_t
- Stock réel au temps $t - 1$: SR_{t-1}
- Production réelle au temps t : PR_t
- Vente réelle au temps t : VR_t

Ces formules permettent de calculer précisément l'écart entre les niveaux de stock prévisionnels et réels, facilitant ainsi une gestion efficace des stocks et une prise de décision étudiée.

C. Plan directeur de production

Le programme directeur de production (PDP) également connu sous le nom de Master Production Scheduling (MPS), sert de lien concret entre le Plan Industriel et Commercial (PIC) et le calcul des besoins nets (CBN). Dans le PDP, les prévisions de vente du PIC deviennent des objectifs mensuels concrets à atteindre pour l'entreprise. Le PDP a pour mission de définir de façon précise l'échéancier des quantités à produire pour chaque produit fini [23].

Contrairement au plan industriel et commercial, qui utilise des périodes mensuelles, le Plan Directeur de Production (PDP) utilise généralement un échéancier hebdomadaire, voire journalier. Il est d'une importance majeure pour la fonction commerciale, car il garantit la satisfaction des clients de l'entreprise. De même, il est crucial pour la fonction production, car il établit le programme de production de référence à suivre.

Les quantités à produire dans le PDP doivent respecter plusieurs principes clés :

- La satisfaction périodique des demandes à partir des stocks existants avant de lancer de nouveaux ordres de fabrication.
- La validation des ordres de fabrication par rapport à la capacité de production.
- Le lancement des ordres de fabrication en multiples du lot économique pour optimiser les coûts et la capacité de production.

1. Les fonctions du PDP

Les fonctions du PDP sont essentielles pour la gestion efficace des opérations :

- Le PDP déclenche le calcul des besoins en lançant des ordres de fabrication pour les produits finis. Cela entraîne une analyse détaillée des composants nécessaires à travers les nomenclatures

- Le PDP concrétise les objectifs de production définis dans le PIC, particulièrement dans le tableau de production du PIC. Il transforme les prévisions de vente en quantités spécifiques à produire sur des périodes déterminées.
- Suivi des ventes réelles en comparant les commandes reçues avec les prévisions.
- Le PDP met à disposition du service commercial les quantités disponibles à vendre.
- Le PDP permet de mesurer et de suivre l'évolution des niveaux de stock. Cela aide à maintenir des niveaux de stock appropriés et à éviter les ruptures de stock ou les surstocks.

2. Les inputs du PDP

Les éléments essentiels pour élaborer un PDP incluent :

- Les prévisions de vente par produit et par semaine ;
- Les capacités de production et de stockage, le PDP doit être basé sur des capacités réelles de production ;
- La taille du lot économique, qui détermine les quantités optimales de production pour minimiser les coûts ;
- Le délai de réalisation ou de livraison, pour assurer que les produits soient disponibles en temps voulu ;
- La zone ferme ;
- Le stock de sécurité.

D. Calcul des besoins nets

Le calcul des besoins nets est un processus clé dans la gestion de la production et des stocks, visant à garantir la disponibilité des composants nécessaires à la réalisation des produits finis. Il permet de transformer les besoins indépendants en besoins dépendants par la décomposition des produits finis en sous-ensembles, pièces, et matières selon la nomenclature des produits. Il vérifie également la correspondance entre les dates de livraison et les dates de besoins pour assurer la disponibilité des composants.

Les éléments et données d'entrée essentiels pour le CBN sont la nomenclature des produits, le PDP, la taille du lot économique, le stock de sécurité ainsi que les délais de livraison, indiquant le temps requis pour obtenir les composants.

Les principes du CBN reposent sur la satisfaction des besoins à partir des stocks existants avant de recourir à la production ou aux approvisionnements, ainsi que sur l'utilisation de tailles économiques des lots, où lesancements de production sont effectués en multiples de la taille optimale pour minimiser les coûts.

2.4.4 Avantages et inconvénients du MRP

Avantages du MRP

Les avantages du MRP sont nombreux et significatifs pour les entreprises engagées dans la gestion de la production. Voici les principaux avantages :

- **Optimisation des stocks** : Le MRP permet de maintenir des niveaux de stock appropriés en calculant précisément les besoins en matières premières et composants nécessaires à la production, réduisant ainsi les surplus et les pénuries.
- **Planification Précise** : Il offre une planification précise des besoins en matériaux et en ressources humaines, en alignant la production avec la demande prévue et en minimisant les risques de surproduction ou de sous-production.
- **Meilleure Gestion des Ressources** : Le MRP permet une utilisation optimale des équipements et de la main-d'œuvre, améliorant ainsi l'efficacité opérationnelle.
- **Réduction des coûts** : En minimisant les besoins en stock excédentaire et en évitant les interruptions de production.
- **Adaptabilité aux changements** : Le MRP rend les entreprises plus réactives et flexibles, grâce à sa capacité à intégrer des mises à jour en temps réel et à ajuster les plans en fonction des changements de demande ou des conditions du marché.

Inconvénients et limites du MRP

Les inconvénients et limites du MRP incluent :

- **Dépendance aux prévisions** : Le MRP repose sur des prévisions de demande qui peuvent parfois être imprécises, ce qui peut entraîner des erreurs dans la planification des besoins en matériaux.
- **Complexité de mise en œuvre** : La mise en œuvre d'un système MRP nécessite souvent des ressources importantes en termes de temps, de formation et d'investissement en technologies de l'information.
- **Gestion des Données** : La précision des données entrées dans le système est nécessaire. Des erreurs dans les données peuvent conduire à des erreurs significatives dans la planification des besoins en matériaux.
- **Réactivité limitée aux changements du marché** : Le MRP, fondé sur des prévisions, peine à ajuster rapidement les variations imprévues du marché, entraînant parfois des ruptures de stock ou des surplus.
- **Effet coup de fouet** : Les fluctuations de la demande peuvent se propager à travers la chaîne logistique, amplifiant les écarts et complexifiant la planification des besoins.
- **Portée limitée** : comparé à un ERP, le MRP se concentre sur la production et les stocks, sans couvrir d'autres aspects comme la finance ou la relation client.

Conclusion

Ce chapitre a mis en lumière les bases essentielles pour notre étude en se concentrant sur la digitalisation et l'optimisation des processus de production. Nous avons exploré en détail la transformation digitale des organisations, ainsi que les différentes typologies de production et les dimensions clés de la gestion opérationnelle.

En approfondissant la planification de la production, nous avons examiné la théorie des contraintes et le MRP II, mettant en lumière leurs rôles majeurs dans la gestion efficace des ressources et la coordination des activités de production. Chaque phase du processus de planification, du niveau stratégique au niveau opérationnel, a été étudiée pour identifier les défis et les opportunités associés à chaque étape.

Chapitre 3

Solution proposée

Introduction

Ce dernier chapitre est consacré à la résolution de la problématique initialement identifiée. La solution que nous proposons vise à digitaliser le processus de planification de production. Cette numérisation a pour finalité d'assurer une meilleure précision de calcul, une consolidation de données plus efficace, ainsi qu'une rapidité dans la prise de décision. Nous aborderons ici toutes les étapes de mise en œuvre de cette solution, depuis la conception initiale jusqu'à l'évaluation des performances de l'outil. Nous détaillerons la mise en place de l'application VBA, les fonctionnalités développées, les tests réalisés, ainsi que les résultats obtenus lors du déploiement de l'outil. Cette approche vise à offrir aux planificateurs un outil complet et intégré pour optimiser le plan directeur de production (PDP) et gérer efficacement les ressources de l'entreprise.

3.1 Structure de la solution

Pour répondre à la problématique de l'entreprise, nous suivons une démarche d'analyse fonctionnelle visant à définir précisément les besoins et à concevoir une plateforme numérique pour digitaliser le processus de planification de production via une application VBA. L'objectif est d'automatiser le Plan Directeur de Production et de centraliser les tâches du planificateur, améliorant ainsi l'efficacité opérationnelle. Les principales fonctionnalités de la solution incluent la saisie et l'ajustement des prévisions de vente, la mise à jour des niveaux de stocks, l'automatisation du calcul du PDP, la consultation centralisée des données de planification, la génération de rapports et de graphiques, la gestion des paramètres de production, et la fourniture de suggestions pour l'ajustement du PDP. Cette application VBA vise à offrir une solution intégrée, améliorant la précision, la rapidité et la fiabilité des processus de planification.

3.1.1 Collecte de données

Pour concevoir notre base de données de planification, nous avons collecté des informations à partir des anciens fichiers utilisés par le planificateur. Ces fichiers contenaient des données sur les prévisions de vente, les niveaux de stocks, les capacités de production, ainsi que les contraintes liées à la production, qui ont servi de point de départ pour la construction de notre base de données. En plus des données historiques, la base de données sera régulièrement mise à jour avec les nouvelles données de planification au fur et à mesure des cycles de production.

3.2 Stratégie de Développement et d'Implémentation

Nous avons choisi une approche de développement itérative et agile pour notre solution. En adoptant une méthode incrémentale, nous développons et intégrons une fonctionnalité à la fois, avant d'améliorer continuellement chaque aspect de la solution. Voici un aperçu des différentes phases de développement que nous avons suivies.

3.2.1 Étude des besoins

Le diagnostic effectué lors de l'évaluation préalable et qui a été présenté dans le premier chapitre a permis d'analyser la situation actuelle de processus de projet de manière approfondie. Grâce à cette analyse, nous avons pu identifier clairement la nécessité de procéder à la digitalisation des processus de planification de production via une application VBA. Cette digitalisation permettra d'améliorer l'efficacité, la rapidité et la précision des opérations liées à la planification, tout en réduisant les risques d'erreurs et de retards.

A. Identification du besoin

Dans cette phase, notre objectif est d'identifier les besoins de la solution en répondant aux questions suivantes :

- Quel est le but de la solution ?
- Qui est concerné par la solution ?
- Quels sont les éléments sur lesquels la solution agit ?

Pour illustrer les réponses à ces questions, nous utiliserons le diagramme de "Bêtes à cornes", qui présentera les différentes interactions entre les réponses à ces questions.

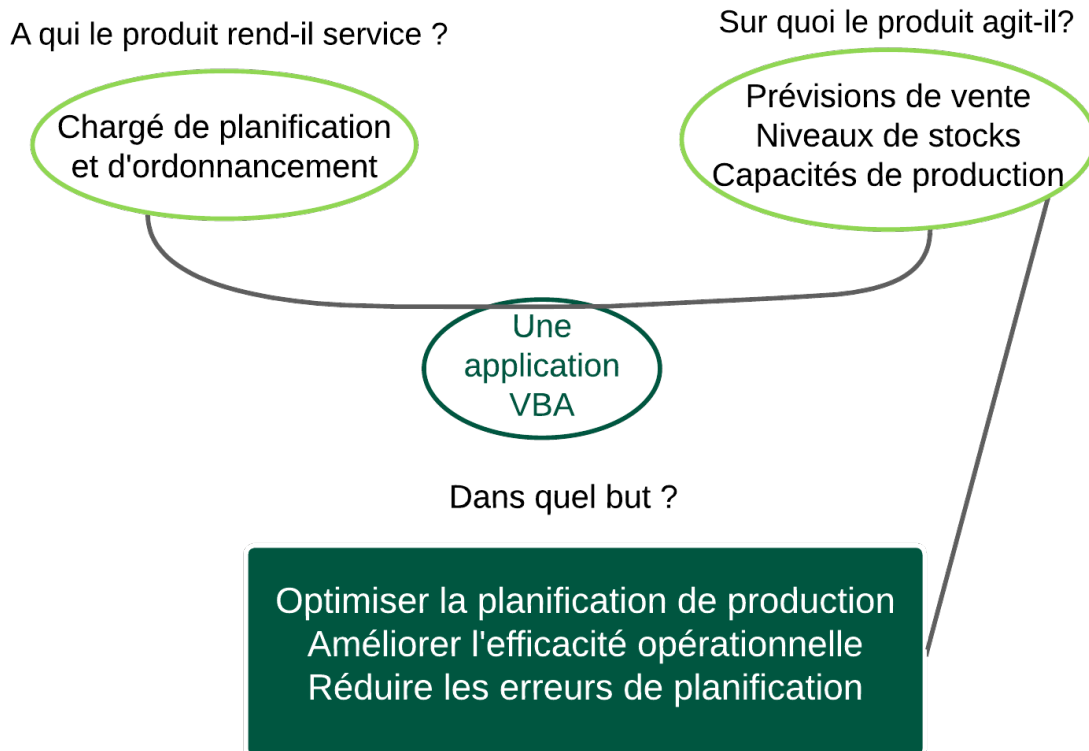


FIGURE 3.1 – Identification du besoin– Diagramme de la Bête à cornes

Le diagramme de Bêtes à cornes simplifie l'identification des besoins en schématisant les interactions entre les différentes composantes du projet et en fournissant des réponses claires aux questions essentielles.

B. Validation du besoin

Nous procédons maintenant à la validation des besoins identifiés en utilisant les réponses aux questions clés suivantes :

Pourquoi ce besoin existe-t-il ?

- La nécessité d'éviter les erreurs fréquentes lors du calcul du Plan Directeur de Production (PDP).
- Le besoin d'améliorer la précision du processus de calcul du PDP.
- La nécessité d'un suivi opérationnel des processus de planification de production.
- Le besoin d'avoir une plateforme permettant de centraliser et consolider les données de prévisions, de stocks et de production ainsi que de visualiser les différents KPI de la planification.

Qu'est-ce qui pourrait faire évoluer le besoin ?

- Évolution du marché : Introduction de nouveaux produits, variations de la demande, ou changements dans les capacités de production.
- Volonté de l'entreprise de moderniser ses processus pour rester compétitive sur le marché.
- Évolution des technologies : Introduction de nouvelles méthodes ou outils de planification plus efficaces.

Qu'est-ce qui pourrait faire disparaître le besoin ?

- Intégration d'un système ERP global qui inclut des fonctionnalités avancées de planification, rendant l'application VBA redondante.
- Atteinte d'un haut niveau de maturité de l'entreprise dans ses processus de planification, éliminant le besoin d'une application dédiée.
- Passage à des systèmes de planification automatisés et intelligents qui minimisent l'intervention humaine et optimisent les processus de production.

C. Planification du projet

Pour assurer le succès de notre approche itérative, une étroite collaboration avec le master planning est indispensable afin de bien cerner et hiérarchiser les besoins essentiels. Ensuite, nous établissons des objectifs clairs pour chaque phase du projet, en identifiant précisément les fonctionnalités qui nécessitent d'être développées. Le développement se déroulera en cycles courts appelés "sprints", où chaque itération est focalisée sur la mise en œuvre de fonctionnalités spécifiques. Cette méthodologie nous permet de planifier efficacement l'avancement du projet tout en restant flexibles pour ajuster les priorités et les exigences en cours de route.

La figure 3.2 montre les processus clés de chaque itération selon l'approche agile, illustrant les phases de planification, développement, test, et révision en collaboration avec l'utilisateur.

