

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Ecole Nationale Polytechnique



المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
Ecole Nationale Polytechnique

Département de Génie Industriel  
Entreprise TCHIN\_LAIT

Mémoire de Projet de Fin d'Etude  
pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en Génie Industriel

**Modélisation et simulation de la Supply Chain en vue  
d'évaluer et d'améliorer sa performance – Application  
TCHIN\_LAIT Algérie**

Feriel BENGHANEM  
Khadidja MOULERICHE

Sous la direction de Mme Fatima NIBOUCHE

Présenté et soutenu publiquement le 03/07/2018

**Composition du Jury**

Président :	M. Ali BOUKABOUS	MAA à l'ENP
Promoteur :	Mme. Fatima NIBOUCHE	MCA à l'ENP
Examineur :	Mme. Noual BOUKADOUM	MAA à l'ENP



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Ecole Nationale Polytechnique



المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
Ecole Nationale Polytechnique

Département de Génie Industriel  
Entreprise TCHIN\_LAIT

Mémoire de Projet de Fin d'Etude  
pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en Génie Industriel

**Modélisation et simulation de la Supply Chain en vue  
d'évaluer et améliorer sa performance – Application  
TCHIN\_LAIT Algérie**

Feriel BENGHANEM  
Khadidja MOULERICHE

Sous la direction de Mme Fatima NIBOUCHE

Présenté et soutenu publiquement le 03/07/2018

**Composition du Jury**

Président :	M. Ali BOUKABOUS	MAA à l'ENP
Promoteur :	Mme. Fatima NIBOUCHE	MCA à l'ENP
Examineur :	Mme. Noual BOUKADOUM	MAA à l'ENP

## *Dédicaces*

*À mes parents, pour m'avoir toujours soutenu et cru en moi et pour tous leurs  
sacrifices*

*À ma chère sœur LOUIZA et mon cher frère LYES, pour leurs encouragements,  
merci d'être toujours là pour moi*

*À ma chère et meilleure copine qui m'a toujours soutenu RIMA*

*À toute ma famille et mes amis et ceux qui me sont chers*

*À ma chère binôme et amie FERIEL*

*Ainsi qu'à tous la promotion Génie Industriel 2018*

*Que toute personne m'ayant aidé de près ou de loin, trouve ici l'expression de ma  
profonde reconnaissance.*

*KHADIDJA*

# *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail à mes très chers parents*

*A ma sœur FARAH et mon frère FAYCAL*

*A ma chère binôme KHADIDJA*

*FERIEL*

# *Remerciement*

*Nous remercions ALLAH, avant toute personne, car le modeste travail présenté dans ce mémoire n'aurait pas eu lieu sans le soutien et l'aide de Bon Dieu Tout Puissant*

*Nous tenons à remercier nos chers parents pour leurs encouragements et soutiens.*

*Nous remercions notre chère professeur, Madame Fatima NIBOUCHE, qui nous a soutenus et poussé vers l'avant, et pour tous ses conseils et son aide.*

*On adresse nos remerciements également à l'entreprise TCHIN\_LAIT, en particulier les encadreurs qui nous ont accueillis et consacré du temps pour diriger notre travail.*

*Nous tenons à remercier l'ensemble des enseignants du département Génie Industriel, auxquels nous devons notre formation d'ingénieur*

*Enfin, nous remercions les membres du jury de nous faire l'honneur d'évaluer notre travail.*

# Résumé et mot clé

## ملخص

الهدف من هذا العمل هو تقييم أداء سلسلة التوريد في مؤسسة LAIT\_TCHIN واقتراح أداة لفهم السلوك الديناميكي لهذا النظام وتطوره مع مرور الوقت من أجل التنبؤ بالأعمال التي سيتم تنفيذها في المستقبل. .  
في هذه الحالة ، يندرج مشروعنا ، الذي يهدف إلى تكوين نموذج من PetriNet ، الذي يهدف إلى الحصول على تمثيل بياني مفصل حول مختلف عمليات سلسلة الإمداد ، ثم محاكاة النموذج تحت البرنامج WITNESS من أجل توليد سيناريوهات عدة لمواقف محددة لمعرفة سلوك كل مكونات سلسلة التمديد.  
وستمكن المحاكاة الشركة من وضع خطط عمل من شأنها تحسين أداء سلسلة التوريد الخاصة بها والاحتفاظ بشكل خاص بحصة سوقية جديدة في قطاع الألبان و الحليب و مشتقاته.

**الكلمات المفتاحية:** سلسلة التوريد ، النمذجة ، المحاكاة ، الأداء ، السيناريو ، السلوك ، التحسين.

## Abstract

The objective of this work is to evaluate the performance of TCHIN\_LAIT's Supply Chain and propose a tool to understand the dynamic behavior of its system and its evolution over time in order to predict the actions to be carried out in the future. .

It is in this case that our project, aiming to build a model by the Petri Net, is to have a detailed graphic representation on the various processes of the Supply Chain and then to simulate the model under the software WITNESS in order to be able to generate scenarios of several situations in order to know the behavior of each link of the model in a well-defined situation.

The simulation will permit to the company to put in place action plans that will improve the performance of its supply chain and especially conquer new market share in the dairy sector.

**Keywords:** Supply Chain, modeling, simulation, performance, scenario, behavior, improvement.

## Résumé

L'objectif de ce travail est d'évaluer la performance de la Supply Chain de l'entreprise TCHIN\_LAIT et proposer un outil permettant de comprendre le comportement dynamique de son système et son évolution dans le temps afin de prédire les actions à mener dans le futur.

C'est dans ce cas que s'inscrit notre projet, ayant pour objectif de construire un modèle par les Réseau de Petri pour avoir une représentation graphique détaillée sur les différents processus de la Supply Chain et par la suite simuler le modèle sous le logiciel WITNESS afin de pouvoir générer des scénarios de plusieurs situations dans le but de connaître le comportement de chaque maillon du modèle dans une situation bien définie.

La simulation va permettre à l'entreprise de mettre en place des plans d'action qui vont améliorer la performance de sa Supply Chain et surtout conquérir de nouvelle part de marché dans le secteur laitier.

**Mots clés :** Supply Chain, modélisation, simulation, performance, scénario, comportement, amélioration.

---

# Tables des matières

---

Table des figures

Listes des tableaux

Liste des abréviations

Introduction général.....13

**1 Chapitre I :..... 17**

**1.1 La Supply Chain et le Supply Chain Management.....17**

1.1.1 Définition de la logistique.....17

1.1.2 Définition de la chaîne logistique « Supply Chain » ..... 18

1.1.3 Les flux de la Supply Chain .....19

1.1.4 Les acteurs et les types de la Supply Chain.....20

1.1.5 Les processus de la Supply Chain.....20

1.1.6 Définition de la gestion de la chaîne logistique « le Supply Chain Management » .21

**1.2 La performance de la chaîne logistique.....21**

1.2.1 La performance en entreprise .....21

1.2.2 L'intérêt de la mesurer de la performance d'une chaîne logistique :.....22

1.2.3 Les indicateurs de performance(KPI) .....22

1.2.3.1 Définition d'un indicateur de performance.....22

1.2.3.2 Les indicateurs de performance de la Supply Chain .....22

**1.3 Modélisation et simulation de la chaîne logistique..... 23**

1.3.1 La modélisation .....23

1.3.1.1 Modélisation par Réseau de Petri.....23

1.3.1.2 Les Réseaux de Petri.....24

1.3.1.3 Marquage d'un Réseau de Petri .....24

1.3.2 La simulation.....25

1.3.2.1 Définition de la simulation.....25

1.3.2.2 Classification des modèles de simulation.....25

1.3.2.3 Méthodologie de conduite d'une simulation .....26

1.3.2.4 Les outils de la simulation .....29

1.3.3 Simulation à Evénements Discrets .....30

1.3.4 Le logiciel IWITNESS :.....32

1.3.4.1 Les éléments de base du simulateur WITNESS :.....32

**1.4 Conclusion :..... 33**

**2 Chapitre II .....35**

**2.1 L'industrie laitière en Algérie..... 35**

2.1.1 Situation économique des entreprises de l'industrie laitière :.....37



2.1.2	Gamme des produits mis sur le marché et leur conditionnement.....	37
2.1.3	Le marché Algérien de lait et des boissons lactées .....	38
<b>2.2</b>	<b>Présentation TCHIN_LAIT CANDIA.....</b>	<b>39</b>
2.2.1	Groupe CANDIA France .....	39
2.2.2	TCHIN_LAIT CANDIA Algérie.....	41
2.2.2.1	Historique de l'entreprise : .....	41
2.2.2.2	Situation géographique.....	42
2.2.2.3	Les activités stratégiques de TCHIN_LAIT' .....	42
2.2.2.4	Gamme des produits TCHIN_LAIT' .....	42
2.2.2.5	Structure globale de TCHIN_LAIT' :.....	44
2.2.3	Présentation de site de Bejaïa.....	45
2.2.3.1	Organisation de la Supply Chain TCHIN_LAIT' .....	46
2.2.3.2	La structure de la Supply Chain TCHIN_LAIT' .....	47
2.2.3.3	Le mouvement des flux physiques au sein de la chaîne logistique : .....	48
<b>2.3</b>	<b>Etat des lieux : .....</b>	<b>49</b>
2.3.1	Atelier de production : .....	49
2.3.1.1	Les étapes de Processus production.....	49
2.3.2	Entrepôt des produits finis:.....	50
2.3.3	Entrepôts des matières premières: .....	50
<b>2.4</b>	<b>Diagnostic logistique .....</b>	<b>52</b>
2.4.1	Processus d'approvisionnement : .....	54
2.4.2	Processus de production :.....	55
2.4.3	Processus de stockage : .....	55
2.4.4	Processus Logistique (Distribution et Transport): .....	56
2.4.5	Processus de planification : .....	57
2.4.6	Les dysfonctionnements détectés.....	58
<b>2.5</b>	<b>Problématique .....</b>	<b>58</b>
<b>2.6</b>	<b>Conclusion :.....</b>	<b>60</b>
<b>3</b>	<b>Chapitre III .....</b>	<b>62</b>
<b>3.1</b>	<b>Analyse de problème .....</b>	<b>62</b>
3.1.1	Cartographie des flux : .....	62
3.1.2	Collecte de données de modèle .....	64
<b>3.2</b>	<b>Modélisation et Programmation .....</b>	<b>69</b>
3.2.1	Modélisation.....	69
3.2.1.1	Les éléments de la modélisation.....	69

3.2.1.2	Modélisation par Réseau de Petri.....	70
3.2.2	La programmation .....	76
3.2.2.1	Construction et description du modèle globale de la Supply Chain .....	76
3.2.2.2	Construction et description de modèle d’approvisionnement.....	79
3.2.2.3	Construction et description de modèle de production.....	81
<b>3.3</b>	<b>Expérimentation et validation de modèle .....</b>	<b>83</b>
3.3.1	Modèle globale de la Supply Chain .....	83
3.3.2	Modèle d’approvisionnement .....	90
3.3.3	Modèle de production .....	92
3.3.3.1	Modèle de processus palettisation.....	92
3.3.3.2	Modèle de Ligne de production .....	94
<b>3.4</b>	<b>Synthèse :.....</b>	<b>97</b>
<b>3.5</b>	<b>Conclusion .....</b>	<b>100</b>
	<b>Conclusion générale.....</b>	<b>101</b>
	<b>Bibliographie .....</b>	<b>103</b>
	<b>Annexes.....</b>	<b>104</b>

---

# Tables des figures

---

Figure 1-1 : schéma simplifié d'une Supply Chain.....	18
Figure 1-2:structure complexe de la Supply Chain .....	19
Figure 1-3:Syntaxe des éléments du réseau de Petri .....	24
Figure 1-4: Les types des modèles de la simulation.....	25
Figure 1-5:schéma de l'étape analyse du problème.....	26
Figure 1-6:Schéma sur l'étape de modélisation et programmation.....	27
Figure 1-7:schéma sur l'expérimentation sur le Modèle.....	28
Figure 2-1 Quantité de lait collecté (106 de litres) .....	36
Figure 2-2:Pourcentage des parts de marché des différents acteurs du secteur laitier (France).....	39
Figure 2-3:Présence de franchis de Candia dans le monde .....	40
Figure 2-4:localisation des sites de TCHIN_LAIT en Algérie.....	42
Figure 2-5:Structure de la Supply Chain globale TCHIN_LAIT .....	44
Figure 2-6:Schéma représentatif du site de Bejaia.....	45
Figure 2-7:Organigramme de département Supply Chain (source département Supply Chain).....	46
Figure 2-8:schéma illustratif de la structure Supply Chain TCHIN_LAIT .....	47
Figure 2-9:la circulation de flux physique au sein de site.....	48
Figure 2-10:Référence des MP par famille .....	51
Figure 2-11:Positionnement des référentiels.....	52
Figure 2-12:La procédure des Achats MP .....	54
Figure 3-1 cartographie des flux .....	63
Figure 3-2 les éléments de système physique.....	69
Figure 3-3 les interactions interprocessus de la Supply Chain.....	69
Figure 3-4 modèle RdP de la Supply Chain TCHIN_LAIT .....	71
Figure 3-5modèle RdP de la production .....	74
Figure 3-6Le modèle RdP de processus stockage.....	75
Figure 3-8 aperçu du modèle WITNES .....	77
Figure 3-9 Illustration de modèle Approvisionnement sous WITNESS.....	79
Figure 3-10modèle de la phase palettisation sous WITNESS .....	81
Figure 3-11modèle de la ligne de production sous WITNESS .....	82
Figure 3-12 Rapport de niveau des stocks de l'état actuel.....	83
Figure 3-13 Rapport de la production de l'état actuel.....	84
Figure 3-14 Rapport de niveau des stocks de scénario 1 modèle SC .....	85
Figure 3-15 Rapport des opérations de la production scénario 02 modèle SC .....	86
Figure 3-16Rapport de niveau des stocks scénario 02 modèle SC.....	86
Figure 3-17rapport des stocks de l'entreprise de scénario 2 modèle SC.....	86
Figure 3-19rapport de niveau des stocks de scénario 3 modèle SC.....	87
Figure 3-18rapport des commandes à traiter de scénario 12 modèle SC.....	86
Figure 3-20rapport de niveau des stocks de scénario 04 modèle SC.....	88
Figure 3-22 rapport statistique de niveau des stocks.....	88
Figure 3-21 Histogrammes de niveau des stocks .....	88
Figure 3-23 Rapport de piste et véhicule de scénario.....	90
Figure 3-24 Rapport des stocks tampon de la solution 1 modèle Approvisionnement.....	91
Figure 3-25 modèle de palettisation issue de scénario 1 modèle de production .....	92
Figure 3-26modèle palettisation de scénario 2 modèle production.....	93

Figure 3-27 Histogramme représentant le nombre des opérations réalisées par les deux robots .	93
Figure 3-28: rapport du scénario 1(ligne de production).....	94
Figure 3-29 : rapport du scénario 2(ligne de production).....	94
Figure 3-30:rapport du scénario 3(ligne de production) .....	95
Figure 3-31:rapport du scénario 4 (ligne de production).....	95
Figure 3-32 Histogramme représentant l'évolution de Lead Time. ....	96
Figure 3-33 Histogramme représentant l'évolution de Total Prod. ....	96
Figure 3-34 Evolution de Total Prod selon les scénarios.....	99
Figure 3-35 Evolution de la durée de Lead Time selon les scénarios .....	99
Figure 3-36 Comparaison entre la Supply Chain actuel et la Supply Chain optimale.....	100

---

## Liste des tableaux

---

Tableau 1: résultat d'une étude comparative des logiciels de simulation .....	31
Tableau 2: dépenses annuelles des produits laitiers .....	38
Tableau 3: niveaux de consommation des produits laitiers .....	38
Tableau 4: Gamme des produits TCHIN_LAIT .....	43
Tableau 5 : Capacité de stockage des entrepôts MP et PF .....	65
Tableau 6 capacité maximale de production des lignes de production .....	65
Tableau 7 les quantités produites par jour .....	65
Tableau 8 Récapitulatif des paramètres des références .....	66
Tableau 9 calcul de nombre de cycle de production .....	67
Tableau 10 la description des éléments de modèle sous WITNESS .....	78
Tableau 11: la description des éléments WITNESS de modèle Approvisionnement .....	80

---

# Liste des abréviations

---

**SC:** Supply Chain

**SCM:** Supply Chain Management

**ONIL:** Office Nationale Interprofessionnel du Lait

**IAA :** Industries Agro – Alimentaires

**CAP :** Confédération Algérienne du Patronage.

**SCC :** Supply Chain Concil

**UHT :** Ultra Haute Température.

**LPC :** Lait Pasteurisé Conditionné

**GLJ :** Générale Laitière Jugurtha

**ASLOG :** Association LOGistique

**PDP :** Plan Directeur de Production

**MP:** Matière Première

**PF:** Produit Fini

**Cmd :** Commande

**CF :** Chambre Froide

**RdP :** Réseaux de Petr

---

## Introduction générale

---

L'environnement économique est en perpétuelle mutation, induisant une instabilité et une concurrence mondiale auxquelles les entreprises doivent faire face. Cette évolution est principalement due au renversement de la relation entre l'offre et la demande, à la mondialisation des marchés économiques mais aussi aux changements techniques et technologiques.

Ainsi, la survie des entreprises dépend de leurs réactivités et de leur capacité à s'adapter aux changements. Dans cette optique, les entreprises créent de plus en plus d'alliances pour surmonter les limites et les pressions de l'environnement dans lequel elles vivent. Ces alliances ont donné lieu à de nouvelles formes organisationnelles et relationnelles qui intègrent des partenaires logistiques afin de maintenir un avantage compétitif, dans lequel s'inscrivent les chaînes logistiques.

Depuis des décennies, les matières premières ou les produits finis traversent les continents pour arriver aux clients. Cependant, le développement et les progrès significatifs des technologies et plus particulièrement ceux de l'information et de la communication ont intensifié la nécessité de formaliser les interactions entre les différents acteurs et d'intégrer de nouvelles pratiques de gestion pour piloter et optimiser le fonctionnement de l'ensemble du réseau. Cette intégration a complexifié la structure organisationnelle et la prise de décision afin de réguler les flux dans la chaîne logistique.

En effet, dans un environnement de plus en plus concurrentiel, les entreprises cherchent à réduire les coûts de production tout en maintenant une bonne qualité des produits finis et en améliorant la qualité de service aux clients, plus exigeants que jamais. De ce fait, de nouveaux défis sont apparus pour les chaînes logistiques, rendant la Supply Chain, un système complexe, difficile à évaluer, et donc difficile à maîtriser et à gérer. La simulation informatique, grâce aux avantages qu'elle offre, se présente comme un outil idéal pour l'analyse des systèmes comportant des phénomènes stochastiques tel que la Supply Chain.

L'industrie agroalimentaire est la deuxième industrie en Algérie après les hydrocarbures, dominée par le secteur privé. Ce secteur s'est développé au fil des années et principalement l'industrie laitière qui représente une activité importante avec un taux de couverture d'environ 63% de la demande nationale de lait et les produits laitiers.

En Algérie, le lait occupe une place importante dans la ration alimentaire de chacun, quel que soit son revenu. De ce fait, l'Algérie est le plus grand consommateur de produits laitiers au Maghreb et l'un des plus gros importateurs africains des denrées alimentaires.

TCHIN\_LAIT, la franchise de Candia en Algérie et le leader du marché du lait UHT voudrait développer ses activités et améliorer la performance de son organisation logistique en vue d'améliorer l'efficacité et la pertinence de son Supply Chain Management.

Notre projet effectué dans cette entreprise, s'est focalisé sur l'étude de la Supply Chain de cette entité.

Dans le but de garder sa place de « leader » dans le marché des laits UHT, l'entreprise TCHIN\_LAIT Candia souhaite améliorer la performance de sa Supply Chain afin d'avoir une réponse sur la question principale suivante :

**« Comment évaluer la performance de toute la Supply Chain afin de l'améliorer et avoir la visibilité sur son comportement dans le futur ? »**

Pour pouvoir répondre à cette question, il est nécessaire de trouver des réponses aux questions qui en découlent. Ces questions sont formulées comme suit :

- Quel sera le comportement de la Supply Chain, si on opère des changements sur un maillon ?
- Quels enseignements on pourra tirer des différents scénarios considérés ?
- Que se passerait-il aux niveaux des stocks si la demande client augmente ?
- Que se passerait-il si on change les lots de production ?
- Que se passerait-il si on investit dans de nouvelles ressources (machines, camions...) ?

Les réponses à ces questions vont permettre à l'entreprise TCHIN\_LAIT de connaître le comportement dynamique de chaque composant de la Supply Chain et de prédire son comportement global futur afin d'identifier des pistes d'amélioration de la performance de sa Supply Chain.

Afin d'améliorer la performance de la Supply Chain de l'entreprise TCHIN LAIT, la modélisation et la simulation des maillons de la Supply Chain ont été retenues.

La démarche adoptée afin de proposer une solution à cette problématique consiste :

- Dans un premier lieu : analyser le problème, en allant sur le terrain visiter le site et mener des entretiens avec les responsables de chaque service afin de collecter les données et de mettre en place une cartographie des flux pour pouvoir visualiser l'état actuel.
- Ensuite on passera à la modélisation de la Supply Chain par la méthode des Réseaux de Petri (RdP) qui permettra la vérification du comportement dynamique de notre système qui est classé comme un système à événements discrets. Ce RdP est associé à une représentation mathématique de matrices de transitions comprenant les paramètres de notre système.
- Après cette étape, on arrive à la programmation et la construction du modèle sous le logiciel de simulation des flux WITNESS. Il va falloir à ce niveau insérer des différents éléments et les paramétrer afin d'avoir une modélisation informatique de notre cas réel.
- Une fois le modèle implanté sous le logiciel WITNESS, on passe à la validation. Pour ce faire, on génère des scénarios sur la situation actuelle afin de mettre en évidence la cohérence entre le système réel et le modèle sous le logiciel WITNESS.
- Enfin on génère plusieurs scénarios correspondant à différentes situations que l'entreprise pourrait connaître, et on voit le comportement des maillons de sa Supply Chain, afin d'anticiper ces changements et de prévoir les actions à mener.

Cette démarche permet également d'évaluer la performance de la Supply Chain, grâce aux indicateurs de performances fournis par les résultats et les rapports de simulation, qui vont permettre la détection de configurations peu performantes et la mise en place de mécanismes et d'actions pour les améliorer.

Un tel modèle de simulation, permettra à l'entreprise le bon pilotage de ses ressources et de ses processus. Grâce à cette technique l'entreprise aura des informations à propos de toutes les activités et de tous les paramètres sur lesquels elle doit agir pour optimiser ses ressources et améliorer les performances de toute sa Supply Chain.

A fin de pouvoir mener à bien ce travail, ce présent mémoire sera réparti en trois chapitres.

- Le premier chapitre sera dédié à la présentation et la définition de différentes notions et méthodes dont on aura besoin afin de résoudre notre problématique à savoir les notions de la Supply Chain et le Supply Chain Management, la modélisation par Réseau de Petri et la simulation sous le logiciel WITNESS.
- Le second chapitre portera sur la présentation du secteur laitier national, ainsi que sur la présentation de la franchise de Candia en Algérie TCHIN\_LAIT. Nous aborderons aussi dans ce chapitre le diagnostic logistique selon le référentiel ASLOG que nous avons mené et nous finirons par présenter la problématique qui sera traitée par la suite.
- Le troisième chapitre abordera la présentation du modèle que nous avons développé pour l'entreprise afin de faire la simulation dans le but d'améliorer la performance de sa Supply Chain.



## Etat de l'art

Sur la SC et le SCM, la modélisation, la simulation et la mesure de la performance

## Contexte de projet

Etude de l'existant et le secteur d'activité et ses caractéristiques

Diagnostic logistique des processus clés de la Supply Chain  
(Référentiel ASLOG)

## Problématique

## L'apport de travail

### Modélisation conceptuelle

- Modélisation de la SC par la méthode des réseaux de Petri.
- Zoom sur les processus Production, Stockage PF et distribution.

### Modélisation logique

La programmation de modèle conceptuelle sous le logiciel de simulation WITNESS

### Expérimentation

Validation de modèle et génération des scénarios de simulation

---

## **Chapitre I**

---

### ETAT DE L'ART

# 1 Chapitre I :

## Introduction :

Depuis une trentaine d'années, du fait du contexte économique, la relation entre client et fournisseur a fortement évolué : renforcement du besoin de personnalisation des produits et services, raccourcissement des délais de livraison, multiplication des canaux de distribution, réorganisation et diversification des sources d'approvisionnement. De plus l'internalisation des échanges et une concurrence accrue ont entraîné les entreprises à chercher de nouvelles voies pour améliorer leurs performances et répondre au mieux aux attentes de leurs clients.

La logistique n'est plus un simple service opérationnel, elle est présente à tous niveaux décisionnels de l'entreprise (opérationnel, tactique et stratégique). Depuis deux décennies, la logistique est abordée de manière plus globale et le terme Supply Chain Management regroupe désormais l'ensemble des processus et des activités depuis les sources d'approvisionnement jusqu'au consommateur final.

Dans ce présent chapitre qui sera dédié à l'état de l'art, nous allons passer en revue les concepts et les notions élémentaires du cadre théorique de la modélisation et la simulation des chaînes logistiques, la gestion de commandes et la mesure de la performance d'une Supply Chain.

Dans un premier temps, nous allons présenter les notions de la Supply Chain et le Supply Chain management, et l'intérêt de l'évaluation de la Supply Chain dans les entreprises.

La deuxième partie de ce chapitre, abordera l'outil utilisé pour notre modélisation qui sera les réseaux de Petri, par la suite nous allons définir la simulation et décrire ses étapes.

Enfin, nous allons présenter le logiciel « WITNESS » avec lequel on va simuler notre modèle.

### 1.1 La Supply Chain et le Supply Chain Management

Depuis plusieurs années, la gestion des chaînes logistiques est devenue nécessaire pour le bon fonctionnement des organisations. Si l'entité chaîne logistique « Supply Chain » a toujours existé, la nécessité de gérer ce système dans sa globalité a émergé il y a une vingtaine d'années et a donné naissance aux problématiques dites « Supply Chain Management ».

#### 1.1.1 Définition de la logistique

La logistique a vu le jour il y a plusieurs années dans le domaine militaire, puis s'est répandue dans le monde industriel pour aborder le transport de marchandises et de la manutention et c'est en 1977 que James L. Heskett, professeur à Harvard, a donné la première définition s'appliquant aux entreprises:

*« La logistique est un ensemble d'activités qui maîtrisent les flux de produits et coordonnent les ressources, en réalisant un niveau de service donné, au moindre coût »* [Beamon,1999]

Jusqu'aux années 1990, la logistique était considérée comme une fonction secondaire et avait peu d'importance dans la gestion des entreprises, limitée aux tâches d'exécution dans les entrepôts et sur les quais d'expédition. [Andersen, 1999]

Mais la logistique est ensuite comprise comme un lien opérationnel entre les différentes activités de l'entreprise, assurant la cohérence et la fiabilité des flux matériels, en vue de la qualité du service aux clients tout en permettant l'optimisation des ressources et la réduction des coûts.

La définition officielle de la norme AFNOR (norme X 50-600) la définit comme suit :

« La logistique est une fonction dont la finalité est la satisfaction des besoins exprimés ou latents aux meilleures conditions économique pour l'entreprise et pour un niveau de service déterminé. Les besoins sont de nature interne (approvisionnement de biens et de services pour le fonctionnement de l'entreprise) ou externe (satisfaction clients). La logistique fait appel à plusieurs métiers et savoir-faire qui concourent à la gestion et à la maîtrise des flux physiques et d'informations ainsi que des moyens ».

On distingue quatre types de logistique qui peuvent exister au sein d'une organisation :

- **Logistique amont** : ou logistique d'approvisionnement est l'ensemble des activités liées à la réception, le stockage et le traitement des matières premières et des composants, tels que la manutention des marchandises, la gestion des entrepôts, le contrôle des marchandises, l'ordonnancement des transports et le retour aux fournisseurs.
- **La logistique interne** : est l'ensemble des activités liées à l'acheminement des produits au sein de l'entreprise.
- **La Logistique avale**: toutes les activités liées à la collecte, au stockage et à la distribution des produits aux acheteurs, tels que la gestion des stocks de produits finis, la manutention des marchandises, l'exploitation des véhicules de livraison, le traitement et la planification des commandes.
- **La gestion des flux** : est l'ensemble des fonctions de gestion qui supportent le cycle de flux du produit de bout en bout, depuis l'approvisionnement et le contrôle interne des matières premières jusqu'à la distribution de produits finis aux clients finaux. [Essaid, 2008]

## 1.1.2 Définition de la chaîne logistique « Supply Chain »

Une chaîne logistique ou la Supply Chain est un réseau d'organisations (fournisseurs, usines, distributeurs, clients ...) impliquées dans la fabrication, la livraison et la vente d'un produit à un client. La Supply Chain est donc une organisation destinée à livrer le produit attendu, au bon endroit, au bon moment, tout en respectant les exigences de client, tout cela au moindre coût global. C'est une organisation de processus et de flux centrée sur la satisfaction du client et la coordination des contributions de toutes les parties prenantes pour atteindre le niveau de performance attendu au coût global le plus bas. La figure 1-1 présente la structure d'une Supply Chain simple :

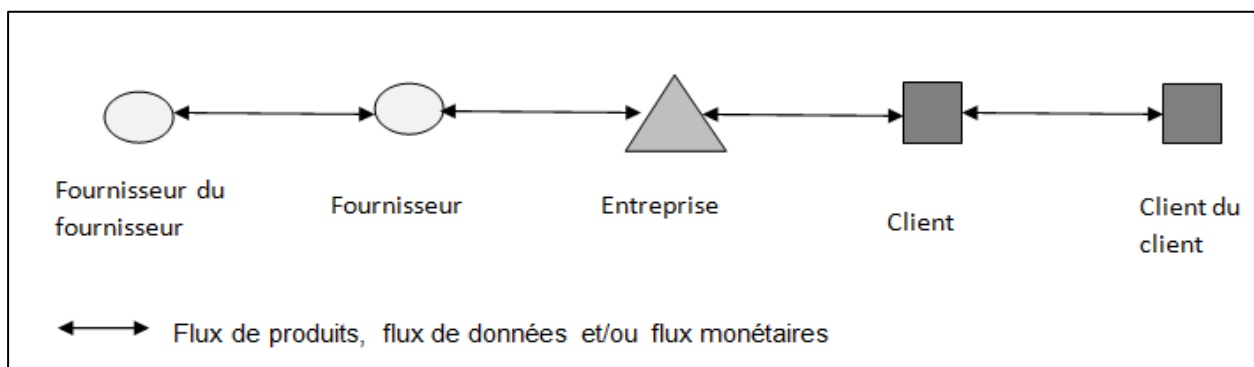


Figure 1-1 : schéma simplifié d'une Supply Chain

Les chaînes logistiques n'ont de chaîne que le nom, mais en réalité elles sont plus complexes, car elle représente un réseau d'organisation (les échelons fournisseurs et clients) et de flux échangés (flux de produits, données et monétaires), la Figure 1-2 reste une illustration simplifiée de cette structure :

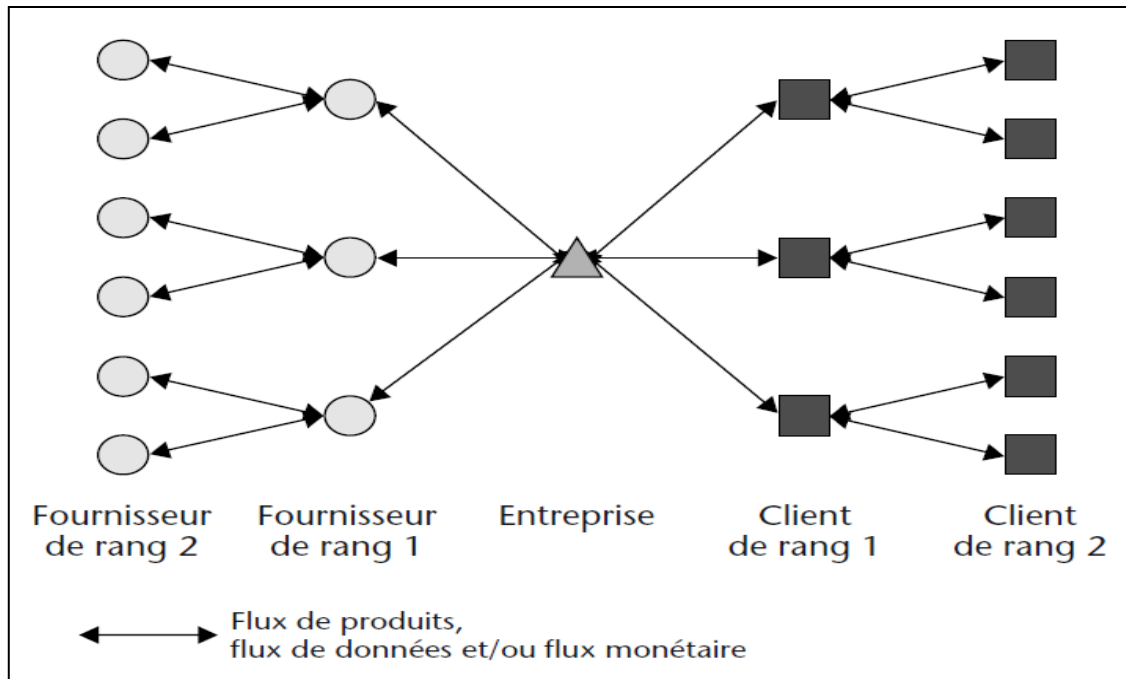


Figure 1-2: structure complexe de la Supply Chain

### 1.1.3 Les flux de la Supply Chain

Les flux correspondent à toutes les entités, palpables ou non, circulantes entre les maillons de la chaîne logistique, on distingue trois catégories de flux: le flux physique (produits), le flux de données et le flux financier (monétaire). Dans ce qui suit, nous définissons la nature de chaque flux et son rôle dans la chaîne logistique.

- **Le flux physique:** c'est une entité palpable qui circule au niveau de la chaîne logistique de l'amont vers l'aval (du fournisseur au client) pour apporter une valeur ajoutée au client final. Le flux physique peut être un produit fini, une matière première, des composants d'assemblage, etc.
- **Le flux de données:** il représente les données circulant au niveau de la chaîne logistique. Les données sont utilisées par les acteurs de la chaîne logistique pour coordonner leurs activités mais aussi pour planifier et prévoir les demandes futures. Les données peuvent être classées en trois grandes catégories:
  - Les données informationnelles: sont des données de gestion (valeurs, ratios, prix et capacités, etc.) et les données informatiques à savoir les données fournies par les systèmes d'information implantés dans l'entreprise.
  - Les données décisionnelles: sont des données qui caractérisent une décision prise par l'ensemble des acteurs de la chaîne logistique à long, moyen et court termes (PDP, plan d'approvisionnement, etc.)
  - Les métriques : sont les indicateurs et les mesures qui permettent de piloter la chaîne logistique et de mesurer sa performance à long, moyen et court termes
- **Le flux financier** appelé aussi flux monétaire, circule dans le sens inverse du flux physique. Il représente la valeur totale des ventes et des achats au cours d'une période comptable. Ce flux est échangé entre les acteurs de la chaîne logistique mais il est considéré comme une résultante monétaire palpable à la fin d'une activité. [LE MOUGNE, 2013]

### 1.1.4 Les acteurs et les types de la Supply Chain

Toute organisation qui participe à l'acheminement des flux du point de départ à sa destination finale dans les meilleures conditions est appelée maillon ou acteur dans la chaîne logistique. Dans n'importe quelle structure de cette dernière, les organisations prennent des rôles spécifiques: fournisseurs, producteurs, prestataires, détaillants ou clients finaux. Le nombre d'organisations impliquées définit la structure et le type de la chaîne logistique étudiée. Une Supply Chain peut prendre trois formes possibles.

- **Une chaîne logistique directe** : dans ce cas, le réseau se limite à l'entreprise productrice, son fournisseur direct (un seul échelon en amont) et son client final (un seul échelon en aval). C'est la forme minimale de la chaîne logistique.
- **Une chaîne logistique étendue** : ce type de réseau inclut deux autres échelons à la structure minimale de la Supply Chain : le fournisseur du fournisseur en amont, ainsi que le client du client en aval.
- **Une chaîne logistique globale** : cette forme de réseau tient compte de toutes les organisations impliquées dans la chaîne logistique. Ce type de réseau est très complexe à étudier. Cette complexité est due d'une part au nombre de maillons présents et d'autre part à la variété des relations existantes. [LE MOUGNE, 2013]

### 1.1.5 Les processus de la Supply Chain

Dans la littérature, un processus est défini comme étant un ensemble d'activités corrélées ou interactives qui transforment des inputs en outputs. Dans une Supply Chain, plusieurs processus se combinent et se complètent afin de fournir un bien ou un service au consommateur final. Ces processus varient selon les secteurs d'activité de l'entreprise et permettent de mettre en relation un maillon avec un autre ou avec plusieurs maillons du réseau. Cooper et al. (1997) et Lambert (2006) ont identifié dans leurs travaux, les processus clés de la chaîne logistique qui sont les cinq macros processus suivants : planification, production, approvisionnement, distribution et gestion des retours.

Dans ce qui suit, nous détaillons chaque processus en prenant comme référence le modèle développé par le Supply Chain Council (SCC)<sup>1</sup>.