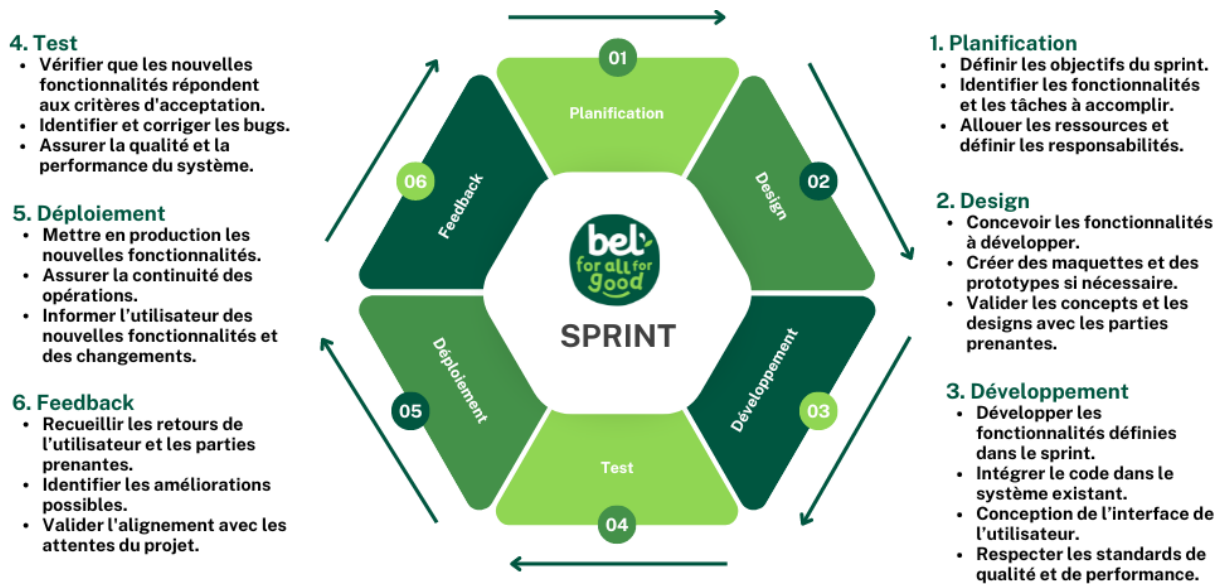


FIGURE 3.2 – Processus clés de chaque itération selon l'approche agile

3.2.2 Conception de la solution

Après avoir examiné les besoins et saisi le contexte du projet, nous passons à l'étape de conception de la solution en utilisant le langage UML (Unified Modeling Language). Ce langage nous permet de créer des modèles pour visualiser et spécifier la solution proposée. Cette approche vise à présenter la plateforme de manière claire et simple, facilitant ainsi la communication avec les décideurs et les utilisateurs. Le diagramme des cas d'utilisation offre une représentation schématique du comportement fonctionnel des acteurs par rapport au système, illustrant les interactions dans un schéma conceptuel.

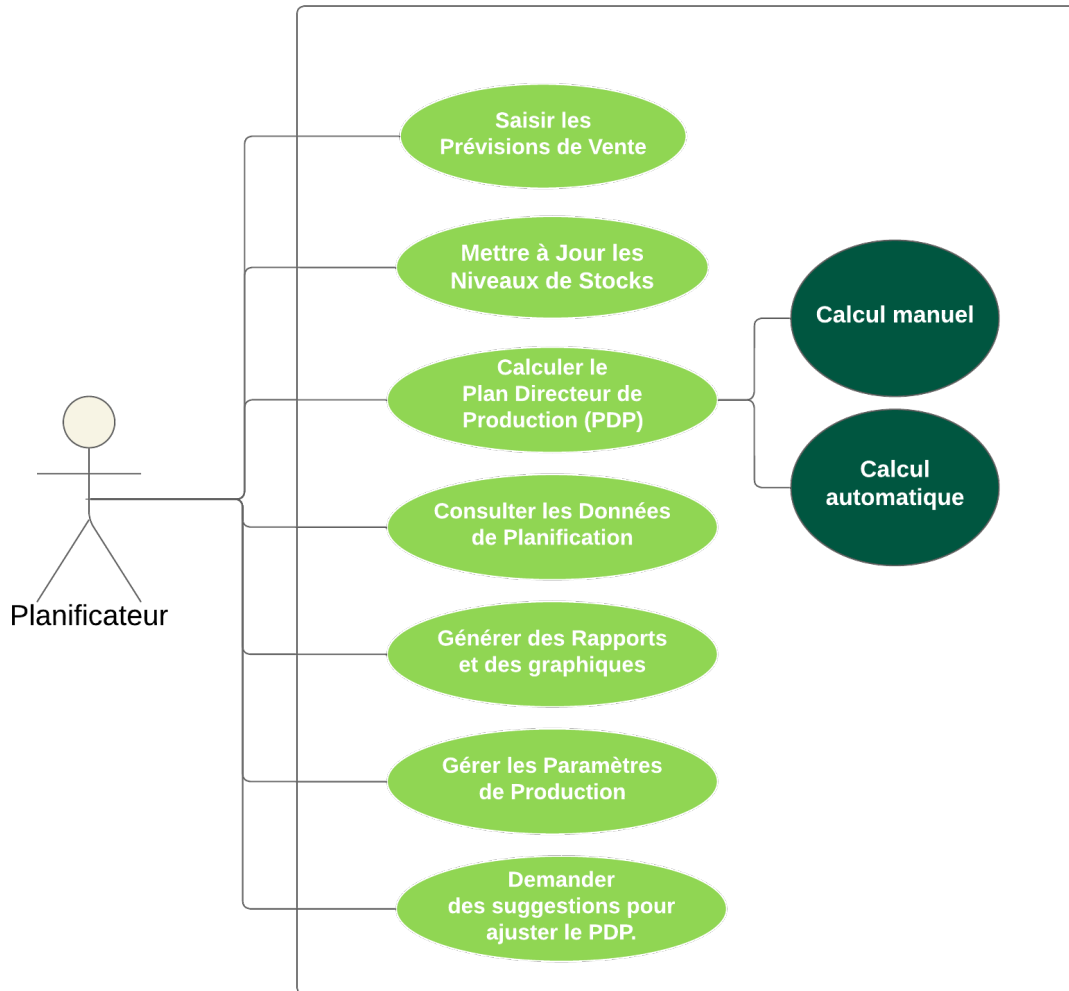


FIGURE 3.3 – Diagramme de cas d'utilisation

3.2.3 Développement de la solution

Nous avons choisi une approche par sprints pour structurer notre développement. Pendant chaque sprint, nous avons tenu des réunions régulières avec le planificateur pour discuter des progrès, recueillir ses feedbacks et valider les fonctionnalités développées. Cette collaboration nous permet d'ajuster rapidement notre approche et de répondre aux besoins évolutifs tout au long du processus de développement. Le tableau 3.2 présente les phases de développement planifiées ainsi que les fonctionnalités et les tâches visées et effectuées dans chaque phase.

TABLE 3.1 – Phases de Développement de la plateforme

Sprint	Objectifs
Sprint 1	Conception et mise en place de la solution en établissant les bases nécessaires à la plateforme, collecte, traitement et organisation des données.
Sprint 2	Standardisation de la saisie des prévisions de vente et des niveaux de stocks, automatisation des calculs de planification ainsi que la mise à jour de la base de données avec les résultats de la planification.
Sprint 3	Automatisation de la génération des plans de production et des rapports de suivi, centralisation et extraction des données pertinentes pour les analyses.
Sprint 4	Tests et validation détaillés de toutes les fonctionnalités développées. Collecte des retours du planificateur et apport des ajustements nécessaires.
Sprint 5	Automatisation de l'ajustement des paramètres de production et des suggestions pour optimiser le plan directeur de production (PDP). Exécution des dernières vérifications et mises à jour avant le déploiement final.

En suivant cette structure itérative, nous pouvons nous assurer que chaque fonctionnalité est soigneusement développée, testée et validée avant d'intégrer de nouvelles fonctionnalités. Cela nous permet également de recueillir des retours réguliers du planificateur, garantissant ainsi que la solution finale répondra aux besoins opérationnels et stratégiques de l'entreprise. Nous détaillerons ensuite les modules de développement des macros VBA qui permettront d'automatiser les processus clés de la planification de production.

Modules utilisés

Un module est sous programme regroupant un ensemble d'instructions, de procédures ou de fonctions, permettant d'organiser le code d'une manière structurée et documentée. Les

modules facilitent la factorisation des programmes, améliorent leur lisibilité, et simplifient leur maintenance. De plus, les procédures et fonctions des modules peuvent être réutilisées dans d'autres programmes, les modules déployés sont présentés en détail dans l'annexe. Nous avons organisé les modules par rapport aux macros utilisées dans chaque fonctionnalité.

Module Accueil :

- OuvrirHome
- OuvrirParamètres
- OuvrirInsertionDesDonnées
- OuvrirCalculatrice
- OuvrirBaseDeDonnées
- OuvrirCalculPDP

Ces macros permettent de naviguer vers les fonctionnalités principales dans le classeur. Le code a été conçu pour afficher uniquement la feuille sélectionnée et masquer les autres, assurant ainsi une navigation claire et concise dans le document.

Module Calculatrice

- ActualiserConditionnel
- MettreAJourE13
- CalculerEtAfficher
- ActualiserConditionnelCalculPDP
- ActualiserConditionnelNombredejour

Les macros utilisés dans ce module gèrent la validation de données et les calculs conditionnels basés sur les valeurs saisies dans des cellules spécifiques, en mettant à jour les données et en affichant les résultats calculés en fonction des conditions définies

Module Calcul PDP

- OuvrirPDPAuto
- OuvrirPDPManuel
- OuvrirFamillesProduitsAuto
- OuvrirFamillesProduitsManuel
- OuvrirPSR
- OuvrirPSRManuel

Module Données

- OuvrirDonnéesCouverture
- OuvrirDonnéesStocks
- OuvrirDonnéesPrévisions
- OuvrirDonnéesPDP

Ces macros permettent d'accéder à la base de données de chaque donnée.

Module Insertion Des Données

- OuvrirInsertionprévision
- OuvrirClosingStocks
- OuvrirStockPDP
- Actualiser

Les macros utilisées assurent l'activation des feuilles désirées tout en masquant celles qui ne sont pas nécessaires. De plus, elles intègrent des fonctionnalités d'actualisation de données qui répondent aux entrées de l'utilisateur, permettant ainsi le calcul et l'affichage précis des résultats dans les feuilles concernées.

Module Paramètres

- OuvrirStockSécurité
- OuvrirConfigurationMachines
- OuvrirTRS
- OuvrirContraintesmachines
- OuvrirCapacitésmachines
- OuvrirHomeSS
- ReturnSS
- Modifier
- ModifierCapacitésmachines
- modifierSS
- SauvegarderSS

Le module "Paramètres" gère la visibilité et la sécurité des feuilles de calcul à l'aide de macros comme OuvrirStockSécurité et OuvrirHomeSS, qui activent les feuilles spécifiques et les protègent avec un mot de passe. Les macros Modifier vérifient un code d'accès pour permettre les modifications sécurisées. SauvegarderSS finalise en protégeant les données modifiées.

3.3 Livrable de la solution

L'application développée pour répondre à la solution proposée repose sur Excel VBA, utilisant principalement des feuilles de calcul (worksheets) et des macros pour offrir une interface conviviale et des fonctionnalités interactives.

Dans cette partie, nous présenterons les différentes fonctionnalités de notre application E-PDP.

Écran d'accueil

L'écran d'accueil ou 'Home' représente la feuille de première interaction entre le planificateur et l'application. c'est la feuille principale qui contient toutes les fonctionnalités disponibles.



FIGURE 3.4 – La page “Home” écran d'accueil de l'application

3.3.1 Outils de Gestion de Données

Insertion des données

Dans cette fonctionnalité, le planificateur doit saisir les données essentielles pour élaborer le PDP. Cette opération est effectuée une fois par semaine. Lorsqu'il appuie sur le bouton, une interface s'affiche pour permettre au planificateur de sélectionner les données à insérer : soit les stocks, soit les prévisions.

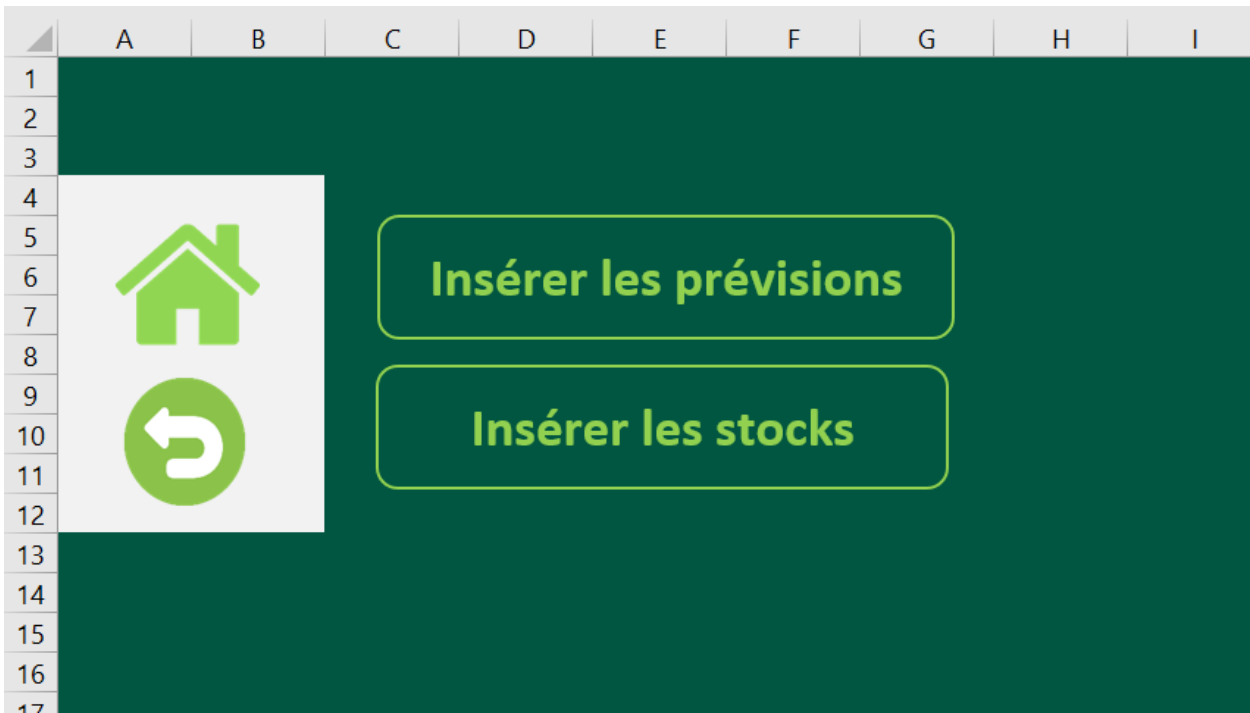


FIGURE 3.5 – Exemple d’écran pour choix de données à insérer

A. Insertion des prévisions

Quand il appuie sur le bouton "Insérer les prévisions", un tableau de prévisions de tous les produits s’affiche dans une feuille de calcul dédiée. Ce tableau correspond à un fichier standard reçu chaque semaine. Pour les prochaines semaines, il suffira d’introduire ce fichier pour que les données soient récupérées automatiquement.

				DO	DP	DG	DR	DS	DT	DU	DV	DW	DX	Dy	DC	EA	EB	EC	ED	EE	EF	EG	EH	EI	EJ	EK	EL	EM	EN	EO	EP	EQ	ER	ES																											
				MARS							AVRIL							MAI							JUIN							JUILLET							AOÛT							SEPTEMBRE															
1																																																													
2																																																													
3				Item	Descr																																																								
4				459570	VACHE GLU RIT RP 105X104PRX ROCKY D2																																																								

FIGURE 3.6 – Feuille d’insertion des données de prévisions

Cette feuille de calcul comprend également deux boutons : l’un pour revenir à l’accueil et l’autre pour revenir à l’étape précédente. Le bouton de retour permet au planificateur d’insérer les stocks par la suite.