- **La planification** : est un processus ayant pour but l'organisation des autres processus de la chaîne logistique. Il porte généralement sur trois activités fondamentales : la prévision de la demande, la gestion du stock et la planification de la production.
- **La production** : représente l'ensemble des activités nécessaires pour réaliser le produit, le fabriquer et le stocker. Elle se base essentiellement sur la conception du produit et la gestion de la production et des services.
- **L'approvisionnement** : est défini à travers les activités nécessaires pour récupérer de la matière première afin de fabriquer le produit.
- **La distribution** : englobe toutes les activités prenant en charge les commandes clients et leur livraison. Il inclut la gestion de la commande (entrée de commande et traitement), la gestion du transport et la livraison aux clients.
- **La gestion des retours** : est un processus qui prend en compte toutes les activités nécessaires pour gérer le retour du produit par le client ou par un autre maillon du réseau. [LE MOUGNE, 2013]

---

<sup>1</sup> SCC : Supply-Chain Council est une organisation indépendante à but non lucratif. En tant que norme intersectorielle pour la gestion de la chaîne logistique.

### 1.1.6 Définition de la gestion de la chaîne logistique « le Supply Chain Management »

Si le terme Supply Chain Management est très utilisé aujourd'hui, sa signification est toujours source d'une grande confusion. En effet, des dizaines de définitions différentes qui ont été recensées.

Le Council of Supply Chain Management Professionals CSCMP propose la définition suivante:

*« Le Supply Chain Management comprend la planification et la gestion de toutes les activités impliquées dans le sourcing et l'approvisionnement, la transformation et toutes les activités logistiques. Il inclut également la coordination et la collaboration avec des partenaires qui peuvent être des fournisseurs, des intermédiaires, des prestataires et des clients. Le SCM est une fonction d'intégration dont le rôle principale est d'intégrer les différents processus dans et entre les entreprises au sein d'un modèle cohérent et performant. Il inclut toutes les activités de gestion de la logistique, ainsi que les opérations de production, et il pilote la coordination des processus et des activités au sein de l'entreprise »<sup>2</sup>*

Le terme SCM est défini de plusieurs façons, mais ces définitions évoquent les mêmes éléments clés de la chaîne logistique. Pour notre part, nous considérons que le SCM peut être défini comme suit :

Le Supply Chain Management SCM regroupe toutes les activités qui visent à conduire et améliorer une chaîne logistique au sein de l'entreprise en prenant en compte son environnement interne et externe. Cette démarche permet d'assurer l'intégration et la coordination systémique et stratégique entre les différentes fonctions de l'organisation pour atteindre une meilleure performance globale.

## 1.2 La performance de la chaîne logistique

Dans cette partie nous allons aborder la notion de performance en entreprise qui diffère d'une entreprise à une autre selon la stratégie adoptée et l'intérêt de l'évaluation de la performance dans la Supply Chain.

Par la suite, on citera les différents indicateurs de performance qui représentent un support pour l'entreprise dans la démarche de l'évaluation.

### 1.2.1 La performance en entreprise

La performance d'une entreprise ou d'un système n'a pas une définition unique, car elle dépend d'un objectif fixé. Elle peut être multidimensionnelle si les objectifs sont multiples.

Une Supply Chain performante consiste à assurer la satisfaction des clients en leur livrant des produits de bonne qualité, au bon moment et au bon endroit avec les bonnes quantités et surtout en consommant moins de ressources.

L'évolution de la Supply Chain durant ces dernières années, montre la place qu'elle occupe au sein des entreprises, donc s'intéresser à sa performance devient un enjeu stratégique pour ces entreprises.

De nos jours l'amélioration du fonctionnement de la chaîne logistique semble une nécessité pour les organisations qui intègrent la Supply Chain au cœur de leurs stratégies. Pour ce faire il faut mesurer la performance de la chaîne logistique à l'aide des modèles et méthodes afin de la rendre plus robuste.

---

<sup>2</sup> CSCMP : Le Council of Supply Chain Management Professionals est une association professionnelle mondiale prééminente des professionnels de la gestion de la chaîne logistique, à but non lucratif qui assure le leadership dans le développement, la conception et l'amélioration des professions qui traitent de la logistique et de la gestion des chaînes logistiques.

### 1.2.2 L'intérêt de la mesurer de la performance d'une chaîne logistique :

Mesurer la chaîne logistique signifie étudier l'état actuel de cette chaîne et travailler à l'améliorer. La mesure va porter sur la l'environnement de l'entreprise dans le but de :

- Avoir une meilleure visibilité sur toute la chaîne logistique de l'entreprise ;
- Connaitre l'évolution du fonctionnement de la chaîne logistique ;
- Le partage de l'information entre les acteurs logistiques afin de construire une stratégie qui permettra d'atteindre les objectifs liés à la chaîne logistique ;
- Synchronisation de l'information entre les processus et les acteurs logistique.

### 1.2.3 Les indicateurs de performance(KPI)

Les calculs quantitatifs et qualitatifs vont permettre d'identifier l'état d'évolution du comportement de la chaîne logistique (amélioration ou dégradation) en se référant aux objectifs stratégiques. Ces calculs représentent pour les entreprises des indicateurs de performance KPI.

#### 1.2.3.1 Définition d'un indicateur de performance

Un indicateur est une source d'informations sur une situation. Cet élément clé permet d'orienter le décideur à prendre des décisions dans le sens de l'achèvement de la stratégie.

#### 1.2.3.2 Les indicateurs de performance de la Supply Chain

Il existe un panel d'indicateurs de performance destinés à l'évaluation de la chaîne logistique en entreprise. Parmi ces indicateurs, on a choisi cinq indicateurs, qu'on a jugés pertinents à l'évaluation de la performance d'une Supply Chain :

- *Le taux de service* : un indicateur qui montre la réactivité de l'entreprise par rapport aux commandes clients à une période « t ». Ce taux est calculé comme suit :  
 $Ts(\%) = (\text{les commandes livrées (t)} / \text{les commande totales (t)}) * 100.$
- *Le suivi des niveaux des stocks* : représente la durée de séjour d'un produit dans le stock avant d'être vendu. Cet indicateur est calculé à partir de la rotation des stocks de la façon suivante :  
 $S = \text{stock (j)} / \text{vente moyenne par jour (j : jour)}.$
- *Fiabilité de planification* : c'est un indicateur qui aide à trouver des solutions pour mieux fiabiliser les plannings de la prévision. Il peut être exprimé de la manière suivante :  
 $F(\%) = (\text{production réalisée} / \text{production prévisionnelle}) * 100.$
- *Le lead time* : est un indicateur pertinent de la chaîne logistique. Il représente le temps écoulé entre la fabrication d'un produit dans sa ligne de production jusqu'à la réception du produit par le client.
- *Le taux de rebuts* : indicateur simple à calculer qui permet d'avoir le pourcentage des quantités produites non conformes. Il est exprimé de la manière suivante :  
 $R(\%) = (\text{quantité non conforme} / \text{quantité totale fabriquée}) * 100.$



## 1.3 Modélisation et simulation de la chaîne logistique

La phase de modélisation consiste à représenter d'une manière abstraite un système en utilisant une approche ou un langage de modélisation qui traduit la structure et la dynamique les concepts du système, il existe de type de modélisation

- La modélisation statique : ce type reflète le cas réel du système sans allusion à son évolution dans le futur, donc c'est une structure qui traduit le système de référence.
- La modélisation dynamique : elle montre le dynamisme du modèle statique en insérant des paramètres et hypothèses concernant l'évolution du système de référence dans le temps

Dans l'approche de la modélisation dynamique, on distingue les méthodes qualitatives et quantitatives qui ont pour objectif d'évaluer la performance et d'étudier le comportement d'un système.

Parmi ces méthodes, on peut citer :

- Les méthodes analytiques (les modèles mathématiques);
- La simulation;
- L'expérimentation physique

Dans le contexte des chaînes logistiques, les approches analytiques ne sont pas très utilisées car le modèle mathématique correspondant est très complexe à résoudre. Pour l'expérimentation physique, elle souffre de limitations techniques et de coûts. La simulation semble donc être la seule perspective pour analyser les performances des cas à échelle réels. Elle permet l'évaluation de la performance et de la structure de la chaîne logistique avant l'implémentation du système. [GAMOURA, 2010]

### 1.3.1 La modélisation

Dans cette section, nous présenterons l'outil choisi pour modéliser notre système qui est la modélisation par Réseau de Petri différents modèles de la simulation en mettant l'accent sur la simulation des modèles à événements discrets en tant qu'outil puissant pour l'étude des chaînes logistiques.

#### 1.3.1.1 Modélisation par Réseau de Petri

La modélisation des processus est une méthode dédiée à la conception, la réalisation et l'étude de comportement des systèmes qui sont de plus en plus complexes. Pour faire face à cette complexité, la modélisation est devenue plus que nécessaire pour détecter les dysfonctionnements, et pour ce faire, il existe plusieurs langages de modélisation ainsi que les outils qui les implémentent,

C'est dans cette optique que s'inscrit la modélisation par Réseaux de Petri (RdP), qui est un outil pertinent de modélisation des systèmes dynamiques à événements discrets, permettant de décrire les relations et les interactions entre les conditions et les événements. Le modèle RdP est un langage graphique, inventé par Carl Maria Petri au début des années soixante. Il a été développé par la suite et est devenu une norme internationale en 1987.

Ces Réseaux de Petri sont généralement utilisés pour modéliser des phénomènes très variés et des systèmes dans lesquels circulent des objets et des informations à savoir : les commandes des ateliers de fabrication, la visualisation des systèmes à temps réel et la modélisation des chaînes de production.

Cet outil de modélisation est largement répandu vu ses atouts remarquables. Il permet la description des systèmes d'une manière précise et détaillée et offre une description graphique, qui sera traduit en description formelle permettant l'analyse mathématique du système.

### 1.3.1.2 Les Réseaux de Petri

Un Réseau de Petri est un graphe orienté, constitué de 2 types de nœuds :

- Les places : symbolisées par des ronds qui représentent les conditions des ressources du système.
- Les transitions : symbolisées par des barres qui représentent les événements, autrement dit les actions se déroulant dans le système.
- Les arcs : symbolisés par une flèche allant d'une place à une transition ou vis versa, assurant la liaison entre les nœuds de réseau.

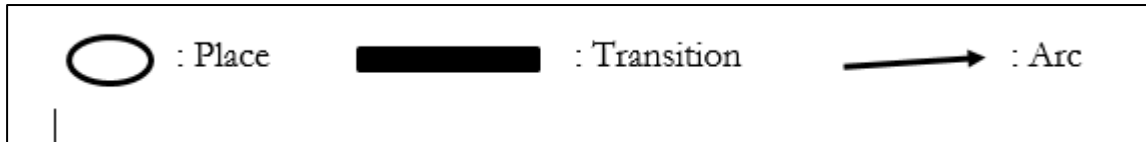


Figure 1-3: Syntaxe des éléments du réseau de Petri

On distingue 2 types de transitions :

- Transition source : qui est une transition qui ne se relie à aucune place d'entrée.
- Transition puits : qui est une transition qui ne se relie à aucune place de sortie.

Un Réseau de Petri est défini par un quadruplet  $R [P, T, Entrée, Sortie]$  tel que :

- $P$  est un ensemble fini et non vide de Places :  $P \{P_1, P_2, \dots, P_n\}$ .
- $T$  est un ensemble fini et non vide de transitions :  $T \{T_1, T_2, \dots, T_n\}$ .
- Entrée (ou Pré) application d'incidence avant notée matrice  $E (P, T)$ . Elle contient la valeur « n » associée à l'arc allant de  $P$  à  $T$ .
- Sortie (ou Post) application d'incidence arrière notée matrice  $S (T, P)$ . Elle contient la valeur « n » associée à l'arc allant de  $T$  à  $P$ .

### 1.3.1.3 Marquage d'un Réseau de Petri

Le marquage d'un RdP consiste à marquer les places, par la présence des jetons (qui sont des points) à l'intérieur de place. Les jetons vont circuler au cours de l'évolution dynamique du système c'est-à-dire lors de l'occurrence des transitions, selon certaines règles.

Le marquage initial  $M_0$  donne la position initiale des jetons et la situation actuelle du système.

La circulation des jetons à l'intérieur des places est régie par des règles de fonctionnement. La présence d'un jeton au moins est nécessaire dans chaque place située en amont de la transition, pour que cette dernière puisse être activée. L'activation (tir) ou autrement dit le franchissement d'une transition a pour effet d'enlever un jeton dans chacune des places d'entrée (amont) et de rajouter un jeton dans chaque place de sortie (avale) de la même transition.

Le franchissement d'une transition  $T_j$  s'effectue si et seulement si le marquage de chacune des places  $P_i$  en amont de cette transition est comme suit :

$P_i \geq \text{Pré} (P_i, T_j)$  : cette activation consiste à retirer  $\text{Pré} (P_i, T_j)$  jetons dans chacune des places directement en amont de  $T_j$  et à ajouter  $\text{Post} (P_k, T_j)$  jetons dans chacune des places  $P_k$  directement en aval de  $T_j$ . [CERNAUT, 1988]

**1.3.2 La simulation**

Evaluer la performance des nouvelles pratiques de la Supply Chain ne peut pas être effectuée sur la chaîne logistique réelle de l'entreprise, à cause de plusieurs contraintes, notamment les pertes financière. C'est dans cette optique que la simulation s'inscrit.

**1.3.2.1 Définition de la simulation**

La simulation est un outil largement répandu dans le monde industriel. La simulation d'événements discrets s'impose, avec l'objectif de travailler avec un système de production virtuel, dont le comportement peut être très proche du système réel, à moindre coût et sans risque.

La simulation combine entre construction et l'expérimentation d'un modèle pour étudier un problème afin de prédire son comportement dans le futur et évaluer sa performance avant l'implantation de système réel, on peut l'approprier a une boîte noire qui réagit aux consignes données (génération des scénarios) mais incapable de donner les valeurs optimales de ces scénarios.

La simulation est principalement utilisée pour étudier les flux physiques (pièces, matériaux, outils, etc.) et les flux d'information (ordres de production, etc.) dans l'atelier et la disponibilité des ressources (opérateurs, machines, convoyeurs, etc.)

**1.3.2.2 Classification des modèles de simulation**

Il existe plusieurs classifications de la simulation. Dans ce qui suit, nous proposons une classification des modèles de simulation qui distingue les Modèles Statiques des Modèles Dynamiques.

-**Les modèles statiques** : ce sont des modèles pour lesquels le temps n'intervient pas.

-**Les modèles dynamiques** :pour lesquels le comportement est fonction du temps. A l'intérieur de ces modèles, on distingue:

- **Les modèles d'événements discrets**(ou discontinus) : dans lesquels les changements d'état ne se produisent que lors d'événements tels que le début ou la fin d'une opération, la détention d'une pièce dans un stock, la libération d'une ressource, la simulation d'événements,...etc.
- **Les modèles continus** : plus adaptés aux flux continus, qui utilisent des équations mathématiques pour prendre en compte les changements d'état qui se produisent de manière continue dans le temps.
- **Des modèles combinés** (ou mixtes) : qui intègrent les deux aspects déjà cités.

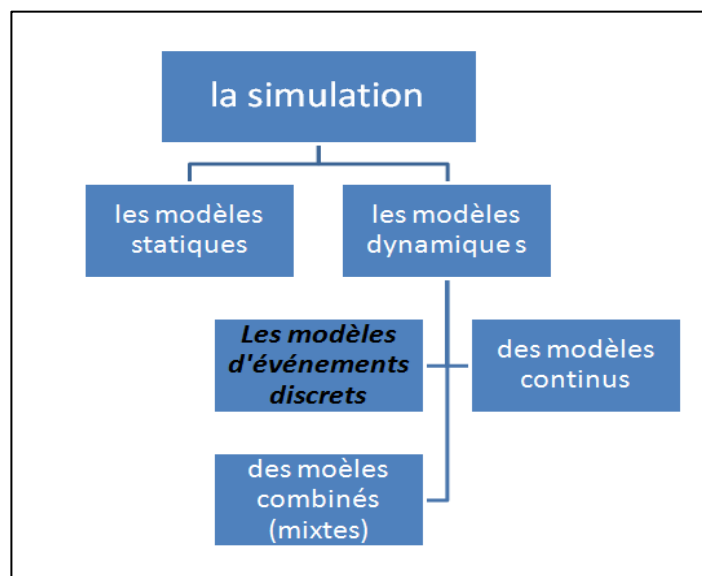


Figure 1-4: Les types des modèles de la simulation

**1.3.2.3 Méthodologie de conduite d'une simulation**

Dans cette section, nous allons présenter la méthodologie générale pour la réalisation d'une simulation. L'objectif de cette méthodologie est de fournir un fil conducteur à toute la simulation, aussi de s'assurer, avant le début de la simulation, que l'on est en possession de toutes les données utiles. Une simulation se déroule généralement en quatre macro-étapes.

**Etape 01 : Analyser le Problème**

L'analyse du problème est d'une grande importance, c'est dans cette étape que nous devons définir avec précision ce qu'on veut mettre en évidence avec la simulation, et quelle précision on attend. On détermine des indicateurs de performance qui vont permettre de vérifier si on a atteint les objectifs qui ont été fixés.

Enfin, il est nécessaire de fournir les données numériques au modèle.

Celles-ci sont liées à tous les éléments utilisés dans la simulation, par exemple:

- Données sur les articles à fabriquer: liste des références fabriquées, date d'arrivée des MP dans le modèle (fréquence et taille du lot).
- Données sur les moyens de production: nombre et types de machines, nombre et types de ressources de production (outils, palettes, etc.)
- Données sur les systèmes de manutention: nombre et types de convoyeurs ou de chariots, capacité en nombre d'articles, vitesse de déplacement, etc.
- Données sur les stocks et les magasins: types et capacités, lois d'entrée et de sortie, etc.
- Données sur le personnel: chiffres, compétences et horaires.

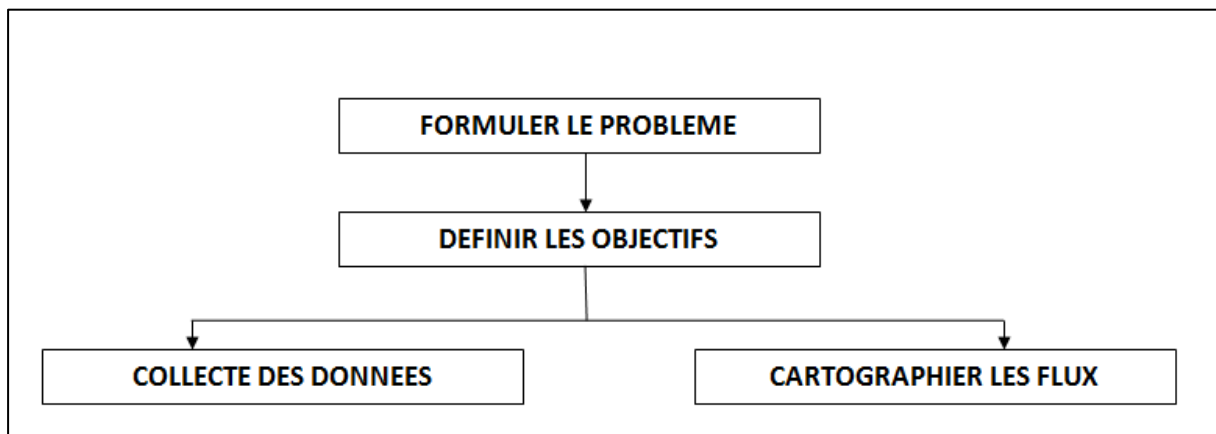


Figure 1-5:schéma de l'étape analyse du problème

**Etape 02 : Modélisation et Programmation**

La construction du modèle est de plus en plus facilitée par l'évolution des progiciels. Une fois le modèle réalisé, il est nécessaire de vérifier si les règles logiques qui décrivent le flux sont bien programmées et correspondent à ce qui est demandé. Nous effectuons donc des tests de simulation uniquement pour vérifier le bon fonctionnement du modèle. Cette étape doit se terminer par une validation qui consiste par exemple à comparer les résultats fournis par le modèle aux résultats du système réel s'il existe. Les rapports statistiques peuvent aider dans cette validation entre les résultats simulés et les résultats réels.

L'enchaînement des étapes de la modélisation et de la programmation est présenté dans la figure 1-6

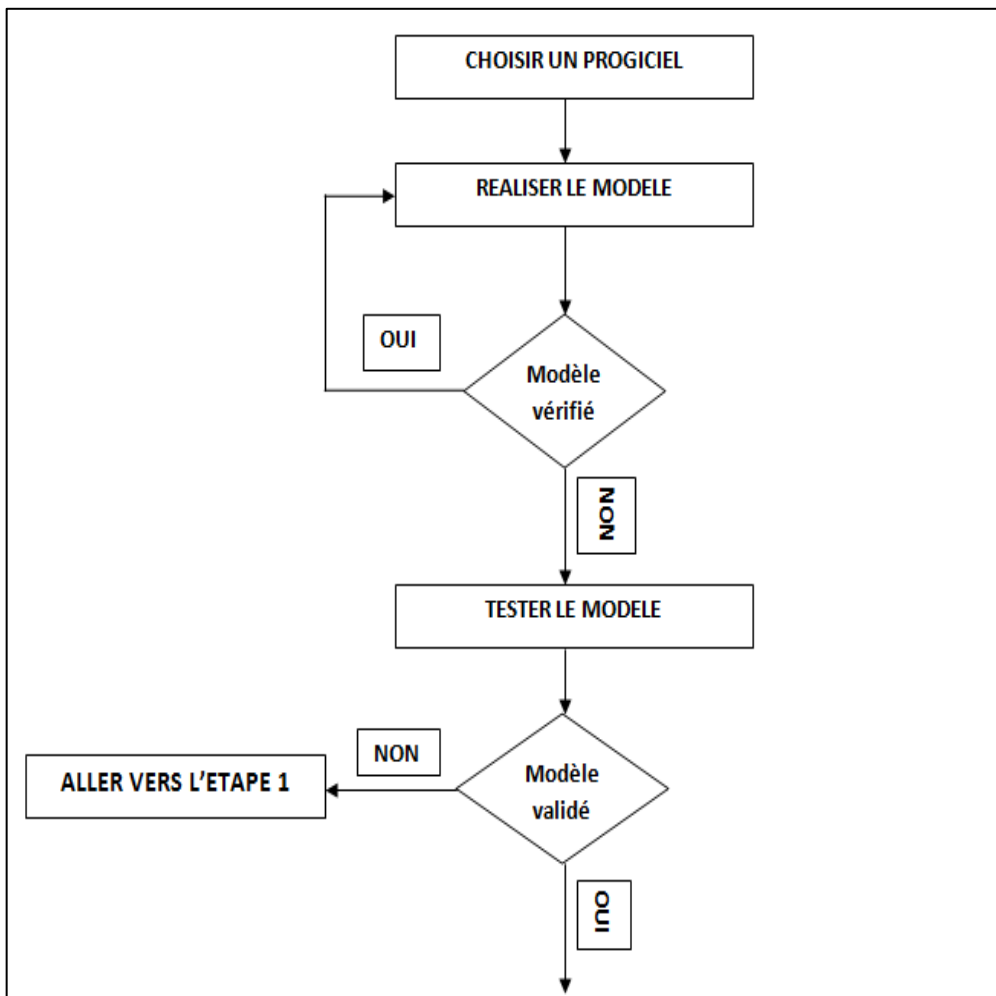


Figure 1-6:Schéma sur l'étape de modélisation et programmation

### Etape 03 : Expérimentation sur le Modèle

L'exploitation de la simulation est l'étape qui permet d'évaluer le comportement du système dans le futur. Il faut bien définir les paramètres sur lesquels on va agir afin d'atteindre les objectifs qu'on s'est fixés dans la 1<sup>ère</sup> étape.

Enfin, il faut être capable d'interpréter les résultats fournis par la simulation. Cela nécessite la maîtrise de concepts statistiques tels que l'intervalle de confiance, la moyenne arithmétique, l'écart-type et éventuellement l'analyse spectrale.

La figure 1-7 présente le détail de cette étape.

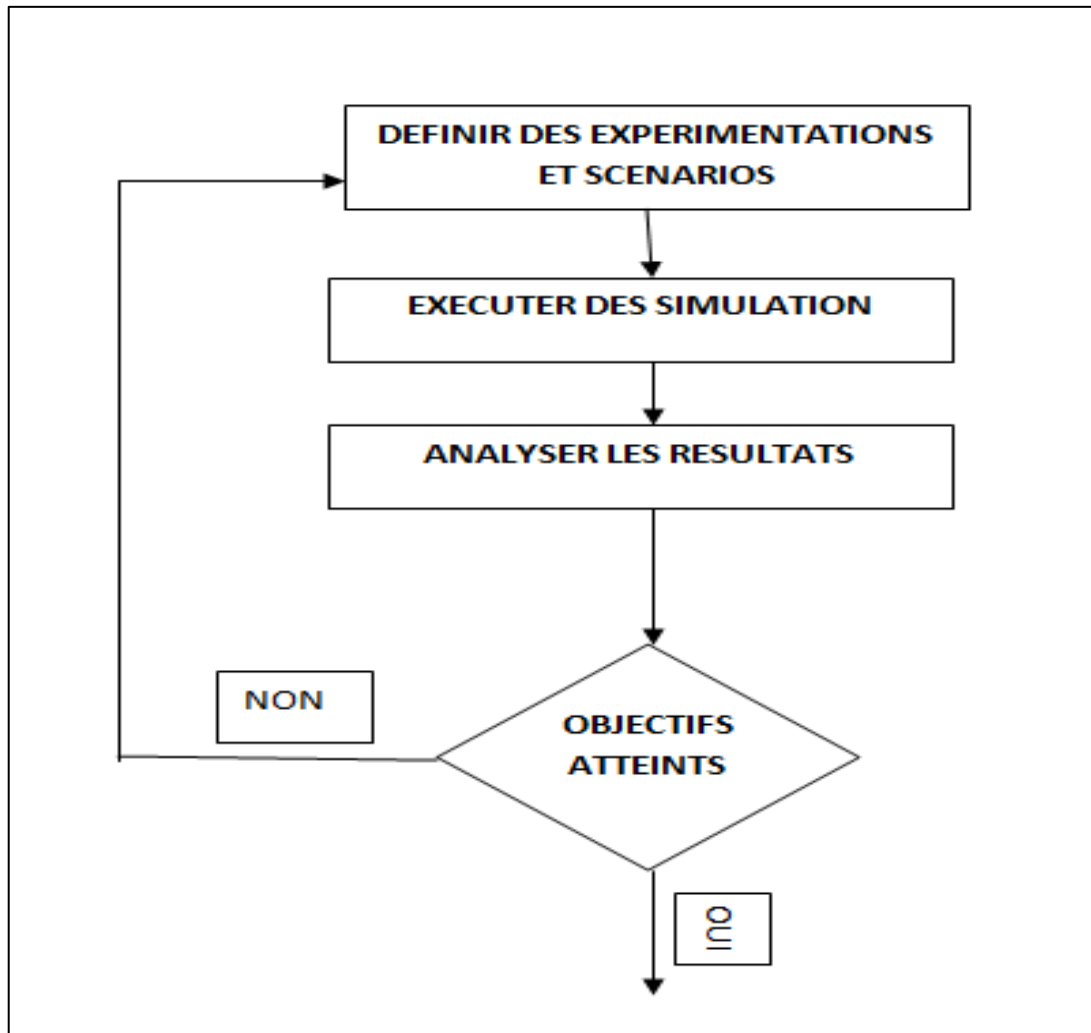


Figure 1-7:schéma sur l'expérimentation sur le Modèle

### Etape 04 : Rapport et Conclusion

Cette dernière étape est importante vis-à-vis du demandeur de l'étude de simulation. Il va falloir présenter les résultats de l'étude pour qu'ils soient compréhensibles avec des chiffres et indicateurs significatifs. Ces résultats proposent des critères de choix et suggèrent de nouvelles pistes d'études.

### 1.3.2.4 Les outils de la simulation

Pour réaliser la simulation, il existe plusieurs outils qui sont :

#### - Le tableur

C'est un logiciel qui manipule des données numériques et effectue automatiquement des calculs en créant des feuilles de calcul dans lesquelles ces calculs sont effectués grâce à des fonctions et formules comme exemple des calculateurs MRP.

Cet outil est considéré comme étant un système simple et peu utilisé car ces tableurs ne prennent pas en considération la variabilité des paramètres, donc dans le cas des industries il est difficile de travailler avec vu la complexité des réseaux industriels et logistiques.

#### - La Dynamique des systèmes

Approche issue des travaux de J.W FORRESTER en 1961 destinée à la résolution des problèmes complexes. La modélisation dynamique d'un système se fonde sur les concepts de la rétroaction et l'interaction en d'autres termes. Cet outil prend en compte les boucles de rétroaction internes et les effets rentrants qui affectent le comportement global des systèmes physiques, sociaux et organisationnels.

La dynamique des systèmes définit six (06) types de flux pour contrôler les variations des taux qui sont :

- Fournitures,
- Marchandises,
- Ressources humaines,
- Coûts,
- Commande,
- Informations,

Ce genre de simulation ne prend pas en considération les aspects stochastiques c'est-à-dire tous les aléas rencontrés dans le système de l'entreprise.

#### - Jeux d'entreprise :

Appelés « Business Games » : ont vu leur apparition en Russie en 1932 et ont été développés aux Etats Unis dans les années 1955. Suite au développement informatique ces jeux deviennent de plus en plus complexes, moins coûteux et facile à manipuler.

Les jeux d'entreprise sont un outil pédagogique pour les entreprises, il se base sur un programme informatique qui modélise l'environnement concurrentiel (marché) ,pour simuler la vie de plusieurs entreprises dans un marché dans le but de comprendre le comportement des décideurs et de calculer les performances en fonction des décisions prise par les joueurs.

#### - Simulation à évènement discret

La simulation informatique a été popularisée dans les années 1950, ce qui a permis à la simulation à évènements discrets d'être l'une des techniques les plus utilisées au monde.

La majorité des processus dans les industries peuvent être définis comme des évènements discrets et séparés. Pour simuler ces processus la simulation par évènements discrets est souvent retenue.

Cette démarche consiste à identifier tous les évènements durant tout le cycle de vie du système et par la suite faire une description sur le fonctionnement logique de ces processus.

Dans ce cas, les évènements vont être définis sous forme de processus, et lors de simulation on peut voir le fonctionnement du système et son évolution dans le temps en identifiant toutes les anomalies du modèle.

### 1.3.3 Simulation à Evénements Discrets

La simulation à événements discrets est l'une des techniques de modélisation les plus utilisées pour l'étude des systèmes industriels. Depuis l'avènement de la simulation informatique dans les années 1950, le développement de cette technique n'a cessé de progresser et reste l'un des meilleurs outils pour l'étude des chaînes logistiques.

Un modèle de simulation discret est composé de:

- Système: ensemble de Processus parcourus par les Entités
- Entités: caractéristiques uniques des objets présentés par les attributs.
- Processus: séquence d'activités gérées par des Ressources agissant sur les Entités.

De nombreux outils de simulation d'événements discrets utilisent l'approche processus. Il existe sur le marché une grande variété d'outils de simulation de chaînes logistiques, notamment WEIGHT, FLEXSIM, SIMUL 8, PROMODEL, QUEST, ARENA et WITNESS

Selon une étude [ESSAID, 2008] de benchmark, sur les logiciels de simulation qui ont été évalués par rapport aux critères suivants:

- Vendeur: support de maintenance et documentation
- Développement du modèle et input, codage, bibliothèque de composants réutilisables, conditions de routage, lois probabilistes disponibles, gestion de files d'attente, documentation automatique, etc.
- Exécution: modes d'installation et leur exécution, interactions avec l'utilisateur, conversions d'unités de mesure, etc.
- Couplage simulation - optimisation
- Animation: icônes graphiques et d'animation
- Tests et efficacité: outils de validation et de vérification, traçabilité, rapidité de simulation et taille des modèles traités
- Output: rapports de simulation et les interfaces graphiques
- Utilisateur: compétence requise et coût
- Design des expérimentations pour l'aide à la modélisation

Ces critères ont été pondérés et le tableau 1 présente les résultats de l'étude :



Tableau 1: résultat d'une étude comparative des logiciels de simulation  
[ESSAID, 2008]

Criteria	Weight	AnyLogic	Arena	AutoMod	Enterprise Dynamics	Extend	Flexsim	ProModel	Quest	Simul8	Witness
Vendor	5.6	1	3	2.5	2	2.67	2	2	3	2.33	3
Model develop. & input	9.5	3	2.71	2.3	2.57	2.71	2.7	2	3	2.43	2.5
Simulation & optimization engine	8	2.5	2.5	2.7	2.6	2.5	2.5	2.7	2.5	2.5	2.5
Execution	7.5	2	2	2	2.33	2.33	2	2	2.5	2	2
Animation	6.3	2.5	2.67	3	2.33	1.33	3	2.67	3	1	3
Testing & efficiency	7.6	2	2.38	2.5	2.38	2.5	1.5	2	2.5	1.75	2
Output	6.6	2.5	2.33	2	1.67	2.33	2.7	2	2	2.67	2
Experimental design	5.9	2	3	2	2	2	2	3	2	2	2
User	5.6	1	2	2	1.5	2.5	1.5	2	1	3	2.5
Total		124.2	156.9	138.8	138.1	147.0	140.4	141.1	152.8	137.2	148.9
Rank			1			4		5	2		3

Il semble qu'ARENA est le premier logiciel dans la liste ce qui justifie son utilisation dans de nombreuses études de simulation. ( voir Annexe)

Pour notre étude on a choisi le logiciel Aréna( voir annexe), et lors de la simulation on n'a pas pu exécuter la simulation vue la version limitée de ce logiciel et la non disponibilité de la version commerciale.

Pour cette raison, nous avons basculé vers le logiciel WITNESS vue sa disponibilité au niveau de l'école. [PIDD M, 2004] et [ESSAID, 2008]

### 1.3.4 Le logiciel WITNESS :

Le logiciel WITNESS est destiné à la simulation et optimisation des flux des systèmes de production, et logistique, crée par la société britannique « Lanner Group Ltd » comme étant son premier logiciel développé pour la simulation des flux

Le cœur de métier de WITNESS est de représenter des modèles de processus afin de proposer et évaluer plusieurs expériences et scénarios souhaités.

Le logiciel permet d'avoir une vision virtuelle sur une situation réelle et la représenter en trois dimensions (3D).

Les modèles virtuels du simulateur WITNESS sont construits par des blocs spécifiques à ce logiciel. Ces éléments de base régissent à des lois d'entrée et de sortie pour assurer la connectivité du modèle. (ces derniers permettent la simulation et la vérification de certains paramètres, ce qui permet le suivi de fonctionnement du système et l'évaluation de ses performances)

#### 1.3.4.1 Les éléments de base du simulateur WITNESS :

Les éléments de base de WITNESS peuvent être classés selon :

- Eléments physiques :
  1. Les articles : les éléments qui circulent dans le modèle, on peut distinguer des articles actifs et passifs. Ils modélisent des produits, projets, appels téléphoniques.....etc
  2. Les stocks : représentent des endroits où les articles peuvent attendre (file d'attente).
  3. Les machines : les machines sont des éléments puissants, servant à traiter les articles et lors de la modélisation, WITNESS offre plusieurs types de machines
    - machine simple ;
    - machine d'assemblage ;
    - machine par lot ;
    - machine multi cycle.
  
- Eléments logistiques :
  1. les véhicules : représentent tous les moyens qui transportent des articles, qui peuvent être sous forme de camions, chariots élévateurs.....
  2. les pistes : cet élément est le parcours emprunté par les véhicules.
  
- Eléments logiques et modules :
  1. Les attributs : ils expriment les caractéristiques relatives à un article.
  2. Les variables : ce sont des valeurs qui permettent d'accéder de n'importe où dans le modèle WITNESS fournit plusieurs variables qui peuvent contenir des entiers, des nombres réels ou chaînes de caractères.

Tous ces éléments vont nous servir à construire le modèle souhaité en le paramétrant par différents lois spécifiques au logiciel WITNESS, pour pouvoir passer à l'étape de simulation et génération des scénarios. [WILLIAMS, AL AOMAR, 2015]

### 1.4 Conclusion :

La modélisation et la simulation des chaînes logistiques consistent donc à traduire un système réel en un modèle conceptuel et puis le modéliser sous un logiciel de simulation, qui va permettre de reproduire la dynamique du système dans le temps, et aussi évaluer certains critères et déceler les problèmes potentiels inhérents au pilotage de la Supply Chain.

L'interprétation des résultats de simulation sert à diagnostiquer les problèmes que l'entreprise pourra affronter ce qui va permettre un gain de temps et d'argent.

Pour que les résultats de la simulation soient parlants, il faut qu'elle mesure des paramètres concrets c'est-à-dire qu'elle évalue des indicateurs de performance adéquats permettant d'avoir des rapports complets de ce qui se passe si telle ou telle stratégie est appliquée, de façon à agir par la suite pour améliorer la performance du système.

Dans ce premier chapitre, nous avons présenté l'état de l'art de notre travail :

- Dans un premier temps, nous avons défini les différentes terminologies de la logistique, la Supply Chain et le management de la Supply Chain ainsi que les flux, les acteurs et les processus de la Supply Chain.
- Dans un second temps, nous avons abordé la notion de l'évaluation de la performance de la Supply Chain et les différents KPI qui permettent de mesurer la performance de cette dernière.
- Dans la dernière partie, nous avons défini le concept de la modélisation et nous avons développé la méthode de modélisation par Réseau de Petri, ensuite on a abordé la simulation, sa définition et sa classification et la méthode de conduite d'une simulation et les modèles de cette dernière. Et on a fini par présenter le logiciel, avec lequel on a déroulé les simulations de notre modèle.