B. Insertion des stocks

Quand le planificateur appuie sur le bouton "Insérer les stocks", l'application affiche une interface où il peut insérer les closing stocks. Après avoir inséré ces stocks, le planificateur peut en calculer la somme. Le système récupère alors automatiquement les valeurs du total stock et les insère dans le fichier standard, ces valeurs seront utilisées lors du calcul du PDP. Le planificateur peut accéder à ce fichier à l'aide du bouton "Aller au fichier".

Article	Désignation article	Utilis libre	Stock non libre	Total Stocl	Article	Désignation	total stock filtré
461592	VACHE QUI RIT 24P330GX24PRX ROCKB2 DZ	506	0	0,506	461592	VACHE QUI RIT 24P330X	12,589
461592	VACHE QUI RIT 24P330GX24PRX ROCKB2 DZ	829	0	0,829	461616	VACHE QUI RIT NAT KY	3,874
461592	VACHE QUI RIT 24P330GX24PRX ROCKB2 DZ	486	0	0,486	461649	VACHE QUI RIT SIMP 8P	4,414
461592	VACHE QUI RIT 24P330GX24PRX ROCKB2 DZ	810	0	0,81	461651	VACHE QUI RIT SIMP 24	2,33
461592	VACHE QUI RIT 24P330GX24PRX ROCKB2 DZ	648	0	0,648	461816	LVQR CHEF 88 NATURE	21,114
461592	VACHE QUI RIT 24P330GX24PRX ROCKB2 DZ	807	0	0,807	461829	VACHE QUI RIT 8P 110G	17,612
461592	VACHE QUI RIT 24P330GX24PRX ROCKB2 DZ	810	0	0,81	461828	LVQR CHEF OLIV 4B 26G	1,205
461592	VACHE QUI RIT 24P330GX24PRX ROCKB2 DZ	729	0	0,729	461830	VACHE QUI RIT 16P 220	30,786
461592	VACHE QUI RIT 24P330GX24PRX ROCKB2 DZ	755	0	0,755	461842	LVQR CHEF 4B NATURE	30,187
461592	VACHE QUI RIT 24P330GX24PRX ROCKB2 DZ	810	0	0,81	461843	LVQR CHEF EM 4B 26G	1,573
461592	VACHE QUI RIT 24P330GX24PRX ROCKB2 DZ	810	0	0,81	461844	VQR CHEF AFH 4B 26G	1,045
461592	VACHE QUI RIT 24P330GX24PRX ROCKB2 DZ	808	0	0,808	462183	LVQR GOÛT POULET FU	0,946
461592	VACHE QUI RIT 24P330GX24PRX ROCKB2 DZ	648	0	0,648	462957	PICON 16P 220GX32 NE	18,625
461592	VACHE QUI RIT 24P330GX24PRX ROCKB2 DZ	1053	0	1,053	462958	PICON 24P 330GX24 NE	7,252
461592	VACHE QUI RIT 24P330GX24PRX ROCKB2 DZ	1351	0	1,351	461853	KIRI DELICE 180GX18 DZ	2
461592	VACHE QUI RIT 24P330GX24PRX ROCKB2 DZ	729	0	0,729	461744	KIRI 6P 90GX60 SOFT NI	2
461592	VACHE QUI RIT 24P330GX24PRX ROCKB2 DZ	0	1215	1,215	461766	KIRI 12P 180GX40 SOFT	2
461592	VACHE QUI RIT 24P330GX24PRX ROCKB2 DZ	0	1134	1,134			
461592	VACHE QUI RIT 24P330GX24PRX ROCKB2 DZ	0	729	0,729			
461592	VACHE QUI RIT 24P330GX24PRX ROCKB2 DZ	0	567	0,567			
461592	VACHE QUI RIT 24P330GX24PRX ROCKB2 DZ	0	486	0,486			
461592	VACHE QUI RIT 24P330GX24PRX ROCKB2 DZ	0	614	0,614			
461592	VACHE QUI RIT 24P330GX24PRX ROCKB2 DZ	0	1863	1,863			
461592	VACHE QUI RIT 24P330GX24PRX ROCKB2 DZ	0	1458	1,458			
461592	VACHE QUI RIT 24P330GX24PRX ROCKB2 DZ	0	1635	1,635			
461616	VACHE QUI RIT NAT KY MSGV 1B 180GX18 DZ	516	0	0,516			
461616	VACHE QUI RIT NAT KY MSGV 1B 180GX18 DZ	1628	0	1,628			
461616	VACHE QUI RIT NAT KY MSGV 1B 180GX18 DZ	0	1730	1,73			
461649	VACHE QUI RIT SIMP 8P 110GX48 S PRX DZ	21	0	0,021			

FIGURE 3.7 – Exemple d'écran sur la feuille de closing stock

Dans le fichier standard, nous récupérerons les stocks finaux de chaque produit et les affectons à une semaine spécifique selon la demande du planificateur. Pour sélectionner la semaine, le planificateur doit insérer le nom de la colonne de la semaine précédente dans la fonctionnalité "actualiser". Par exemple, si le planificateur souhaite affecter ces stocks à la semaine 21, il doit insérer le nom de la colonne de la semaine 20, comme "DY".

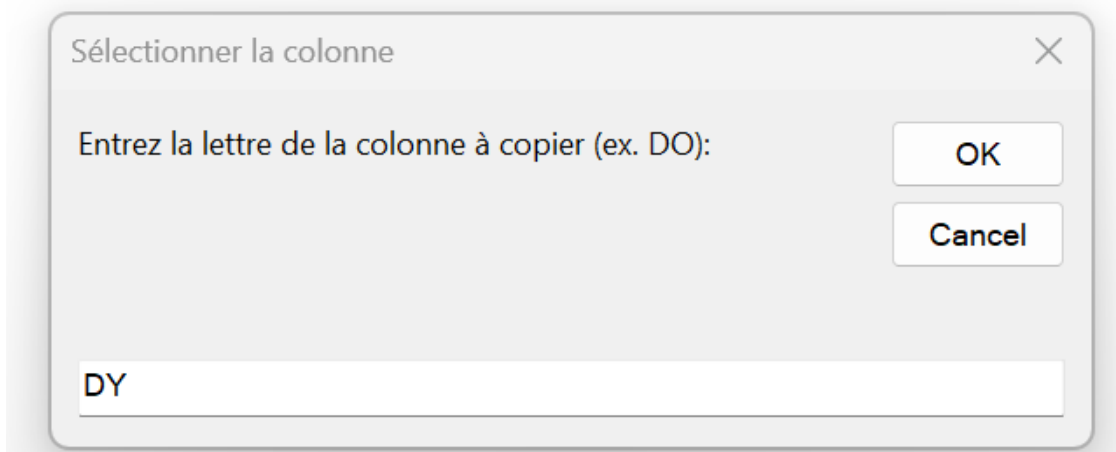


FIGURE 3.8 – Exemple d’écran pour l’insertion dans la fonction "Actualiser"

				MAI	JUIN	Juillet	AOÛT										
				21-mai	28-mai	04-juin	11-juin	18-juin	25-juin	02-juil	09-juil	16-juil	23-juil	30-juil	06-août	13-août	20-août
461829	LAUGHING COW 8P 110GX48 NEW DENO DZ	VQR BR 08P	VQR BR	17,6													
461830	LAUGHING COW 16P 220GX32 NEW DENO	VQR BR 16P	VQR BR	30,8													
461592	LAUGHING COW 24P330GX24PRIX ROCKYB2	VQR BR 24P	VQR BR	12,6													
462441	VQR Extra benna 16P	VQR Extra be	VQR BR	-													
462182	LVQR GOUT POULET FUME 08P 110GX48 DZ	VQR PF 08 P	VQR BR	-													
462183	LVQR GOUT POULET FUME 16P 220GX32 DZ	VQR PF 16 P	VQR BR	0,9													
461650	VACHE QUI RIT SIMP 16P 220GX32 NEW DENO	VQR Simply 1	VQR Simply	-													
458536	VACHE QUI RIT SIMP 24P 330GX24 S PRIX DZ	VQR Simply 2	VQR Simply	-													
461651	VACHE QUI RIT SIMP 24P 330GX24 NEW DENO	VQR Simply 2	VQR Simply	2,3													
462957	PCN RBOX 0P 16P 220G PLAIN-0032	Picon BR 16p	Picon BR	18,6													
462958	PCN RBOX 0P 24P 220G PLAIN-0032	Picon BR 24p	Picon BR	7,3													
461842	TLC CHEF 4B PLAIN 260GX16 DWZ DZ	VQR Chef 04B	VQR Chef	30,2													
463165	LAUGHING COW CHEF 4B PLAI 260GX16 RAM	VQR Chef 04B	VQR Chef	-													
461816	TLC CHEF 8B PLAIN 520GX16 DWZ DZ	VQR Chef 08B	VQR Chef	21,1													
463166	LAUGHING COW CHEF 8B PLAI 520GX10 RAM	VQR Chef 08B	VQR Chef	0													
461843	TLC CHEF EM 4B 260GX16 DWZ DZ	VQR Chef Emi	VQR Chef	1,6													
461844	TLC CHEF AFH 4B 260GX16 DWZ DZ	VQR Chef AFH	VQR Chef	1,0													
461815	TLC CHEF PG 4B 260GX16 DWZ DZ	VQR Chef 0PC	VQR Chef	-													
461828	TLC CHEF OLIV 4B 260GX16 DWZ DZ	VQR Chef OLV	VQR Chef	1,2													
461616	LAUGHING COW PLAIN KY MGV 1T NEW DENO	VQR KY 180g	VQR KY	3,9													
461853	KIRI DELICE 1B 190GX18 NEW DENO	Kiri Délice 18l	Kiri Délice	2,0													
461744	KIRI 6P 90GX60 SOFT NEW Déno	Kiri PC 06P	Kiri PC	2,0													
461766	KIRI 12P 180GX40 SOFT NEW Déno	Kiri PC 12P	Kiri PC	2,0													
Total	Total	Total	Total	155,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

FIGURE 3.9 – Exemple d’écran sur le résultat de la fonction “Actualiser”

Paramètres

Cette fonctionnalité permet le stockage de toutes les données statistiques nécessaires aux calculs. Lorsque le planificateur appuie sur ce bouton, l’application affiche diverses données statistiques essentielles à la planification, telles que le stock de sécurité, le TRS (Taux de Rendement Synthétique), les configurations des machines, les contraintes de production, ainsi que les capacités des machines.



FIGURE 3.10 – Interface choix paramètres

A. Le stock de sécurité

Le stock de sécurité (SS) est spécifique à chaque produit, déterminé en fonction de sa demande et des délais associés. Il est primordial de stocker cette donnée car elle est essentielle pour le calcul du PDP, les recommandations et la calculatrice. Lorsque l'utilisateur appuie sur son bouton, les stocks de sécurité (SS) s'affichent.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	  Modifier Sauvegarder			Code	Famille	SKU	SKU Detail	Stock de sécurité	
2				461743	VQR BR	VQR Extra benna 16P	VACHE QUI RIT FULL DAIRY 16 P 220X32 DZ	13	
3				461649	VQR Simply	VQR Simply 08P Sans Prix NP	LAUGHING COW SIMP 110GX48 S PRICE DZ	26	
4				461650	VQR Simply	VQR Simply 16P Sans Prix NP	LAUGHING COW SIMP 16P 220GX32 S PRICE DZ	23	
5				461651	VQR Simply	VQR Simply 24P New Déno	LAUGHING COW SIMP 24P 330GX24 S PRICE DZ	19	
6				461647	Picon BR	Picon BR 16p	PICON 16P 220GX32 ROCKY 2 BIS PRIX DZ	9	
7				461648	Picon BR	Picon BR 24p	PICON 24P 330GX24 ROCKY 2 BIS PRIX DZ	12	
8				461829	VQR BR	VQR BR 08P	LAUGHING COW 8P 110GX48PRICE ROCKY2 DZ	7	
9				461830	VQR BR	VQR BR 16P	LAUGHING COW 16P 220GX32PRICE ROCKY2B DZ	7	
10				461831	VQR BR	VQR BR 24P	LAUGHING COW 24P330GX24PRIX ROCKYB2 DZ	7	
11				461815	VQR Chef	VQR Chef 0PG Downsizing	TLC CHEF PG 4B 260GX16 DWZ DZ	15	
12				461843	VQR Chef	VQR Chef Emmental Downsizing	TLC CHEF EM 4B 260GX16 DWZ DZ	18	
13				461844	VQR Chef	VQR Chef AFH Downsizing	TLC CHEF AFH 4B 260GX16 DWZ DZ	12	
14				461828	VQR Chef	VQR Chef OLV Downsizing	TLC CHEF OLIV 4B 260GX16 DWZ DZ	14	
15				461816	VQR Chef	VQR Chef 08B Downsizing	TLC CHEF 8B PLAIN 520GX10 DWZ DZ	10	
16				461842	VQR Chef	VQR Chef 04B Dawn sizing New Dé	TLC CHEF 4B PLAIN 260GX16 DWZ DZ	11	
17				461616	VQR KY	VQR KY 180g	LAUGHING COW PLAIN KY MGV 1T 180GX18DZ	12	
18				461853	Kiri Délice	Kiri Délice 180g	KIRI DELICE 180GX18 DZ	7	
19				461744	Kiri PC	Kiri PC 06P	KIRI 6P 90GX60 SOFT NEW PRICING 15G DZ	7	
20				461766	Kiri PC	Kiri PC 12P	KIRI 12P 180GX40 SOFT NEW PRICING 15G DZ	7	
21									
22									

FIGURE 3.11 – Exemple d'écran de la fonctionnalité Stock de sécurité

Pour sécuriser les données de stocks de sécurité (SS) dans Excel et permettre la modification

uniquement avec un mot de passe, nous avons mis en place deux fonctionnalités :

Fonctionnalité de Modification :

Lorsque l'utilisateur souhaite modifier les données de stock de sécurité, il doit d'abord fournir un code d'accès spécifique. Ce code est nécessaire pour accéder à la fonction de modification des données. Si le code saisi correspond au code correctement défini, la feuille de calcul est automatiquement déverrouillée. L'utilisateur peut alors effectuer les modifications nécessaires, telles que la mise à jour de stock de sécurité pour chaque produit.

En cas d'insertion d'un mot de passe incorrect, l'application affiche un message indiquant que le code d'accès est invalide. Cela garantit la sécurité des données en restreignant l'accès aux utilisateurs non autorisés et en assurant l'intégrité des informations critiques utilisées pour la planification et la gestion des stocks.

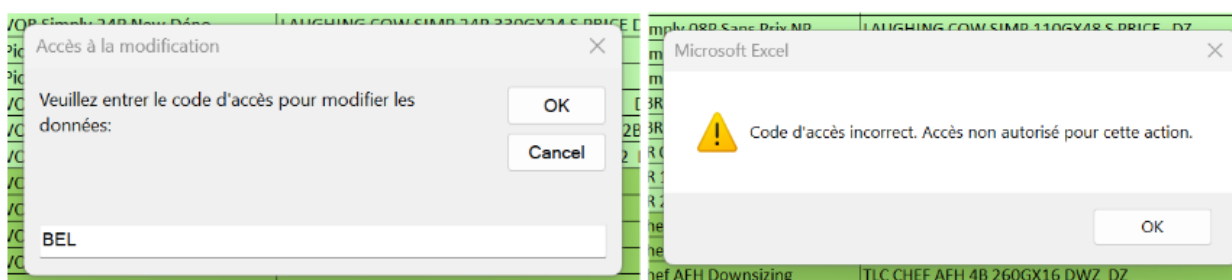


FIGURE 3.12 – Exemple d'écran de la fonctionnalité de modification

Fonctionnalité de Sauvegarde :

Une fois les modifications effectuées, l'utilisateur peut sauvegarder les données en utilisant la fonction de sauvegarde prévue. Cette action protège à nouveau la feuille Excel, empêchant toute modification ultérieure non autorisée. Un message de confirmation est affiché pour indiquer que les modifications ont été sauvegardées avec succès et que la feuille est maintenant sécurisée.