---

## **CHAPITRE II**

---

ETUDE DE L'EXISTANT  
ET CONTEXTE DE PROJET

## 2 Chapitre II

### Introduction

L'étude de l'existant est une phase primordiale avant tout projet, et pour cela notre deuxième chapitre est structuré de la manière suivante :

La première partie va traiter l'industrie laitière en Algérie, tandis que la deuxième partie est consacré à la présentation du groupe Candia, et de l'entreprise TCHIN-LAIT, ses activités, son historique et sa gamme de produit, après nous allons se focaliser sur le site de Bejaia ou nous nous intéressons au département de la Supply Chain, nous présenterons en détaillant son organisation et sa structure, et par la suite nous dériverons les états des lieux de ce site.

Dans la dernière partie, nous allons présenter le référentiel choisi pour mener le diagnostic logistique qui est « ASLOG » et le résultat du diagnostic par rapport aux processus logistique de l'entreprise, le dernier point du chapitre sera destiné à l'identification de la problématique et sa validation.

### 2.1 L'industrie laitière en Algérie

Le secteur agroalimentaire est celui autour duquel se cristallisent les enjeux de la sécurité alimentaire de la population. Les Industries Agroalimentaires demeurent la deuxième industrie du pays après les hydrocarbures, en réalisant 40% du chiffre d'affaires de l'industrie nationale, dominé à 95% par le privé et détiennent entre 30 000 et 35 000 IAA en 2008 selon un document du CAP (Confédération Algérienne du Patronage).

La filière lait représente l'industrie la plus complexe de ce secteur, elle occupe une place fondamentale dans le plan économique du pays. Elle fait partie de la catégorie des industries à faible contribution avec moins de 5% de la production des industries agroalimentaire (IAA).

A l'instar d'autres secteurs stratégiques, l'industrie laitière en Algérie a longtemps été l'apanage de l'État, limitée à l'offre des entreprises publiques en lait pasteurisé conditionné en sachets et commercialisé à un prix soutenu, jusqu'à ce que le marché s'est ouvert aux nouveaux producteurs privés qui proposent des produits innovants mais à des prix libres. Ces entreprises ont également introduit sur le marché des produits plus sophistiqués, notamment des boissons lactées.

La production de lait en Algérie a progressé depuis la fin des années 2000, mais elle ne couvre qu'une faible partie de la demande en lait, avec une capacité de production installée variant entre 2,9 milliards de litres et 3,2 milliards de litres / an. Cependant, il est important de mentionner, qu'en réalité le potentiel de production est plutôt sous-utilisé, puisque 50% des entreprises fonctionnent à moins de 50% de leurs capacités, 30% à moins de 75% et seulement 20% travaillent à pleine capacité. La consommation nationale s'élève à plus de 3 milliards de litres de lait par an, avec une moyenne d'environ 130 litres de lait par personne et par an, tandis que la production nationale étant limitée à 2,2 milliards de litres. C'est donc près d'un milliard de litres de lait est ainsi importés chaque année, majoritairement sous la forme de lait en poudre.

La filière lait comprend trois éléments à savoir:

1. l'amont de la filière, comprenant la production de lait cru local et sa collecte et les importations de lait en poudre,
2. transformation industrielle
3. L'aval de la filière, comprenant le marché de la consommation.

Actuellement, la filière lait en Algérie vit un déséquilibre où, l'aval connaît une croissance remarquable et l'amont malgré les efforts déployés par l'Etat, n'arrive pas à satisfaire toute la demande exprimée. Le boom que connaît l'aval se traduit par des investissements accrus de la part des entreprises étrangères attirées par la croissance du marché Algérien.

L'augmentation de la diversité des demandes a fait que, les organisations industrielles actuelles sont passées d'une chaîne logistique traditionnelle avec un seul site et un marché à des chaînes plus flexibles ayant plusieurs sites pour desservir plusieurs marchés.

La filière du lait conditionné est marquée par une forte intervention de l'État. La politique de cette dernière se manifeste en amont par le soutien de la production de lait cru et l'intégration en aval par le soutien du prix à la consommation. Cette intervention était structurante pour le secteur, elle a favorisé le développement de la consommation, encouragé la production et la collecte, mais a constitué un handicap à la diversification des produits transformés.

Le lait de vache collecté par les laiteries est essentiellement produit par le bovin conduit en système intensif appelé « Bovins Laitiers Modernes »(BLM) situé dans les plaines.

Les volumes de lait cru collectés à l'échelle nationale ont connu une évolution dynamique depuis 2010 et devraient suivre le même rythme à l'avenir. La figure montre la quantité de lait collecté en litre dans les six années de 2010 à 2015.<sup>3</sup>

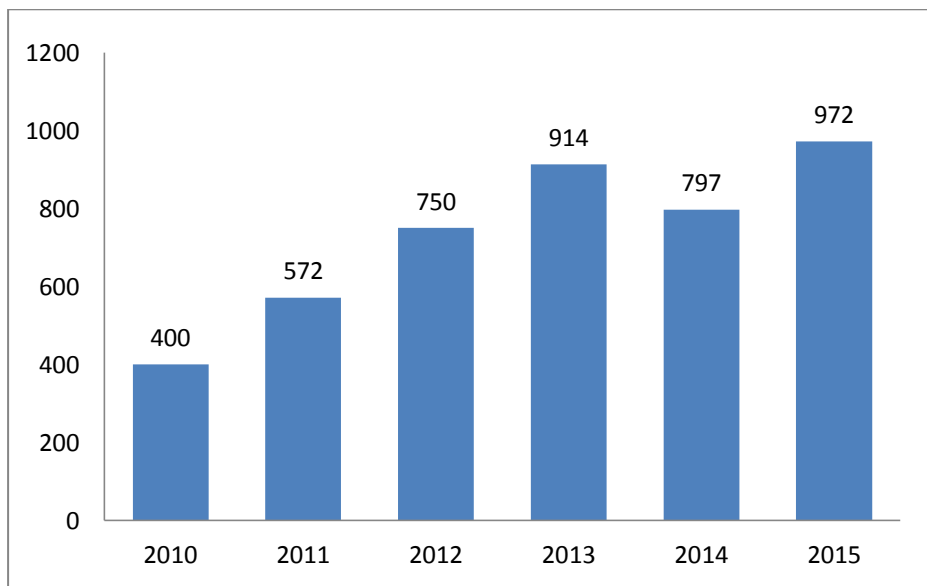


Figure 2-1 Quantité de lait collecté (106 de litres)

<sup>3</sup> Site officiel des industries laitières Algérienne : <https://www.aps.dz/economie/58150-industrie-laitiere-la-capacite-de-production-installee-sous-exploitee>

### 2.1.1 Situation économique des entreprises de l'industrie laitière :

L'industrie laitière Algérienne porte sur deux segments, qui sont

- Le segment du lait conditionné : il regroupe les différentes formes de lait commercialisé : le lait pasteurisé conditionné (LPC) – le lait UHT – le lait cru.
- Le segment du lait aromatisé et boissons lactées : regroupe les produits suivants : les laits aromatisés et chocolatés – les jus au lait.

Le taux de la valeur ajoutée de l'industrie laitière est de 16%, les produits de cette filière sont peu élaborés et les prix relativement faibles. L'activité demeure dominée par le lait pasteurisé mis sur le marché à un prix subventionné. Les niveaux des prix sont peu favorables au développement de cette industrie et l'équilibre financier des entreprises ne peut être atteint que par l'effet volume ou par diversification des produits.

L'industrie laitière a suivi la même dynamique que les IAA vu que le poids du secteur privé y est prépondérant, avec 98% des entreprises. Les laiteries sont de création récente, puisque seulement 22% existaient avant 2000. Le mouvement de création s'est poursuivi jusqu'à 2016.

Les laiteries en exploitation sont réparties sur tout le territoire national. Les wilayas du Nord dominant avec 73% des implantations. Il y a très faible densité d'implantation dans les régions sud du pays. Elles sont réparties comme suit :

- Une majorité des laiteries (64%) adhère au programme du lait subventionné et produit le lait à partir de la poudre de lait importée par l'Office National Interprofessionnel du Lait (l'ONIL),
- Un bon nombre de laiteries (25%) commercialisent du lait cru local pasteuriser ou stérilisé,
- Une troisième catégorie (11%) produit du lait UHT et des dérivés du lait à partir des matières importées.

Les effectifs employés par les laiteries en activité sont estimés à 14400 employés avec une moyenne de 105 employés par laiterie. La structure des effectifs par catégorie socioprofessionnelle fait apparaître une ressource humaine dominée par les exécutants (63%), mais aussi un niveau de maîtrise appréciable (25%).

### 2.1.2 Gamme des produits mis sur le marché et leur conditionnement

Les produits commercialisés par les laiteries se caractérisent par une relative diversification à savoir :

- le lait liquide pasteurisé et conditionné en sachet,
- le lait liquide stérilisé (lait UHT) conditionné en brique et en sachet,
- les laits fermentés (l'Ben et Raib)
- les laits gélifiés (yaourts et autres préparations)
- les laits combinés (lait aromatisé, lait chocolaté)
- les boissons lactées (jus au lait).

Le conditionnement du lait et des boissons lactées varie suivant les standards internationaux. La tendance est au conditionnement de type TETRA-PACK pour le lait UHT et les boissons lactées. D'autres types d'emballages sont introduits, à l'image de la préforme (PET) pour les laits acidulés. Le sachet tri-couche constitue aussi une innovation, il est utilisé pour le lait de vache pasteurisé. Pour tous les types de conditionnement, la contenance s'est diversifiée, comprenant des petites contenances et une grande contenance familiale.

La distribution du lait conditionné et des boissons lactées a adopté trois modes, à savoir :

- Le lait pasteurisé conditionné : la distribution et le transport sont réglementés et les marges sont administrées,
- Le lait cru : quand il n'est pas livré à la laiterie, le produit est distribué en circuit direct,
- Le lait UHT et les boissons lactées ; le mode est comparable à celui des jus.

Cette diversification est due à la nature des produits ainsi que la taille des entreprises.

La partie marketing diffère selon les segments. L'approche marketing est pratiquement absente pour le lait pasteurisé et le lait cru. Il est développé pour le lait UHT et les boissons lactées. Pour ces produits, l'industrie a connu une évolution remarquable, les entreprises ont développé des pratiques intégrant des outils marketing modernes.

### 2.1.3 Le marché Algérien de lait et des boissons lactées

Les produits laitiers occupent la quatrième place en matière de dépenses alimentaires. La dépense annuelle moyenne par habitant dans le lait et les produits laitiers est 4304 DA, dont près de 39% pour le lait en sachets et 29% pour les autres laits. Le tableau illustre les dépenses en DA de chaque habitant pour l'achat des produits laitiers et ses dérivés.

Tableau 2: dépenses annuelles des produits laitiers

Produits	dépense en DA/tête	%
lait frais	206	4,8
lait en sachet	1662	38,6
autres laits	1256	29,2
yaourt et crème	687	16
fromages	493	11,5

La traduction quantitative des données de l'enquête de 2011 [KACI, SALAH 2012] a permis de déterminer le niveau de consommation par habitant.

Tableau 3: niveaux de consommation des produits laitiers

Produits	dépenses en DA/tête	consommation en litres/tête
lait frais	206	6
lait conditionné en sachet et brique	1662	62
autres laits	1256	21
Dépense totale en lait	3124	88

La consommation des produits laitiers est bien ancrée dans les habitudes alimentaires des Algériens. La demande est en plein essor, alimentée par la croissance démographique, l'amélioration des conditions de vie et l'urbanisation.

En plus de la consommation de lait à boire, le marché algérien voit se développer des produits de grande valeur, tels que les boissons lactées, qui répondent à la préférence croissante des jeunes et des moins jeunes consommateurs porté par la restauration hors foyer et les repas à emporter. Cette nouvelle évolution crée pour les entreprises des opportunités pour l'innovation du point de vue tant des produits que du conditionnement.



## Chapitre II : Etude de l'Existant et Contexte de Projet

Les ventes de boissons lactées (lait chocolaté, lait aromatisé, jus au lait et yaourt à boire) ont atteint les 45 millions de litres en 2015. La part du lait chocolaté et aromatisé est d'environ 60%. Le lait aromatisé représente 14% des produits liquides UHT, cette part était de 6% en 2012, il pourrait ainsi placer la consommation du lait aromatisé à 0,6 litres / an / habitant. [KACI, SALAH 2012]

### 2.2 Présentation TCHIN\_LAIT CANDIA

Dans cette partie, nous allons présenter le Groupe CANDIA France, et par la suite, nous aborderons la présentation de l'entreprise franchisé TCHIN-LAIT par la marque Candia.

#### 2.2.1 Groupe CANDIA France

Candia est la première marque de lait qui a été lancée sur le marché français. Cette marque est née en 1971. Elle a mis tout son savoir-faire au service de ses consommateurs pour leur offrir un lait de meilleure qualité, adapté à toutes les envies et tous les besoins de la famille. Candia appartient au 1<sup>er</sup> groupe coopératif laitier français, SODIAAL, qui collecte 4.7 milliards de litres de lait, dans plus de 70 départements auprès d'environ 20 000 producteurs.

Avec une politique d'innovation permanente, Candia est toujours leader de son marché, avec sa gamme de produits de qualité conformes aux normes internationales

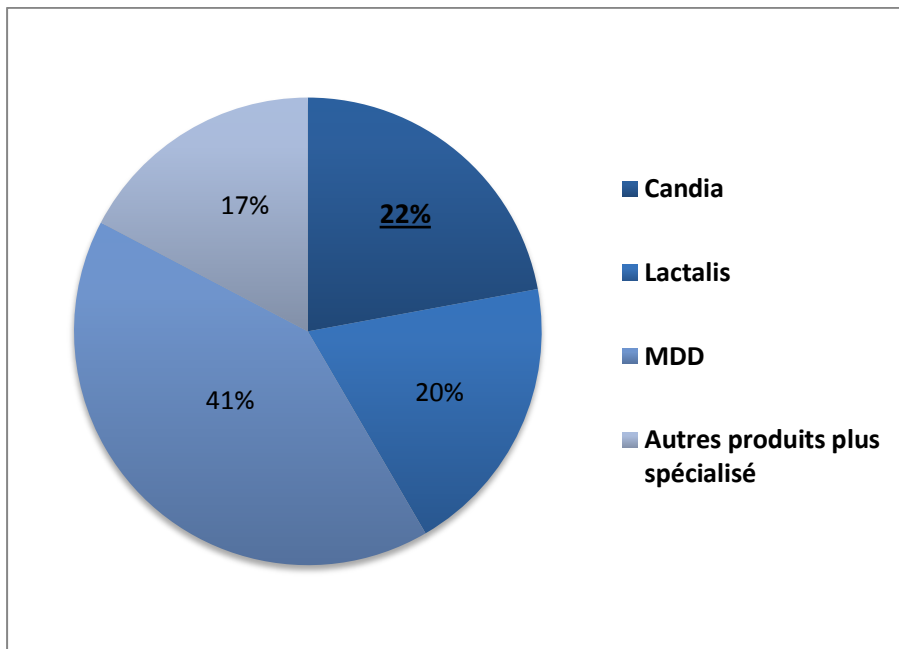


Figure 2-2: Pourcentage des parts de marché des différents acteurs du secteur laitier (France)

Candia mène une stratégie d'expansion internationale au travers de filiales commerciales en Europe, ou de partenaires distributeurs, dans le reste du monde. De plus, depuis 1986, l'entreprise développe des franchises dans le monde entier. La marque apporte, outre une licence de marque, un savoir-faire technique et marketing auprès de groupes agro-alimentaires dans des pays où l'industrie laitière est en pleine développement.

Ainsi on trouve Candia en Afrique (Algérie, Tunisie, Lybie Sénégal, Côte d'Ivoire, Cameroun, Gabon et Mali) au Proche et Moyen Orient (Liban, Jordanie et Syrie) et dans les îles de l'Océan Indien (Madagascar, Ile de la Réunion et Iles Maurice). La figure 2-3 montre la présence de franchis du groupe Candia à travers le monde

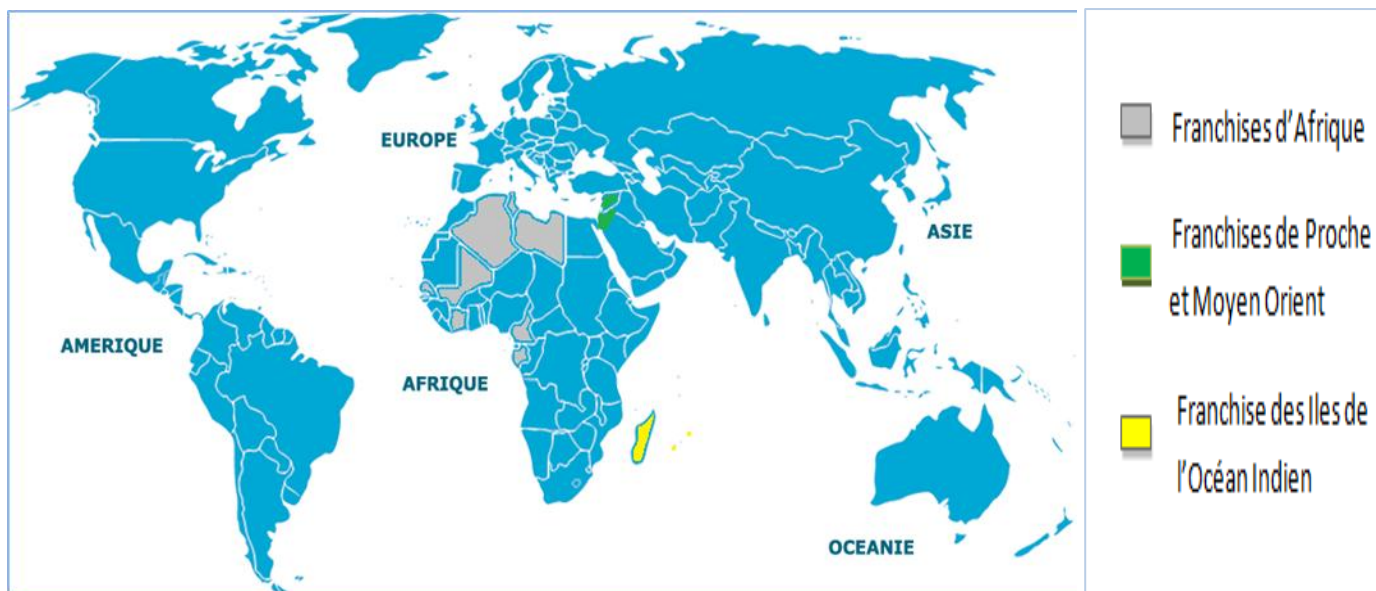


Figure 2-3:Présence de franchis de Candia dans le monde

En 1999, le premier groupe coopératif laitier en France, débarque en Algérie avec son leader de marché Candia, pour signer un contrat de franchise avec la société privée de droit Algérien TCHIN\_LAIT, qui a bénéficié du savoir-faire, de la notoriété et de l'accompagnement du franchiseur. Le passage sous franchise a permis à l'entreprise TCHIN\_LAIT de se mettre aux normes et standards internationaux. Il est évident que la franchise est un formidable levier dedéveloppement particulièrement pour une entreprise qui souhaite acquérir de nouvelles compétences et bénéficier d'une assistance commerciale et technique continue ainsi que de l'expérience du franchiseur.<sup>4</sup>

<sup>4</sup> Site officiel de CANDIA France : [https:// www.candia.fr](https://www.candia.fr)

### 2.2.2 TCHIN\_LAIT CANDIA Algérie

TCHIN\_LAIT est une société privée de droit algérien, fondée par M. FAWZI BERKATI en 1999, située sur l'ancien site de la société TCHIN-TCHIN, qui était à l'origine une entreprise familiale située à l'entrée de la ville de Bejaia.

Depuis mai 2001, TCHIN\_LAIT produit et commercialise du lait UHT (Ultra Haute Température) de longue durée sous le label CANDIA.

En 2015, GENERALE LAITIERE JUGURTA (GLJ), le deuxième site de production, a son siège à BARAKI (Alger).

En novembre 2017, fusion des deux sociétés, TCHIN-LAIT et GLJ dans une société par actions, dénommée "SPA TCHIN-LAIT".

Le groupe se consacre à la production et à la commercialisation, d'une part, du lait U.H.T à longue durée de vie et, d'autre part, des produits dérivés tels que les laits et jus de fruits, boissons à l'orange, cocktail de fruits ...

L'objectif principal de groupe est de diversifier la production, tout en améliorant constamment la qualité de ses produits, pour satisfaire au mieux ses clients, sur l'ensemble du territoire national.

#### 2.2.2.1 Historique de l'entreprise :

Créée en 1950, l'entreprise était à l'origine une firme familiale spécialisée dans les boissons gazeuses sous le nom de TCHIN\_TCHIN. Le DG voulait moderniser sa société mais avec la présence des géants de la boisson « Coca-Cola, Hammond Boualem », le tir était trop risqué.

Dans ces conditions et avec le monopole que ces entreprises détenaient, Tchintchin voulait toujours exister mais en changeant son cœur de métier.

Elle voyait que la reconversion vers les laits UHT était une solution beaucoup moins périlleuse, surtout que le marché Algérien, connaissait une demande en plein essor, ce qui a donné naissance à TCHIN\_LAIT.

Le choix de se relancer dans les laits UHT au lieu des laits pasteurisés était un choix très stratégique car il repose sur les facteurs suivants :

- Le procédé UHT, permet de conserver au lait toutes ses qualités nutritionnelles.
- Ce type de produit est quasiment inexistant sur le marché Algérien.
- C'est un produit idéal durant les périodes de chaleur, et notamment pour les régions du sud.
- Sur le plan réglementaire, il est le plus indiqué, car pouvant se conserver à température ambiante, à l'inverse du lait pasteurisé, qui exige une distribution sans interruption de la chaîne froide.

L'idée de fabrication du lait UHT devient une réalité incontournable et le cœur de métier de l'entreprise TCHIN\_LAIT.

TCHIN\_LAIT avait une vision plus grande, elle voyait qu'un partenariat avec un professionnel du métier est une nécessité impérieuse, un moyen incontournable, de là, le choix de la franchise et du partenariat avec CANDIA a eu lieu en Avril 1999.

Grâce à cette franchise, TCHIN\_LAIT bénéficie de l'expérience et du savoir-faire du leader Européen.

Ce partenariat ouvre à TCHIN\_LAIT droit notamment à :

- L'utilisation des marques et des formes distinctives de conditionnement et d'emballage ;
- Le transfert de savoir-faire, comprenant les formules et les procédés de fabrication ;
- L'assistance technique, commerciale et marketing.

### 2.2.2.2 Situation géographique

TCHIN\_LAIT est une entreprise laitière totalement moderne, dotée des équipements de dernière technologie, qui répondent aux normes internationales.

TCHIN\_LAIT est implantée sur deux (2) sites qui sont opérationnels, celui de la zone industrielle de BARAKI à Alger, et l'ancien site de la limonadière TCHIN\_TCHIN, à l'entrée de la ville de Bejaïa, et un autre site se situant à Sétif qui n'a pas encore démarré.



Figure 2-4: localisation des sites de TCHIN\_LAIT en Algérie

### 2.2.2.3 Les activités stratégiques de TCHIN\_LAIT

L'activité principale de TCHIN\_LAIT, est la production et la commercialisation de produits laitiers dans le marché Algérien, à travers une large gamme diversifiée de laits UHT et de jus lactés aromatisés. TCHIN\_LAIT a pour mission de développer la production et d'assurer la qualité et le conditionnement du lait à des prix nettement plus compétitifs, et cela dans le but de satisfaire les besoins des clients qui sont de plus en plus exigeants et de les fidéliser.

Les objectifs visés par TCHIN\_LAIT peuvent se présenter comme suit :

- Etre le leader national par l'extension de ses produits sur tous le territoire national.
- L'amélioration de sa performance afin de préserver son image de marque.
- Le positionnement de ses produits sur le marché étranger par l'exportation.
- La diversification de sa gamme de produits par l'innovation.

### 2.2.2.4 Gamme des produits TCHIN\_LAIT

TCHIN\_LAIT a été la première, dans son domaine, à investir dans la production du lait UHT. Elle fait la reconstitution du lait à partir de la poudre de lait et la MGLA par un procédé UHT. Elle s'est aussi engagée également dans la production des boissons lactées pour donner ainsi au lait différents goûts, et la production des jus. Le tableau présente une liste de gamme de produit fabriqué par l'entreprise TCHIN\_LAIT<sup>5</sup>

<sup>5</sup> Site officiel de TCHIN\_LAIT Algérie : <https://www.tchinlait.com>

## Chapitre II : Etude de l'Existant et Contexte de Projet

Tableau 4: Gamme des produits TCHIN\_LAIT

Axe	Catégorie	Type
Lait longue conservation	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lait stérilisé UHT entier, à dominante Rouge</li> <li>- Lait stérilisé UHT partiellement écrémé, à dominante bleue</li> <li>- Lait stérilisé UHT Silhouette écrémé, à dominante verte</li> <li>- Lait stérilisé UHT VIVA partiellement écrémé.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lait entier</li> <li>- Lait partiellement écrémé</li> <li>- Lait Silhouette</li> <li>- VIVA</li> </ul>
Laits aromatisé	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lait stérilisé UHT au chocolat,</li> <li>- Lait stérilisé UHT à la fraise,</li> <li>- Lait stérilisé UHT à la banane,</li> <li>- Lait stérilisé UHT au caramel,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lait goût chocolat «Candy Choco»</li> <li>- Lait goût fraise «Candy fraise»</li> <li>- Lait goût banane «Candy banane»</li> <li>- Lait goût caramel «Candy Caramel»</li> </ul>
Boisson au lait et jus de fruits	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lait additionné de jus de fruits Pêche-Abricot</li> <li>- Lait additionné de jus de fruits Orange-Ananas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Jus «Twist Pêche-Abricot»</li> <li>- Jus «Twist Orange-Ananas»</li> </ul>
Les Twists	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lait additionné de jus de fruits Orange-Fraise-Banane</li> <li>- Lait additionné de jus de fruits Orange-Mangue.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Jus «Twist Orange-Fraise-Banane»</li> <li>- Jus «Twist Orange-Mangue»</li> </ul>
Boissons et jus aux fruits	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Jus de grenade à base de concentré</li> <li>- Boisson à la base de concentré de jus et pulpe de Citron</li> <li>- Boisson à la base de concentré de jus et pulpe d'Orange</li> <li>- Boisson à la base de concentré de jus et purées de fruits.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Jus «Nectar de Grenade»</li> <li>- Boisson «Citronnade»</li> <li>- Boisson «Orange»</li> <li>- Boisson «Cocktails de fruits»</li> </ul>

2.2.2.5 Structure globale de TCHIN\_LAIT :

La Supply Chain de TCHIN\_LAIT est organisée comme suit, TCHIN\_LAIT étant considérée comme l'entreprise focale avec ses trois sites, liés directement aux membres d'échelon 1 (fournisseurs et clients). Nous présenterons plus en détail, les membres de la Supply Chain de TCHIN\_LAIT sur la figure 2-5

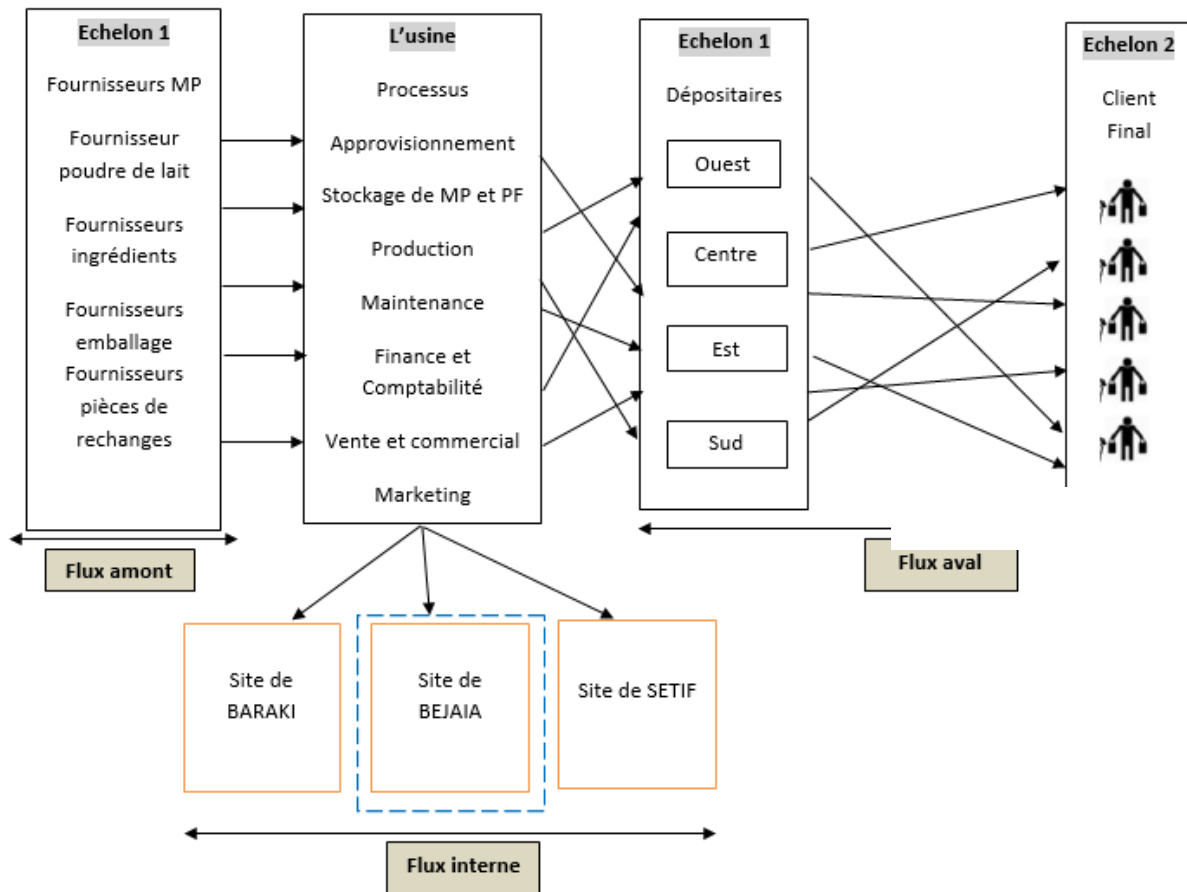


Figure 2-5: Structure de la Supply Chain globale TCHIN\_LAIT

### 2.2.3 Présentation de site de Bejaïa

Le site se situe à BIR SLAM sur la route nationale N°12 à l'entrée ouest de Bejaïa. Cette laiterie moderne est construite sur une superficie de 6.000 m avec un personnel de 580 salariés.

Dans la laiterie on retrouve l'atelier de production et la direction générale, et à proximité on trouve le stock des produits finis et la direction de la SUPPLY CHAIN et d'autres divisions.

Les produits finis se déplacent de l'atelier de production vers les stocks grâce à des camions propres à l'entreprise

Le schéma de la figure 2-6 représente la conception de tout le site :

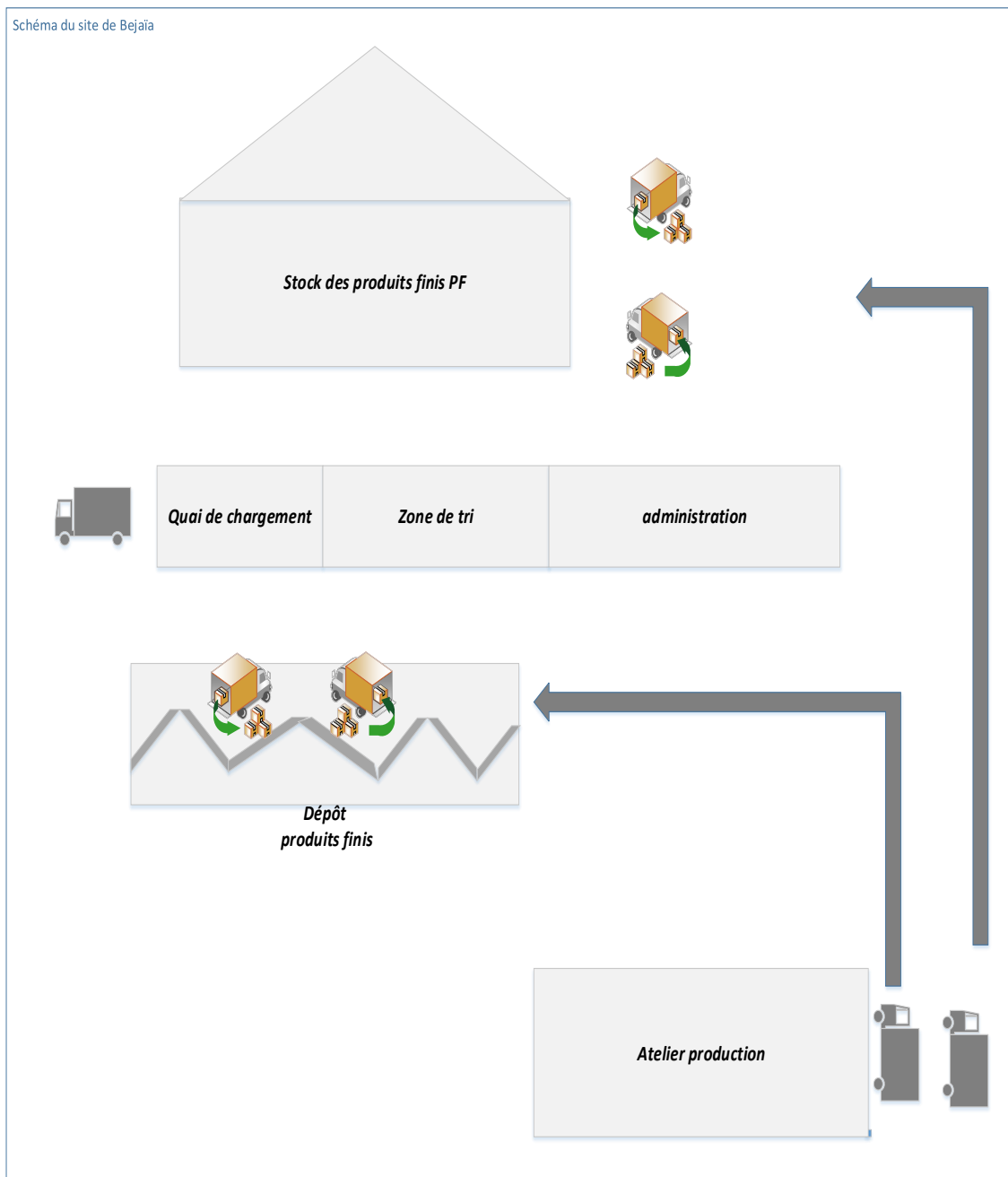


Figure 2-6:Schéma représentatif du site de Bejaïa

### 2.2.3.1 Organisation de la Supply Chain TCHIN\_LAIT

L'organisation de la direction Supply Chain est représentée par un organigramme qui montre les différents services de cette direction comme présenté sur la figure 2-7

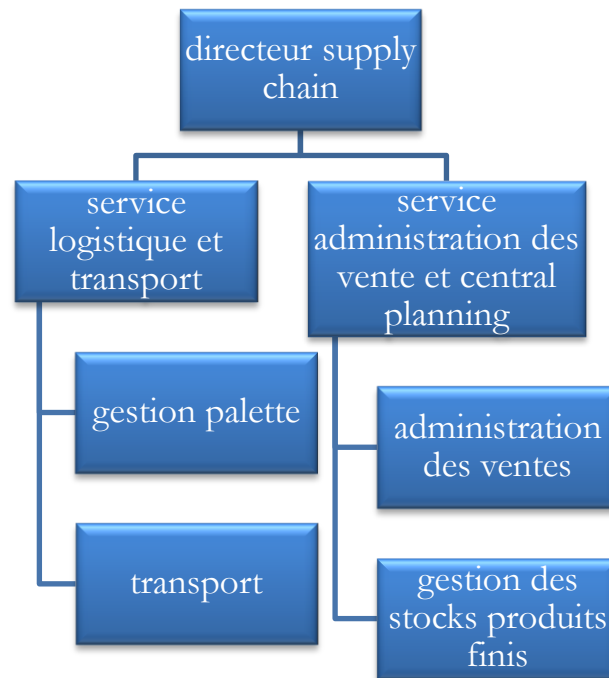


Figure 2-7: Organigramme de département Supply Chain (source département Supply Chain)

La Supply Chain de TCHIN\_LAIT repose sur deux principaux services qui travaillent en étroite collaboration, qui sont :

- **Le service administration des vente et Central Planning :**

Ce service a une place importante dans l'organisation car il a pour mission de calculer les prévisions de vente en prenant en compte tous les aléas et événements (reste en contact avec le service marketing), il gère le flux physique dans le stock PF. Son rôle se résout aussi à la planification de la production à long et moyen termes, la préparation des commandes c'est-à-dire le service reçoit des commandes à (J-1) et s'assure de la disponibilité des produits au niveau du stock au jour (J).

- **Le service logistique et transport :**

Le service logistique et transport a une place importante dans l'organisation, il est chargé de la sélection des dépositaires et assure le transport pour ces dépositaires en travaillant avec des prestataires de service pour la livraison des produits. Il est responsable de tous les transferts internes (entrepôts-atelier production, atelier production-stock PF) dans l'entreprise.