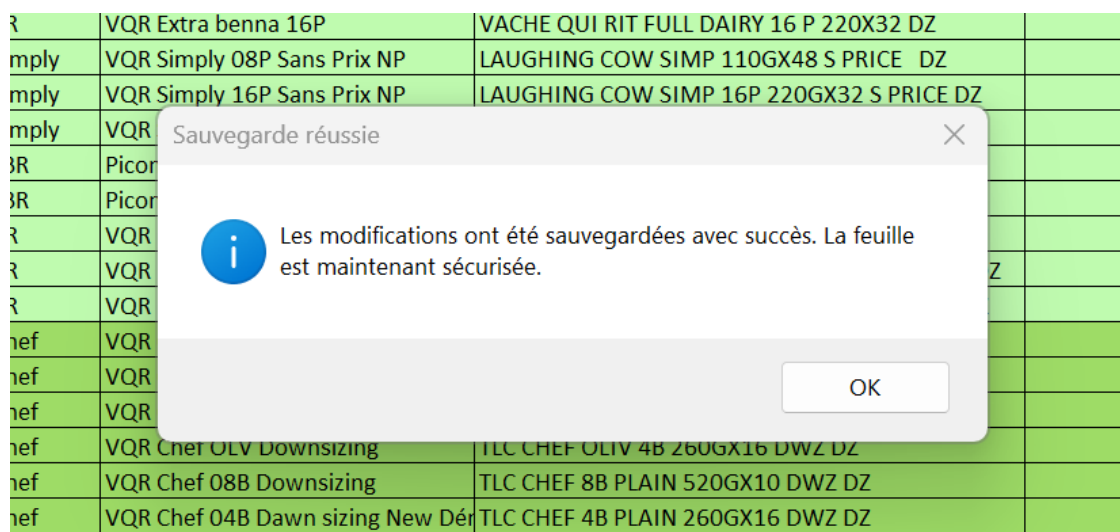
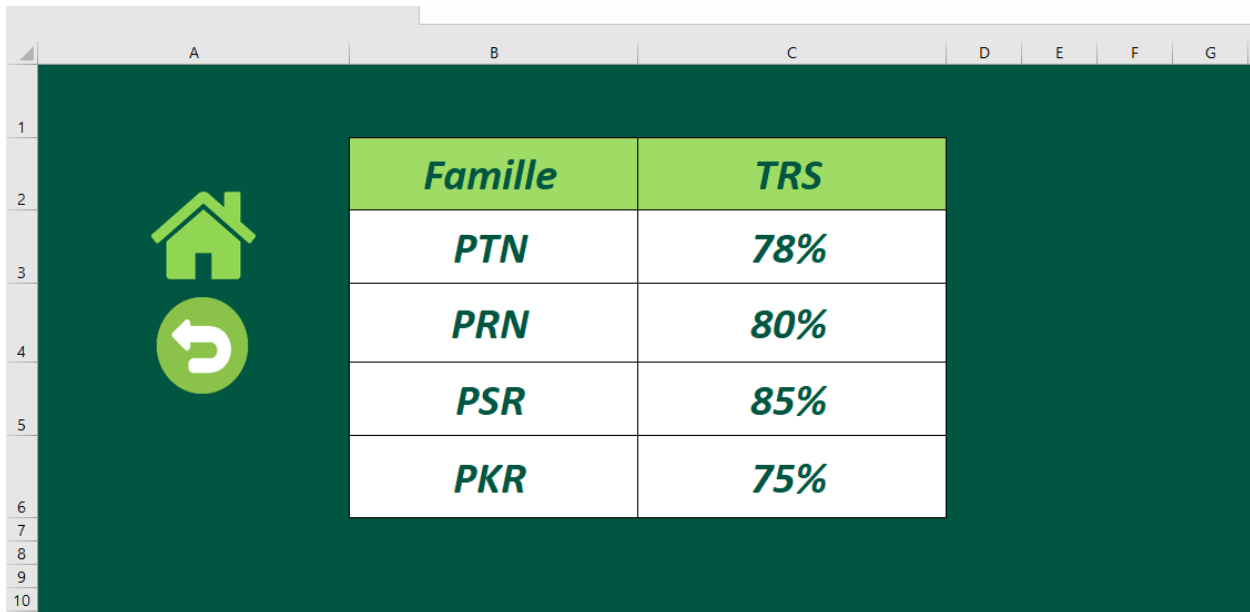


FIGURE 3.13 – Un exemple de résultat de sauvegarde

Cette approche nous permet de maintenir un niveau élevé de contrôle sur les données critiques de notre planification, assurant ainsi la précision et la fiabilité des informations utilisées pour notre processus de planification.

B. Le TRS

Le Taux de Rendement Synthétique (TRS) est relatif à chaque type de produit, en fonction de sa famille. Lorsque l'utilisateur appuie sur le bouton correspondant, l'application affiche les TRS associés à chaque famille de produits.



The image shows a screenshot of a spreadsheet application. The background is a dark green color. On the left side, there are two circular icons: a house icon and a circular arrow icon. In the center, there is a table with two columns: 'Famille' and 'TRS'. The table has four rows of data. The columns are highlighted in light green. The rows are: PTN (78%), PRN (80%), PSR (85%), and PKR (75%).

<i>Famille</i>	<i>TRS</i>
<i>PTN</i>	<i>78%</i>
<i>PRN</i>	<i>80%</i>
<i>PSR</i>	<i>85%</i>
<i>PKR</i>	<i>75%</i>

FIGURE 3.14 – Affichage du paramètre TRS

C. Configuration des machines

La configuration des machines correspond au nombre de couleuses attribuées à chaque format de produit. Comme illustré dans la figure 1, ces couleuses sont divisées en différents formats en fonction de la demande, des contraintes techniques ainsi que d'autres facteurs.

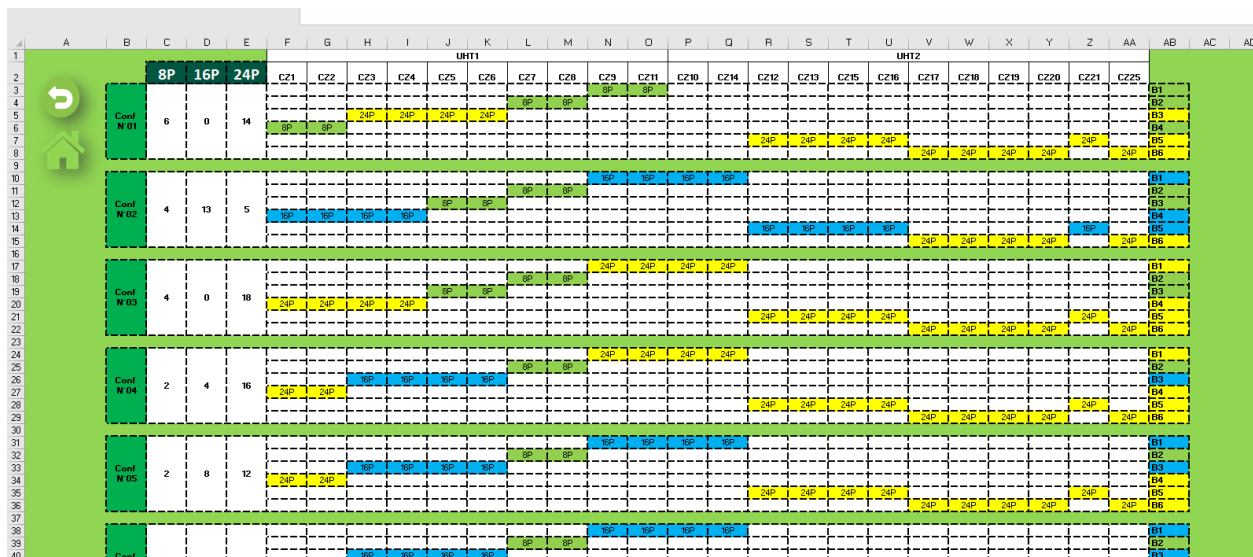


FIGURE 3.15 – Exemple d’écran de la paramètre contraintes de production

D. Contraintes de production

Les contraintes de production incluent les restrictions relatives aux changements de production entre différents types de pâtes. Il existe plusieurs règles de switch, ce qui signifie qu’il n’est pas permis de passer d’une pâte à une autre au sein de la même semaine si ces pâtes ne sont pas autorisées à être switchées entre elles. Cette limitation pose un problème d’ordonnancement, nécessitant une planification minutieuse pour assurer une transition fluide et respecter les règles établies.

La figure 15 représente l’interface affichée lorsque nous appuyons sur le bouton.



FIGURE 3.16 – Affichage du paramètre contraintes de production

E. Capacités machines

La capacité des machines inclut la capacité maximale, minimale, ainsi que la capacité journalière. Le cycle de production chez Bel Algérie varie selon la famille de produits (annexe 2).

La capacité minimale représente les jours où la production est à son niveau le plus bas généralement : les samedis et les jeudis.

La capacité journalière correspond au rythme normal de travail (les autres jours de la semaine).

La capacité maximale est la somme des capacités journalières sur une semaine. Cela signifie que nous ne pouvons pas lancer un PDP qui dépasse cette capacité maximale.

La capacité horaire représente la quantité maximale de production qu'une machine ou une ligne de production peut accomplir en une heure.

Ces capacités sont essentielles pour planifier efficacement la production et s'assurer que les plans respectent les limites opérationnelles des machines. La figure 16 représente l'interface affichée lorsque l'utilisateur appuie sur le bouton. Il y trouve quatre boutons : un de modification, un de sauvegarde, un de retour, et un pour aller à l'accueil.

PTN				
	Capacité journalière	Capacité Minimale	Capacité Maximale	Capacité Horaire
UHT1	12	5,4	114,4	1,35
UHT2	16	9,8	207,1	2,45

PRN				
	Capacité journalière	Capacité Minimale	Capacité Maximale	Capacité Horaire
GMA	14	4	86	1
IWK	10	2	43	0,5

PSR				
	Capacité journalière	Capacité Minimale	Capacité Maximale	Capacité Horaire
KIRI 180g	6	1,5	27	0,375
KY 180g	5	1,3	22,6	0,325

KIRI				
	Capacité journalière	Capacité Minimale	Capacité Maximale	Capacité Horaire
KIRI 6P	4,1	1	18,4	0,25
KIRI 12P	4,45	1,1	20,2	0,275

FIGURE 3.17 – Affichage du paramètre Capacités machines

Données

Dans cette section, toutes les données essentielles sont stockées, y compris les prévisions, les niveaux de stock, ainsi que les informations sur la couverture des stocks et les Plans Directeurs de Production. Ces données sont mises à jour de manière hebdomadaire, assurant ainsi au planificateur une base de données fiable et à jour. Cela permet au planificateur d'accéder à toutes les informations nécessaires en un seul endroit, de consulter les données actuelles, et de bénéficier d'un historique des anciens PDP lancés et des données sur la couverture des stocks. Cette approche facilite une visualisation claire et complète des données pour une meilleure prise de décision.

Lorsque l'utilisateur appuie sur le bouton, il accède à une interface lui permettant de choisir la donnée à visualiser comme illustrée dans la figure 16.

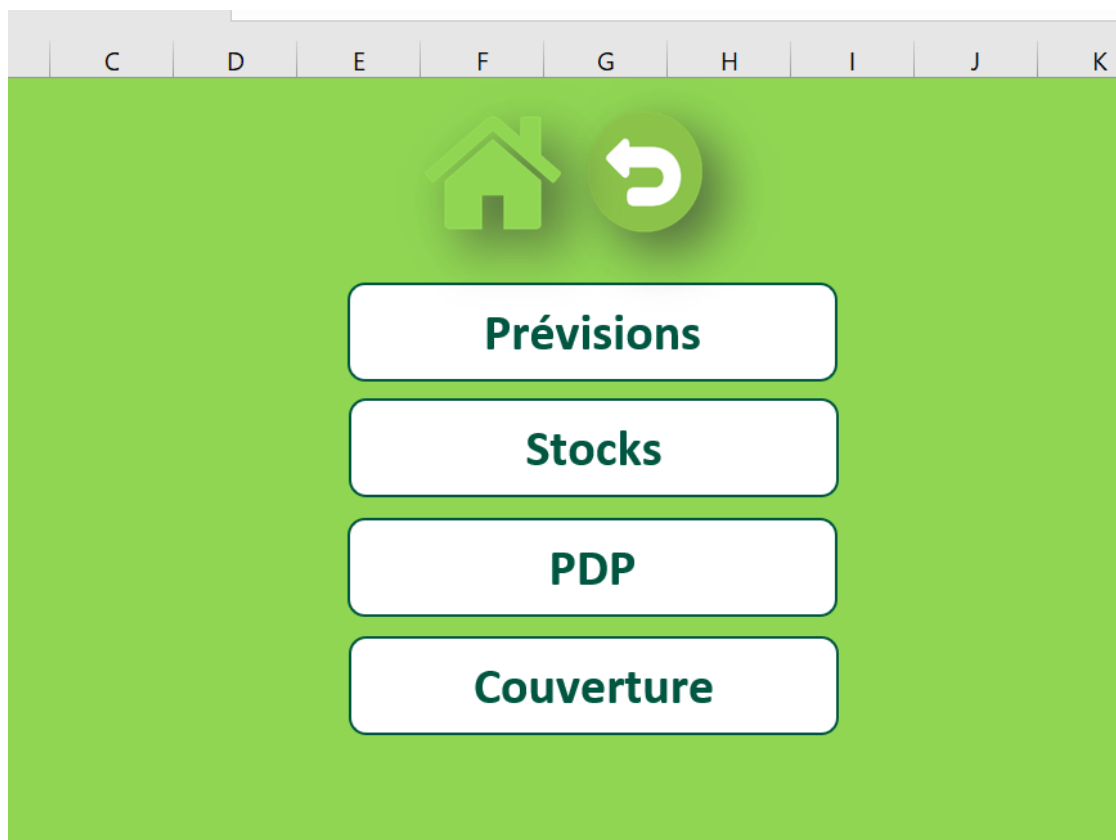


FIGURE 3.18 – Exemple d'écran de choix de la base de donnée

Cette fonctionnalité permettra ultérieurement de créer un tableau de bord dynamique contenant des informations claires sur les tendances du marché, les variations des prévisions et la visualisation des couvertures de stocks. Cela offrira une vision claire et éclairée, facilitant ainsi la prise de décisions informées et stratégiques. De plus, elle facilitera la collaboration entre les différents départements en fournissant un accès centralisé aux données essentielles.

Rapports et visualisation

La fonctionnalité de rapports et de visualisation offre aux utilisateurs un accès direct à un tableau de bord dynamique via Power BI. Ce tableau de bord représente une passerelle vers une analyse approfondie des données essentielles à la planification et à la gestion des stocks. En intégrant des graphiques interactifs et des options de visualisation avancées, il permet aux utilisateurs de surveiller et d'analyser efficacement les performances de la production, les prévisions de demande, et les niveaux de stocks. Il permet une prise de décision éclairée et stratégique. Il constitue ainsi un outil indispensable pour optimiser les opérations et garantir une gestion proactive des ressources de l'entreprise.