### 2.2.3.2 La structure de la Supply Chain TCHIN\_LAIT

Dans cette partie nous allons présenter la structure de la Supply Chain TCHIN\_LAIT et ses différents acteurs :

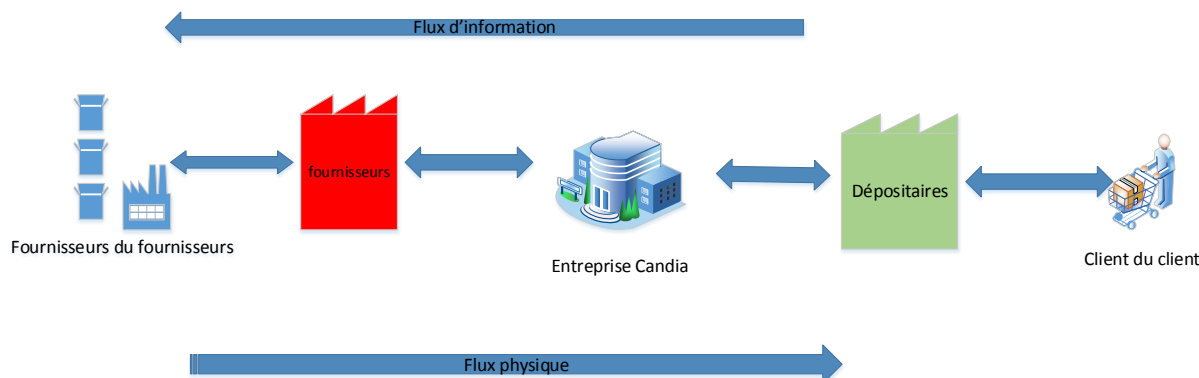


Figure 2-8:schéma illustratif de la structure Supply Chain TCHIN\_LAIT

La figure 2-8 présente la structure de la Supply Chain avec ses différents flux qui sont :

#### - Flux amont :

Le flux amont représente les matières premières qui arrivent à l'usine de production. Chaque matière première est livrée par des fournisseurs, qui eux même s'approvisionnent chez un ou plusieurs fournisseurs :

#### **Fournisseur échelon 1 :**

Les fournisseurs échelons 1 sont les fournisseurs directs de l'entreprise TCHIN-LAIT. Ils sont nombreux vue la diversité des matières premières.

#### - Fournisseurs de poudre de lait :

La poudre de lait est un article stratégique pour l'entreprise Candia, son obtention se fait par le biais des fabricants de poudre de lait et des sociétés de trading.

Ces fournisseurs sont situés en France, en Hollande et dans d'autres pays en Europe.

#### - Fournisseurs des emballages et d'autres ingrédients :

Ce sont les fournisseurs d'arômes, de sucre, de vitamines et de tout ce qui concerne le packaging des produits de Candia. On les trouve au niveau national à Bejaia, Alger, et au niveau international, en France, en Jordanie, en Egypte, en Arabie saoudite, etc....

#### **Fournisseurs échelon 2 :**

Ce sont les fournisseurs des fournisseurs de la poudre de lait. Ils fournissent les ingrédients qui composent la poudre de lait et d'autres matières.

Les fournisseurs « échelon 2 » se trouvent à l'échelle internationale.

#### - Flux interne :

Candia possède un atelier de production pour assurer toute fabrication de ces produits, deux entrepôts de matières premières au niveau de Bejaia : Oued Ghir, Choulag et un stock des produits finis

#### - Flux aval

Le flux aval représente tous les produits sortant de l'usine de production, chaque type de produit peut avoir plusieurs clients ayant chacun d'eux, un certain nombre de clients finals

#### **Clients échelon 1 :**

Ce sont les clients directs avec Candia appelés « dépositaires ». Ils se situent dans toutes les régions du pays afin de couvrir tout le territoire national lors de la distribution.

#### **Clients échelon 2 :**

## Chapitre II : Etude de l'Existant et Contexte de Projet

Ces clients sont les consommateurs ou bien les points de vente, qui permettent l'arrivée de la gamme des produits Candia aux consommateurs.

### 2.2.3.3 Le mouvement des flux physiques au sein de la chaîne logistique :

La chaîne logistique de Candia est constituée de plusieurs processus dont les flux d'informations et physiques circulant entre eux.

Les matières premières de l'entreprise proviennent des fournisseurs locaux et étrangers. L'achat des MP permet de couvrir les besoins des deux entrepôts de Candia en termes de matières premières. Ces entrepôts alimentent le site de production en transférant les matières premières au stock tampon par des camions.

Une fois l'ordre de fabrication est lancé, les matières premières nécessaires vont passer par les lignes de production (4 lignes) selon le programme de production pour subir une transformation qui donnera par la suite lieu à une panoplie de produits finis

Les palettes PF seront transportées par des camions vers le stock quarantaine ou ils séjourneront pendant trois jours (le temps d'avoir le résultat du laboratoire) pour passer par la suite au stock PF.

Selon le programme de commande, les produits finis vont quitter le stock PF pour être placés dans des camions et livrer aux dépositaires.

Le schéma de la figure 2-9 représente la chaîne logistique et le mouvement des flux physiques au sein de cette chaîne.

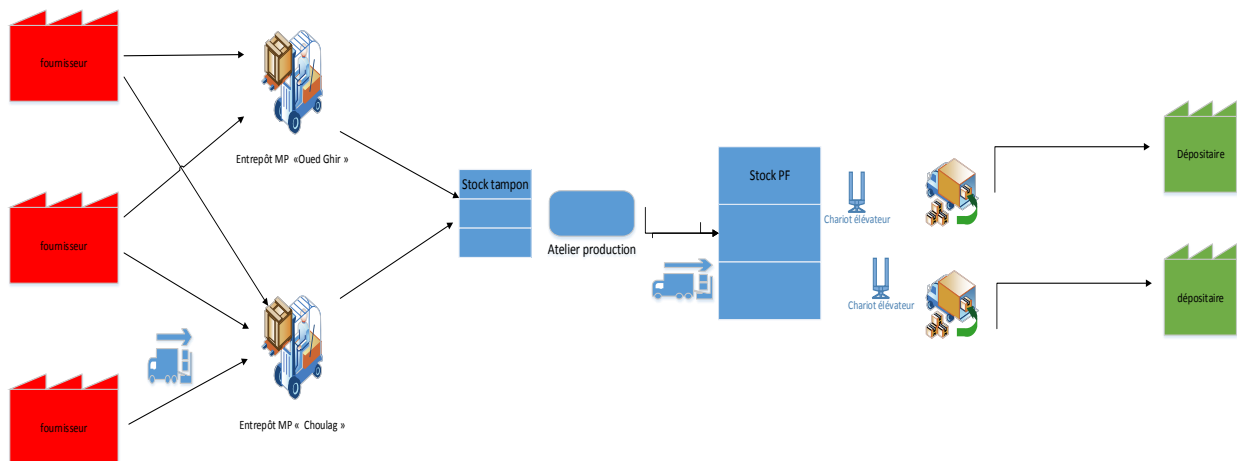


Figure 2-9: la circulation de flux physique au sein de site

### 2.3 Etat des lieux :

Dans cette partie, nous allons décrire les magasins de stockage des MP et PF et l'atelier de production du site de Bejaïa.

#### 2.3.1 Atelier de production :

La production est définie comme étant une transformation de ressources appartenant à un système productif et conduisant à la création de biens et de services.

Dans l'entreprise TCHIN-LAIT Candia, la production est assurée par la présence de (04) lignes de production identiques placées en parallèle pour produire en masse - c'est-à-dire fabriquer de grandes quantités de produits avec un niveau d'automatisation très élevé.

L'atelier est doté d'un équipement très moderne et de grande capacité. Les installations de ces équipements ont été mises en place par la société française Tétra pack.

Ces équipements de très haut niveau, nécessitent de la maintenance afin de minimiser tout risque de pannes. C'est pourquoi, TCHIN\_LAIT Candia s'est engagée dans une démarche de maintenance en appliquant deux types de maintenance.

- 1- La corrective : son but est de contrôler le bon fonctionnement des machines
- 2- La préventive : elle se fait pour réduire la probabilité de défaillance

La maintenance est prise en charge par les techniciens du service maintenance, mais dans le cas d'une panne complexe TCHIN\_LAIT fait appel aux techniciens du groupe Tétra Pack.

##### 2.3.1.1 Les étapes de Processus production

Pour assurer la production et obtenir les produits de TCHIN\_LAIT-Candia, il faut passer par les quatre étapes suivantes :

##### - Préparation de mélange :

La première phase consiste à préparer les matières premières nécessaires. En effet, on mélange ces matières avec de l'eau traitée avec un mixeur puis mettre ce mélange dans des cuves.

##### - Traitement :

Une fois le mélange prêt, il passe par deux stérilisateurs (un stérilisateur et le tank stérile) afin de traiter le lait. Cette phase permet la destruction de tous les micro-organismes par la haute température de 114°C. A ce moment on parle de lait UHT.

##### - Conditionnement :

Pour permettre aux clients de consommer la panoplie de produits de Candia, le lait stérilisé doit passer par des conditionneuses pour le mettre dans des briques alimentaires en carton.

##### - Sur emballages

Le sur emballage est la phase finale. En effet, pour que les briques de lait soient prêtes, il suffit de placer les bouchons et les pailles pour les petits formats.

Cette étape se fait de manière automatique à l'aide de machines, qui vont faire fondre la colle pour bien placer les bouchons.

### 2.3.2 Entrepôt des produits finis:

Le stockage des produits finis a lieu dans un entrepôt propre à l'entreprise Candia, situé à **BIR SLEM** à proximité du site de production. Ce hangar peut supporter environ 5500 palettes.

On trouve dans le stock tous types de produits fabriqués par l'entreprise avec un système de stockage par rack. L'emplacement des palettes des produits finis est assuré par quatre (04) magasiniers du stock P.F à l'aide de deux (02) chariots élévateurs.

Chaque palette présente dans le stock est dotée d'une étiquette du logiciel LOGITRACK.<sup>6</sup> Cette étiquette est la pièce d'identité de la palette c'est-à-dire on trouve sur cette dernière la référence, le numéro de lot, la date de fabrication et de péremption.

### 2.3.3 Entrepôts des matières premières:

TCHIN\_LAIT Algérie possède ses propres entrepôt de stockage de matières premières, elle adopte une gestion de multi-entrepôts (deux entrepôts et quatre chambres froides).

Ses entrepôts sont situés au niveau de Bejaia afin d'alimenter le site de production.

Le premier entrepôt est situé géographiquement à **Oued Ghir** à quelques kilomètres du site de production, c'est un bâtiment de trois(03) étages plus le rez-de-chaussée. Le local accueille tous types de matières premières (poudres, emballages, autres ingrédients)avec une capacité de 30 000 m<sup>3</sup>, les articles sont stockés sur le sol sauf pour les emballages, leurs mode de stockage est sur racks.

Le deuxième entrepôt est celui de **CHOULAG** avec une superficie de 3200 m<sup>2</sup>, et un volume de 15000m<sup>3</sup>.Les articles présents dans l'entrepôt sont les barquettes et la colle, qui sont stockés sur le sol par lot, et par arrivage.

Le site de production comporte quatre (04) chambres froides dont une est à la fois une chambre froide et chaude, ces CF vont permettre de conserver les bases de jus sur une température qui varie entre 2°C et 6°C et avec une capacité de 500m<sup>3</sup>.

La gestion des stocks matières premières est assuré par une équipe qui est constituée de : responsable de gestion des matières premières, magasiniers et chauffeurs. Pour faciliter le travail de cette équipe, les entrepôts dispose de ressources matérielles : les (02) chariots élévateurs, (02) transpalettes.

Chaque article présent dans l'un des entrepôts ou chambre froide dispose d'une étiquette identificatrice et unique fourni par le logiciel LOGITRACK qui va fournir toute les informations (référence, numéro de lot, date de fabrication et péremption et code barre) afin d'avoir une meilleur visibilité et traçabilité sur tous les stocks de MP.

Les matières premières de Candia sont d'une grande diversité, pour cela on a essayé de les classer selon leurs types en trois(03) familles, dans chaque famille on retrouve un ensemble de matières premières.

La figure 2-10 présente toutes les références MP par famille :

---

<sup>6</sup>LOGITRACK Progiciel propre à l'entreprise pour la gestion des entrepôts, il permet d'avoir une traçabilité sur les flux logistiques

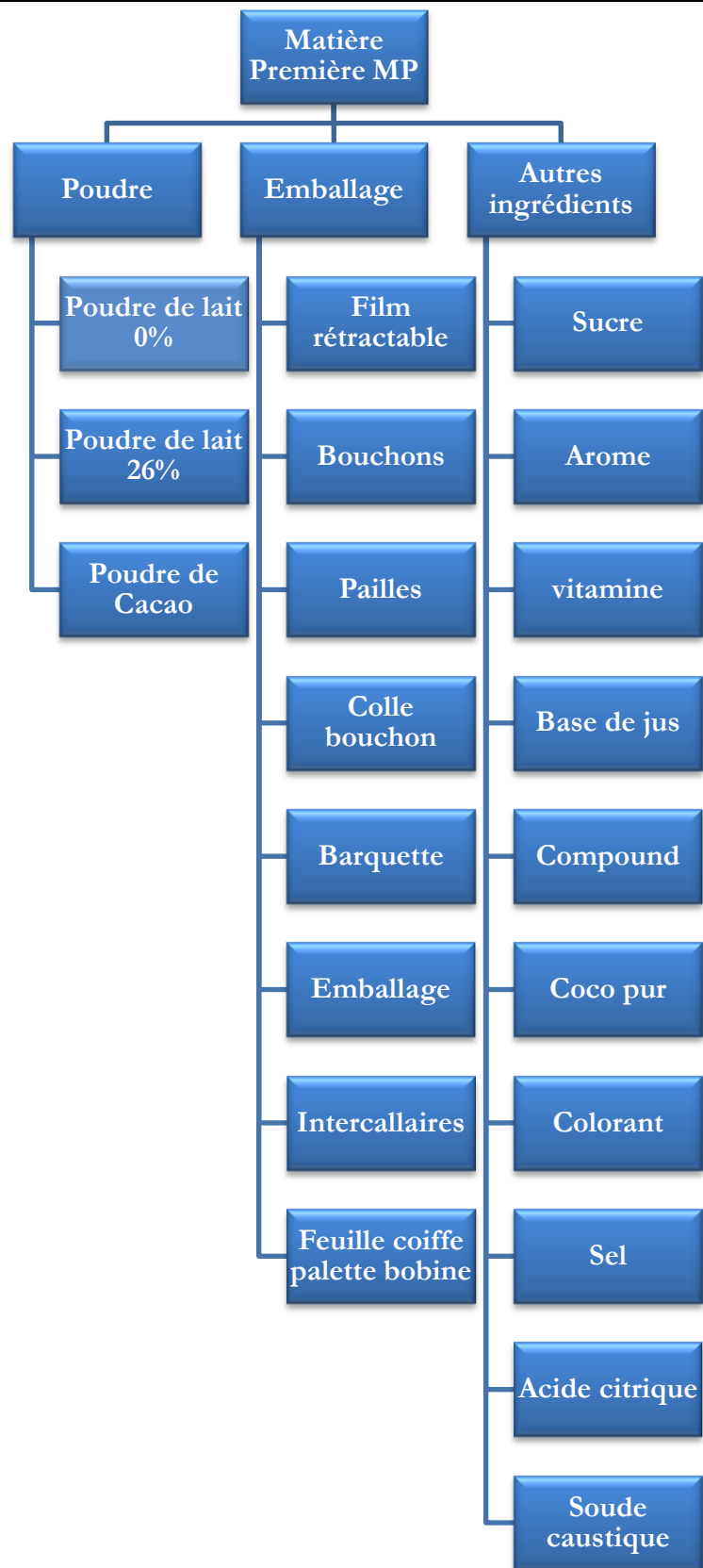


Figure 2-10: Référence des MP par famille

### 2.4 Diagnostic logistique

Dans le but de faire une analyse de la Supply Chain de TCHIN\_LAIT et d'évaluer sa performance et détecter les éventuelles dysfonctionnements, il nous est indispensable de faire un diagnostic, afin de pouvoir cerner au mieux les différents processus ainsi que les interactions entre eux.

Le diagnostic qu'on a mené au sein de TCHIN\_LAIT, a été fait, en se basant sur le référentiel d'évaluation de la performance logistique ASLOG<sup>7</sup>.

Selon un travail d'audit réalisé au sein de l'entreprise Buttiens Fruits, une étude de comparaison entre les référentiels d'audit (SCOR, AFNOR, ASLOG, SCM SCALE) a donné lieu à un graphe qui vient montrer le positionnement de chaque référentiel par rapport à la focalisation du local vers l'international et d'une autre part le positionnement entre les axes de production et de distribution. [DARTEVELLE, 2016]

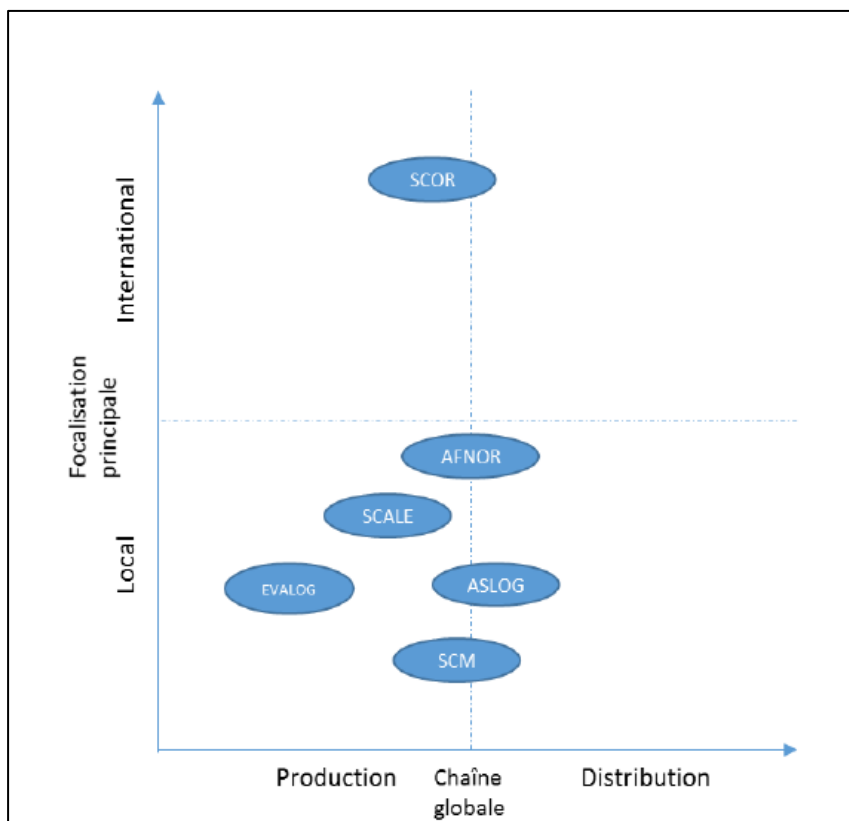


Figure 2-11: Positionnement des référentiels

<sup>7</sup> ASLOG : Association Logistique française

On voit bien que le référentiel ASLOG est mieux adapté aux entreprises locales et se positionne entre la production et la distribution.

Pour cela notre choix s'est porté sur le référentiel ASLOG car il est destiné aux grandes entreprises locales ce qui est le cas pour TCHIN\_LAIT, et il met en avant les processus de la Supply Chain.

Ce dernier est un référentiel logistique conçu par l'Association Française pour la Logistique, qui a pour vocation d'aider les entreprises à analyser, diagnostiquer et améliorer la performance de leur Supply Chain et juger de la pertinence de leurs systèmes logistiques.

Le référentiel de la performance logistique de ASLOG apporte une aide aux entreprises désireuses de bâtir une démarche d'amélioration continue, avec l'objectif d'atteindre le niveau d'excellence et de mettre en place les bonnes pratiques de la logistique.

Ce référentiel compte 124 questions orientées Supply Chain réparties sur dix chapitres. Chaque chapitre est constitué de plusieurs sous chapitres, qui sont eux même constitué d'une à plusieurs questions, qui permettent de mesurer la performance logistique de manière précise et uniforme quel que soit l'environnement observé, pour acquérir les compétences nécessaires à l'exploitation. Il touche divers aspects de la logistique, afin d'en analyser les principaux processus à savoir le management, la stratégie et la planification, la conception et projet, la production, le stockage, les ventes et service après vente, et d'en évaluer la performance globale, et proposer un plan d'amélioration.

L'objectif majeur de ce diagnostic est de connaître l'état réel d'une entreprise et vérifier si elle est capable de prendre des mesures pour réaliser les objectifs envisagés. Il vise également, à traiter un dysfonctionnement d'organisation et à améliorer la performance de l'entreprise. Et pour bien mener le diagnostic, nous avons utilisé les outils suivants qui nous ont aidés lors du recueil des informations :

- **Documents formels** : issus du système d'information formel de l'entreprise.
- **Observation en temps réel** : analyse de l'organisation et observation des comportements du personnel.
- **Entretiens** : avec les cadres dirigeants de l'entreprise.

En faisant ce diagnostic, nous nous sommes basées sur les 5 processus clés de la chaîne logistique, qui sont l'approvisionnement, la logistique, le stockage et la planification ainsi que la production.

Les différentes questions posées au cours de ce diagnostic, qui s'est déroulé sur deux périodes de durée d'une semaine chacune au sein du siège de l'entreprise à Bejaïa, et les réponses des responsables des services concernés seront présentées ci-dessous.

### 2.4.1 Le processus d'approvisionnement :

Processus	Questions posées
<b>Approvisionnement</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- quelle stratégie d'approvisionnement vous adaptez pour acquérir les biens (matière première, pièce de rechange ...) ?</li> <li>- Sur quelles bases (fréquence, moment) seront déclenché les commandes et en quelle quantité ?</li> <li>- Comment faites-vous l'inventaire ?</li> <li>- Comment se déroule le processus de prise de commandes des Matières premières ?</li> <li>- Le choix et la sélection des fournisseurs se fait sur quelle bases ? (les critères)</li> <li>- Ou ils sont situés vos entrepôts et quelles est leur capacités ?</li> <li>- Quel est le mode d'emplacement utilisé lors du stockage de MP ?</li> <li>- Sur quelle base vous jugez la fiabilité de vos prévisions d'approvisionnement ?</li> </ul>

Le processus d'approvisionnement nécessite une maîtrise des flux entrants qui sont par la suite transformés en produits finis prêts pour la commercialisation.

Il repose sur la coordination du processus de commande pour que les livraisons s'accordent au mieux avec le processus de production et distribution de l'entreprise.

L'approvisionnement chez Candia comporte deux volets :

- Achat des matières premières :

Le choix des fournisseurs est effectué à ce niveau. Ce processus possède une base de données des fabricants des matières premières (surtout la poudre de lait) agréés. Pour la sélection des meilleurs fournisseurs, l'entreprise Candia suit la démarche présentée sur la figure

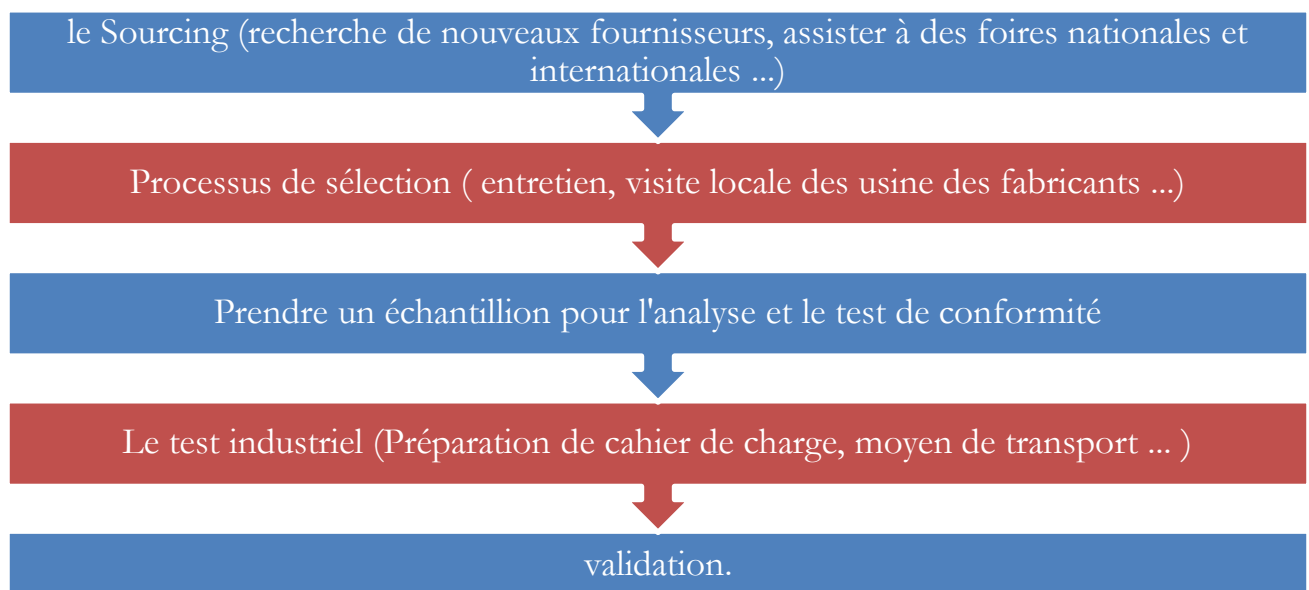


Figure 2-12:La procédure des Achats MP



Une fois cette procédure est validée, le choix des fournisseurs n'est pas encore confirmé car le prix s'instaure pour trancher entre les fournisseurs sélectionnés

L'entreprise Candia préfère travailler en partenariat avec les sociétés de trading qui sont-elles même en relation avec les fabricants des matières premières vue la facilité de paiement surtout en matière de délais.

La direction revoit le programme prévisionnel de la production annuelle pour déterminer les besoins en termes de matières premières, et par la suite lancer la procédure d'achat chez les fournisseurs agréés

Les négociations sont effectuées à l'année c'est-à-dire que les contrats sont établis pour une année surtout pour la poudre de lait qui représente le produit stratégique de TCHIN\_LAIT Candia.

- La gestion des stocks matières premières

Ce processus assure la planification des matières premières afin d'éviter les ruptures de stock ou leurs stockages des matières premières mais aussi détermine la périodicité et le volume des commandes internes et leur suivi.

### 2.4.2 Processus de production :

Ce processus consiste à transformer les matières premières en produits finis, en passant par des étapes bien déterminées en termes de temps et quantités. Les opérations se font sur 4 lignes de production parallèles de capacités différentes, équipées de matériels et de machines modernes et en très bon état. La stratégie de production adoptée est « Make To Stock »(MTS). En effet, l'entreprise fabrique pour alimenter des stocks suite à la planification et la maîtrise des commandes.

### 2.4.3 Processus de stockage :

Processus	Questions posées
Stockage PF	<ul style="list-style-type: none"><li>- Où se situe l'entrepôt de stockage des PF et quelle est sa capacité ?</li><li>- Quelle le nombre moyen des palettes de PF entrantes et sortantes de l'hangar PF ?</li><li>- Quels sont les différents coûts qui sont générés par le stockage ?</li><li>- Quelle est la stratégie d'emplacement des produits et les systèmes utilisés ?</li><li>- Quel est votre point de commande,</li><li>- Quel est le nombre d'effectif au niveau de l'hangar PF ?</li><li>- Quel est le taux de possession des stocks ?</li></ul>

Comme l'entreprise TCHIN LAIT fait partie des industries agroalimentaires, le processus de stockage a une grande importance au sein de cette entreprise. Dans cette phase logistique l'entreprise essaye de protéger les produits finis et matières premières en les gardant dans de bonnes conditions vu la sensibilité de ses produits agroalimentaire.

Une fois les produits arrivent en stock, ils seront ranger d'une façon à ne pas être dégradé en terme de qualité, mais aussi bien ranger pour la sécurité des magasiniers.

Les magasiniers utilisent le logiciel LOGITRACK pour la gestion des flux physique dans les aires de stockage. Chaque palette entrante au stock est enregistrée dans le système grâce à un TP, c'est-à-dire chaque magasinier possède un TP et avec cet outil ils arrivent à scanner l'étiquette de la palette pour montrer qu'elle existe dans le stock. Une fois transférée au site de production, cette palette va être scannée une autre fois pour montrer qu'elle a quitté le stock et elle est en voie de transport vers la production. Ce logiciel permet d'avoir une meilleure visibilité sur ceux qui sont en stocks.

Le suivi de l'état des stocks est assuré par un inventaire hebdomadaire réalisé avec le responsable de l'approvisionnement pour les stocks amont, et avec le responsable de la gestion des stocks pour les stocks aval afin de faire le point sur les quantités stockées, les emplacements des produits et leur sécurité.

### 2.4.4 Processus Logistique (Distribution et Transport):

Processus	Questions posées
<b>Logistique (Distribution et Transport)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Est-ce que c'est plus rentable d'assurer le transport pour ses dépositaires ?</li> <li>- Comment avoir une visibilité sur le produit quand il est chez les dépositaires ?</li> <li>- Est-ce qu'il y'a des exigences pour les dépositaires s'il assure eux même le transport ?</li> <li>- Temps de transport des matières premières entre le site et l'entrepôt ?</li> <li>- Quel est le temps de transport des P.F entre le site et le stock des P.F ?</li> <li>- Quel est le taux de remplissage de la flotte lorsque le transport est assuré par l'entreprise ?</li> <li>- Quel est le temps moyen de préparation d'une commande ?</li> <li>- Quel le nombre de dépositaires livrés par jour ?</li> <li>- Quel le nombre des véhicules de la flotte propre. ?</li> </ul>

Le rôle de la distribution est de couvrir tout le territoire national par les différents produits laitiers de l'entreprise Candia, et pour réussir ce maillon logistique, la distribution est gérée par le service forces de vente et commercial.

La stratégie de distribution pour TCHIN LAIT est axée sur les dépositaires qui sont l'intermédiaire entre l'entreprise et le grossiste, point de vente et client final (consommateur), répartis sur tout le territoire national. L'entreprise livre ses dépositaires par deux façons :

- La livraison directe c'est-à-dire c'est l'entreprise qui assure le transport pour les dépositaires en travaillant avec des prestataires de service pour transporter sa commande au lieu souhaité.
- La livraison indirecte où les dépositaires assurent eux même le transport pour leurs commandes.

Lors de notre entretien<sup>8</sup> avec le responsable du service logistique et transport, les critères de sélection des dépositaires ci-dessous nous ont été fournis :

1-Chaque dépositaire doit posséder un air de stockage conforme aux exigences de qualité et sécurité.

2-Les dépositaires doivent avoir un fond bien déterminé afin d'éviter des problèmes lors du paiement.

Comme cité auparavant, ces dépositaires font la liaison entre l'entreprise et le consommateur. Pour avoir une visibilité sur l'état des produits dans les stocks de ses dépositaires, Candia a adopté une stratégie qui consiste à mettre un animateur pour chaque groupe de dépositaires de la même région pour contrôler si les produits sont stockés dans de bonnes conditions au niveau des stocks des dépositaires.

Ce suivi est assuré par la force de vente afin d'avoir une traçabilité sur leurs produits mais aussi récolter des informations sur la demande et les tendances du marché.

### 2.4.5 Processus de planification :

Processus	Questions posées
Planification	<ul style="list-style-type: none"><li>- Comment enregistrez-vous les commandes clients?</li><li>- Comment établissez-vous les PDP<sup>9</sup> ?</li><li>- Est-ce que les délais et les prix sont négociables ?</li><li>- Comment définissez-vous les demandes prévisionnelles?</li><li>- Quand est ce que vous lancez des promotions?</li></ul>

La planification dans cette entreprise est la démarche qui consiste à élaborer des PDP dans le but d'avoir un équilibre entre la demande et l'offre en tout point de la Supply Chain.

Cette mission est assurée par l'administration des ventes et le central planer. Lors de notre entretien<sup>10</sup> avec lui, le responsable du service nous a décrit la démarche de la planification.

Chaque année un PDP annuel est élaboré en tenant compte de l'historique des ventes des années précédentes et des contraintes externes (les nouvelles lois établies par l'état, les tendances du marché, le pouvoir d'achat des consommateurs, etc.)

Cette production annuelle est ensuite éclatée en productions mensuelles donnant lieu à des PDP mensuels.

Selon le directeur Central planer<sup>11</sup>, une réunion se déroule chaque mercredi en présence de tous les responsables (approvisionnement, production, logistique et transport, force de vente) pour éclater et réajuster les PDP mensuels en programmes hebdomadaires.

<sup>8</sup> Entretien : 20 Février 2018 à 10h

<sup>9</sup> PDP : Plan Directeur de Production, il définit les produits et les quantités fabriqués pour les semaines à venir.

<sup>10</sup> Entretien : 20 février 2018 à 14h

<sup>11</sup> Entretien : 7 Mai 2018 à 9h

### 2.4.6 Les dysfonctionnements détectés

Les résultats du diagnostic, nous ont permis d'identifier essentiellement les deux dysfonctionnements ci-dessous au niveau de la Supply Chain de l'entreprise Candia:

- La mauvaise définition et configuration de la Supply Chain de l'entreprise c'est à dire pour TCHIN LAIT, la Supply Chain représente que la partie logistique (distribution et transport), tandis que la Supply Chain regroupe tous les processus et les acteurs (amont et aval) qui participent à la livraison des produits depuis les matières première de chez les fournisseurs jusqu'aux clients finaux.
- L'absence d'indicateurs de performance pour l'évaluation de la Supply Chain.
- La non-exploitation des capacités réelles de production.
- La surface de l'espace de stockage PF limité, ce qui bloque la production.

## 2.5 Problématique

Après avoir présenté l'état de l'art de la Supply Chain et le SCM, sa configuration, et modélisation ainsi que le diagnostic mené au sein de l'entreprise et les dysfonctionnements détectés au niveau de sa Supply Chain, nous allons à présent énoncer la problématique à traiter et la méthodologie de travail à suivre.

Dans le but de garder sa place de « leader » dans le marché des laits UHT, l'entreprise TCHIN\_LAIT Candia souhaite évaluer sa Supply Chain afin d'avoir des réponses sur la question principale suivante :

**« Comment évaluer la performance de toute la Supply Chain afin de l'améliorer prédire son comportement dans le futur ? »**

Et suite à des entretiens avec les responsables de l'usine, nous avons pu découler les questions secondaires suivantes :

- Quel sera le comportement de chaque maillon de la Supply Chain, si elle sera dans une situation X donnée, et comment réagir pour faire face à cette situation ?
- Que se passera-t-il aux niveaux des stocks si la demande client augmente ?
- Que se passera-t-il si on change les lots de production ?
- Que se passera-t-il si on investit dans de nouvelles machines, camions... ?

Les réponses à ces questions vont permettre à l'entreprise TCHIN\_LAIT de connaître le comportement dynamique de chaque composant de la Supply Chain et de prédire son comportement

Par conséquent, afin de mesurer et évaluer la performance de sa Supply Chain, la modélisation des processus et des différents maillons de la Supply Chain et la construction d'un modèle permettant de faire la simulation pour voir le comportement de la chaîne dans le futur s'avère primordiale.

La démarche suivie afin de proposer une solution à cette problématique se présente comme suit :

- Dans un premier lieu : analyser le problème, en effectuant des visites du site et des entretiens avec les responsables de chaque service afin de collecter les données et mettre en place une cartographie des flux pour pouvoir visualiser l'état actuel.
- Ensuite on passera à la modélisation de la Supply Chain par la méthode des Réseaux de Petri qui permettra la vérification du comportement dynamique de notre système qui est classé comme un système à évènements discrets.
- Après cette étape, on entamera la programmation et la construction du modèle sous le logiciel de simulation des flux WITNESS. Il va falloir à ce niveau insérer les différents éléments et les paramétrer en changeant leurs descriptions, afin d'avoir une modélisation informatique de notre cas réel.
- Une fois le modèle est implanté sous le logiciel WITNESS, on devra le valider. Pour ce faire, on génère des scénarios sur la situation actuelle afin d'apercevoir la cohérence entre le système réel et le système sous le logiciel WITNESS, d'où la validation du modèle
- Enfin on génère plusieurs scénarios correspondant à différentes situations que l'entreprise pourrait envisager, et on note le comportement des maillons de la Supply Chain, afin d'anticiper le futur et prévoir les actions à mener.

Cette démarche permet également d'évaluer la performance de la Supply Chain, grâce aux inducteurs fournis par les résultats et les rapports de la simulation, qui vont permettre la détection des configurations peu performantes et la mise en place de mécanisme et des actions pour les améliorer.

Avoir un tel modèle et pouvoir faire la simulation, permettront à l'entreprise le bon pilotage de ses ressources et ses processus. Grâce à cette technique l'entreprise aura les informations concernant ses activités et les paramètres sur lesquelles elle doit agir pour optimiser ses ressources et améliorer les performances de toute sa Supply Chain.

### **2.6 Conclusion :**

A la fin de ce chapitre, nous avons une bonne connaissance de l'entreprise TCHIN LAIT, de ses activités et du contexte dans lequel elle évolue.

A travers ce chapitre, nous avons pu faire un état des lieux (production, entrepôts MP, Stock PF), et cerner notre problématique à partir des résultats du diagnostic.

Le dernier chapitre sera consacré à la résolution de notre problématique, qui portera sur la construction d'un modèle de simulation sous le logiciel WITNESS.

---

## **CHAPITRE III**

---

### PROPOSITION ET APPLICATION DE LA SOLUTION

### 3 Chapitre III

#### Introduction

Ce chapitre sera consacré à la résolution de la problématique annoncé plus haut, il s'agit du développement de modèle de simulation et la génération des différents scenarios pour voir le comportement de la Supply Chain si elle fera face à des situations pareilles.

Pour mettre en place la solution, on va suivre la méthodologie générale pour la réalisation d'une simulation, cette méthodologie nous permettra de garder le fil conducteur tout au long de la simulation. Rappelons qu'une simulation se déroule en quatre étapes qui sont :

- 1- Analyse de Problème
- 2- Modélisation et Programmation
- 3- Expérimentation sur le Modèle
- 4- Rapport et Conclusion

#### 3.1 Analyse de problème

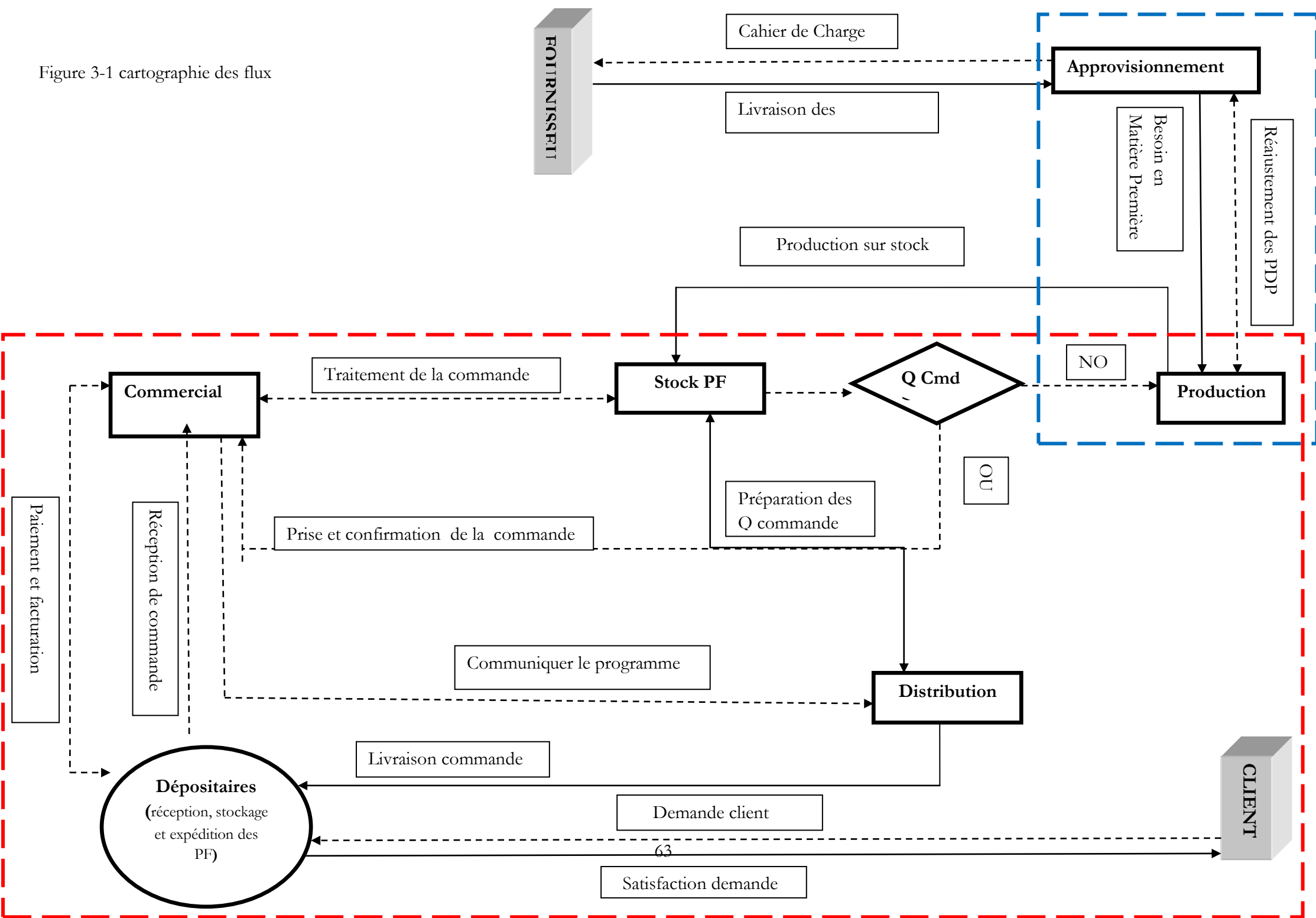
L'entreprise TCHIN\_LAIT vise à mesurer la performance de sa Supply Chain afin de l'améliorer, et pour ce faire on leur propose un outil très pertinent et très répandu dans des industries analogues qui est la simulation.

##### 3.1.1 Cartographie des flux :

Modéliser les différents processus de la chaine logistique et la circulation de flux physique au sein de système nécessite une étude approfondie du terrain et une bonne connaissance des activités de chaque maillon de la Supply Chain, c'est pourquoi une cartographie des flux doit être bien établie et mise en place. La figure 3-1 présente la cartographie des flux de l'entreprise.



Figure 3-1 cartographie des flux



A partir de cette cartographie, on peut bien préciser le périmètre de notre travail et définir les parties qu'on va modéliser et simuler par la suite.

Les maillons qui sont encadrés en trait discontinu rouge représentent la partie principale de notre modèle, qui est le modèle globale incluant la production, le stock PF la prise et préparation de commande et la logistique.

Le maillon d'Approvisionnement et production seront modélisés ensemble pour voir l'impact de changement des lots de production sur les méthodes et les modes d'approvisionnement ainsi que le transfert des MP des entrepôts de stockage vers le stock tampon

### 3.1.2 Collecte de données de modèle

Une grande quantité de données qui a été inséré dans les modèles de WITNESS, ces données évoluent avec l'évolution de système dynamique tout au long de la simulation. La grande majorité des valeurs numériques se retrouve dans les éléments de modèle, comme attribut ou variable. Cependant, on a fait appel à l'utilisation de bases de données<sup>12</sup> externes à la simulation pour le calcul des KPI et la vérification des conditions, et pour afficher les résultats désirés plus facilement.

#### Les paramètres

Ce sont les différentes valeurs numériques qu'on a inséré dans le modèle WITNESS, lors de paramétrage des éléments, ces paramètres servent à la génération des différents scénarios. Les tableaux ci -après représentera les différents paramètres ainsi que leur signification.

Certaines valeurs numériques sont données en tant que moyennes, et ces dernières ont été calculées à partir des PDP et données internes de l'entreprise.

On a obtenu les données des tableaux suivants par l'analyse des différentes données qu'on a pu récupérer de l'entreprise à savoir les PDP (voir Annexe 1 ? 2 et 3), les rapports de base de données de LOGITRAK pour les stocks, les sorties de la production, les demandes des dépositaires ainsi que la capacités des lignes de production et les capacités de stockage des différents entrepôts.

---

<sup>12</sup> Bases de données externe : le progiciel LOGITRAK et EXCEL

## Chapitre III : Proposition et Application de la Solution

Tableau 5 : Capacité de stockage des entrepôts MP et PF

Capacité de stockage des entrepôts en Palette					
	Entrepôt OUED GHIR	Entrepôt CHOULAK	Stock tampon production	Hangar PF	Chambre froide
Stock MP	3200	3200	15	-	-
Stock PF	-	-	-	5500	695

Tableau 6 capacité maximale de production des lignes de production

Capacité Max de production par ligne/heure				
Ligne (conditionneuse)	SPEED 1L <sup>13</sup>	SPEED 200ml <sup>14</sup>	CFA 310 <sup>15</sup>	CFA1 312 <sup>16</sup>
Capacité Max (litre/heure)	15 000	24 000	15 000	12 000

Tableau 7 les quantités produites par jour

Capacité de production par ligne/jour			
Lignes (conditionneuse)	Quantité produite (litre)	Durée de NEP <sup>17</sup> (heure)	Références (famille de produits)
SPEED 1L	210 000	4	Laits blancs
SPEED 200ml	280 000	4	Candy CHOCO
CFA 310	105 000	4	Boissons
CFA 312	115 000	4	Laits blancs + Boisson

<sup>13</sup> SPEED 1l : nom de la première ligne de production

<sup>14</sup> SPPED 200ml : nom de la deuxième ligne de production

<sup>15</sup> CFA 312 : nom de la troisième ligne de production

<sup>16</sup> CFA 310 : nom de la quatrième ligne de production

<sup>17</sup> NEP : durée de nettoyage pour le changement de série

Tableau 8 Récapitulatif des paramètres des références

Par amè tre  s	Cycle de producti on  (30h)	Quantité produite  (litre)		Niveau de stock PF/ semaine  (palette)	Durée de séjour en stock PF  (rotation de stock)  (jour/moi s)	Nombre moyen de palette sortante de stock PF		La demande/ semaine	
		/ semaine	/cycle			/semaine	/jour	/litre	/palette
<b>Références</b>									
TWIST 1L	1	44 000	44 000	60	7	15	5	11 000	15
TWIST 200ml	2	100 000	50 000	15	16	138	8	100 000	138
CHOCO 125ml	3	750 000	250 000	120	2	1040	5	750 000	1040
Demi- écrémé	5	1 900 000	380 000	100	2	7 000	-	1 900 000	7 000
VIVA	2	50 000	25 000	70	7	18	-	50 000	70
Silhouette	1	44 000	44 000	25	10	13	-	44 000	60
CANDYFrai se	1	9 000	9 000	30	15	10	-	9 000	12
BOISSONS	1	7 000	7 000	20	8	8	-	7 000	10
ENTIER	2	12 000	6 000	50	7	14	-	12 000	16

Tableau 9 calcule de nombre de cycle de production

La ligne	Source donnée	PDP 1	PDP2	PDP 3	PDP 4	PDP 5	Moyenne/semaine	Moyenne des palettes /semaine
	référence							
SPEED 200ml	CANDY CHOCO	100	130	70	122	98	90	62
	TWIST 200ml	44	68	80		45	59	40
	CANDY Fraise	30				30	30	20
CFA 310	TWIST 1l	30	42				36	20
	VIVA	30	20			40	30	20
	Demi-écrémé	30			50	18	32	30
	BOISSONS	27	30		31	25	30	40
SPEED 1l	Demi-écrémé	160	150	130	145	162	150	225
CFA 312	Entier	59		58	61	60	60	60
	Demi-écrémé	27			31	30	30	20
	VIVA	60	58	60			60	50
	Silhouette		30		26	32	30	40

## Chapitre III : Proposition et Application de la Solution

---

Cette étape de collecte de donnée nous a permis d'identifier les paramètres nécessaires pour le paramétrage de modèle sur le logiciel WITNESS, à savoir :

- Les capacités de production de chaque ligne
- Le cycle de production de chaque référence qui varie entre 1, 2, 3, 4 à 5 cycle de 30h par semaine.
- Les capacités de stockage des différents entrepôts (MP et PF)
- Le temps d'arrivée des MP en stock tampon de la production.
- La quantité produite réelle et prévisionnelle pour chaque référence sur chaque ligne sur une semaine.
- Le taux de rebus dans la production pour chaque référence.
- La durée de séjour de produit fini en stock quarantaine pour chaque référence et stock PF avant sa livraison.
- Le nombre moyen des produits (le pourcentage) de qualité non conforme et produits de qualité conforme après le test laboratoire.
- Le niveau de stock PF hebdomadaire pour chaque référence.
- Le nombre (moyenne) de palette sortante de stock PF vers les dépositaires pour chaque référence par jour et par semaine.
- La demande hebdomadaire et journalière sur chaque référence.
- Le nombre de camion qui assure le déplacement des produits finis de l'atelier de production vers l'hangar PF.
- Nombre de magasinier/ chariot et moyen de manutention dans le stock PF.
- Les niveaux de stock des dépositaires et leur point de relance.
- Le nombre moyen des commandes livrées par jour.

A la fin de construction de modèle, on va agir sur ces paramètres pour générer des scénarios et voir le comportement de la Supply Chain de l'entreprise pour pouvoir prévoir des actions à mener si elle va se retrouver dans une telle situation dans le futur.

### 3.2 Modélisation et Programmation

#### 3.2.1 Modélisation

##### 3.2.1.1 Les éléments de la modélisation

Le modèle conceptuel comporte les maillons de système physique, constitué dans notre cas de 4 processus<sup>18</sup> et d'un système de pilotage qui, en fonction de l'état du système, et des règles de gestion, génère des décisions et établit des plannings. La figure n précise les éléments de système.

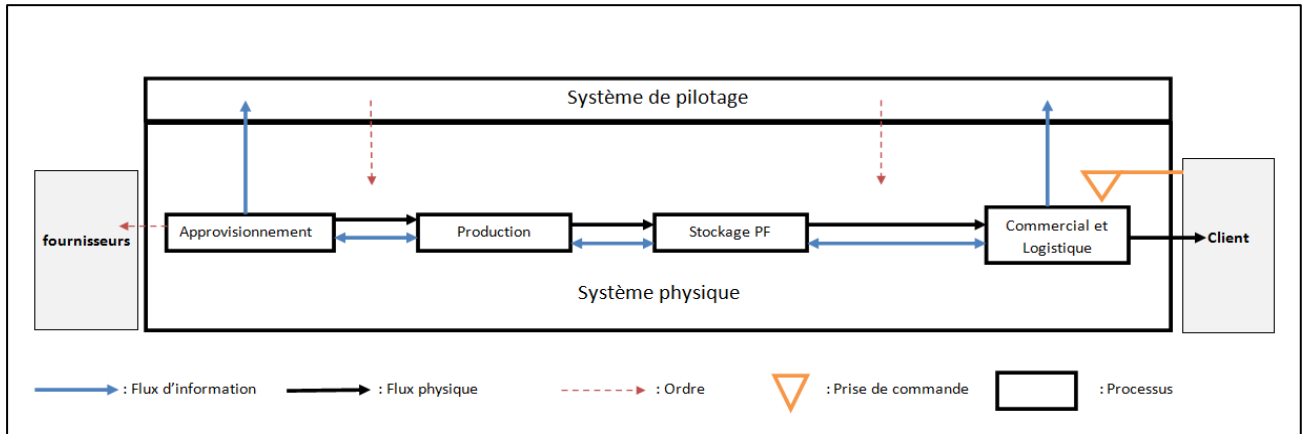


Figure 3-2 les éléments de système physique

Le modèle de la chaîne logistique est constitué des fournisseurs, d'une chaîne de production, et d'un client appelé Dépositaire qui génère la demande du marché.

La chaîne de production est constituée de 4 processus clés, dont l'approvisionnement, la production, la gestion des stocks, le commercial et la logistique pour la livraison des produits finis. Les interactions entre ces éléments sont décrites comme suit :

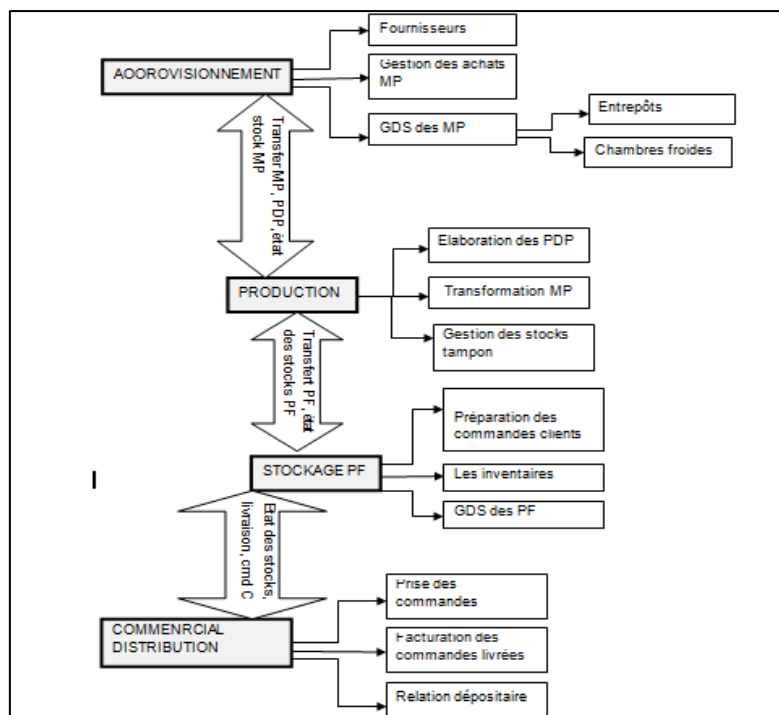


Figure 3-3 les interactions interprocessus de la Supply Chain

<sup>18</sup> Les processus clés de l'entreprise

Dans ce qui suit nous allons modéliser notre système physique et ses interactions, par une représentation graphique appelée Modélisation par Réseau de Petri, qui est un outil de modélisation des systèmes à événement discrets. Ce formalisme donne une description détaillée et précises des systèmes. Cette représentation graphique sera traduite en matrice permettant l'analyse mathématique de modèle, ce qui justifie notre choix à ce type de modélisation.

### 3.2.1.2 Modélisation par Réseau de Petri.

Cette étape de modélisation va porter sur toute la Supply Chain de l'entreprise TCHIN\_LAIT à savoir :

- Modèle RdP de la structure globale de la SC comportant : Approvisionnement, Production, Stockage PF et la logistique.
- Modèle RdP de la production.
- Modèle RdP de stockage.

#### Modèle RdP de la structure globale de la SC :

Ce modèle représente la circulation de flux physique depuis l'arrivée des MP aux entrepôts jusqu'à la livraison des PF aux clients finaux.

Le modèle de RdP possède un vocabulaire spécifique donné par des conditions et des événements.

- **Le vocabulaire de modèle :**

#### Les conditions :

Une condition est la description de l'état des ressources modélisées, dans les RdP, elle est symbolisée à l'aide d'une Places, soit :

$P \{P1, P2, \dots, P7\}$  : l'ensemble fini des Places.

P1: entrepôt MP,

P2: stock tampon,

P3: atelier production,

P4: stock quarantaine,

P5: stock PF,

P6: zone de Tri,

P7: flotte.

#### Les événements

Un événement représente une action qui se déroule au sein du système modélisé, et dont sa réalisation dépend de l'état des conditions.

$T \{T1, T2, \dots, T7\}$  : ensemble fini de Transition

T1 : achat MP

T2 : transfert MP

T3 : transformation/ production

T4 : transfert PF

T5 : analyse laboratoire

T6 : préparation de commande

T7 : réception commande



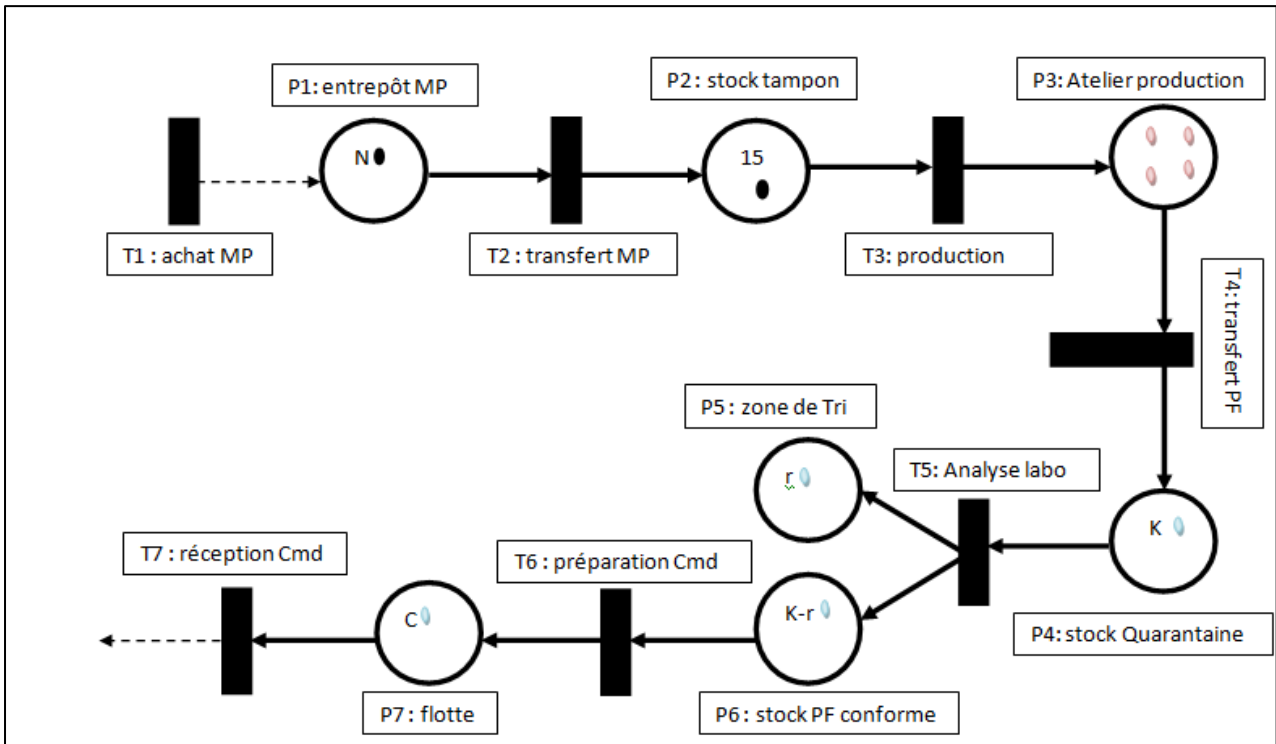


Figure 3-4 modèle RdP de la Supply Chain TCHIN\_LAIT

Des jetons, peuvent avoir plusieurs significations, ça dépend de la place ou il se trouve.

● : MP      ● : ligne de production      ● : PF

**N** : Quantité approvisionnée    **K** : Quantité produite    **r** : rebut    **C** : Quantité commandée

**15** : capacité Stock tampon en palette    **4** : nombre de ligne de production

- **Le marquage initial du Réseau de Pétri**

Le vecteur  $M_0$  correspond au vecteur de marquage initial de RdP, il représente la distribution initiale des jetons dans chacune des places. Il est susceptible d'être modifié au cours de l'évolution de système.

Soit :  $M_0(P)$  le nombre de jeton dans la Place P

Alors le marquage initial de notre RdP sera comme suit

$$M_0 = [M_0(P1), M_0(P2), M_0(P3), M_0(P4), M_0(P5), M_0(P6), M_0(P7)] =$$

$$\begin{pmatrix} N \\ 15 \\ 4 \\ K \\ K-r \\ C \end{pmatrix}$$

- Les matrices Entrée, Sortie et d'incidence de RdP
- La matrice d'Entrés E (P, T) :

Soit : P {P1, P2, ..., P7} : l'ensemble fini des Places.

T {T1, T2, ..., T7} : ensemble fini de Transition

Le poids « n » associé aux arcs reliant une place P<sub>i</sub> à une transition T<sub>j</sub> prend ses valeurs dans l'ensemble suivant [CBN, PDP\*, PDP, Echantillon, P. Commande, OT].

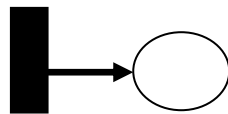
Cette matrice montre la circulation de flux informationnel entre les places et les ressources. Ce flux d'information représente les ordres nécessaires pour qu'une transaction se déroule.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	
T1	0	0	0	0	0	0	0	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>CBN</b> : Calcul des Besoin Net</li> <li>- <b>PDP*</b> : Programme Directeur de Production</li> <li>- <b>PDP (Agrégé)</b> : Plan Directeur de Production.</li> <li>- <b>Echantillon.</b></li> <li>- <b>P. Commande</b> : Programme Commande.</li> <li>- <b>OT</b> : Ordre de Transfert.</li> </ul>
T2	<b>CBN</b>	0	0	0	0	0	0	
T3	0	<b>PDP*</b>	0	0	0	0	0	
T4	0	0	<b>PDP</b> (Agrégé)	0	0	0	0	
T5	0	0	0	<b>Echantillon</b>	0	0	0	
T6	0	0	0	0	0	<b>P.</b> <b>Commande</b>	0	
T7	0	0	0	0	0	0	<b>OT</b>	



- La matrice de Sortie S (T, P)

Le poids « n » associé aux arcs reliant une transition T<sub>j</sub> à une place P<sub>i</sub> prend ses valeurs dans l'ensemble suivant n : [Quantité approvisionnée, besoin journalier MP, Quantité PDP, Quantité produite, Quantité rebut, Quantité conforme, Quantité commandée]

$$S = \begin{matrix} & P1 & P2 & P3 & P4 & P5 & P6 & P7 \\ T1 & \left( \begin{array}{l} \text{Quantité} \\ \text{Approvisionnée} \end{array} \right. & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ T2 & 0 & \left( \begin{array}{l} \text{besoin} \\ \text{Journalier MP} \end{array} \right. & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ T3 & 0 & 0 & \left( \begin{array}{l} \text{Quantité} \\ \text{PDP} \end{array} \right. & 0 & 0 & 0 & 0 \\ T4 & 0 & 0 & 0 & \left( \begin{array}{l} \text{Quantité} \\ \text{Produite} \end{array} \right. & 0 & 0 & 0 \\ T5 & 0 & 0 & 0 & 0 & \left( \begin{array}{l} \text{Quantité} \\ \text{Rebut} \end{array} \right. & \left( \begin{array}{l} \text{Quantité} \\ \text{Conforme} \end{array} \right. & 0 \\ T6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \left( \begin{array}{l} \text{Quantité} \\ \text{Commandée} \end{array} \right. & 0 \\ T7 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{matrix}$$


- La matrice d'incidence :

Lorsque l'action soit franchie, le nombre de jeton de chaque place du réseau va connaître une variation .cette variation va permettre de construire un matrice d'incidence qui est représentée comme suit :

$$\begin{matrix} & P1 & P2 & P3 & P4 & P5 & P6 & P7 \\ T1 & \left( \begin{array}{l} N+Q.app \\ N+Q.app-B.J \\ N+Q.app-B.J \\ N+Q.app-B.J \\ N+Q.app-B.J \\ N+Q.app-B.J \\ N+Q.app-B.J \end{array} \right. & \left( \begin{array}{l} 0 \\ 15+B.J \\ 15+B.J-Q.pdp \\ 15+B.J-Q.pdp \\ 15+B.J-Q.pdp \\ 15+B.J-Q.pdp \\ 15+B.J-Q.pdp \end{array} \right. & \left( \begin{array}{l} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{array} \right. & \left( \begin{array}{l} 0 \\ 0 \\ 0 \\ K+QP \\ K-QP \\ K-QP \\ K-QP \end{array} \right. & \left( \begin{array}{l} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ r+QR \\ r+QR \\ r+QR \end{array} \right. & \left( \begin{array}{l} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ k-r+QC \\ k-r+QC \\ k-r+QC-Qcmdc+Qcmd \end{array} \right. & \left( \begin{array}{l} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{array} \right. \end{matrix}$$

**Q.app** : quantité approvisionnée    **B.J** : besoin journalier (MP)    **Q.pdp** : quantité PDP

**QP** : quantité produite    **QR** : quantité rebut    **QC** : quantité conforme

**Qcmd** : quantité commandée

- **Interprétation de la matrice d'incidence M :**

Le franchissement de la transition T1 permet de rajouter (Q.app) jetons à la place P1, et la transition T2 va enlever (B.J) jetons a la place P1 et les rajouter a la place P2. Le franchissement de la transition T3 nécessite d'enlever à la place P2 (Q.pdp) jetons et ajouter un jeton pour la place P3 ce qui montre l'occupation des lignes de production.

La transition T4 va enlever un jeton de la place P3 vu que mes lignes de production sont disponibles et cette même transition rajoutera (PQ) jetons pour la place P4.

Le franchissement de la transition T5 va permettre d'enlever la (PQ) jetons de la place P4 et rajouter (QR) a la place P5 et ajouter aussi une quantité de (QC) jetons a la place P6.

Enfin la transition T6 rajoute a la place P7 (Qcmd) jetons et enlever le même nombre de jeton de la place P6.

**Le modèle RdP de la production**

Ce modèle représente les différentes phases de transformation de la matière première en produit fini, depuis la préparation de mélange dans les cuves en passant par la ligne ou le mélange subira la stérilisation, le conditionnement et le suremballage, ensuite le contrôle et enfin la palettisation et le transfère vers le stockage PF. La figure n montre le modèle RdP de la production

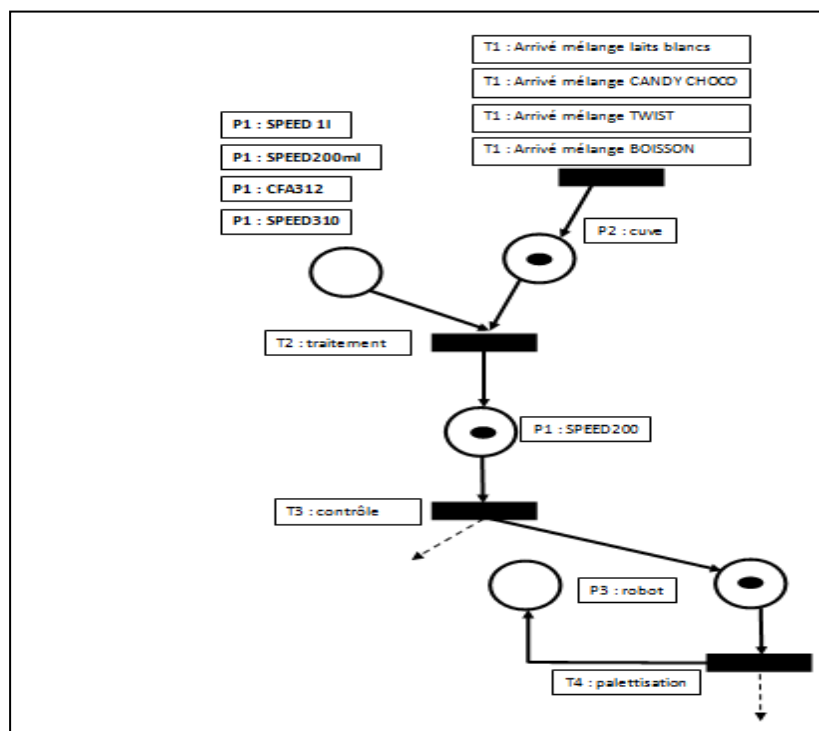


Figure 3-5 modèle RdP de la production

### Le modèle RdP de processus stockage :

Le modèle présenté sur la figure n représentera le processus stockage PF, de chargement des palettes au niveau de la production et leur transport jusqu'à leur arrivées au stock quarantaine ou elles vont séjourner 3 jours, dans l'attente des résultats des analyse laboratoire pour le test de conformité des produits, enfin la préparation et l'expédition des demandes.

- Les conditions :  $P \{P1, P2, P3, P4, P5\}$  : l'ensemble fini des Places.

P1: Flotte de transport Camion,

P2: Espace stock quarantaine,

P3: Espace stock PF conforme,

P4: Zone de tri,

P5: Flotte de transport.

- Les évènements:  $T \{T1, T2, T3, T4, T5\}$  l'ensemble fini des Transitions.

T1 : Chargement des palettes des PF

T2 : Arrivé des palettes au stock quarantaine.

T3 Analyse de conformité au laboratoire,

T4 : Préparation de commande ;

T5 : Livraison et réception de la commande

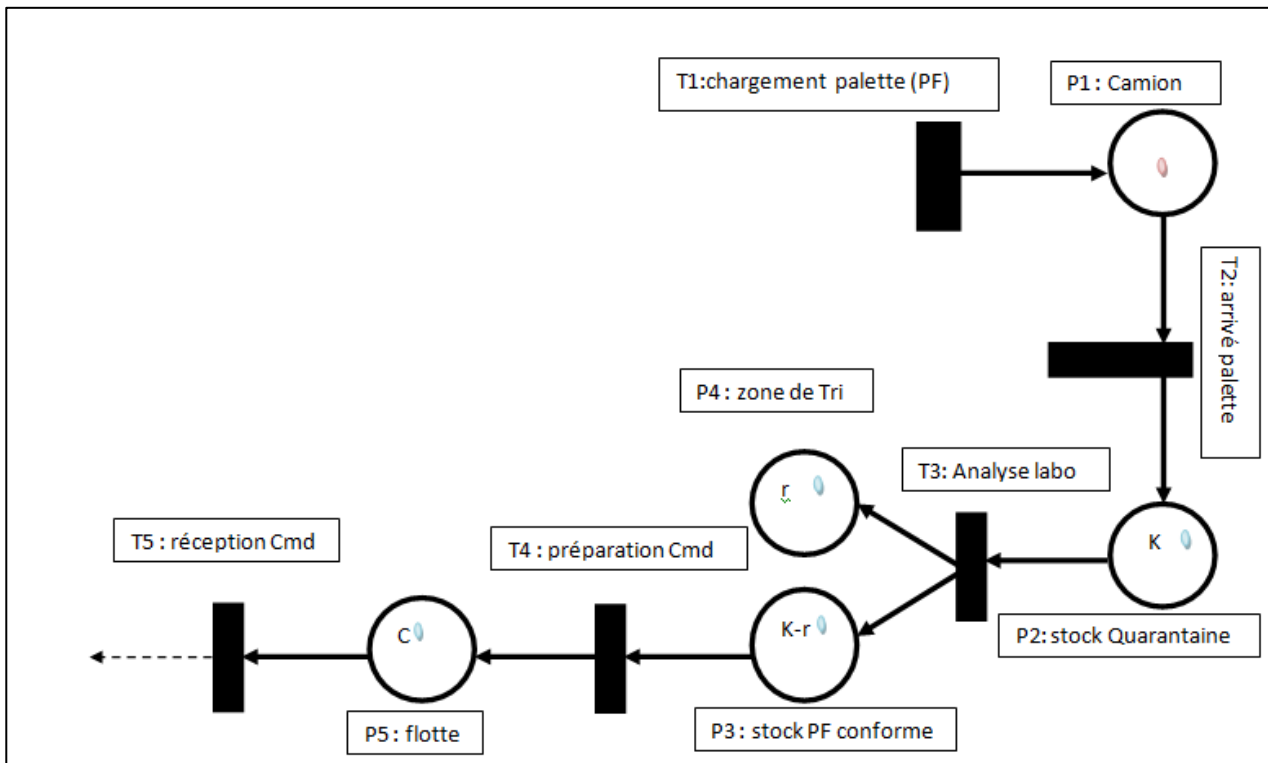


Figure 3-6 Le modèle RdP de processus stockage

🔵 : Camion occupé     🔴 palette(PF)

**K** : Quantité produite     **r** : rebut stockage     **C** : Quantité commandée

Le marquage initial du RdP stockage

Le vecteur de marquage

$M_0 = [M_0(P1), M_0(P2), M_0(P3), M_0(P4), M_0(P5) =$

$$\begin{pmatrix} 1 \\ K \\ k-r \\ r \\ C \end{pmatrix}$$

### 3.2.2 La programmation

La programmation sous le logiciel WITNESS

Le modèle conceptuel de système qui a été déjà présenté, est implémenté par la suite sous le logiciel WITNESS qui, est un outil de configuration, il facilite l'instanciation du modèle et la création des scénarios de simulation, il est utilisé aussi pour vérifier et valider la cohérence de modèle conceptuel et les données d'entrée. Pour instancier le modèle l'utilisateur doit fournir un certain nombre de paramètre et cela se fait en plusieurs étapes.

Nous avons modéliser le modèle sous WITNESS, en utilisant ses différents bibliothèques qui contiennent un nombre important d'élément (ou module), ceci est fait, dans le but de générer plusieurs scénarios en changeant les paramètres de modèle, prédire le comportement de notre système dans le futur, comparer les scénarios et enfin opter pour le meilleur scénario et aller vers l'optimisation de ce dernier.

#### 3.2.2.1 Construction et description du modèle globale de la Supply Chain

Ce modèle décrit la circulation de flux physique, en allant de la production jusqu'au client final. Le modèle WITNESS comprend les 3 principaux maillons de la Supply Chain de l'entreprise à savoir : la production, le stockage et la logistique (distribution et transport).

Dans notre modèle, les produits et les commandes sont représentés sous forme des articles. La demande client est soumise auprès des dépositaires. Lorsque le niveau de stock du dépositaire est inférieure à un certain seuil, une commande est générée et placée dans le Stock PF, par la suite, cette commande va être préparée et livrée. Le Stock PF sera alimenté avec la même quantité des produits que celles demandées par les clients auprès du dépositaire.