Cependant, cette fonctionnalité intervient après la collecte des données à partir de la fonctionnalité Données, en raison de l'absence d'une base de données sur les couvertures des stocks, le PDP ainsi qu'une historique des prévisions.

Le tableau de bord permet :

Analyse liée aux stocks :

- Visualisation des ruptures et des surstockages récurrents par produit et par famille ce qui permet d'identifier les produits nécessitant un recalcul du Stock de Sécurité (SS), assurant ainsi une gestion proactive des stocks pour éviter les interruptions de production et les excès de stock.
- Comparaison entre les niveaux de stock actuels et les niveaux nécessaires (SS), ce qui aide à déterminer s'il est préférable d'augmenter, de diminuer ou de maintenir les niveaux de Production PDP en fonction des écarts identifiés, garantissant ainsi une gestion optimale des stocks.

Analyse liée au PDP :

- Comparaison des PDP lancés par rapport à ceux effectivement réalisés, fournissant une visibilité sur l'efficacité de la planification par rapport à l'exécution réelle, permettant d'ajuster les processus de planification pour atteindre les objectifs de production.

Analyse liée aux prévisions :

- Tendances du marché et variations des prévisions, aidant à anticiper les fluctuations de la demande en examinant les tendances historiques et actuelles, facilitant ainsi l'ajustement des niveaux de production pour répondre aux besoins du marché.
- Comparaison entre les prévisions de vente et les ventes réelles, ce qui permet de mesurer la fiabilité des prévisions en identifiant les écarts entre les prévisions initiales et les ventes réelles, facilitant ainsi l'ajustement des stratégies de production et de distribution.

Analyse liée à la production :

- Taux de Rendement Synthétique (TRS) par famille de produits. Ce qui offre une évaluation de la performance de la production par famille de produits, identifiant les domaines où des améliorations sont nécessaires pour optimiser l'efficacité opérationnelle.

3.3.2 Outils de calculs avancés

Calcul PDP

Dans cette fonctionnalité, le planificateur peut voir les PDP générés. Quand il appuie sur le bouton "Calcul PDP", une interface s'affiche pour permettre au planificateur de sélectionner Le type de PDP : automatique ou manuel. Lorsqu'il choisit le type de PDP, une interface s'affiche pour sélectionner la famille de produits : PTN, PSR, PRN ou PKR.

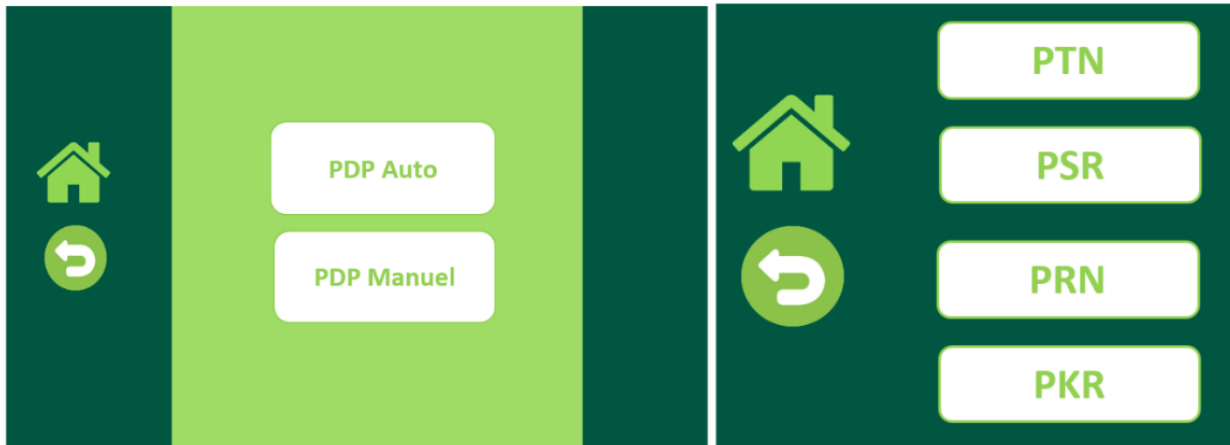


FIGURE 3.19 – Exemple de l'interface de choix du PDP et de famille de produit

Lorsque le planificateur choisit la famille du produit, il peut visualiser le PDP correspondant pour ses produits.

A. PDP Automatique

Dans le calcul automatique, nous utiliserons une formule basée sur le MRP II. Cette méthode repose sur trois facteurs initiaux essentiels : les prévisions de la demande, les stocks initiaux et le stock de sécurité.

La formule utilisée est la suivante :

L'équation du PDP est donnée par :

$$PDP = P - S_{-1} + \frac{(SS \cdot \frac{1}{4} \sum_{i=2}^5 P_i)}{JR} \quad (3.1)$$

$$\text{Moyenne prévision (4 semaines)} = \frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 \text{Prévision}(S + i) \quad (3.2)$$

Où :

- PDP : Plan directeur de production
- S_{-1} : Stock initial
- P_i : Prévision pour la semaine i
- SS : Stock de sécurité
- JR : Nombre de jours de production

Les prévisions de la demande et les stocks initiaux sont récupérés directement des fichiers insérés par le planificateur. Le stock de sécurité est une donnée statique récupérée automatiquement à partir du tableau des stocks de sécurité dans la fonctionnalité des paramètres de l'application.

Logique de la formule utilisée :

L'objectif primordial du Plan Directeur de Production (PDP) est de maintenir un alignement optimal avec les niveaux de stocks, afin d'éviter à la fois le surstockage et les ruptures. En gestion de production, le concept de stock de sécurité joue un rôle essentiel dans l'atteinte de cet objectif.

La formule vise à garantir une couverture adéquate aux besoins, équivalente au stock de sécurité, assurant ainsi une harmonisation optimale des niveaux de stocks dans le PDP, comme illustré dans la figure 3.12.

Mois		Mai					Juin					Juillet					Août					Septembre				
CH	CI	CJ	CK	CL	CM	CN	CO	CP	CQ	CR	CS	CT	CU	CV	CW	CX	CY	CZ	DA	DB						
Semaines		S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24	S25	S26	S27	S28	S29	S30	S31	S32	S33	S34	S35	S36	S37	S38				
KIRI PC	PDP [TN]	9,7	8,8	8,8	8,8	9,3	12,0	12,0	12,0	12,0	11,1	10,9	10,9	10,9	10,3	10,3	10,3	10,3	11,5	11,4	11,1	11,1				
	prévision	4,89	7,33	7,33	7,33	8,15	12,24	12,24	12,24	12,24	11,33	11,33	11,33	11,33	10,51	9,69	9,69	9,69	11,90	11,90	11,50	11,1				
	Stock fin de semaine	9	10	12	13	14	14	14	13	13	13	13	12	12	11	12	13	13	14	13	13	12				
	Couv Libre [Jrs]	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7				
KIRI 6P	PDP [TN]	6,7	5,8	5,8	5,8	6,2	8,2	8,2	8,2	8,2	7,5	7,3	7,3	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	8,0	8,0	8,0	8,0				
	Stock fin de semaine	6	7	8	9	10	10	9	9	9	9	8	8	7	7	8	8	9	10	9	9	9				
	Couv Libre [Jrs]	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7				
KIRI 12P	PDP [TN]	2,95	3,01	3,01	3,01	3,15	3,76	3,76	3,76	3,76	3,58	3,59	3,59	3,59	3,64	3,70	3,70	3,70	3,70	3,48	3,43	3,4				
	Stock fin de semaine	3,17	3,51	3,85	4,19	4,48	4,40	4,31	4,23	4,15	4,17	4,21	4,25	4,28	4,30	4,32	4,34	4,35	4,37	4,11	3,79	3,4				
	Couv Libre [Jrs]	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7				

FIGURE 3.20 – Exemple PDP KIRI automatique

À Bel Algérie, le stock de sécurité est exprimé en nombre de jours plutôt qu'en quantité. Étant donné que les quantités dans les prévisions varient selon la saison ou le mois, il était nécessaire d'appliquer un lissage dynamique pour convertir le stock de sécurité en quantité dynamique.

Ainsi, le stock de sécurité est multiplié par la moyenne des prévisions mensuelles (calculée à partir de la semaine S+1) et par le nombre de jours de production par semaine. Cette adaptation permet d'assurer une couverture suffisante des besoins, alignée avec le stock de sécurité, tout en tenant compte des variations saisonnières et mensuelles des prévisions.

Afin d'assurer l'automatisation totale de ce calcul, nous utiliserons la formule suivante pour le calcul du stock de fin de semaine :

Nous définissons la formule pour le **Stock fin de semaine** comme suit :

$$SP_t = \begin{cases} SP_{t-1} + PDP_t - P_t & \text{si StockPDP!CH25} = 0, \\ \text{StockPDP!CH25} & \text{sinon si StockPDP!CH25} > 0. \end{cases} \quad (3.3)$$

Cette formule permet de récupérer les valeurs du stock de fin de semaine à partir du fichier standard (voir figure 10). Si la valeur est nulle, nous utilisons la formule de calcul prévisionnel du stock :

Dans le cas contraire, la formule utilise la valeur affichée dans le fichier standard.

B. PDP Manuel

Le PDP manuel est calculé en se basant sur trois principaux inputs : le PDP automatique, la capacité journalière, et le stock de sécurité. La capacité journalière est une donnée statique stockée dans la fonctionnalité "Paramètres".

Pour déterminer le nombre de jours de production adéquats, nous utilisons la formule suivante :

$$NJP = \begin{cases} \lfloor \text{PDP ajusté} \rfloor + 1, & \text{si } CL < SS, \\ \lceil \text{PDP ajusté} \rceil, & \text{si } CL \geq SS. \end{cases} \quad (3.4)$$

Les variables sont :

- CL : Couverture libre
- SS : Stock de sécurité
- PDP ajusté : PDP dévisé en capacité journalière
- NJP : Nombre de jours de production

Cette formule commence par comparer la couverture libre (CL) avec le stock de sécurité (SS).

- Si CL est inférieure au SS : nous arrondissons le quotient à la valeur entière supérieure.
- Si CL est supérieure au SS : nous arrondissons le quotient à la valeur entière inférieure.

Cette technique permet de rester proche du stock de sécurité tout en optimisant l'utilisation des machines. Formules utilisées :

$$\text{PDP manuel} = NJP \times \text{CMJ} \quad (3.5)$$

où :

- NJP : Nombre de jours de production nécessaires
- CMJ : Capacité machine journalière

Ainsi, le PDP manuel est ajusté pour assurer une production optimale, alignée avec les capacités des machines et les exigences de stock de sécurité.

Mois	CH	CI	Col	CL	CH	CH	CD	CP	CD	CR	CS	CT	OU	CV	CW	CK	CV	CC	DA		
KIRI PC	PDP [IN] manuel	15,6	5,2	5,2	14,7	8,2	8,2	11,1	8,2	8,2	16,4	7,3	16,2	7,3	15,5	6,6	6,6	15,5	6,6	16,3	8,0
	Nb. jours	5,00	1,00	1,00	3,00	1,00	4,00	4,00	2,00	2,00	3,00	3,00	3,00	3,00	1,00	3,00	3,00	3,00	1,00	5,00	1,00
	prévision	4,89	7,33	7,33	7,33	8,15	12,24	12,24	12,24	11,33	11,33	11,33	11,33	10,51	9,69	9,69	9,69	9,69	9,69	11,90	11,90
	Stock fin de semaine	20,31	17,08	13,84	19,51	15,46	19,62	24,48	20,44	16,40	18,07	10,83	12,50	13,47	15,96	16,57	12,98	16,29	10,70	20,00	12,15
	Couv. Libre [lin]	16,17	11,69	8,31	10,44	7,28	9,80	12,46	10,21	8,28	5,74	6,07	7,28	8,17	9,88	10,88	7,21	8,21	5,39	10,38	6,57
KIRI 6P	PDP manuel	12,3	4,1	4,1	4,1	16,4	8,2	8,2	8,2	4,1	4,1	4,1	12,3	4,1	12,3	4,1	4,1	4,1	4,1	12,3	4,1
	Nb. jours	3,00	1,00	1,00	1,00	4,00	2,00	2,00	2,00	1,00	1,00	1,00	3,00	1,00	3,00	1,00	1,00	1,00	1,00	3,00	1,00
	PDP [IN] Auto	6,74	5,76	5,76	5,76	6,40	8,22	8,22	8,22	7,52	7,26	7,26	6,63	6,63	6,63	6,63	6,63	6,63	6,63	8,91	7,98
	Stock fin de semaine	11,19	10,62	10,06	9,49	8,90	16,30	16,10	15,50	15,10	12,02	6,34	4,67	3,19	6,40	12,70	10,00	6,90	7,00	11,14	7,08
	Couv. Libre [lin]	7,00	11,07	9,02	7,47	5,93	11,96	11,94	12,03	14,11	5,55	7,04	4,20	8,86	6,40	13,65	9,15	7,01	5,15	8,32	5,39
KIRI 12P	PDP manuel	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8
	Nb. jours	2,00	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	2,00	0,00	2,00	0,00	2,00	0,00	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00
	PDP [IN] Auto	2,95	3,01	3,01	3,01	3,15	3,76	3,76	3,76	3,76	3,58	3,59	3,59	3,59	3,64	3,70	3,70	3,70	3,70	3,70	3,48
	Stock fin de semaine	9,12	6,46	3,79	10,02	7,16	3,32	8,38	4,54	0,70	6,04	2,49	7,83	4,28	9,56	5,87	2,18	7,39	3,70	8,86	5,11
	Couv. Libre [lin]	28,16	12,87	6,88	16,72	11,19	5,29	13,60	7,51	1,18	10,15	4,14	12,52	6,59	15,54	9,51	3,52	11,88	5,93	15,10	9,44

FIGURE 3.21 – Exemple PDP KIRI manuel

Calculatrice

Dans cette fonctionnalité, le planificateur peut exécuter diverses opérations manuelles fréquentes, telles que :

Calcul de la quantité produite pendant un nombre donné d'heures :

Le planificateur choisit d'abord la famille de produits, puis sélectionne le produit ou la ligne de production et introduit le nombre d'heures. L'application affiche le résultat directement.

Calcul du nombre de jours nécessaire de production pour répondre à une demande spécifique :

Le planificateur choisit le produit, puis saisit la demande à satisfaire. Le système calcule automatiquement le nombre de jours nécessaires pour répondre à cette demande.

Calcul du PDP adéquat pour un produit :

Le planificateur sélectionne le produit, puis entre les prévisions et le stock final. Le système calcule alors directement la valeur du PDP nécessaire pour le produit.