La figure3-7 représente le modèle de la Supply Chain sous le logiciel WITNESS (version 13)

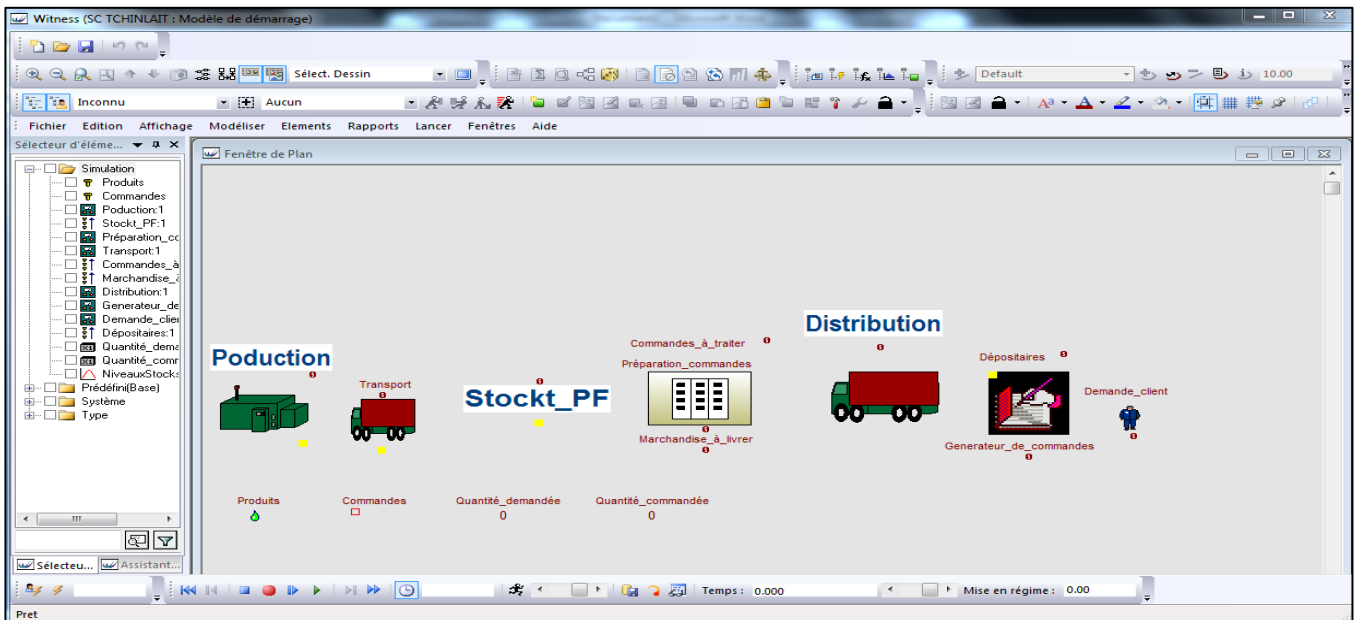


Figure 3-8 aperçu du modèle WITNES

La construction de modèle passe par plusieurs étapes, qui sont :

- **L'étape 01** : consiste à déclarer deux articles un pour modéliser les PF et l'autre pour les commandes. Cela se fait en insérant les paramètres de ces deux articles dans les fenêtres des éléments de type « article » de base de WITNESS.
- **L'étape 02** : on ajoute un élément de type « machine » pour modéliser l'atelier production, une fois on accède à sa description, on choisit le type « Par lot », le temps de cycle et la taille de lot.
- **L'étape 03** : pour assurer le transfert des PF de l'atelier de production vers le stockage, on modélise cette opération par un élément « machine » de type « Par lot ».
- **L'étape 04** : on rajoute un élément de type « stock » pour représenter le maillon stockage, pour bien mener les activités de ce maillon, il est nécessaire d'ajouter d'autres éléments qui sont :
  - Un stock pour contenir les commandes à traiter.
  - Une machine de type « Par lot » pour modéliser le traitement et la préparation de commande
  - Un autre élément de type « stock » destiné à la modélisation des PF à livrer.
- **L'étape 05** : la livraison des PF de stock vers les dépositaires est modélisée par un élément de types « machine Par lot ».
- **L'étape 06** : on ajoute un élément de type « stock » pour modéliser le niveau des stocks des dépositaires. Et en cas de besoin, un élément de type « machine » va générer ces commandes automatiquement.
- **L'étape 07** : on ajoute un élément de type « machine Par lot » pour représenter la demande client.
- **L'étape 08** : Enfin, on ajoute deux variables pour modéliser le besoin et les commandes.

A présent, nous avons terminé de construire le modèle sur WITNESS, et afin d'assurer une connectivité entre les éléments, nous allons ajouter la logique nécessaire dans la description des éléments pour que le modèle fonctionne correctement.

Cette logique est définie par des lois et des actions (d'entrée et de sortie), le tableau suivant résume les lois et les actions de tous les éléments de modèle

## Chapitre III : Proposition et Application de la Solution

Tableau 10la description des éléments de modèle sous WITNESS

	Elément	Type	Désignation	Loi d'entrée	Loi de sortie	Action d'entrée	Action de sortie
Articles	Produit	Actif	Produit fini issue de la production		PUSH toDépositaires		
	Commande	Passif	Commande les clients				
Machines	Demande_client	Par lot	Demande client en cas de besoin	PULLfrom Dépositaires	PUSH to SHIP		
	Generateur_de_com mande	Par lot	Génère les commandes des dépositaires auprès de l'usine	IFQuantité_dem andée(1) > 0 PULL from Commandes out of WORLD ELSE Wait ENDIF	PUSH to Commandes_à_tr aiter	Quantité_commandée = Quantité_commandée + Quantité_demandée(1 ) Quantité_demandée(1 ) = 0	
	Distribution	Par lot	Livraison des PF vers les dépositaires	PULLfromMarc handise_à_livrer	PUSH to Dépositaires		
	Préparation_comman des	Par lot	Opération de préparation des commandes à livrer	MATCH/ANY Commandes_à_ traiter #(1) AND Stockt_PF #(1)	IF TYPE = Produits PUSH to Marchandise_à_li vrer ELSE PUSH to SHIP ENDIF		
	Transport	Par lot	Opération qui permet le transfert inter-site	PULLfromPodu ction	PUSH to Stockt_PF		
	Production	Par lot	La transformation des MP en PF	PULL from Produits out of WORLD	PUSH to Stockt_PF		
Stock	Dépositaires		Niveau des stocks des dépositaires			IF TIME > 0 Quantité_commandée = Quantité_commandée - 1 ENDIF	IFNParts (Dépositaires) + Quantité_comma ndée < 50 Quantité_demand ée(1) = 50 ENDIF
	Commande_à-traité		Stock pour les produits commandés				
	Marchandise_à_livrer		Stock des PF à livrer				
	Stock_PF		Stock des PF issue de la production				



## 3.2.2.2 Construction et description de modèle d'approvisionnement

Dans notre modèle, trois types de matières premières vont alimenter l'entrepôt MP, pour être transporté au stock tampon au niveau de la production.

Le camion présent dans le modèle, assurent le transport de ces matières premières et les itinéraires qu'ils prennent sont représentés par des pistes.

Le camion, se charge au point de chargement, après son déchargement au niveau du stock tampon il revient à l'arrière du point de chargement pour attendre une nouvelle mission.

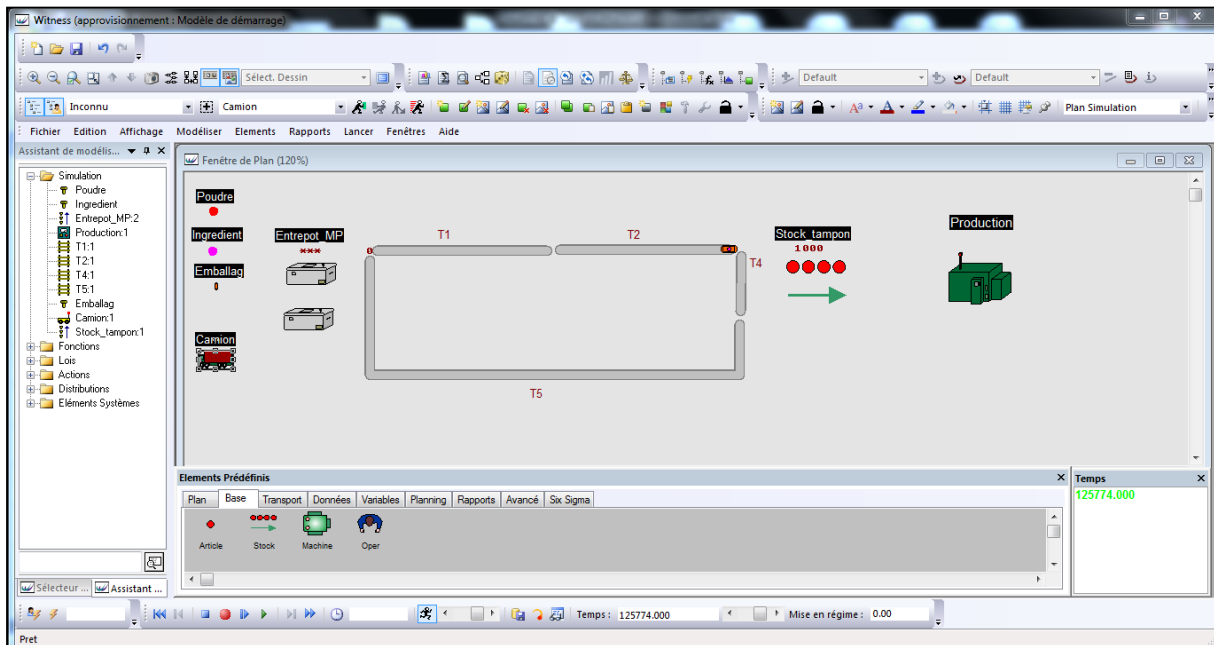


Figure 3-9 Illustration de modèle Approvisionnement sous WITNESS

### Les étapes de construction de modèle :

La construction du modèle sous le logiciel WITNESS passe par plusieurs étapes qui sont :

**Etape 01** : en premier lieu, on déclare trois articles qui modélisent les trois types de matières premières (Poudres, Emballages, Ingrédients). Cela se fait en insérant les paramètres de ces trois articles dans les fenêtres des éléments de type « article » de base de WITNESS.

**Etape 02** : on rajoute un élément de type « Stock » nommé Entrepôt\_MP qui représente l'endroit où les matières premières sont stockées et préparées au transfert vers l'atelier production.

**Etape03** : cette étapes consiste à déclarer un élément de type « Véhicule », et pour détailler sa description, on double clic sur l'icône pour le nommer « camion », ce véhicule assure le transfert des matières premières au stock tampon.

**Etape 04** : après on ajoute un autre élément de type « stock » qui représentera le stock tampon, ce stock accueille les matières premières, les garder pendant 24h pour les transférer ensuite aux cuves de préparation de mélange pour lancer la production.

**Etape05** : dans cette étape, on déclare un élément de type machine par lot, pour modéliser la production qui va recevoir les MP de stock tampon d'une façon régulière chaque 24h.

## Chapitre III : Proposition et Application de la Solution

**Etapes 06** : enfin on ajoute un élément de type « Piste », pour modéliser les itinéraires pris par le camion. Les pistes représentent aussi le lieu de chargement et de déchargement des camions en allant des entrepôts MP vers stock tampon.

Le tableau suivant représentera tous les éléments déclarés dans le modèle WITNESS ainsi que leurs descriptions

Tableau 11: la description des éléments WITNESS de modèle Approvisionnement

	Elément	Type	Désignation	Loi d'entrée	Loi de sortie
Articles	Poudre	Actif	Matière première de base commun entre tous les références		PUSH to Entrepot_MP
	Ingrédient	Actif	Matière première spécifique de chaque référence		PUSH to Entrepot_MP
	Emballage	Actif	Différents type d'emballage plus les colles.		PUSH to Entrepot_MP
ne MACHIN	Production	Par lot	La transformation des MP en PF	PULL from Stock_tampon	PUSH to SHIP
Stock	Entrepôt_MP		Les deux entrepôts de MP de l'entreprise		
	Stock_tampon		Stock temporaire de 24h des MP destinées à la production		
e Vehiculi	Camion		La flotte propre de l'entreprise qui assure le transport des entrepôts MP vers la production		PUSH to T5
Piste	T1		Les pistes montrant les stations de chargement et déchargement des MP		PUSH to T2
	T5	Chargement		PULL from Entrepot_MP	PUSH to T1(1)
	T2	Déchargement		PUSH to Stock_tampon	PUSH to T4(1)
	T4				PUSH to T5(1)

## 3.2.2.3 Construction et description de modèle de production

Dans cette partie, le modèle de processus production sera divisé en deux sous modèle qui sont :

- Modèle de palettisation
- Modèle de ligne de production

### 1. Modèle de palettisation :

Après la construction de modèle sous WITNESS, on va générer deux scénarios qui traiteront deux situations différentes.

#### Description du modèle :

Le modèle représente le processus de palettisation une fois que les produits finis sortent de la phase suremballage. Le robot assure la mise en palette les référence avec une cadence de 45 palettes/heure, ensuite elles seront transportés vers le stock PF. L'opérateur dans notre modèle assure le réglage de la machine robot.

La figure illustre le processus palettisation sous le logiciel WITNESS

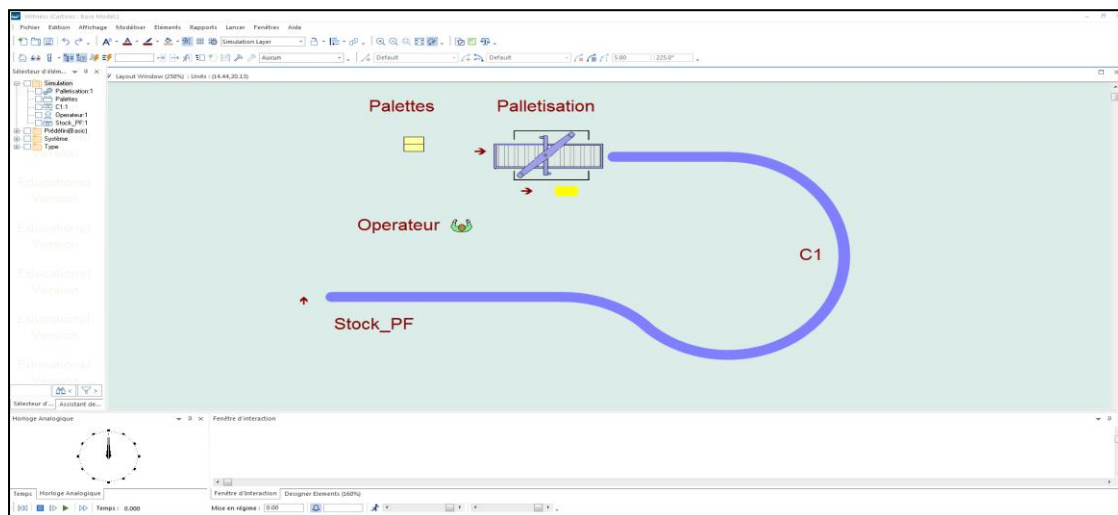


Figure 3-10 modèle de la phase palettisation sous WITNESS

### 2. Modèle de ligne de production

Après avoir construit le modèle sous WITNESS, on va générer trois scénarios qui traiteront trois situations différentes.

#### Description de modèle

Ce modèle représente le processus de production, qui est assuré par 4 lignes de capacité différentes. Ce processus passe par 4 phases principales qui sont :

- Poudrage.
- Stérilisation
- Conditionnement
- Sur emballage.

Il existe 3 familles de références produites sur ces 4 lignes, chaque produit passe par les 4 phases déjà cités. Il y a des priorités de passage entre ligne par rapport au format de la référence (1 ligne dédiée à la production des petits formats, les trois autres pour les références grand format).

Comme les lignes produisent plusieurs références, cela entraîne des temps de changement de séries qui sont présentés par des temps de nettoyage appelé NEP, qui est estimé à 4h.

Les lignes sont opérationnelles 24h/24h, un Of (cycle de production) dure 30h sans arrêt interrompu par des NEP, des temps de changement de série ainsi que des réglages et des pannes. Toutes ces différentes opérations sont gérées par les PDP.

Tous les paramètres et les données de la production sont insérés dans notre modèle WITNESS qui est représenté par la figure suivante :

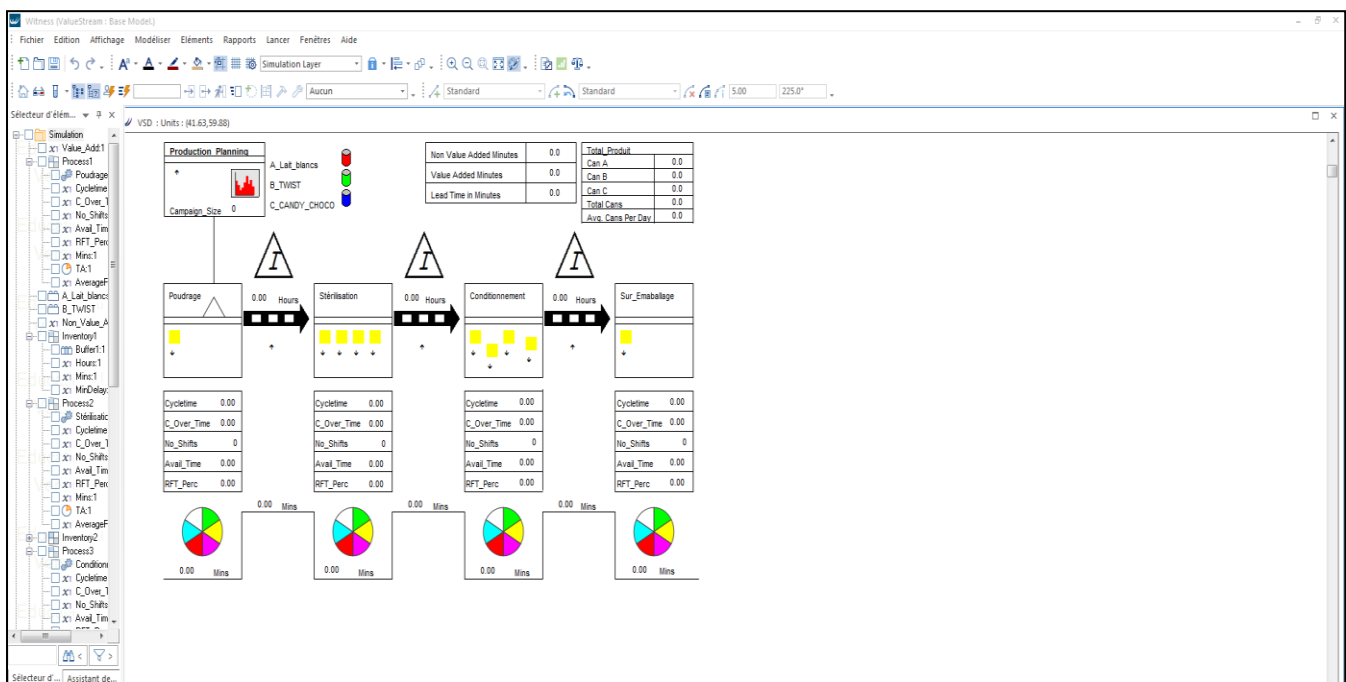


Figure 3-11 modèle de la ligne de production sous WITNESS

On a inséré un nouvel élément dans ce modèle qui est l'élément « Planning » qui comporte les paramètres suivants :

- Campaign\_Size : ce paramètre représente la taille de lot de la production :
- Cycletime : représente le cycle de production.
- C\_Over\_Time : le temps de changement de série NEP
- No\_Shifts : le temps de réglage.
- Avail\_Time : temps d'occupation de la ligne.
- RFT\_Perc : pourcentage des produits conforme.

### 3.3 Expérimentation et validation de modèle

Dans cette partie, nous allons décrire les différents scénarios générés de différente situation (état actuel, baisse de la demande, amplification de la demande, investissement dans nouvelle machine...etc.) Afin de suivre le comportement des niveaux des stocks des déposataires et celui de l'entreprise, le taux de service et le nombre des opérations de la production.

#### 3.3.1 Modèle globale de la Supply Chain

##### Scénario 00 : L'état actuel

Après avoir fait l'analyse des données et avoir obtenu des différents paramètres concernant tous les maillons de la chaine logistique actuelle, et les insérer dans le modèle de simulation programmé sous le logiciel WITNESS, une simulation a été faite sur un horizon d'un mois (4 semaine), et a donné les rapports suivants

##### 1- Niveau des stocks :

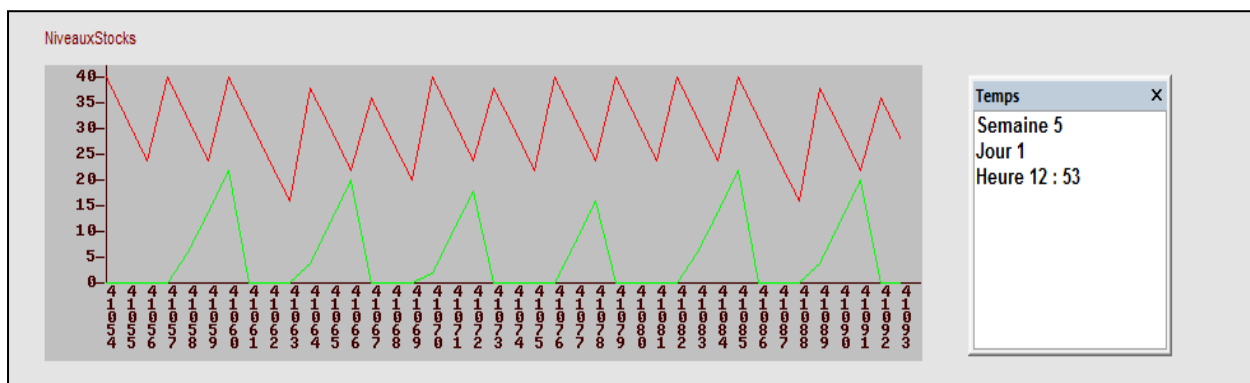
Le rapport de la figure suivante représente le niveau des stocks des déposataires (graphe en rouge) et celui de l'entreprise TCHIN\_LAIT (graphe en vert).

Le comportement de niveau des stocks de l'entreprise prend deux états :

- l'augmentation : est justifiée par l'alimentation des stocks PF en produits finis issus de l'atelier de production.
- la diminution : est due à l'expédition et la livraison des commandes des déposataires.

Et de même pour le graphe des déposataires :

- l'augmentation : est liée à l'arrivée de leurs commandes, livrées par l'entreprise
- la diminution : est justifié par la satisfaction des besoins clients.



##### - Niveau de production

Le rapport de la Figure représente le taux d'occupation des lignes de production qui est donné par le nombre des opérations effectuées, qui est inférieur à la capacité réelle de ces lignes.

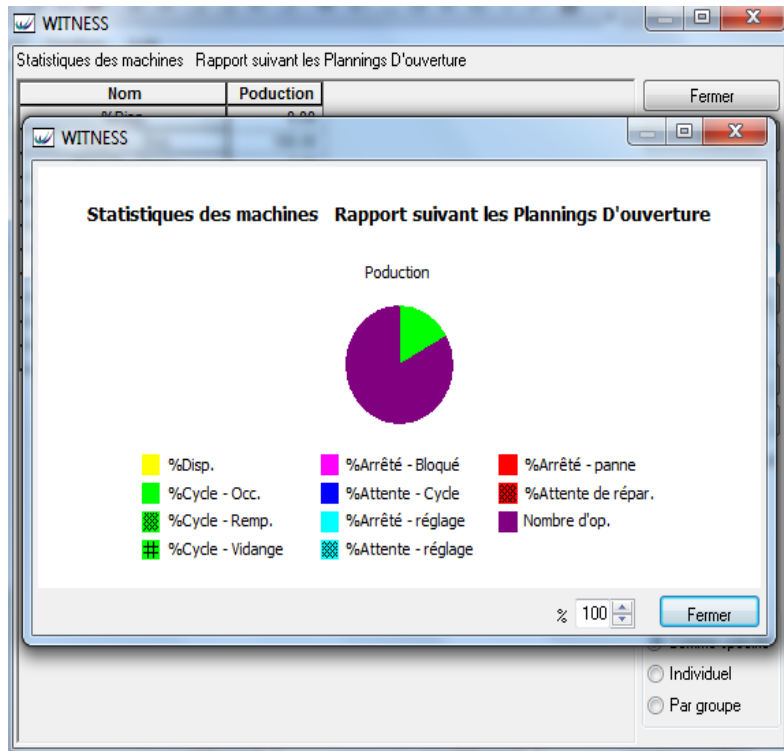


Figure 3-13 Rapport de la production de l'état actuel

Ces résultats valident le modèle programmé, car les rapports obtenus représentent réellement la situation que l'entreprise doit y être si elle est à ses paramètres.

Les niveaux des stocks de l'entreprise ont une rotation régulière, car la production alimente d'une façon continue les stocks, et de même, l'entreprise livre ses dépositaires avec les quantités déjà planifiées chaque jour.

Donc, dans cette situation l'entreprise arrive à satisfaire toutes les commandes planifiées sans exploiter les capacités réelles de ses lignes, ce qui engendre des pertes d'exploitation et rater des opportunités d'acquérir de nouvelles parts de marché.

Cette inexploitation des capacités des lignes est due à la limitation des niveaux de production qui est conditionné par le stock tampon et les espaces de stockage PF.

### Scénario 01 : Baisse de la demande

Dans cette situation on veut savoir le comportement de notre chaîne logistique, si on aura une baisse de la demande client, ce qui engendre un changement dans la méthode d'approvisionnement de dépositaire, c'est-à-dire on va modifier le niveau de relance de ce dernier, on remplace sa valeur actuelle par la « Quantité\_demandée(1) = 10 »

Dans ce scénario, le changement de paramètre « Quantité\_demandée(1) » au niveau de maillon Dépositaire affecte le comportement des niveaux de stock de ce dernier et celui de l'entreprise, qui a enregistré une augmentation importante et continue, cela est dû au fait que la production n'a pas prévu ce changement et elle a gardé les mêmes paramètres et même cadence de production.

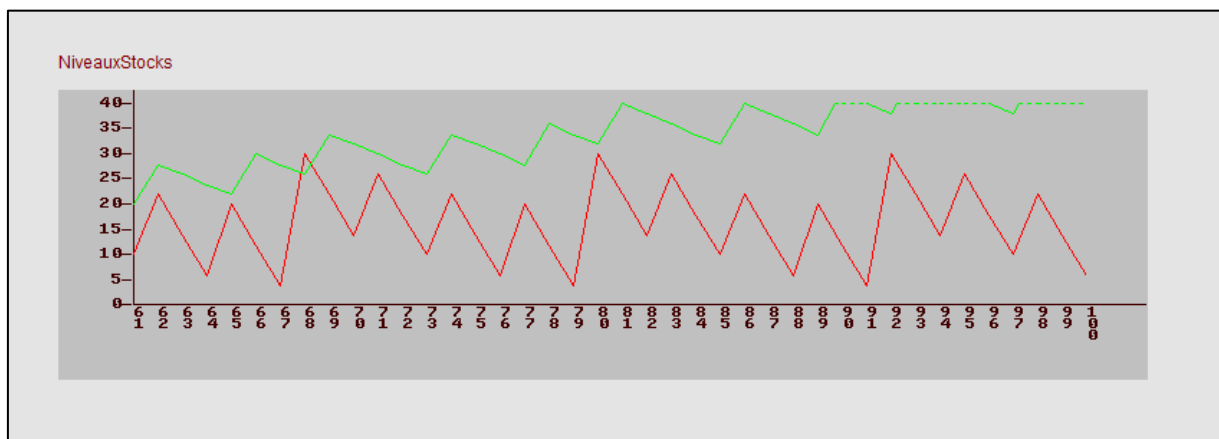


Figure 3-14 Rapport de niveau des stocks de scénario 1 modèle SC

Pour remédier à ce problème et éviter les sur-stockages de l'entrepôt de l'entreprise, on propose le scénario suivant :

### Proposition solution :

#### Scénario 02

Dans ce cas, on va agir sur deux paramètres de la production sur un horizon d'un mois,

- 1- Possibilité 01 : Changer le nombre des cycles de production ;
- 2- Possibilité 02: Changer les volumes des mélanges injectés dans les lignes de production.

Ces modifications sur le modèle de simulation ont donné les résultats suivants : Le nombre d'opération de la production a été diminué, ce qui a entraîné une baisse des quantités produites et une réduction de niveau des stocks de l'entreprise, donc ce scénario permet à l'entreprise d'éviter le sur-stockage de son entrepôt et avoir une certaine flexibilité par rapport aux stocks des dépositaires.

Les deux figures représentent les rapports obtenus lors de la simulation de scénario 02 :

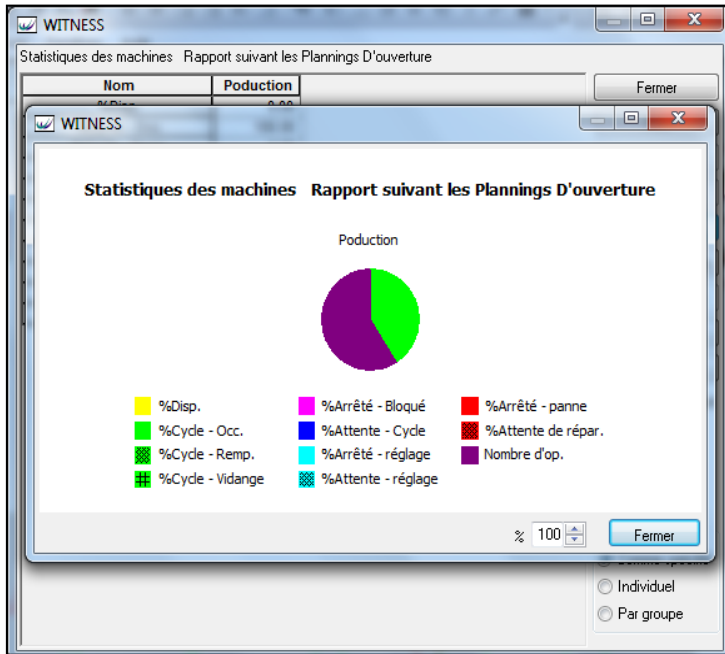


Figure 3-15 Rapport des opérations de la production scénario 02 modèle SC

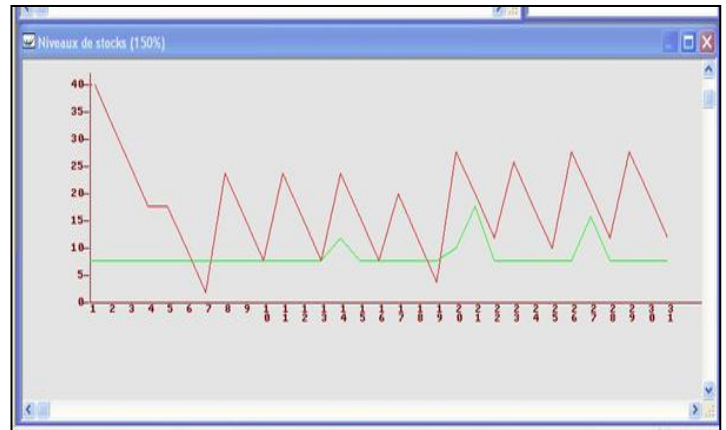


Figure 3-16 Rapport de niveau des stocks scénario 02 modèle SC

Après avoir modifié le paramétrage de la production, on remarque que le nombre d'opération effectuées sur les 4 lignes ont diminué par rapport à l'état actuelle et le niveau des stocks de l'entreprise sont réajustés avec ceux des dépositaires, aussi on a pu diminuer l'effet sur –stockage, tout en gardant un taux de service élevé et des commandes livrées et aux dépositaires et aux clients final au bon moment et en bonne quantités, cela est confirmé par les rapports la figures3-17

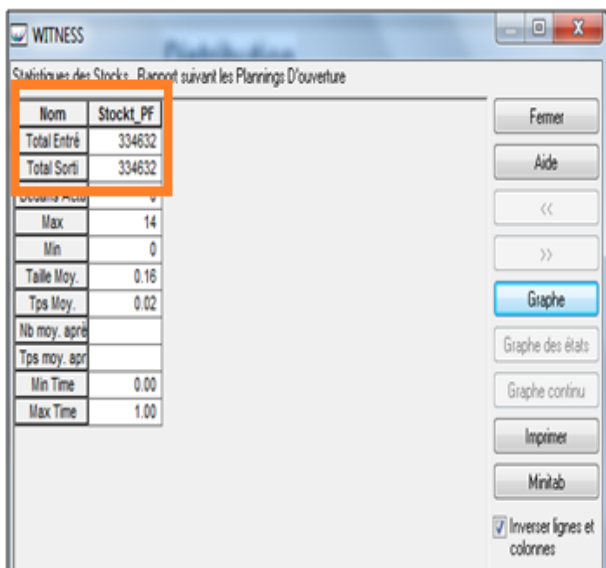


Figure 3-18 rapport des stocks de l'entreprise de scénario 2 modèle SC

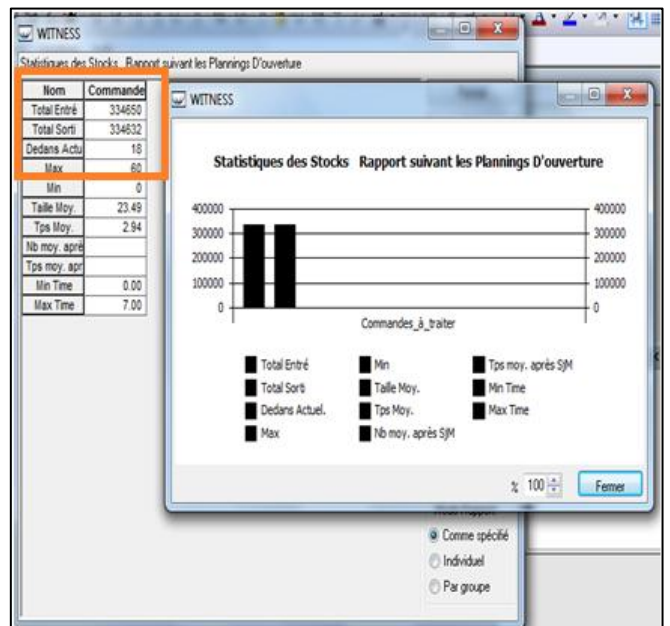


Figure 3-17 rapport des commandes à traiter de scénario 12 modèle SC



### Scénario 03 :

Dans ce cas, on veut savoir le comportement de la chaîne logistique si la demande client est égale au niveau de relance de dépositaire, les changements des valeurs des paramètres effectuées ont données les résultats suivants :

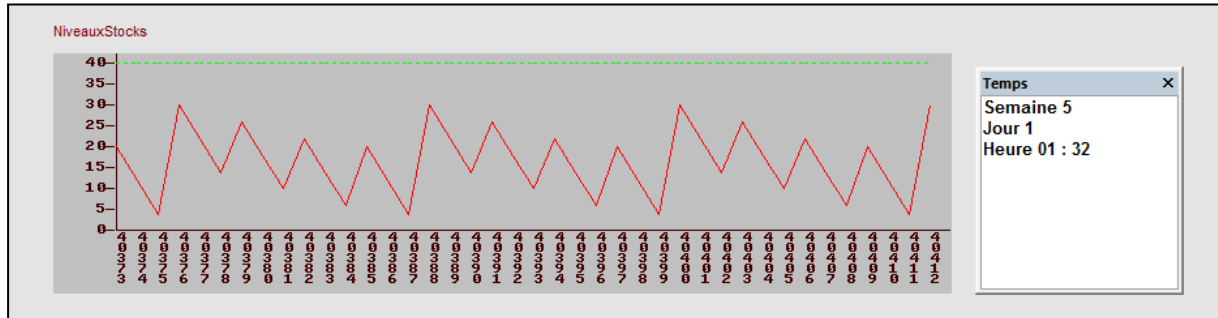


Figure 3-19 rapport de niveau des stocks de scénario 3 modèle SC

On justifie la stabilité de la courbe verte qui représente les niveaux des stocks en entreprise, par la compensation continue en production c'est-à-dire la production alimente les stocks avec la même quantité livrée aux dépositaires.

Par contre, on remarque une instabilité des niveaux des stocks des dépositaires, cela est justifié par :

- Les pics : représentent l'arrivée des commandes aux stocks des dépositaires qui ont été effectuées auprès de l'entreprise.
- Les valeurs nulles : représentent le moment où les dépositaires livrent les demandes des clients

**Scénario 04: Amplification de la demande Bullwhip Effect**

Dans ce scénario, l'entreprise fait face à une augmentation de la demande client (la demande client est deux fois plus grande que la demande prévisionnelle), ce qui entraîne une rupture des stocks des dépositaires et l'entrepôt de l'entreprise. Cette situation a été simulée sous WITNESS et a donné les rapports suivants

- Le niveau des stocks

Toutes les quantités produites et qui rentre en stock PF, sortent sous commandes livrées vers les dépositaires pour satisfaire la demande élevées des clients qui n'était pas prévu, ce qui justifie les valeurs nulles enregistrées de niveau des stocks de l'entreprise, tandis que le niveau des stocks des dépositaires enregistre un pic lors de la réception des commandes, et des valeurs nulles après la livraison des produits aux points de vente.

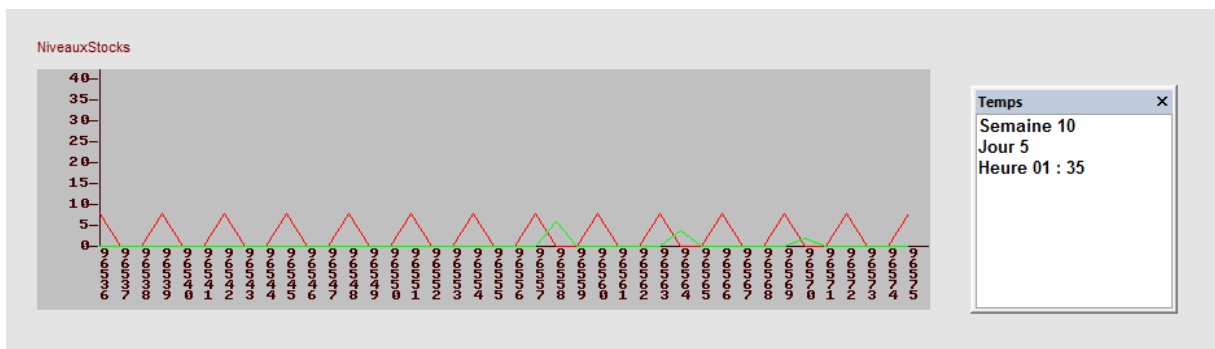
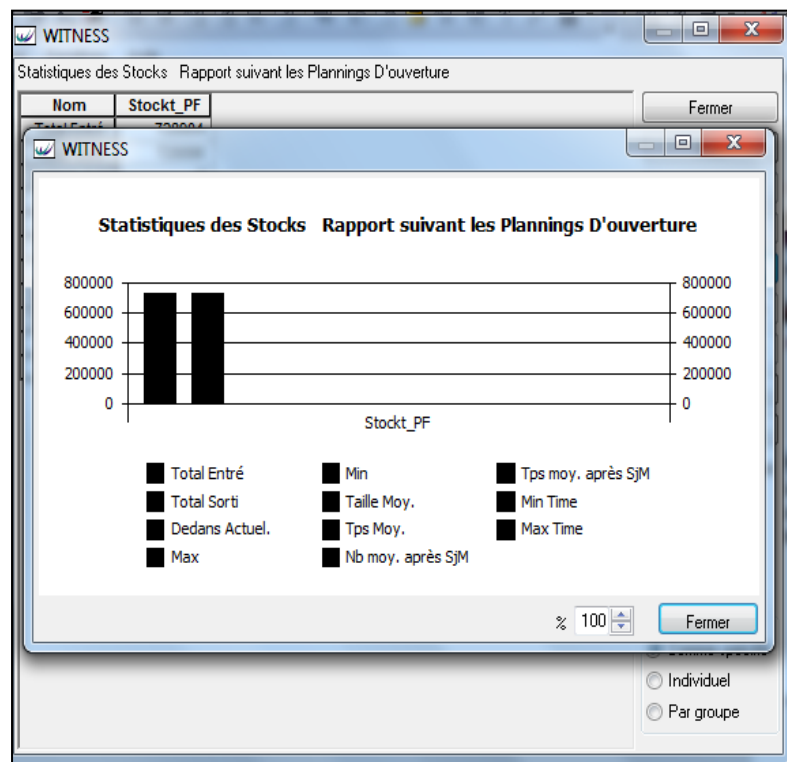


Figure 3-20 rapport de niveau des stocks de scénario 04 modèle SC

Nom	Stockt_PF
Total Entré	728904
Total Sorti	728896
Dedans Actuel	8
Max	14
Min	0
Taille Moy.	0.16
Tps Moy.	0.02
Nb moy. après	
Tps moy. apr	
Min Time	0.00
Max Time	1.00

Figure 3-21 rapport statistique de niveau des stocks

- les rapports représentés sur les figures donnent des informations sur les quantités entrantes en stock PF, et celles qui doivent sortir pour livrer les dépositaires.



88 Figure 3-22 Histogrammes de niveau des stocks

### **Proposition de solution :**

Cette situation est causée par le manque de communication entre les différents maillons de la Supply Chain. Pour limiter les effets de BullwhipEffect on propose à l'entreprise le plan d'action suivant :

- Partager l'information : implanter un système d'information qui intègre tous les acteurs avals de sa Supply Chain afin de mettre en commun l'information. Ce partage d'information permettra aux planificateurs d'augmenter la fiabilité des prévisions et par conséquent ils augmentent les quantités commandées ainsi que les niveaux des stocks.
- Agir sur les lots de commandes : rendre la taille des lots de production flexible avec les commandes
- L'entreprise devrait pénaliser les dépositaires qui annulent leurs commandes, cette stratégie va inciter les dépositaires ainsi que les détaillants à commander des quantités qui correspondent à leurs besoins.

L'objectif pointé par ces actions est de diminuer le niveau d'incertitude de la Supply Chain, afin de permettre la synchronisation des activités logistiques entre les maillons de la Supply Chain.

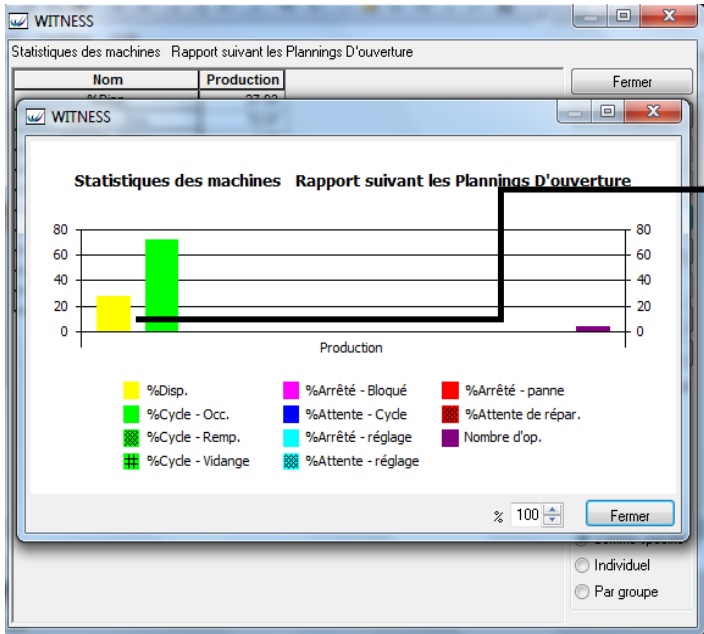
## 3.3.2 Modèle d'approvisionnement

Après la construction du modèle sous WITNESS, et le paramétrage des ces différents éléments, on arrive à l'étape : Génération des scénarios, ou on déroule les situations suivantes.

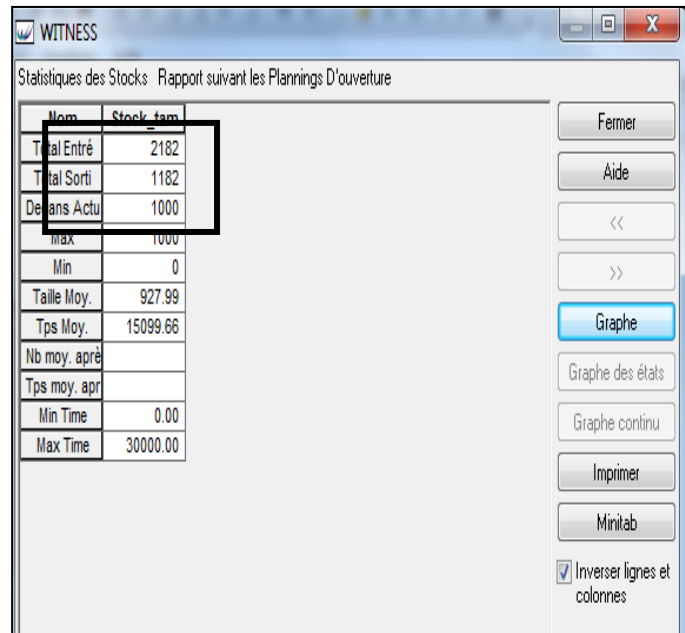
### Scénario 01 :

Si la production augmente le lot de production et exploitent la capacité réelle de ses 4 lignes, cela déclenchera des besoins en MP plus qu'avant ce que le stock tampon et la flotte de transport n'arriveront pas à assurer.

Si on est dans cette situation, le taux d'occupation des lignes sera faible (la disponibilité des lignes est importante) à cause de manque des MP,



Taux de disponibilité des machines est important qui engendre des pertes et la non-exploitation



- La quantité que devraient rentrer en stock tampon pour alimenter la production est de **2182 unités**
- La quantité qui est arrivée en stock tampon est de **1182 entités**, cet écart est dû au manque d'espace de stockage, et l'incapacité de transport à déplacer les quantités demandées au bon moment

- la disponibilité des camions est presque nulle, ils sont toujours en piste T2, et le nombre des unités en chargement est presque égale au nombre des unités arrivées au stock tampon, d'où le modèle est validée.

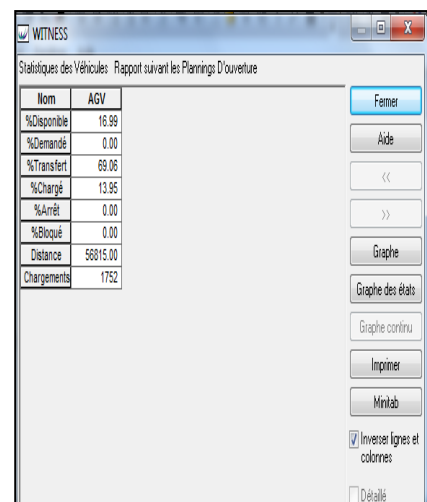
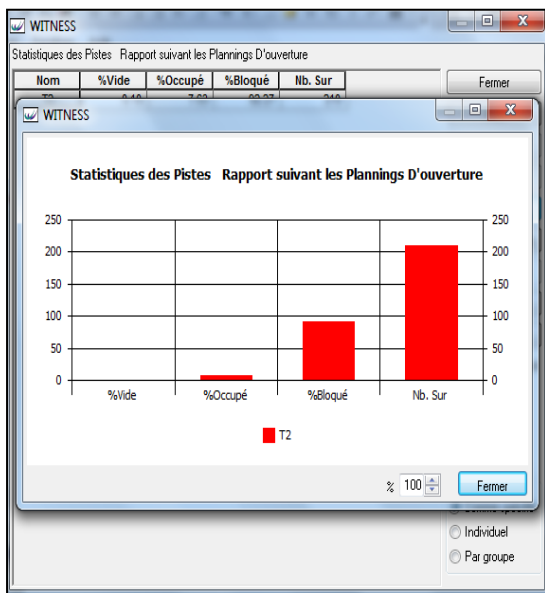


Figure 3-23 Rapport de piste et véhicule de scénario

### Proposition de solution

La nouvelle configuration de la production (exploitation des capacités réelle des lignes de production et augmentation de lot de production) nécessite des quantités importantes et plus grandes de MP, ce qui ne sera pas supporté par le stock tampon et le transport n'arrivera pas à satisfaire les déplacements nécessaires, de ce fait on propose :

- Redimensionner le stock tampon : le rendre un stock en étage pour avoir plus d'espace afin d'accueillir plus de MP.
- Diminuer les temps de chargement et déchargements des camions : avoir plus de ressource humaine et de ressources matérielles (chariot élévateur)
- Investir dans de nouveaux moyens de transport

Dans le scénario suivant, nous avons simulé la 1 ère solution : on a augmenté la capacité du stock tampon, les résultats obtenues sous le logiciel sont les suivants :

- Solution 1 : Redimensionner le stock tampon : le rendre un stock en étage pour avoir plus d'espace afin d'accueillir plus de MP.

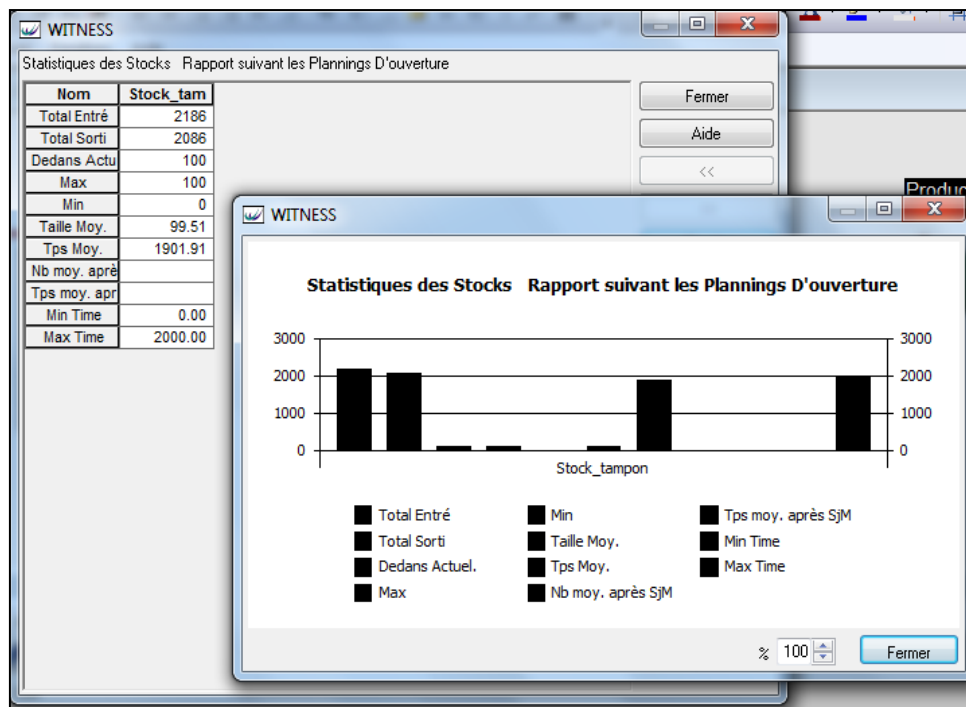


Figure 3-24 Rapport des stocks tampon de la solution 1 modèle Approvisionnement

- On voit bien que la quantité entrante au du stock tampon qui est **2186** unités répond à la quantité demandée au niveau de la production qui est estimé à **2182** unités.

### 3.3.3 Modèle de production

Après la construction du modèle sous WITNESS, et le paramétrage des ces différents éléments, on arrive à l'étape : Génération des scénarios, ou on déroule les situations suivantes.

#### 3.3.3.1 Modèle de processus palettisation

##### Scénario 01

On est sur la même configuration de la production (exploitation des capacités réelle des lignes de production et augmentation de lot de production), dans cette situation le processus palettisation représente un poste goulot, on remarque l'appariation d'une file d'attente des produits au niveau de robot.

La figure 2-25 illustre le comportement des éléments modélisés dans cette situation et montre l'appariation de la file d'attente au niveau de robot.

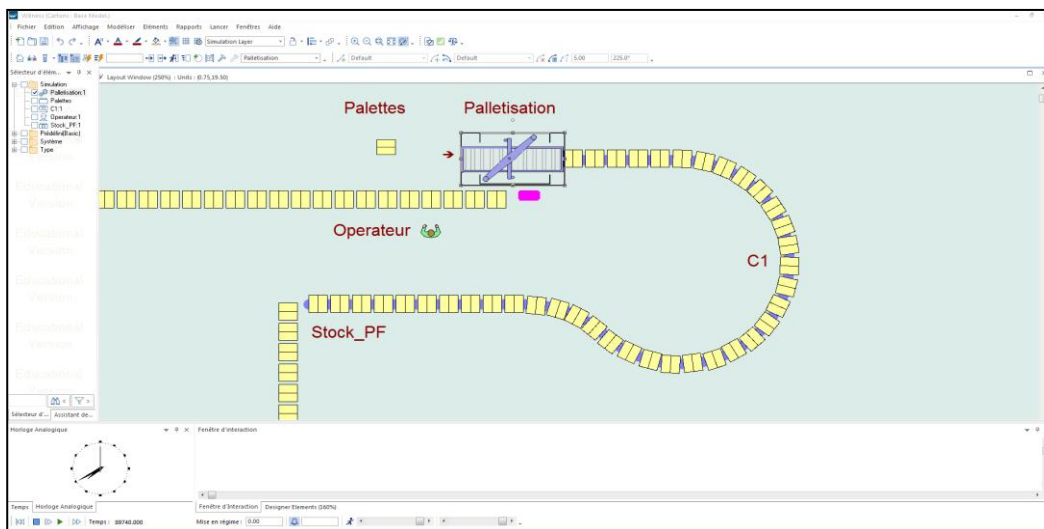


Figure 3-25 modèle de palettisation issue de scenario 1 modèle de production

### Proposition de solution

#### Scénario 2

Pour éliminer cette file d'attente on a simulé un scénario avec deux postes de palettisation donc cela nécessite un investissement sur une deuxième machine Robot, et pour le modèle sous WITNESS nous avons ajouté un deuxième élément de type « machine : Robot » afin de représenter la nouvelle configuration de processus palettisation.

Les résultats de scénario sont représentés dans les rapports suivants.

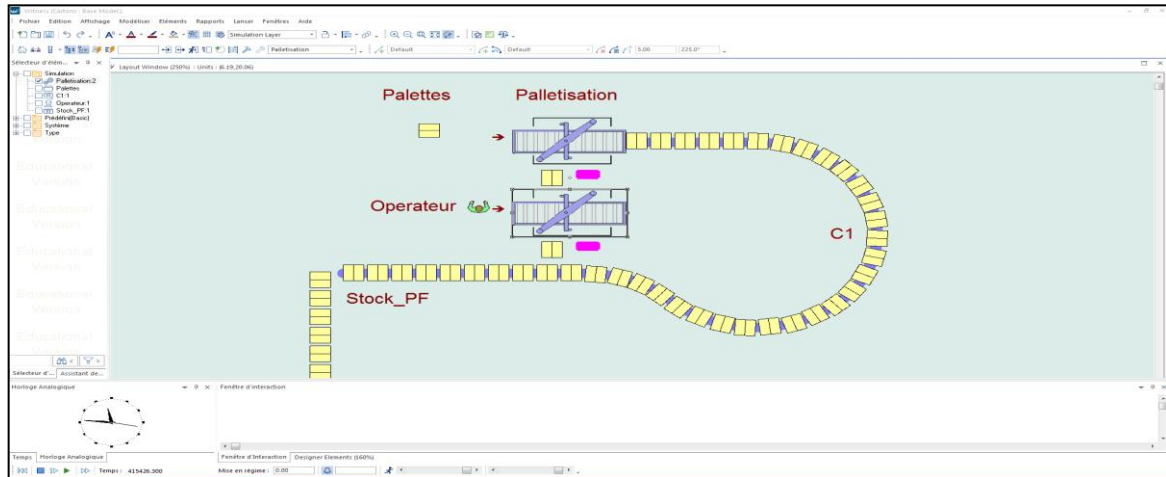


Figure 3-26 modèle palettisation de scénario 2 modèle production

L'ajout d'un autre élément machine Robot, a permet l'élimination de poste goulot au niveau de processus palettisation et la disparition de la file d'attente.

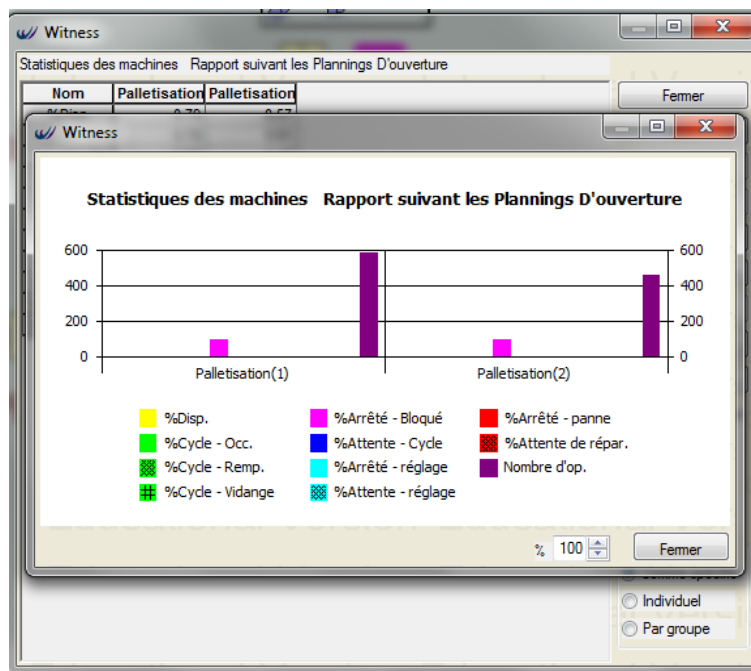


Figure 3-27 Histogramme représentant le nombre des opérations réalisées par les deux robots

L'histogramme représente le nombre d'opération réalisé par les deux robots.

Les robots fonctionnent au même temps avec la même cadence pour supporter les quantités produites et remédier au problème de l'apparition de la file d'attente rencontré dans le premier scénario.

Dans cette partie, on a pu générer les deux scénarios suivants :

- Scénario 1 : exploitation des capacités réelles des lignes de production, en gardant la même configuration pour la palettisation (un seul robot).
- Scénario 2 : exploitation des capacités réelles des lignes de production, en ajoutant une deuxième machine robot (deux robot)

D'après les résultats de ces deux scénarios générés sur le modèle de palettisation, on recommande l'entreprise à investissement sur une nouvelle machine robot, car cette proposition s'avère très

intéressante pour l'entreprise afin de lui permettre l'exploitation de ses lignes de production, ce qui va contribuer à l'amélioration de la performance de ses activités.

### 3.3.3.2 Ligne de production

On lance le modèle des lignes de production sous différents paramètres et on obtient les scénarios suivants :

#### Scénario 1 :

Dans ce scénario, on insère les paramètres de l'état actuel dans les éléments de modèle, on obtient le rapport suivant :

Non Value Added Minutes	517.0	<b>Total Cans</b>	
Value Added Minutes	135.0	Can A	1182.0
Lead Time in Minutes	652.0	Can B	312.0
		Can C	2225.0
		<b>Total Cans</b>	<b>3719.0</b>
		<b>Avg. Cans Per Day</b>	<b>33.1</b>

Figure 3-28: rapport du scenario 1(ligne de production)

On remarque qu'il y a beaucoup de temps perdu dans le processus de production donné par l'indicateur « Non Value Added » et Lead Time qui est assez important.

Pour améliorer les valeurs de ces indicateurs, on génère un nouveau scénario

#### Scénario 2

Dans ce scénario, on augmente la taille de lot de production (exploitation des capacités réelles des lignes de production), cette modification de ce paramètre a donné le rapport suivant :

Non Value Added Minutes	434.2	<b>Total Cans</b>	
Value Added Minutes	135.0	Can A	1796.0
Lead Time in Minutes	569.2	Can B	380.0
		Can C	2966.0
		<b>Total Cans</b>	<b>5142.0</b>
		<b>Avg. Cans Per Day</b>	<b>36.8</b>

Figure 3-29 : rapport du scenario 2(ligne de production)

On remarque que la durée de Lead Time a diminué, cela est justifié par l'augmentation de la taille de lot de production.

Pour améliorer plus l'indicateur de Lead time, on déroule le scénario 3.



### Scénario 3 :

Dans ce scénario, on garde les mêmes paramètres de scénario 2 et on change la durée des NEP, en les réduisant de moitié au niveau de la conditionneuse, cela permet d'avoir le rapport suivant :

Non Value Added Minutes	182.4	<b>Total Cans</b>	
Value Added Minutes	135.0	Can A	3029.0
<b>Lead Time in Minutes</b>	<b>317.4</b>	Can B	864.0
		Can C	5928.0
		<b>Total Cans</b>	<b>9821.0</b>
		<b>Avg. Cans Per Day</b>	<b>68.6</b>

Figure 3-30:rapport du scenario 3(ligne de production)

On remarque que la durée de Lead Time a encore baissé donc s'est amélioré par rapport aux situations précédentes.

### Scénario 4 :

Et si on investi dans une nouvelle « Cuve » qui assure la phase poudrage, les résultats sont comme suit :

Non Value Added Minutes	389.5	<b>Total Cans</b>	
Value Added Minutes	135.0	Can A	2063.0
<b>Lead Time in Minutes</b>	<b>524.5</b>	Can B	512.0
		Can C	3687.0
		<b>Total Cans</b>	<b>6262.0</b>
		<b>Avg. Cans Per Day</b>	<b>39.1</b>

Figure 3-31:rapport du scenario 4 (ligne de production)

On remarque que le Lead Time s'améliore considérablement d'un scénario à un autre, en agissant sur les paramètres suivants :

- Augmentation de la taille de lot de production.
- Réduction des temps de nettoyage NEP
- Ajout d'une nouvelle « Cuve ».

Idem pour le total de la production qui s'accroît, ce qui contribue à l'amélioration des performances de la production, et par la suite permet à l'entreprise à satisfaire plus de demandes et acquérir plus de part de marché.

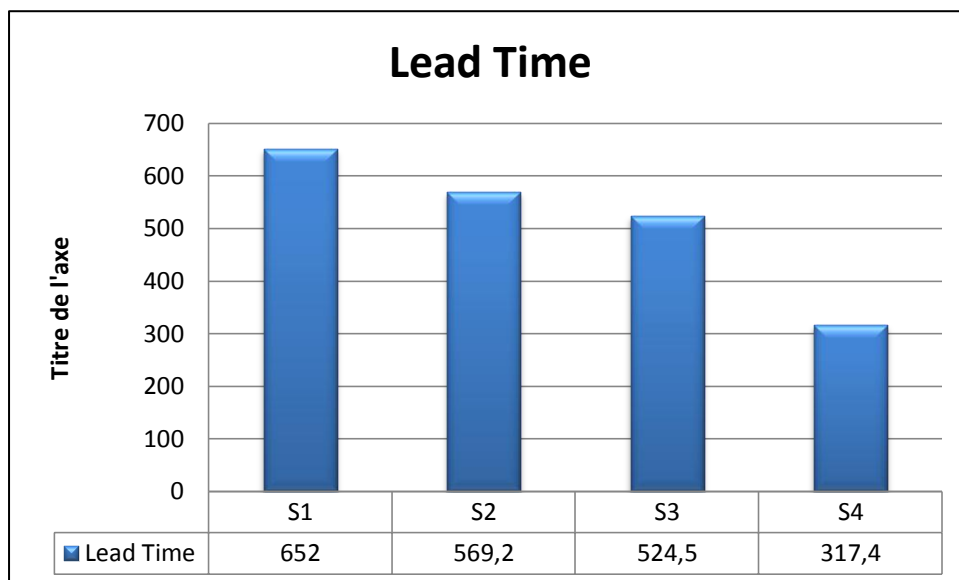


Figure 3-32 Histogramme représentant l'évolution de Lead Time.

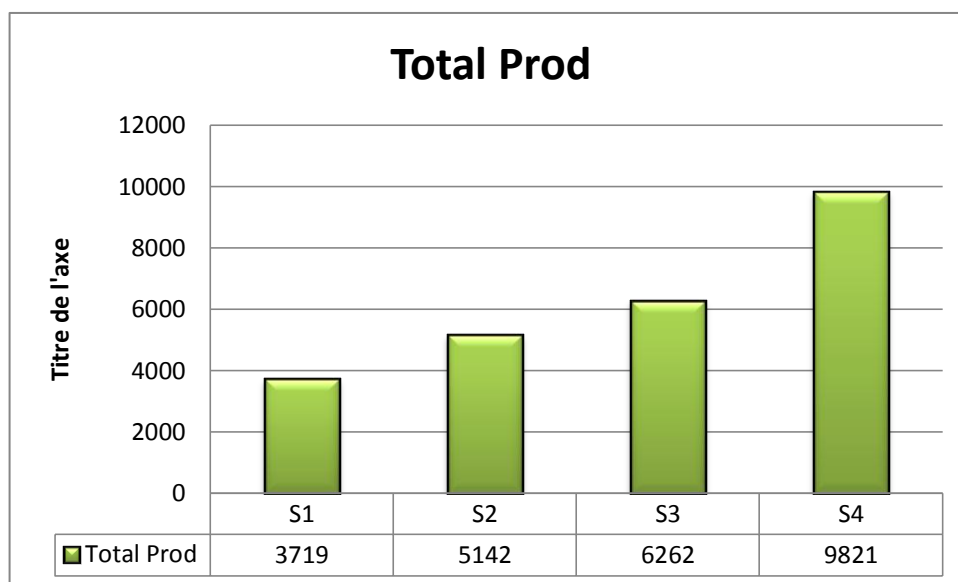


Figure 3-33 Histogramme représentant l'évolution de Total Prod.

Ces histogrammes représentent les résultats des scénarios déjà générés, le Lead Time diminue et la production s'accroît, ces modifications suggèrent des pistes pour l'amélioration de la performance de la production.

### 3.4 Synthèse :

Dans cette partie nous avons développé la solution proposée pour répondre à la problématique qui consiste à construire un modèle de la Supply Chain et l'implanter sous le logiciel de simulation WITNESS, pour bien mener la simulation et la génération des scénarios, qui va permettre de prédire le comportement de la Supply Chain dans le futur, ce qui fournit à l'entreprise un outil d'aide à la décision qui lui permet de choisir la configuration la plus optimale dans le but d'améliorer ses performances.

Les différents scénarios générés :

**Scénario I L'état actuel :** dans cette situation l'entreprise n'exploite pas les capacités réelles de ses lignes de production, à cause de l'espace étroit de stock tampon et le manque d'espace de stockage dans l'hangar PF ce qui limite la production et les quantités qui sortent par cycle.

**Scénario II Baisse de la demande :** dans ce scénario on a changé un paramètre chez le dépositaire pour voir l'effet de cette variation sur toute la chaîne logistique de l'entreprise. On a supposé que la demande diminue, ce qui pousse les dépositaires à baisser la taille de lot commandé sans avoir prévenu l'entreprise, ce qui va mettre l'entreprise dans une situation de sur-stockage, et arrêt de la production suite au manque des espaces de stockage.

**Scénario III Solution de S2 :** ce scénario vient pour remédier à la problématique rencontrée dans le deuxième scénario, ou on a proposé une configuration pour éviter le problème de sur-stockage on va agir sur deux paramètres de la production qui sont :

- 1- Possibilité 01 : Changer le nombre des cycles de production ;
- 2- Possibilité 02: Changer les volumes des mélanges injectés dans les lignes de production.

On a déroulé la première possibilité et on a remarqué que le nombre d'opération de la production a été diminué, ce qui a entraîné une baisse des quantités produites et une réduction de niveau des stocks de l'entreprise, donc ce scénario permet à l'entreprise d'éviter le sur-stockage de son entrepôt et avoir une certaine flexibilité par rapport aux stocks des dépositaires.

**Scénario VI Amplification de la demande BullwhipEffect :** cette situation est très rencontrée dans les industries et notamment les industries agro-alimentaire, on a voulu voir le comportement de la Supply Chain de l'entreprise TCHIN\_LAIT si elle se confronte à une telle situation.

On a augmenté la demande client (doubler la quantité demandée), cette augmentation va entraîner une rupture des stocks auprès des dépositaires, de leurs tours ils vont augmenter la taille des lots commandés (tripler la commande), d'où l'amplification de la demande.

L'entreprise cédera toutes les quantités en stock et se retrouvera en rupture des stocks également. On a simulé cette situation sous le logiciel WITNESS, et on a remarqué que toute la chaîne qui est affecté par cet effet, la production qui n'arrivera pas à couvrir les commandes, le niveau des stocks qui a enregistré des valeurs nulles. Pour remédier à ce problème on a proposé à l'entreprise une liste d'action à mener afin de faire face à cette situation.

**Scénario V Exploitation des capacités réelle des lignes de production :** dans cette situation l'entreprise va augmenter la taille de lot de production ce qui va affecter l'approvisionnement, et le transport et le stockage PF :

- Si la production augmente la taille lot cela déclenchera un besoins important en MP plus qu'avant ce que le stock tampon et le transport ne pourront pas assurer. Ce cas a été simulé sous le logiciel WITNESS et a montré les différents dysfonctionnements

rencontres au niveau des différents maillons, les résultats sont données dans les paragraphes précédents. pour cette situation on a proposé des solutions qui sont :

- Redimensionner le stock tampon : le rendre un stock en étage pour avoir plus d'espace afin d'accueillir plus de MP.
- Diminuer les temps de chargement et déchargements des camions : avoir plus de ressource humaine et de ressources matérielles (chariot élévateur)
- Investir dans de nouveaux moyens de transport.

On a déroulé la première solution en redimensionnant le stock tampon de façon qu'il accueille plus de quantités MP. Cette nouvelle configuration permet au stock tampon d'alimenter la production avec les quantités nécessaires, ce qui va assurer l'exploitation de leurs capacités réelle.

**Scénario VI file d'attente :** on est toujours sur la configuration d'exploitation des capacités réelle des lignes de production, une fois on a réglé le problème de stock tampon, on sera devant un poste goulot qui est le poste de sous processus palettisation qui est assuré par la machine robot. Suite à l'augmentation de la production, une file d'attente au niveau de ce poste apparaîtra cela a été confirmé par la simulation faite sous le logiciel WITNESS.

Pour éliminer cette file d'attente on a proposé d'investir sur une nouvelle machine robot pour renforcer le processus palettisation, ceci été simulé et les résultats et rapport de la simulation ont montré qu'une deuxième machine robot a permis d'éliminer la file d'attente et de répondre aux outputs de la production et assurer la bonne circulation de flux physique.

**Scénario VII amélioration de Lead Time et Total Prod :** après avoir modélisé les lignes de production on a généré 4 scénarios qui sont :

- Dans le premier scénario on a inséré les paramètres de l'état actuel, on a remarqué que la durée de Lead Time est très importante, et le Total Prod n'est pas maximal.
- Dans le deuxième scénario, on a augmenté la taille de lot de production, après la simulation on a remarqué que la durée de Lead Time et le Total Prod ont augmenté, et cette modification des paramètres au niveau des lignes de production nécessite la modification des paramètres de stock tampon, palettisation et le stock PF pour assurer la bonne circulation de flux physique.
- Gardons le même paramétrage de scénario précédent, et on change la durée de NEP, en la réduisant de moitié au niveau de la conditionneuse, cela a permis l'amélioration de Lead Time et le Total Prod par rapport aux situations précédentes.
- Le dernier scénario porte sur la proposition d'investir sur une nouvelle Cuve qui assure la première phase de la production, qui va permettre de diminuer la durée de Lead Time à la moitié et augmenter le Total Prod trois fois plus.

Les figures 3-43 et 3-35 illustrent l'amélioration des valeurs de Lead Time et le Total Prod selon les 4 scénarios générés sur les lignes de production:

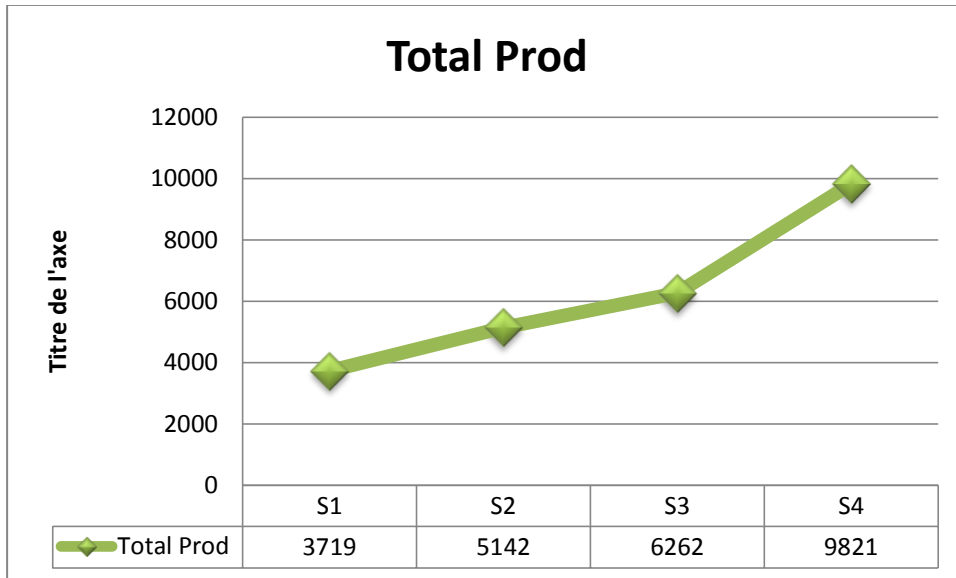


Figure 3-34 Evolution de Total Prod selon les scénarios

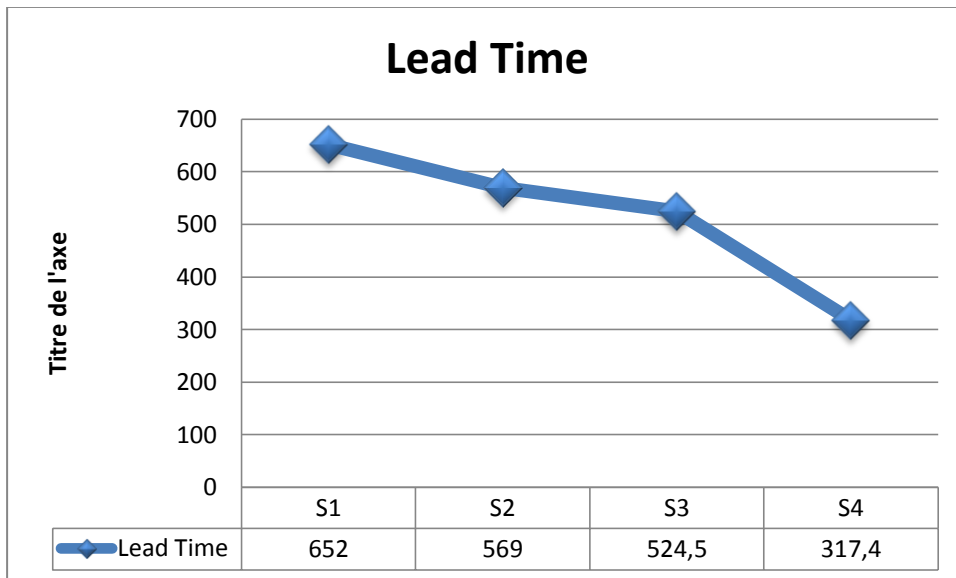


Figure 3-35 Evolution de la durée de Lead Time selon les scénarios

Si l'entreprise souhaite être dans une configuration optimale, donc elle produit sous les capacités réelles de ses lignes de production, afin d'optimiser ses ressources, il faudra modifier les maillons de sa Supply Chain à savoir le stockage PF, la distribution et la production.

Cette mise en perspective est nécessaire et s'inscrit dans le cadre d'amélioration de la performance, et permettra à l'entreprise de passer de l'état actuel à un nouveau état de la Supply Chain alternatif plus performant.