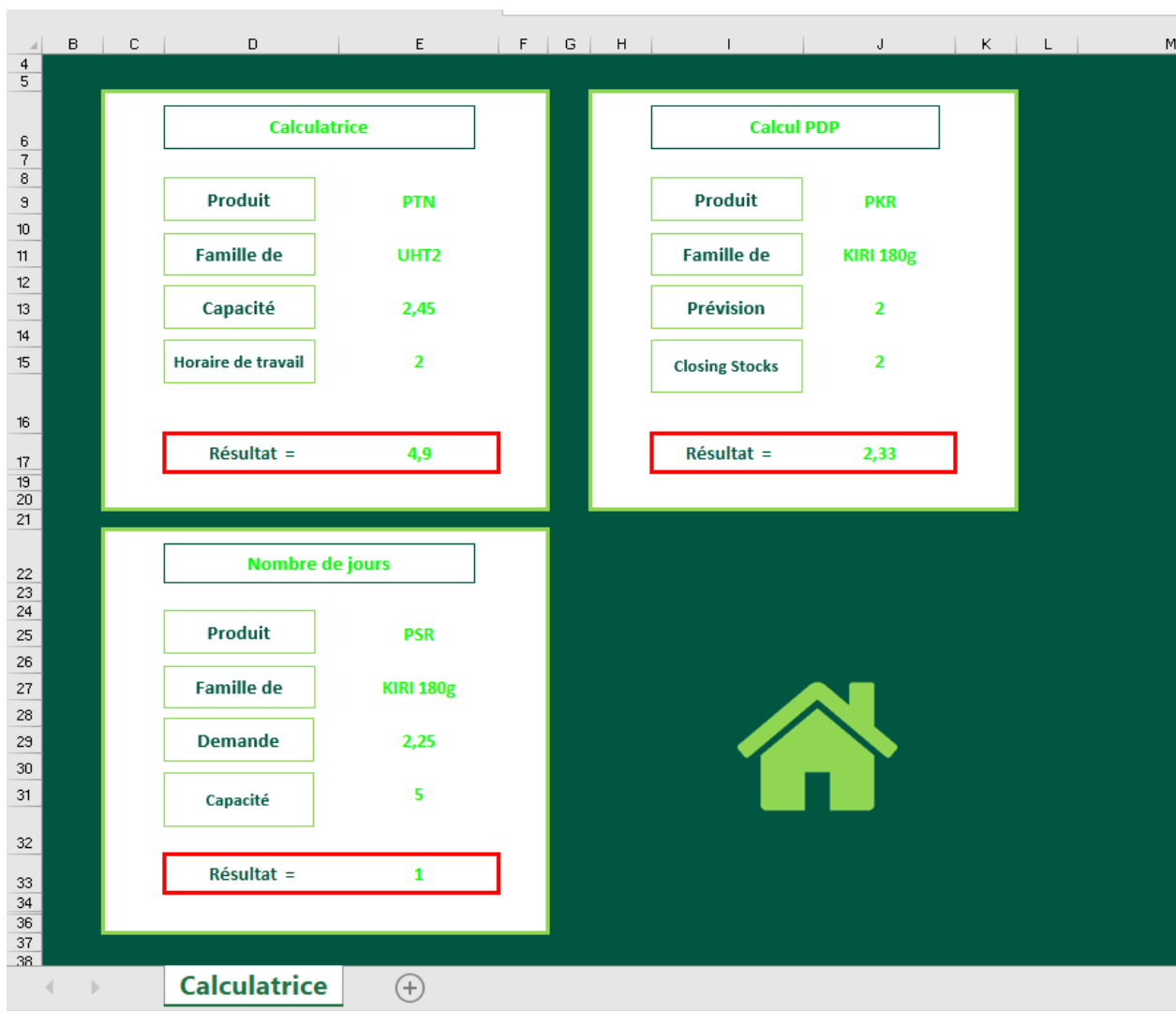


FIGURE 3.22 – Exemple d'écran sur la fonctionnalité "Calculatrice"

Recommandations

Dans cette fonctionnalité, le planificateur bénéficie d'un système d'Alertes et de notifications visant à l'informer des situations critiques nécessitant une intervention immédiate. Deux aspects clés sont mis en avant :

- Ruptures de stock imminentes : Une alerte est déclenchée lorsque les niveaux de stock d'un produit critique approchent du Stock de Sécurité. Cela permet au planificateur d'anticiper et de prendre des mesures proactives pour éviter les interruptions de production, assurant ainsi une continuité optimale des opérations.
- Variations importantes des prévisions de demande : Le système envoie une notification en cas de variations significatives entre les prévisions de demande initiales et les nouvelles données entrantes. Cette fonctionnalité permet au planificateur d'ajuster rapidement la production pour répondre aux nouveaux besoins du marché, améliorant ainsi la réactivité et l'efficacité globale de la planification.

Ces alertes et notifications sont essentielles pour maintenir une gestion agile et adaptative, permettant au planificateur de prendre des décisions éclairées et stratégiques face aux fluctuations et aux défis opérationnels.

3.4 Evaluation, impacts et limites de la solution

3.4.1 Evaluation de la solution

L'évaluation de la solution E-PDP repose sur un ensemble de critères prédéfinis, élaborés en collaboration avec le planificateur. Nous avons pris en compte des critères clés tels que les fonctionnalités, l'interface utilisateur, les performances, la fiabilité et la facilité d'utilisation. Cette méthodologie d'évaluation est adaptée aux besoins et attentes spécifiques du planificateur et de l'entreprise, servant ainsi de référence interne pour mesurer l'efficacité de l'application.

TABLE 3.2 – Évaluation de la solution

Critère	Notation (/5)	Synthèse
Convivialité de l'interface utilisateur	4.5	L'interface utilisateur de la plateforme E-PDP est conviviale et intuitive, avec une disposition claire et des instructions faciles à suivre. Les fonctionnalités sont facilement accessibles et l'expérience utilisateur est fluide, ce qui permet au planificateur de travailler efficacement sans rencontrer de difficultés de navigation.
Fonctionnalités offertes par la plateforme répondent aux besoins spécifiques des utilisateurs	4	La plateforme offre un large éventail de fonctionnalités pertinentes, telles que l'automatisation de la génération des PDP et la consolidation des données de planification. Elle est capable de gérer efficacement de grandes quantités de données sans compromettre les performances.
Interaction avec les autres systèmes	2	La plateforme démontre une capacité d'interaction avec les autres systèmes (ERP, Outlook, etc.). Cependant, certaines limitations dans l'architecture actuelle pourraient entraver la possibilité d'une évolution future vers une intégration plus fluide.
Le système est jugé bénéfique et efficace aux opérations	4.5	Le planificateur interrogé a montré sa satisfaction par rapport à la solution, soulignant son efficacité opérationnelle et son impact positif sur la gestion des stocks et la planification de la production.
La conception de la plateforme permet son évolutivité et son extensibilité	4	La plateforme est conçue avec une architecture évolutive et extensible, ce qui permet de répondre aux besoins de l'entreprise à mesure qu'elle se développe, garantissant une longévité et une adaptabilité à long terme.
Sécurité des données	4	La solution E-PDP intègre des fonctionnalités de sécurité robustes pour protéger les données sensibles. Les accès sont bien contrôlés et les sauvegardes régulières assurent la protection contre les pertes de données.

3.4.2 Impacts et valeurs ajoutées de la Solution E-PDP

La mise en place de la solution de planification E-PDP offre de nombreux impacts positifs sur les opérations de l'entreprise :

A. Réduction du Temps et des erreurs lors de la Génération des Plans de Production

L'automatisation des tâches de planification via la solution E-PDP améliore l'efficacité opérationnelle en réduisant le temps de génération des plans de production et en minimisant les erreurs humaines. Cela conduit à une production plus fluide, une meilleure gestion des stocks, et une capacité accrue à répondre rapidement et précisément aux exigences du marché.

- Avant l'automatisation : La création de plans de production était un processus manuel long, Le planificateur devait d'abord insérer les prévisions de chaque produit, ligne par ligne, puis il insère les closing stock et finalement il met le nombre de couleuses ou de journée de production afin de générer le PDP. Cette opération est souvent sujet à des délais prolongés et à des erreurs de calculs et de saisie courantes en raison de la complexité des données et des multiples étapes de traitement manuel. Ces erreurs pouvaient entraîner des incohérences dans les plans de production, affectant toute la chaîne d'approvisionnement.
- Avec l'automatisation : les planificateurs peuvent désormais se concentrer sur des analyses plus approfondies, des stratégies d'optimisation et des activités à plus forte valeur ajoutée. L'insertion des prévisions et des stocks est devenue automatique et le calcul du nombre de jours ou de couleuses est effectué par des algorithmes précis et fiables. Cela a permis de libérer les tâches manuelles, de réduire considérablement les délais et d'éliminer le risque d'erreurs de saisie ou de calcul, garantissant des résultats cohérents et exacts à chaque itération. Cette amélioration de la fiabilité des PDP contribue à réduire les retards, les surplus de stock et les ruptures de stock, optimisant ainsi l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement.

B. Suggestions pour Optimiser le Plan Directeur de Production

- Avant l'automatisation : l'optimisation du Plan Directeur de Production (PDP) reposait principalement sur l'expérience et l'intuition du planificateur. Il devait analyser manuellement les prévisions de vente, les niveaux de stocks, les capacités de production, et d'autres contraintes pour ajuster le PDP. Ce processus était sujet à des erreurs humaines et à des décisions basées sur des données incomplètes ou inexacts. La complexité des données à traiter et l'absence d'outils analytiques avancés rendaient difficile la prise de décisions optimales, souvent entraînant des inefficacités, des surcoûts et des retards.

- Avec l'automatisation : les suggestions pour optimiser le PDP sont générées automatiquement en utilisant des algorithmes avancés qui analysent de manière précise et rapide les données de prévisions de vente, de stocks et de production. Le planificateur reçoit des recommandations basées sur des analyses de données complètes et en temps réel, leur permettant d'ajuster le PDP de manière optimale. Cette approche réduit significativement les erreurs, améliore la précision des décisions et augmente l'efficacité globale de la planification. Les ajustements sont faits en temps réel, permettant une réactivité rapide face aux fluctuations du marché et aux imprévus, tout en minimisant les coûts et en maximisant l'efficacité.

C. Amélioration de la Précision et de la Fiabilité des Données

- Avant l'automatisation : Il n'existait pas de base de données centralisée pour le PDP, ce qui signifiait que les informations sur les PDP réels de l'entreprise étaient dispersées dans divers fichiers et documents. Il n'y avait pas non plus d'historique structuré des prévisions de vente, ce qui rendait difficile l'analyse des tendances et la planification à long terme. Le planificateur devait souvent rechercher manuellement des données dans plusieurs fichiers, ce qui augmentait le risque d'erreurs et d'incohérences. Ce processus manuel non seulement compliquait la consolidation des données, mais aussi compromettait la précision et la fiabilité des informations, entraînant des inefficacités et des erreurs dans les plans de production.
- Avec l'automatisation : La solution E-PDP a transformé la gestion des données en centralisant toutes les informations pertinentes sur les PDP et les prévisions de vente dans une base de données unique et bien organisée. Cette centralisation permet une analyse future fiable et garantit que les informations sont toujours exactes et à jour. Désormais, le planificateur peut accéder facilement à toutes les données nécessaires sans avoir à chercher dans plusieurs fichiers, ce qui réduit le risque d'erreurs et d'incohérences. Cette amélioration se traduit par des plans de production plus fiables et précis, une gestion des stocks optimisée et des délais réduits.

D. Facilitation de la Prise de Décision

- Avant l'automatisation : Le planificateur devait s'appuyer sur des rapports statiques et des données dispersées pour prendre des décisions. La visualisation des informations critiques comme les prévisions de vente et les niveaux de stock était limitée, ce qui rendait difficile la détection rapide des problèmes et des opportunités.
- Après l'automatisation : L'intégration de tableaux de bord interactifs dans l'application E-PDP a facilité la prise de décision. Désormais, le planificateur a accès à des données en temps réel présentées de manière claire et concise. Le tableau de bord permet une visualisation dynamique des prévisions de vente, des niveaux de stock actuels et des

plans de production en cours. Cette fonctionnalité de visualisation et d'analyse permet aux planificateurs de détecter rapidement les tendances, d'identifier les écarts et de prendre des décisions stratégiques éclairées pour optimiser la production et répondre efficacement à la demande du marché.

E. Gains financiers

La solution E-PDP apporte des gains financiers significatifs, principalement en optimisant la gestion des stocks, ce qui se traduit par une réduction des coûts de détention.

Pour évaluer ces gains, il est nécessaire de calculer l'écart entre la couverture du modèle actuel avec le Stock de Sécurité (SS) ainsi que l'écart entre la couverture du modèle E-PDP avec le stock de sécurité. En comparant ces données, nous pouvons quantifier l'espace de stockage économisé et, par conséquent, les gains financiers réalisés grâce à cette économie.

Pour évaluer ces gains, nous procédons à cette démarche :

Nous prenons le produit KIRI 6P comme exemple pour cette étude. Pour calculer les écarts et déterminer la quantité de sur-stockage, nous utilisons la formule suivante, L'écart est défini par :

$$\text{écart} = \begin{cases} 0, & \text{si } CL - SS < 0 \\ CL - SS, & \text{sinon} \end{cases} \quad (3.6)$$

Cette formule permet de mesurer l'écart entre la couverture actuelle du stock et le stock de sécurité (SS).

TABLE 3.3 – Tableau comparatif des écarts

Semaine	Couverture actuelle	Écart 1	Couverture E-PDP	Écart
S19	6	0	11	4
S20	13	6	9	2
S21	15	8	7	0
S22	19	12	6	0
S23	19	12	12	5
S24	22	15	12	5
S25	20	13	12	5
S26	14	7	12	5
S27	14	7	10	3
S28	14	7	7	0
S29	16	9	4	0
S30	17	10	9	2
S31	19	12	6	0
S32	21	14	12	5
S33	17	10	9	2
S34	18	11	7	0
S35	12	5	5	0
S36	13	6	8	1
S37	13	6	5	0
S38	13	6	9	2

Somme des écarts de la couverture du modèle actuel : 176

Somme des écarts de la couverture du modèle E-PDP : 37

Nous pouvons remarquer la différence entre la quantité sur-stockée dans l'ancien modèle et celle du nouveau modèle. La différence entre les deux représente des jours de surstockage évités grâce à l'optimisation de la couverture par E-PDP, soit 139 jours.

La consommation moyenne journalière du KIRI 6P est d'environ 3.5 tonnes par semaine, soit 0.58 tonnes par jour. En multipliant cette consommation par les jours de surstockage évités, nous obtenons la quantité de surstockage évitée :

139 jours * 0.58 tonnes/jour = 80.62 tonnes

Une tonne de production représente deux palettes. Le coût de stockage d'une palette est de 3000 DA/mois, soit environ 100 DA/jour. Le coût de transport d'un kilo de produit est de 5 DA. Le coût total de détention par tonne est donc :

Coût de détention par tonne = Coût de stockage + Coût de transport = (100 DA * 2 palettes) + (5 DA * 1000 kg) = 200 DA + 5000 DA = 5200 DA

Les gains financiers réalisés grâce à la réduction des sur-stockages sont donc :

80.62 tonnes * 5200 DA/tonne = 419,224 DA

Ce calcul est effectué sur un seul produit, alors qu'il existe environ 20 produits différents dans le portefeuille de l'entreprise. Par conséquent, les gains totaux seront beaucoup plus élevés lorsque cette optimisation est appliquée à l'ensemble des produits

3.4.3 Limites de la solution

- La solution E-PDP apporte une valeur ajoutée significative au processus, mais elle fait face à des défis et des limites. Il est essentiel de les identifier et de les comprendre d'une manière approfondie.
- Intégration avec d'autres systèmes : Bien que la solution E-PDP puisse interagir avec d'autres systèmes, certaines limitations dans l'architecture actuelle pourraient entraver une intégration plus fluide à l'avenir. Des améliorations et des ajustements seront nécessaires pour optimiser cette interaction.
- Fiabilité des systèmes informatiques : La performance et la disponibilité de la solution dépendent de l'infrastructure informatique de l'entreprise. Des pannes ou des défaillances peuvent affecter l'accès et l'utilisation de la solution, nécessitant des plans de continuité et de récupération en cas de sinistre.
- Erreurs de données : Lors de la numérisation et de la consolidation des données, des erreurs inattendues ou des données manquantes peuvent survenir. Ces erreurs peuvent impacter l'exactitude et l'efficacité de la plateforme, nécessitant des mécanismes robustes de validation et de vérification des données.
- Maintenance de l'application : L'application nécessitera une maintenance régulière pour corriger les bugs, assurer la sécurité et ajouter de nouvelles fonctionnalités. Ceci implique un investissement continu en termes de temps et de compétences techniques, ce qui peut représenter un défi pour les ressources de l'entreprise.
- Évolution des besoins : Les besoins de l'entreprise évoluent constamment, et la solution doit être suffisamment flexible pour s'adapter à ces changements. Assurer la modularité et la scalabilité de l'application sera un défi continu pour répondre aux nouvelles exigences.

Conclusion

Ce chapitre a exploré en détail la solution E-PDP visant à optimiser le processus de planification chez Bel Algérie. Nous avons suivi une démarche méthodique débutant par la définition des besoins opérationnels et des spécifications fonctionnelles requises. En adoptant une approche agile basée sur des concepts académiques, nous avons ensuite procédé à l'implémentation de la solution. Enfin, nous avons évalué les résultats obtenus, mettant en avant les bénéfices significatifs tels que la réduction des erreurs, l'optimisation de la gestion des stocks et l'amélioration globale de l'efficacité opérationnelle.

Conclusion générale

Ce mémoire se concentre sur l'optimisation du processus de planification chez Bel Algérie, explorant en profondeur les défis et les opportunités rencontrés dans ce domaine. Dans le secteur agroalimentaire, l'amélioration de la planification revêt une importance cruciale en raison de la complexité opérationnelle, notamment la gestion rigoureuse des stocks et la variabilité de la demande. Une approche intégrée et stratégique est indispensable pour aligner efficacement la production, la distribution et la gestion des stocks, assurant ainsi une réponse agile aux exigences du marché. L'intégration de technologies avancées dans ce processus permet une planification plus précise, réduit les risques de pénurie tout en optimisant l'utilisation des ressources disponibles. En renforçant la compétitivité de l'entreprise, cette approche favorise une gestion proactive et adaptable face aux fluctuations du marché, garantissant ainsi une meilleure performance globale.

Notre étude s'est déroulée au sein de Bel Algérie, plus précisément dans son département de la planification et de l'ordonnancement, responsable du développement de la planification. Après une analyse approfondie du contexte, nous avons identifié les principales lacunes et inefficacités qui impactent la chaîne d'approvisionnement de l'entreprise. L'objectif central de notre travail était de renforcer cette planification afin d'accroître l'efficacité opérationnelle, d'optimiser l'utilisation des ressources et de synchroniser la production avec les niveaux fluctuants des stocks. Pour cela, notre démarche s'est articulée autour des étapes suivantes :

- Une analyse détaillée du département de la planification de Bel Algérie, comprenant les processus en cours, les défis opérationnels et les objectifs stratégiques et opérationnels.
- Réalisation d'un diagnostic approfondi pour identifier les lacunes principales et les inefficacités affectant la chaîne d'approvisionnement. Cette démarche nous a permis de cibler les domaines nécessitant une amélioration et de formuler la problématique centrale de notre étude.
- Conception, développement et déploiement de la solution proposée.
- Une synthèse des résultats obtenus et en l'exploration des perspectives de futurs projets pour enrichir la solution mise en œuvre.

Pour répondre à ces défis, nous avons proposé comme solution la simulation du terminal à conteneurs, intégrant les différents processus d'importation dans AnyLogic, afin d'évaluer la performance actuelle des RTG et des autres processus globaux. Ensuite, nous avons déve-

loppé un scénario d'organisation des tâches pour les RTG, qui a démontré une amélioration significative en termes de productivité pour les processus de débarquement, de réduction des temps d'attente des équipements internes et des camions des clients externes. Ce scénario permet de satisfaire à la fois les exigences des clients (livraison rapide de leurs conteneurs) et celles des navires (réduction du temps d'escale par un déchargement rapide), ainsi que d'optimiser les processus internes entre les différentes zones du terminal.

La solution proposée a été élaborée comme une réponse intégrée aux dysfonctionnements identifiés dans la planification de la production. Elle comprend un outil de récupération automatique des données, un calculateur de PDP, un centralisateur de données, et un outil d'aide à la décision.

En analysant les observations antérieures, nous pouvons confirmer les hypothèses initiales formulées : les erreurs humaines ont été identifiées comme des sources de décalages entre la demande réelle et les prévisions, ainsi que des erreurs de calcul et de saisie, affectant directement l'efficacité du processus. Après l'introduction de la solution proposée, nous avons constaté une réduction significative de ces erreurs et une amélioration globale du processus.

Nous avons également observé que Bel Algérie a fait face à des situations de surstock ou de rupture de stock en raison de prévisions inexactes et d'une planification inadéquate. Grâce au déploiement de l'outil digital développé, nous avons été en mesure de réagir rapidement aux changements de la demande, ce qui a conduit à une réduction notable des situations de surstock. Ces améliorations ont non seulement optimisé la gestion des stocks mais ont également généré des gains financiers significatifs pour l'entreprise.

Pour conclure, le projet réalisé vise à optimiser la planification de la production à travers une solution technologique avancée, répondant ainsi efficacement aux défis opérationnels de l'entreprise. Les perspectives futures incluent non seulement une adaptation continue aux nouvelles technologies et une intégration plus poussée avec d'autres systèmes pour maintenir une efficacité maximale, mais aussi un calcul fiable et optimal des stocks de sécurité. En outre, une collaboration régulière et étroite entre les différentes parties prenantes sera essentielle pour garantir une gestion harmonieuse et efficace des processus. Ces évolutions permettront de renforcer la résilience et la compétitivité de l'entreprise face aux fluctuations du marché et aux exigences croissantes de la chaîne d'approvisionnement.

Bibliographie

- [1] Samir Dani. *Food Supply Chain Management and Logistics : From Farm to Fork*. Kogan Page Publishers, 2015.
- [2] OCDE/FAO. *Perspectives agricoles de l'OCDE et de la FAO 2020-2029*. Éditions OCDE, Paris, 2020. Consulté avril 2024.
- [3] Groupe Bel. Rapport intégré bel 2022, 2022. Consulté en mai 2024.
- [4] Site de l'office national des statistiques (ons) de l'algérie. Consulté en mai 2024.
- [5] F. Benghanem and K. Mouleriche. Modélisation et simulation de la supply chain en vue d'évaluer et d'améliorer sa performance – application tchin,aitalgérie, 2018. *Mémoire de projet de fin d'études, Ecole Nationale Polytechnique*.
- [6] M. Hamza and H. Mariche. Contribution à l'amélioration de la performance de la supply chain en amont. application : Danone djurdjura algérie, 2017. Mémoire de projet de fin d'études, Ecole Nationale Polytechnique.
- [7] A. Badreddine and A. Hammoudi. Contribution à l'intégration d'une solution wms et estimation des gains attendus. application : Danone djurdjura algérie, 2019. Mémoire de projet de fin d'études, Ecole Nationale Polytechnique.
- [8] Djazagro. Les fromages en algérie : un aliment clé, 2024. Consulté en mai 2024.
- [9] Algérie Eco. Fromagerie bel algérie : le marché algérien, leader mondial pour la vache qui rit en 2020, 2021. Consulté en mai 2024.
- [10] Patrick Varenne. *La transformation digitale des entreprises : effectuation et Business Model Digital Dynamique (BMD²)*. PhD thesis, Université de Lyon, 2020.
- [11] Cegos. Réussir la transformation digitale de l'entreprise, 2024. Consulté avril 2024.
- [12] AlphaLives. Digitalisation, 2024. Consulté en mai 2024.
- [13] Samir Bouaziz. Digitalisation de l'exécution des processus opérationnels, 2022. Mémoire de projet de fin d'études, Ecole Nationale Polytechnique.
- [14] AlloHouston. Comment évaluer la maturité digitale de son entreprise, 2024. Consulté en mai 2024.
- [15] Simon Chantias and Thomas Hess. Understanding digital transformation strategy formation : Insights from europe's automotive industry. 2016.
- [16] Thibaut Metailleur and Amandine Pascal. Maturité digitale des pme : des modèles à réinventer? *Management & Data science*, 2022.

- [17] OECD. Le modèle de maturité de transformation numérique, 2023. Consulté en mai 2024.
- [18] Bruno Cognet. Identification d'indicateurs de la maturité numérique des entreprises par une démarche de comparaison et de synthèse des modèles existants, 2020. Mémoire de projet de fin d'études, École de technologie supérieure.
- [19] Z. Lazib and N. Ouerdi. Etude de la maturité digitale de la supply chain et mise en place d'une roadmap de digitalisation, 2022. Mémoire de projet de fin d'étude, Ecole Nationale Polytechnique.
- [20] Anna De Carolis, Marco Macchi, Elisa Negri, and Sergio Terzi. A maturity model for assessing the digital readiness of manufacturing companies. In *Advances in Production Management Systems. The Path to Intelligent, Collaborative and Sustainable Manufacturing : IFIP WG 5.7 International Conference, APMS 2017, Hamburg, Germany, September 3-7, 2017, Proceedings, Part I*, pages 13–20. Springer, 2017.
- [21] John Walkenbach. *101 Excel 2013 Tips, Tricks and Timesavers*. John Wiley & Sons, 2013.
- [22] Nigel Slack. *OPERATIONS MANAGEMENT 5th edition*. Pearson Education Limited, 2007.
- [23] Maurice Pillet, Chantal Martin-Bonnefous, Pascal Bonnefous, et al. *Gestion de production, 5e édition*. Les Ed. d'Organisation, 2011.
- [24] Madame Nibouche. Cours d'opt, 2022. Cours de Madame Nibouche.
- [25] Georges Javel. *Organisation et gestion de la production-4e édition : Cours, exercices et études de cas*. Dunod, 2010.
- [26] Barthélemy H. Ateme-Nguema. *Développement d'un module de planification intégrée optimisée*. PhD thesis, Université du Québec à Trois-Rivières, 2000.

Chapitre 4

Annexes

Horaire d'ouverture Production standard

	Samedi	Dimanche	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Total production			
UHT 1	14H-19H	19H:00	23:00	23H-04H	04:00	10:00	10H-14H	106H		
UHT 2	14H-19H	19H:00	23:00	23H-04H	04:00	10:00	10H-14H	106H		
	LAVAGE 5H		Cycle 1 : 52 H		Lavage: 5H		Cycle2: 54 H		LAVAGE 4H	

	Samedi	Dimanche	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Total Heure production											
2CZ	14H:19H	23H:4H	7H:12H	15H:20H	10H:14H		96											
GMA																		
1CZ																		
IWK	14H:19H	23H:4H	7H:12H	15H:20H	10H:14H													
	Lavage: 5H		Cycle 1 : 28H		Lavage: 5H		Cycle 2 : 27 H		Lavage: 5H		Cycle 3 : 27 H		Lavage: 5H		Cycle 4 : 14H		Lavage: 4H	
	Total Heure Lavage																	
	24																	

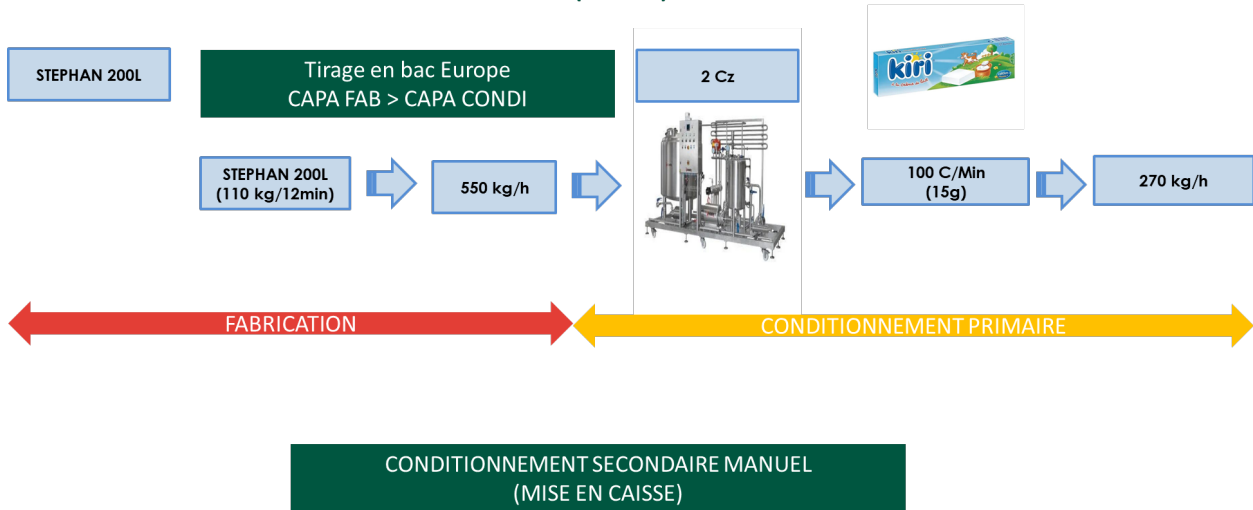
	Samedi	Dimanche	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Total Heure production					
NOVA PACK	18:00 22:00	06:00 22:00	06:00 22:00	06:00 22:00	06:00 22:00	06:00 10:00	72					
	Cycle 1 : 4 H		Cycle 1 : 16 H		Cycle 2 : 16 H		Cycle 3 : 16 H		Cycle 4 : 16 H		Cycle 5 : 4 H	
	Temps Lavage Masqué											

Organisation et capacite (PSR,PKR)

ORGANISATION – CAPACITÉ ATELIER NOVAPACK

	KIRI PC & TP / TRS 75%				PSR / TRS 70%				
	Journée	#Heure	Tonnage 6P	Tonnage 12 P	Journée	#Heure	Tonnage 270grs	Tonnage 180grs	
Cycle01	Samedi	4	1	1,1	Cycle01	Samedi	4	1,9	1,3
Cycle02	Dimanche	16	4,1	4,5	Cycle02	Dimanche	16	7,7	5,1
Cycle03	Lundi	16	4,1	4,5	Cycle03	Lundi	16	7,7	5,1
Cycle04	Mardi	16	4,1	4,5	Cycle04	Mardi	16	7,7	5,1
Cycle05	Mercredi	16	4,1	4,5	Cycle05	Mercredi	16	7,7	5,1
Cycle06	Jeudi	4	1	1,1	Cycle06	Jeudi	4	1,9	1,3
	Total	72	18,4	20,2	Total	72	34,6	23	

ORGANISATION ET CAPACITÉ THÉORIQUES DE L'USINE (KIRI PC)

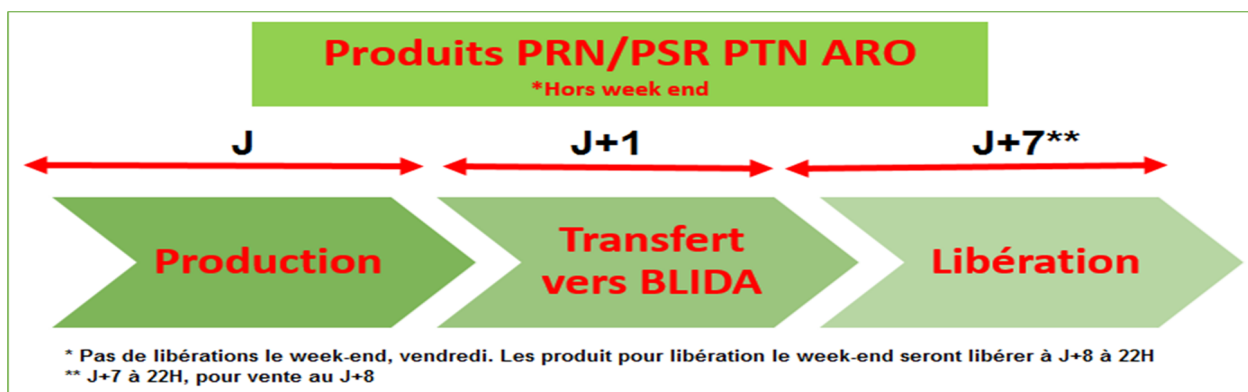


Temps de production par heures

Temps de production par heures

Atelier	Fabrication	Temps mini	Temps Maxi
PTN	UHT1	8	54
	UHT2	8	54
PRN	GMA	6	29
	IWK		
PSR	NovaPack	8	16

Delai de liberation



Annexe 2

Codes VBA utilise

Module Accueil

Ouvrir Home()

```
Sub OuvrirHome()  
    Dim ws As Worksheet  
    For Each ws In ThisWorkbook.Sheets  
        ws.Visible = xlSheetVisible  
    Next ws  
    Dim sheetToKeepVisible As String  
    sheetToKeepVisible = "Home"  
    For Each ws In ThisWorkbook.Sheets  
        If ws.Name <> sheetToKeepVisible Then  
            ws.Visible = xlSheetHidden  
        End If  
    Next ws  
    Set ws = ThisWorkbook.Sheets("Home")  
    ws.Activate  
End Sub
```

Ouvrir Parametres()

```
Sub OuvrirParametres()  
    Dim ws As Worksheet  
    Dim sheetToKeepVisible3 As String  
    For Each ws In ThisWorkbook.Sheets  
        ws.Visible = xlSheetVisible  
    Next ws  
    sheetToKeepVisible3 = "Parametres"  
    For Each ws In ThisWorkbook.Sheets  
        If ws.Name <> sheetToKeepVisible3 Then  
            ws.Visible = xlSheetHidden  
        End If  
    Next ws  
    Set ws = ThisWorkbook.Sheets("Parametres")
```

```

ws.Activate
End Sub

```

Ouvrir Calculatrice()

```

Sub OuvrirCalculatrice ()
    Dim ws As Worksheet
    Dim sheetToKeepVisible3 As String
    For Each ws In ThisWorkbook.Sheets
        ws.Visible = xlSheetVisible
    Next ws
    sheetToKeepVisible3 = " Calculatrice "
    For Each ws In ThisWorkbook.Sheets
        If ws.Name <> sheetToKeepVisible3 Then
            ws.Visible = xlSheetHidden
        End If
    Next ws
    Set ws = ThisWorkbook.Sheets(" Calculatrice ")
    ws.Activate
End Sub

```

Module Calculatrice

Worksheet_Change(ByVal Target As Range)

```

Private Sub Worksheet_Change(ByVal Target As Range)
    If Not Intersect(Target, Me.Range("E9")) Is Nothing Then
        Call ActualiserConditionnel
    End If
    If Not Intersect(Target, Me.Range("J9")) Is Nothing Then
        Call ActualiserConditionnelCalculPDP
    End If
    If Not Intersect(Target, Me.Range("E25")) Is Nothing Then
        Call ActualiserConditionnelNombredejour
    End If
    If Not Intersect(Target, Me.Range("E11")) Is Nothing Then
        Call MettreAJourE13
    End If

```



```

    If Not Intersect(Target, Me.Range("E15")) Is Nothing Then
        Call CalculerEtAfficher
    End If
End Sub

```

Actualiser Conditionnel()

```

Sub ActualiserConditionnel()
    Dim targetRange As String
    If Range("E9").Value = "PSR" Then
        targetRange = "$P$16:$P$17"
    ElseIf Range("E9").Value = "PKR" Then
        targetRange = "$P$19:$P$20"
    ElseIf Range("E9").Value = "PTN" Then
        targetRange = "$P$13:$P$14"
    ElseIf Range("E9").Value = "PRN" Then
        targetRange = "$P$10:$P$11"
    Else
        MsgBox "Valeur de E9 non reconnue."
        Exit Sub
    End If
    With Range("E11").Validation
        .Delete
        .Add Type:=xlValidateList,

        AlertStyle:=xlValidAlertStop,

        Operator:=xlBetween,

        Formula1:="" & targetRange
        .IgnoreBlank = True
        .InCellDropdown = True
        .InputTitle = ""
        .ErrorTitle = ""
        .InputMessage = ""
        .ErrorMessage = ""
        .ShowInput = True
        .ShowError = True
    End With

```

```
MsgBox " Validation de donnees appliquee "  
End Sub
```

Mise a jour Resultat()

```
Sub MettreAJourE13()  
Select Case Range("E11").Value  
Case "GMA"  
    Range("E13").Value = 1  
Case "IWK"  
    Range("E13").Value = 0.5  
Case "UHT1"  
    Range("E13").Value = 1.35  
Case "UHT2"  
    Range("E13").Value = 2.45  
Case "KIRI 180g"  
    Range("E13").Value = 0.375  
Case "KY 180g"  
    Range("E13").Value = 0.325  
Case "KIRI 6P"  
    Range("E13").Value = 0.25  
Case "KIRI 12P"  
    Range("E13").Value = 0.275  
Case Else  
    Range("E13").Value = ""  
End Select  
End Sub
```

Calculer Et Afficher()

```
Sub CalculerEtAfficher()  
If IsNumeric(Range("E13").Value)  
  
And IsNumeric(Range("E15").Value)  
Then  
    Dim resultat As Double  
    resultat = Range("E13").Value * Range("E15").Value  
    MsgBox "Le resultat est: " & resultat  
    Range("E17").Value = resultat  
End If  
End Sub
```

```
Else
    MsgBox "E13 ou E15 ne contient pas un nombre valide."
End If
End Sub
```

Actualiser Conditionnel Calcul PDP()

```
Sub ActualiserConditionnelCalculPDP ()
    Dim targetRange As String
    If Range("J9").Value = "PSR" Then
        targetRange = "$P$16:$P$17"
    ElseIf Range("J9").Value = "PKR" Then
        targetRange = "$P$19:$P$20"
    Else
        MsgBox "Valeur de J9 non reconnue.",
        Exit Sub
    End If

    With Range("J11").Validation
        .Delete
        .Add Type:=xlValidateList

        AlertStyle:=xlValidAlertStop

        Operator:=xlBetween

        Formula1:="" & targetRange
        .IgnoreBlank = True
        .InCellDropdown = True
        .InputTitle = ""
        .ErrorTitle = ""
        .InputMessage = ""
        .ErrorMessage = ""
        .ShowInput = True
        .ShowError = True
    End With
    MsgBox "Validation de donnees appliquee a " & targetRange ,
End Sub
```

Actualiser Conditionnel Nombre de jour()

```

Sub ActualiserConditionnelNombredejour ()
  Dim targetRange As String
  If Range("E25").Value = "KIRI 180g" Then
    targetRange = "$E$21:$E$22"
  ElseIf Range("E25").Value = "KY 180g" Then
    targetRange = "$E$23:$E$24"
  Else
    MsgBox "Valeur de E25 non reconnue.",
    Exit Sub
  End If

  With Range("E27").Validation
    .Delete
    .Add Type:=xlValidateList ,
    AlertStyle:=xlValidAlertStop , Operator:=xlBetween ,

    Formula1:="" & targetRange

    .IgnoreBlank = True
    .InCellDropdown = True
    .InputTitle = ""
    .ErrorTitle = ""
    .InputMessage = ""
    .ErrorMessage = ""
    .ShowInput = True
    .ShowError = True
  End With
  MsgBox "Validation de donnees appliquee "
End Sub

```

Module Calcul PDP***Ouvrir PDP Auto()***

```

Sub OuvrirPDPAuto ()
  Dim ws As Worksheet
  For Each ws In ThisWorkbook.Sheets

```

```

        ws.Visible = xlSheetVisible
    Next ws
    Set ws = ThisWorkbook.Sheets("PDP Auto KIRI PC")
    ws.Activate
    Dim sheetToKeepVisible As String
    sheetToKeepVisible = "PDP Auto KIRI PC"
    For Each ws In ThisWorkbook.Sheets
        If ws.Name <> sheetToKeepVisible Then
            ws.Visible = xlSheetHidden
        End If
    Next ws
End Sub

```

Ouvrir PDP Manuel()

```

Sub OuvrirPDPManuel()
    Dim ws As Worksheet
    For Each ws In ThisWorkbook.Sheets
        ws.Visible = xlSheetVisible
    Next ws
    Set ws = ThisWorkbook.Sheets("PDP Manuel KIRI PC")
    ws.Activate
    Dim sheetToKeepVisible As String
    sheetToKeepVisible = "PDP Manuel KIRI PC"
    For Each ws In ThisWorkbook.Sheets
        If ws.Name <> sheetToKeepVisible Then
            ws.Visible = xlSheetHidden
        End If
    Next ws
End Sub

```

Ouvrir Familles Produits Auto()

```

Sub OuvrirFamillesProduitsAuto()
    Dim ws As Worksheet
    For Each ws In ThisWorkbook.Sheets
        ws.Visible = xlSheetVisible
    Next ws
    Set ws = ThisWorkbook.Sheets("Familles Produits Auto")

```

```

ws.Activate
Dim sheetToKeepVisible As String
sheetToKeepVisible = "Familles Produits Auto"
For Each ws In ThisWorkbook.Sheets
    If ws.Name <> sheetToKeepVisible Then
        ws.Visible = xlSheetHidden
    End If
Next ws
End Sub

```

Module Insertion des donnees

Ouvrir Insertion Prevision()

```

Sub OuvrirInsertionPrevision ()
    Dim ws As Worksheet
    For Each ws In ThisWorkbook.Sheets
        ws.Visible = xlSheetVisible
    Next ws
    Set ws = ThisWorkbook.Sheets("Insertion prevision")
    ws.Activate
    Dim sheetToKeepVisible As String
    sheetToKeepVisible = "Insertion prevision"
    For Each ws In ThisWorkbook.Sheets
        If ws.Name <> sheetToKeepVisible Then
            ws.Visible = xlSheetHidden
        End If
    Next ws
End Sub

```

Ouvrir Closing Stocks()

```

Sub OuvrirClosingStocks ()
    Dim ws As Worksheet
    Set ws = ThisWorkbook.Sheets("Closing Stocks")
    ws.Activate
    For Each ws In ThisWorkbook.Sheets
        ws.Visible = xlSheetVisible
    Next ws
End Sub

```

```

Next ws
Dim sheetToKeepVisible As String
sheetToKeepVisible = "Closing Stocks"
For Each ws In ThisWorkbook.Sheets
    If ws.Name <> sheetToKeepVisible Then
        ws.Visible = xlSheetHidden
    End If
Next ws
End Sub

```

Actualiser()

```

Sub Actualiser()
    Dim startCell As Range
    Dim endCell As Range
    Dim cell As Range
    Dim selectedCol As String
    Dim selectedColNumber As Integer
    Dim nextColNumber As Integer
    Dim nextColLetter As String
    Dim col As Range
    Dim originalData As Variant
    Dim originalHiddenState As Boolean

    Set startCell = Range("DP4")
    Set endCell = Range("DP26")

    selectedCol = InputBox("Entrez la lettre de la colonne")

    If selectedCol = "" Then
        MsgBox "Action annulee.",
        Exit Sub
    End If

    selectedColNumber = Range(selectedCol & "1").Column

    originalData = ActiveSheet.UsedRange.Value
    originalHiddenState = ActiveSheet.Columns("DP:FF").Hidden

```

```

nextColNumber = selectedColNumber + 1
nextColLetter = Split ( Cells (1, nextColNumber) .Address , "$" ) (1)

For Each col In Range ("E4:FG4") .Columns
    If col.Column <> selectedColNumber Then
        Range ( Cells (4, col.Column)

                Cells (26, col.Column) ) .ClearContents
    End If
Next col

For Each cell In Range ( Cells (4, selectedColNumber)

Cells (26, selectedColNumber) )
    cell.Offset (0, 1) .Formula =
        "=IFERROR(VLOOKUP(Tab16[@Item], 'Closing Stocks ',FALSE),0)"

Next cell

Range ( Cells (4, selectedColNumber) ,

Cells (26, selectedColNumber) ) .Interior.Color = RGB (255, 255, 255)
Columns (selectedCol) .EntireColumn.Hidden = True
Columns (nextColLetter) .EntireColumn.Hidden = False

Cells (27, selectedColNumber) .Formula =

"=SUM(" & selectedCol & "4:" & selectedCol & "26)"

MsgBox "Actualisation terminee."
End Sub

```

Module Parametre

Ouvrir Stocks securite()

```

OuvrirStockSecurite ()
    Dim ws As Worksheet
    For Each ws In ThisWorkbook.Sheets

```



```

        ws.Visible = xlSheetVisible
    Next ws
    Set ws = ThisWorkbook.Sheets("Stock Securite")
    ws.Activate
    Dim sheetToKeepVisible As String
    sheetToKeepVisible = "Stock securite"
    For Each ws In ThisWorkbook.Sheets
        If ws.Name <> sheetToKeepVisible Then
            ws.Visible = xlSheetHidden
        End If
    Next ws
End Sub

```

Ouvrir Home SS()

```

OuvrirHomeSS()
    Dim ws As Worksheet
    For Each ws In ThisWorkbook.Sheets
        ws.Visible = xlSheetVisible
    Next ws
    Dim sheetToKeepVisible As String
    sheetToKeepVisible = "Home"
    For Each ws In ThisWorkbook.Sheets
        If ws.Name <> sheetToKeepVisible Then
            ws.Visible = xlSheetHidden
        End If
    Next ws
    Set ws = ThisWorkbook.Sheets("Home")
    ws.Activate
    Dim password As String
    password = "BELDZ"
    ws.Protect password:=password, DrawingObjects:=True,

    Contents:=True, Scenarios:=True, AllowFormattingCells:=True

    MsgBox "La feuille a ete protegee avec succes."
End Sub

```

ReturnSS()

```

ReturnSS()
    Dim ws As Worksheet
    Dim sheetToKeepVisible3 As String
    For Each ws In ThisWorkbook.Sheets
        ws.Visible = xlSheetVisible
    Next ws
    sheetToKeepVisible3 = "Parametres"
    For Each ws In ThisWorkbook.Sheets
        If ws.Name <> sheetToKeepVisible3 Then
            ws.Visible = xlSheetHidden
        End If
    Next ws
    Set ws = ThisWorkbook.Sheets("Parametres")
    ws.Activate
    Dim password As String
    password = "BELDZ"
    ws.Protect password:=password, DrawingObjects:=True,

    Contents:=True, Scenarios:=True, AllowFormattingCells:=True
    MsgBox "La feuille a ete protegee avec succes."
End Sub

```

Modifier()

```

Modifier()
    Dim codeAcces As String
    Dim codeCorrect As String

    codeCorrect = "BELDZ"
    codeAcces = InputBox("Veuillez entrer le code d'accès:"

    , "Accès à la modification")

    If codeAcces = codeCorrect Then
        ActiveSheet.Unprotect
        Range("H9").Select
    Else
        MsgBox "Code d'accès incorrect."
    End If

```

```
End If  
End Sub
```

SauvegarderSS()

```
SauvegarderSS()  
    MsgBox "Les modifications ont ete sauvegardees avec succes."  
    ActiveSheet.Protect  
End Sub
```