La figure 3-36 montre la Supply Chain actuel vs la Supply Chain alternative

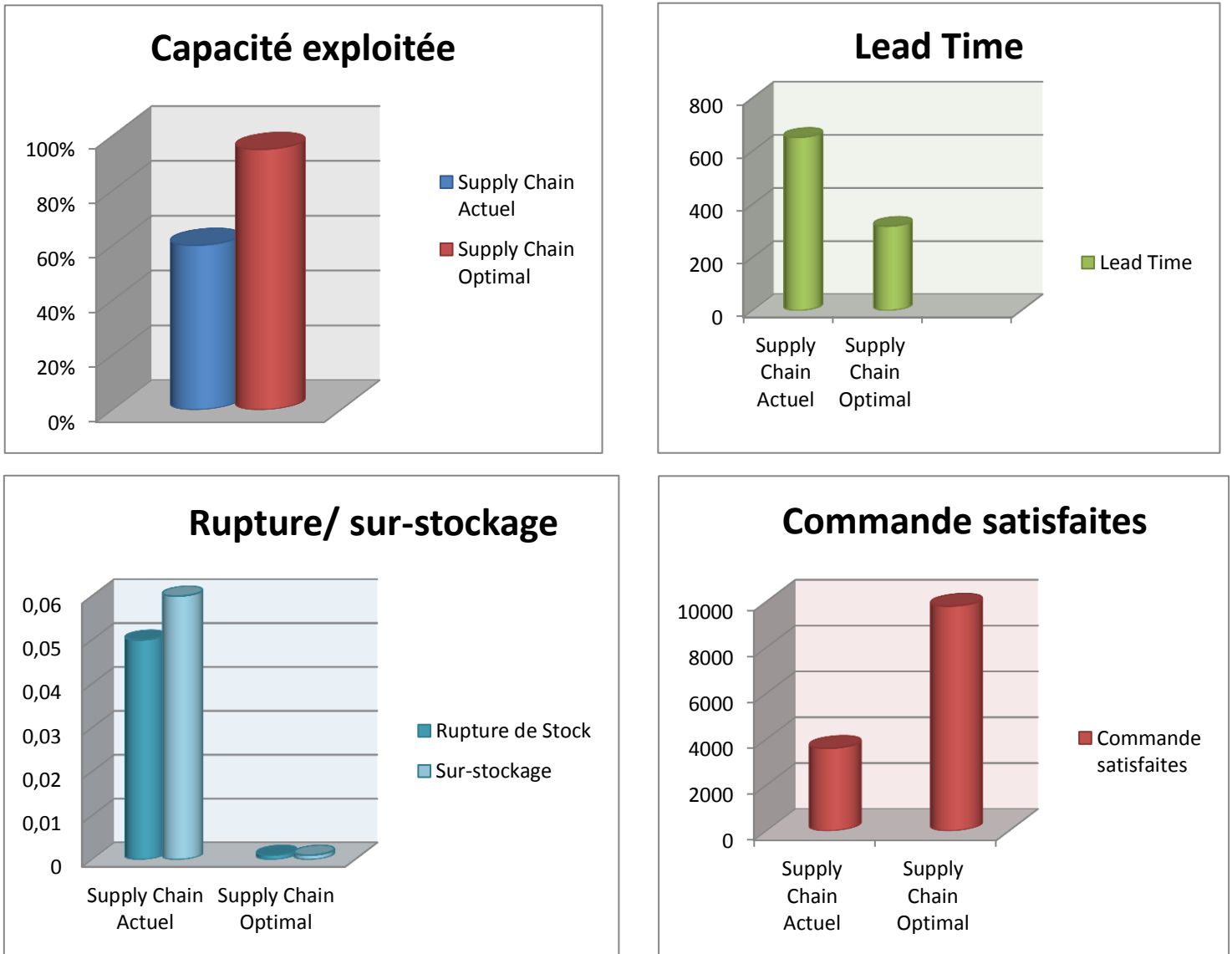


Figure 3-36 Comparaison entre la Supply Chain actuelle et la Supply Chain optimale

### 3.5 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté la solution de la problématique, et nous avons expliqué toutes les étapes qu'on a suivi afin de mettre en place les modèles de la Supply Chain, qui se sont implantés par la suite sous le logiciel WITNESS, qui nous a permis de faire la simulation et générer les scénarios, qui ont été détaillés dans les parties de ce chapitre. Nous avons abordé également certaines opportunités d'amélioration de la performance de la chaîne logistique de l'entreprise TCHIN\_LAIT, on a suggéré des pistes d'optimisation qui contribuent à la prise de meilleures décisions. Le modèle de simulation qu'on a proposé est capable de s'adapter et représenter facilement les différentes modifications dans la configuration de la Supply Chain.

---

## Conclusion Générale

---

En Algérie, le lait est un produit de base dans le modèle de consommation, ce qui explique l'augmentation du nombre des industries laitières ces dernières années. Pour assurer la survie et la pérennité d'une entreprise appartenant à ce secteur, elle doit être capable de faire face à la concurrence et d'acquérir de nouvelles parts de marché, par l'amélioration de sa Supply Chain et la maîtrise de tous ses flux logistiques. Cette compétence stratégique va permettre à l'entreprise de commercialiser ses produits dans les bons délais et avec la qualité souhaitée.

Pour TCHIN\_LAIT, l'amélioration de la performance de sa Supply Chain est une occasion pour que l'entreprise devienne plus efficace mais aussi plus compétitive. C'est dans ce cadre, que s'est inscrit le présent projet, qui consiste à répondre à la problématique soulevée par l'entreprise concernant la modélisation et la simulation de sa Supply Chain en vue d'améliorer ses performances.

Pour ce faire, nous avons commencé en premier lieu par présenter l'état de l'art comprenant les notions sur la Supply Chain et sa performance et les concepts de modélisation et de simulation. Ces éléments sont principalement liés à notre problématique.

La deuxième partie de notre travail est dédiée à la connaissance de l'état des lieux afin de cerner le périmètre de notre étude. C'est dans cette partie que vient le deuxième chapitre pour présenter le groupe CANDIA et l'entreprise franchisée TCHIN-LAIT et décrire la Supply Chain de l'entreprise, l'état du stock PF, de l'entrepôt MP et l'atelier de production de l'entreprise.

Dans ce chapitre nous avons mené un diagnostic sur les processus logistiques (approvisionnement, stockage PF, distribution, commercialisation, planification) en se basant sur le référentiel ASLOG. Cet audit nous a permis d'affiner notre vision sur le fonctionnement des différents maillons de la Supply Chain de l'entreprise et de faire ressortir les dysfonctionnements rencontrés à savoir : la mauvaise définition de la Supply Chain au sein de l'entreprise, la non-exploitation des capacités réelles des lignes de production et l'absence des indicateurs de performance destinés à la mesure et l'évaluation de sa Supply Chain.

Dans le dernier chapitre partie, nous avons entrepris la partie pratique de notre travail où on a proposé une solution à la problématique, en expliquant les différentes étapes suivies pour sa mise en place. Pour ce faire, nous avons commencé par modéliser l'ensemble des maillons de la Supply Chain sous une forme graphique, à l'aide d'un outil très répandu dans ce type d'industries qui est la modélisation par Réseaux de Petri, où on a proposé trois modèles : un modèle de toute la Supply Chain, un modèle de la production et un modèle de stockage.

Pour montrer le dynamisme et l'évolution de ces modèles dans le temps, on est passé à l'étape de simulation qui consiste à construire des modèles dans un simulateur. Dans notre cas nous avons choisi le logiciel WITNESS pour la programmer les modèles, effectuer les simulations et générer les scénarios. Une fois les modèles sont sous le logiciel, on a inséré tous les paramètres nécessaires (loi d'entrée, loi de sortie ...etc.) et les liens entre les éléments pour assurer la connectivité des modèles. Ensuite on a validé les modèles construits par la génération de scénarios correspondant à l'état actuel. Les résultats obtenus sont cohérents avec les données de l'entreprise.

Enfin, nous avons généré une série des scénarios de différentes situations, pour voir le comportement de la Supply Chain modélisée, et commenter l'évolution des indicateurs de performances dans chaque scénario.

La principale contribution de ce travail réside dans la proposition d'un outil de simulation, qui aide l'entreprise TCHIN\_LAIT de prendre des décisions pertinentes à savoir : la reconfiguration de sa Supply Chain et ses différents maillons, le scénario optimal qui lui permette l'exploitation de ses capacités réelles des lignes de production et enfin la mise en place des KPI dans le but de mesurer et évaluer la performance de Supply Chain.

Enfin, on peut proposer des perspectives qui peuvent être avantageuses à l'entreprise dans sa démarche de l'amélioration de sa Supply Chain :

- La mise en place un système d'information qui permet de suivre les niveaux des stocks des dépositaires en temps réel afin d'assurer la disponibilité des produits de TCHIN\_LAIT sur tout le territoire national.
- -Mettre un dispositif au niveau des camions qui suit les tournée (entre les entrepôts des matières premières et l'atelier de production) en cours et les ré-optimise en temps réel pour essayer de réduire le temps d'arrivé des matières premières à l'atelier de production.
- -Adopter le procédé « filtration membranaire », qui est utilisé pour séparer des produits présents dans les liquides tels que les bactéries, virus. Ce procédé va permettre de réduire les temps de nettoyage (temps de changement de série) dans le processus de production, et grâce à cette réduction le Lead Time va s'améliorer.



---

## Bibliographie

---

[AL, 2015] RAID AL-AOMAR, EDWARD J.WILLIAMS, ONUR M. ÜLGEN.Process simulation using witness. United states of America:Wiley ,2015

[AND ET FAG, 1999] Andersen B, Fagerhaug T, Randmñl S, Schuldmaier. Benchmarking supply chain management: finding best practices, Journal of Business &Industrial Marketing. Vol 14, pp. 378-389, 1999.

[KACI, AI, 2017] MOHAMMED KACI et SALAH YAHIAOUI Etude lait conditionné et boissons lactées Algérie synthèse 2017CAP-PME, Alger-avril 2017.

[BAG, 2005] G.BAGLIN, O.BRUEL, A.GARREAU, M.GREIF, L.KERBACHE, C.DELFT. Management Industriel et Logistique. 4e édition. Paris : ECONOMICA 2005.

[BEA, 1999] Beamon, B.M. Measuring Supply chain performance. International journal of operations and production management, 19(3), pp.275-292, 1999.

[BOR ,2014] Valeria BORDIN .thèse de doctorat sur optimisation et simulation d'une chaîne logistique : application au secteur de l'agriculture .université de technologie Troyes, 1er décembre 2014.

[CER, 88] CERNAUT. La simulation des systèmes de production. Toulouse : Cepadues éditions, 1988.

[ESS, 2008] Mohand ESSAID. Thèse doctorat modélisation et simulation de la connectivité des flux logistiques dans les réseaux manufacturiers. Génie des procédés. Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne, 2008.

[FEN, BAR, 2012]Michel FENDER, Frank BARRON. Le Supply Chain Management. Paris : Dunod, 2012.

[FEN, PIE, 2007]Michel FENDER, Phillippe PIERRE. La logistique globale et le Supply Chain management. Groupe Eyrolles, 2007.

[GAM, 2010] Samia GAMOURA. Modélisation et simulation des chaînes logistiques. France : Université européenne, 2010.

[KEL, SAD, 1997] W. David KELTON, Randall p SADOWSKI. Simulation with Arena. Hill higher education, 1997.

[LEV, 2001] P.LEVILLE ANGER F.FRERY A.GALENGEL A.OLLIVIER.Conduire le diagnostic d'une unité Industrielle. Paris : Editions d'organisation, 2001.

[MOI, 2013] Remy LE MOIGNE. Supply chain management. Paris : Dunod, 2013.

[PER, VILL, 2016]Allain PERROT et Philippe VILLEMUS.La boîte à outils de la supply chain. Paris: Dunod, 2016.

[PID, 2004] PIDD M.Computer Simulation in Management Science, John Wiley and Sons, 5rd edition, 2004.

[SITE 01] site officiel des industrieslaitièresAlgériennes:<https://www.aps.dz/economie/58150-industrie-laitiere-la-capacite-de-production-installee-sous-exploitee>

[SITE 02] site officiel de TCHIN\_LAIT Algérie : [https:// www.tchinlait.com](https://www.tchinlait.com)

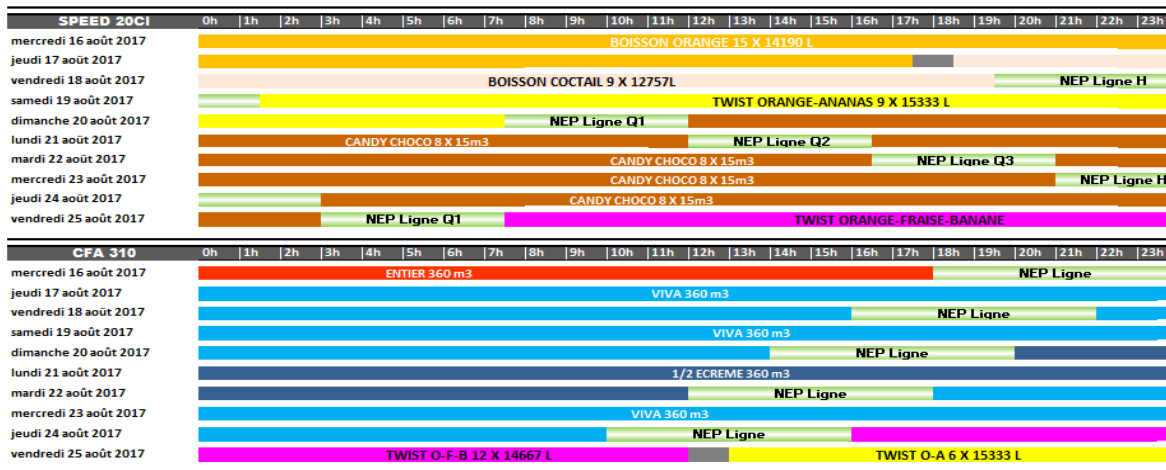
[SITE 03] site officiel de CANDIA France : [https:// www.candia.fr](https://www.candia.fr)

---

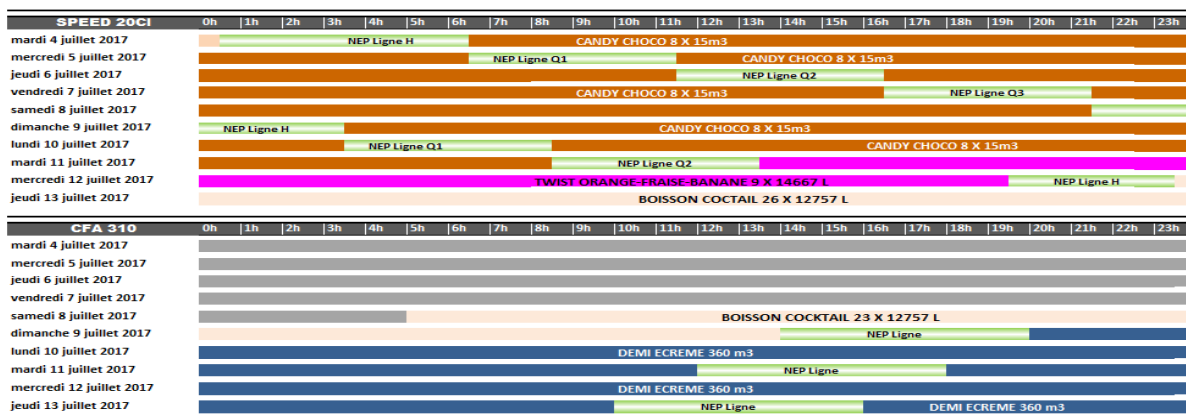
## ANNEXES

---

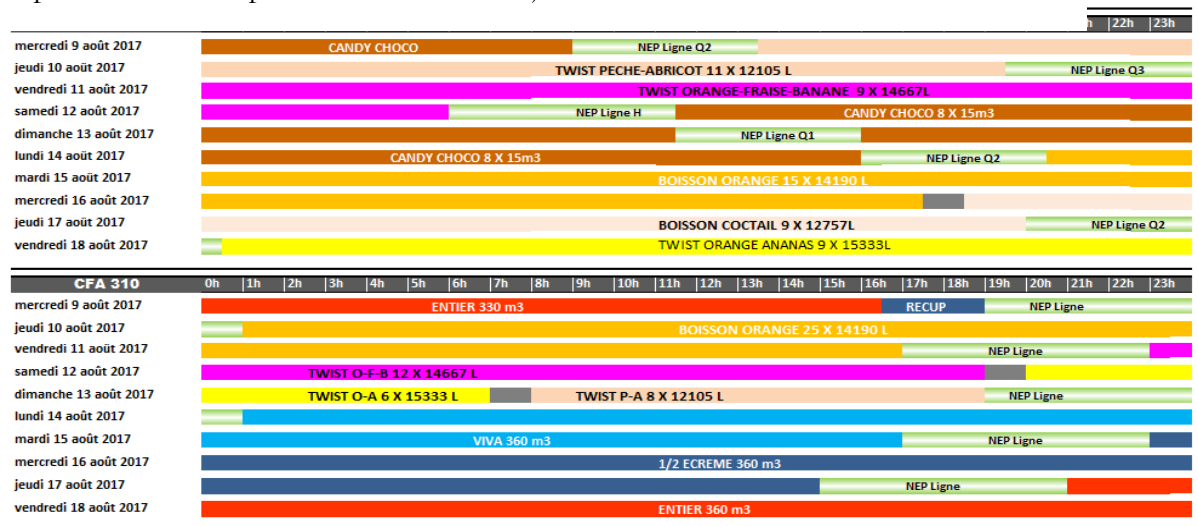
## Les Plans De Production PDP : (Documents interne del'entreprise)



Annexe 1: le plan directeur de production du 16 au 25 Aout 2017

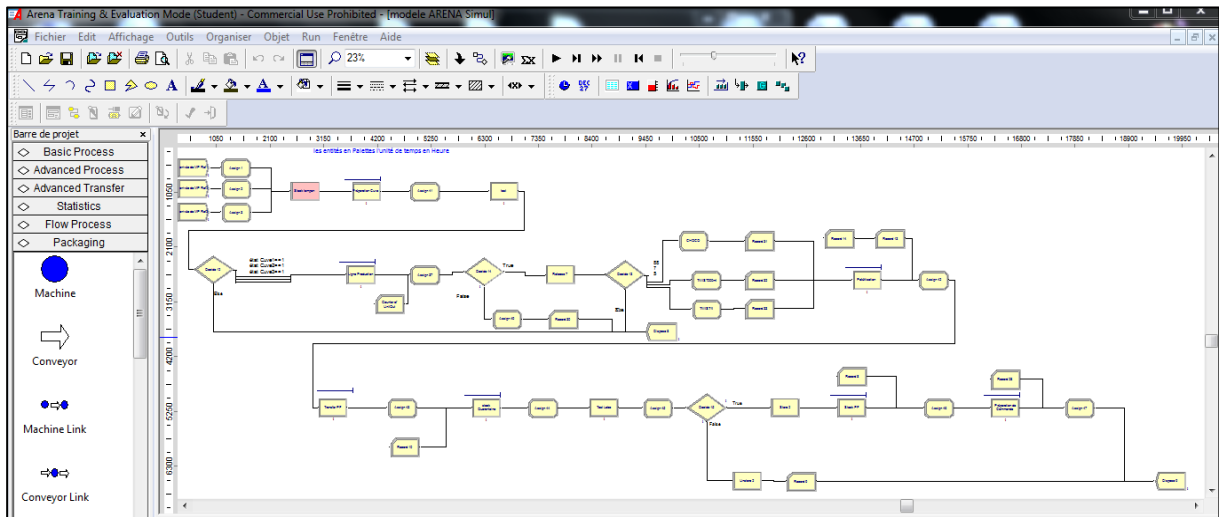


Annexe2: le plan directeur de production du 4 au 13 juillet 2017



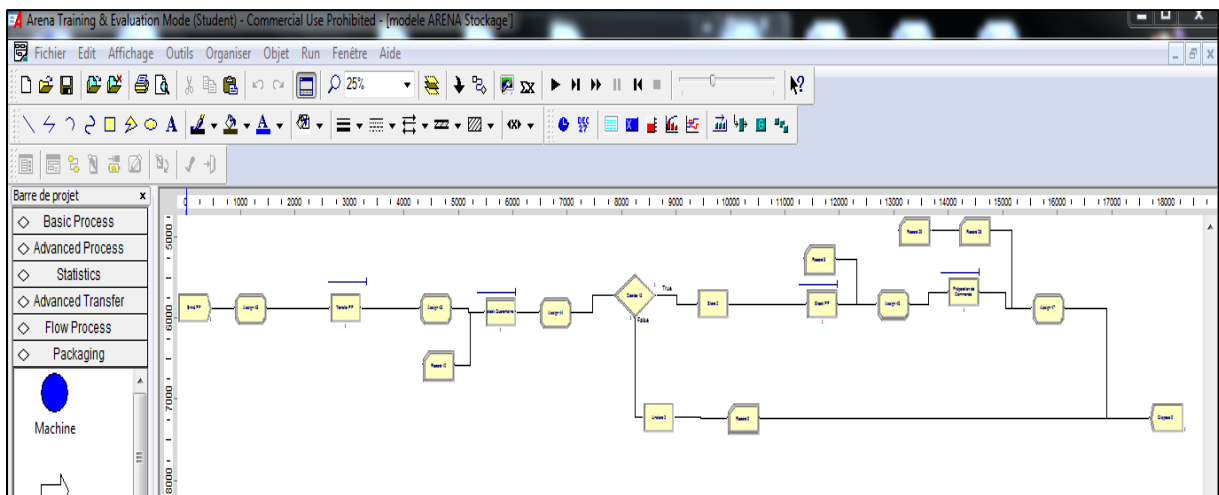
Annexe 3:le plan directeur de production du 9 au 18 Aout 2017

## Le travail effectué sous le logiciel ARE



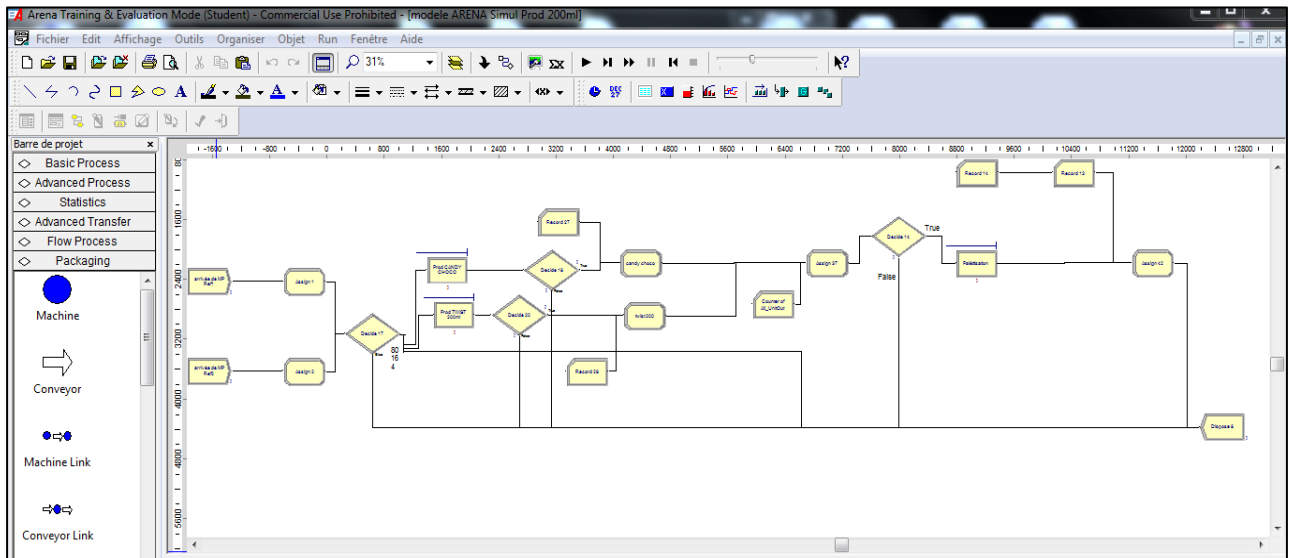
Annexe 4: modèle global de la supply chain de TCHIN\_LAIT sous le logiciel ARENA

### - Le modèle d'Approvisionnement



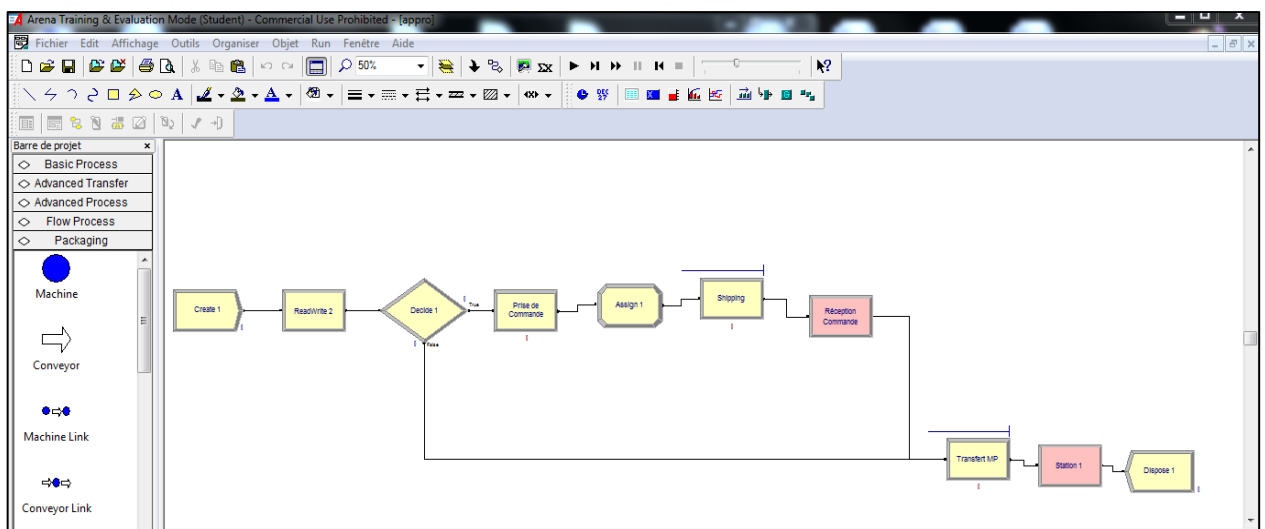
ANNEXE 5 modèle d'approvisionnement sous ARENA

### - Le modèle de production



Annexe5: modèle de production sous le logiciel Arena

- Le modèle de stockage



Annexe 6: modèle de stockage sous le logiciel Arena



---

En même temps ,on distingue l'arrivé du mélange du produit Twist 1L représenté par le bloc «creat»avec une loi EXP(30) pour passer à la ligne de production « CFA 310 » ,la ressource « CFA310 » est occupée par le bloc « Seize » et retardée par le module « Delay » pendant une durée de ,

Enfin on libère la ressource par le module « Release »pour rejoindre le bloc « Decide » ou on trouve deux chemins que peut prendre le produit c'est-à-dire 1% des produits va être non conformes pour quitter le modèle par le module « Dispose »

Les produits conformes des trois références vont se rencontrer dans le bloc Palettisation ou il y 'a une file d'attente donc la ressource de la palettisation est bien le robot qui sera occupé toute la semaine de production et dans le bloc « ASSIGN », on déclare toutes les variables concernant le nombre de palettes sortantes de chaque produit.

Enfin on arrive au bloc « Dispose » qui désigne la fin du modèle c'est-à-dire la fin du processus production.

## Description de modèle logique de l'Approvisionnement

Dans ce modèle nous avons modélisé le processus Approvisionnement, en allant de l'inventaire jusqu'à la réception des commandes de chez les fournisseurs.

- Mise à jour des inventaires : chaque jour, le modèle génère les quantités des MP sortantes pour chaque référence qui vont vers la production, la quantité sortante est ensuite soustraite de stock restant dans l'entrepôt. Les paramètres qu'on a insérés sont spécifiques aux achats stratégiques (qui ont une procédure d'achat plus en moins complexe).
- Prise de commande : une fois récupérer les données de l'inventaire d'une base de données externe (fichier EXCEL), le modèle calcule s'il est nécessaire de faire une commande, en vérifiant une condition qui est exprimé dans le bloc « Decide », la méthode choisie pour ce faire utilise une variable qui est Délai\_Fixe\_Quantité\_Variable, si elle est  $\leq 3$  mois l'entreprise lancera une commande sur cette référence et les quantités à approvisionner décline de la planification annuelle des achats et les réajustements qui se font chaque mois et chaque semaine ou encore par le calcul de produit des consommations journalière moyennes, cela nécessite un autre bloc de « ReadWrite » pour ouvrir le fichier d'une autre base de données externe. Ensuite le modèle continuera les étapes suivantes « Shipping & réception de commande », dans le cas contraire le modèle passera directement au processus de transfert des MP de l'entrepôt MP au Stock Tampon de la production.
- Le Shipping : l'ordre d'achat est pris, les commandes sont validées, les fournisseurs sont sélectionnés, ces derniers envoient leurs commandes au port de livraison, et attendent jusqu'à ce que tous les procédures de transport maritime, le dédouanement seront réglés pour qu'ils puissent embarquer les containers. Un lead time sera calculé à ce niveau qui est représenté par le délai entre l'émission d'une commande et la réception de celle-ci, elle est unique pour chaque commande, ce calcul se fait par l'insertion d'un bloc « Record ».
- Réception des commande : une fois les containers arrive aux entrepôts MP, seront embarqués, les références seront ensuite enregistrés et saisis dans la base de données de logiciel LOGITRAK, et les inventaires seront mis à jours pour tenir compte des produits réceptionnés.

### La liste des paramètres des blocs des modèles sous ARENA



## ANNEXES

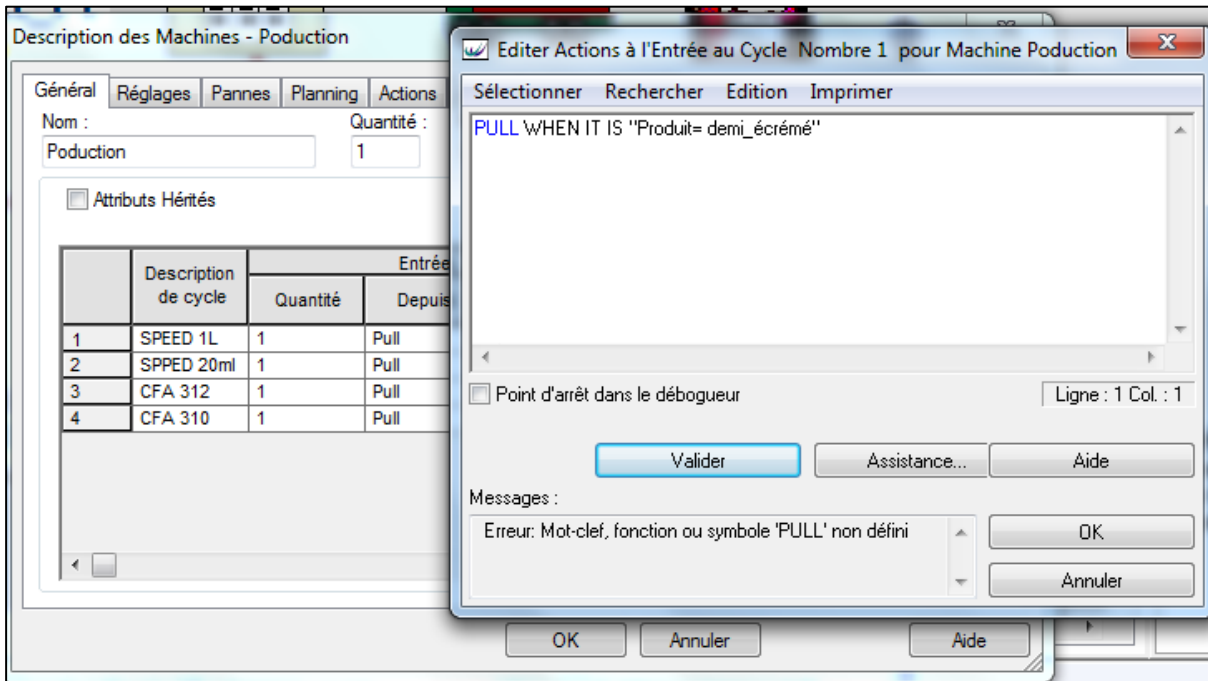
	Paramètres	Signification	Loi d'arrivé	Valeur initiale
ATTRIBUT	Durée_Production	Durée de production d'une référence		CANDY CHCOCO = 120h TWIST 125ml= 60h TWIST 1l= 30h
	Durée de Séjour	Durée de séjour des PF qualité en stock quarantaine		72h →3jours
	Capacité_Stock_Quarantaine	Capacité de stock quarantaine PF en Palette		5500 palettes
ENTITE	Mélange_CANDY CHOCO	La quantité de mélange de CANDY CHOCO injectée dans la ligne	Exp(90h)	15 000 l
	Mélange_TWIST 125ml	La quantité de mélange de TWIST125ml injectée dans la ligne	Exp (60h)	15 000 l
	Mélange_TWIST 1l	La quantité de mélange de TWIST 125ml injectée dans la ligne	Exp (30h)	15 000 l
RESSOURCES	SPEED200	La conditionneuse de la ligne 2 qui produit les 2 références CANDY CHOCO et TWIST200ml		24 000l/h
	CFA310	La conditionneuse de la ligne 3 qui produit la référence TWIST1l et autre référence.		15 000l/h
	Robot	Machine qui place les produits dans les des palettes automatiquement pour l'expédition		45 palette/h
	Camion	Flotte propre de l'entreprise, qui assure le transport des produits inter-site		4 camions 12 palettes/camion
	Cariste	Ressource humaine chargé de la manutention des palettes		4 caristes
	Espace_Stockage	Hangar PF		5 500 palettes
VARIABLES	Nbr palette sortante CHOCO	Nombre de palette sortante de la production de CANDY CHOCO		Des variables qui changent, pour la génération des scénarios et la simulation
	Nbr palette sortante TWIST200ml	Nombre de palette sortante de TWIST 200ml		
	Nombre_Palette_Produite_CANDY CHOCO	Nombre de palette produite de CANDY CHOCO (rebut compris)		
	Nombre_Palette_Produite_TWIST200ml	Nombre de palette produite de TWIST 200ML (rebut compris)		
	Nombre_Palette_Produite_TWIST1l	Nombre de palette produite de TWIST 1l (rebut compris)		
	Nbr palette sortante TWIST1l	Nombre de palette sortante de TWIST 1l		
Ordre_Transfert	Ordre de transfert des PF vers stockage			

## ANNEXES

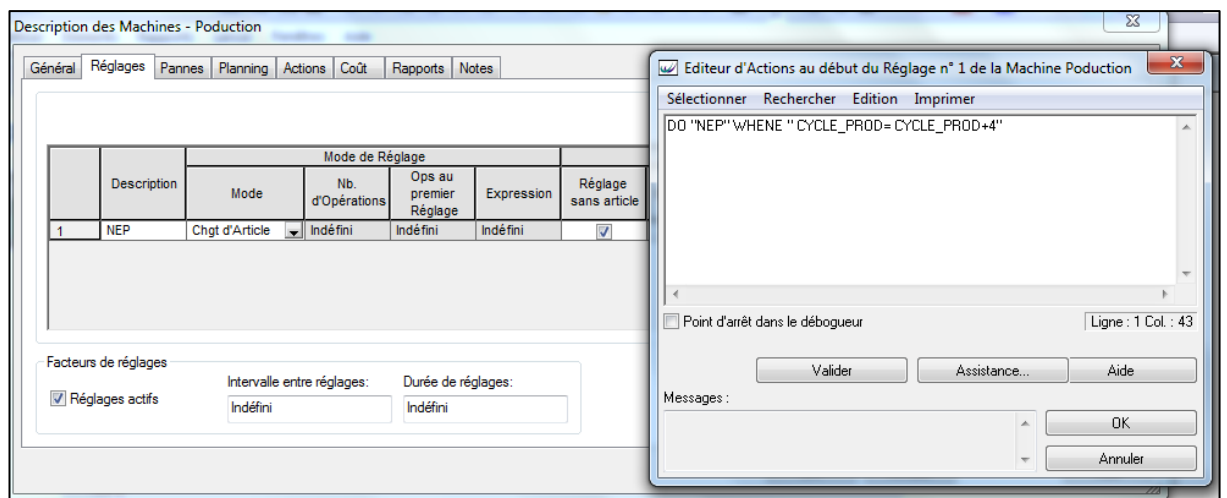
	Nombre_Cmd_CANDY CHOCO	Nombre de commande de CANDY CHOCO		
	Nombre_Cmd_TWIST200ml	Nombre de commande de TWIST 125ml		
	Nombre_Cmd_TWIST1l	Nombre de commande de TWIST 1l		

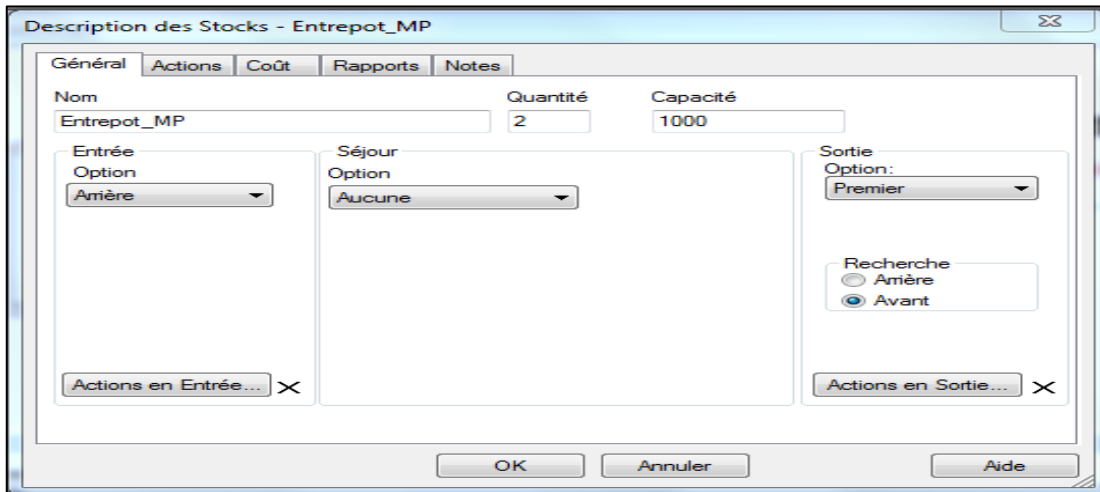
## La description des éléments de modèle WITNESS

### - Élément « machine : Production »

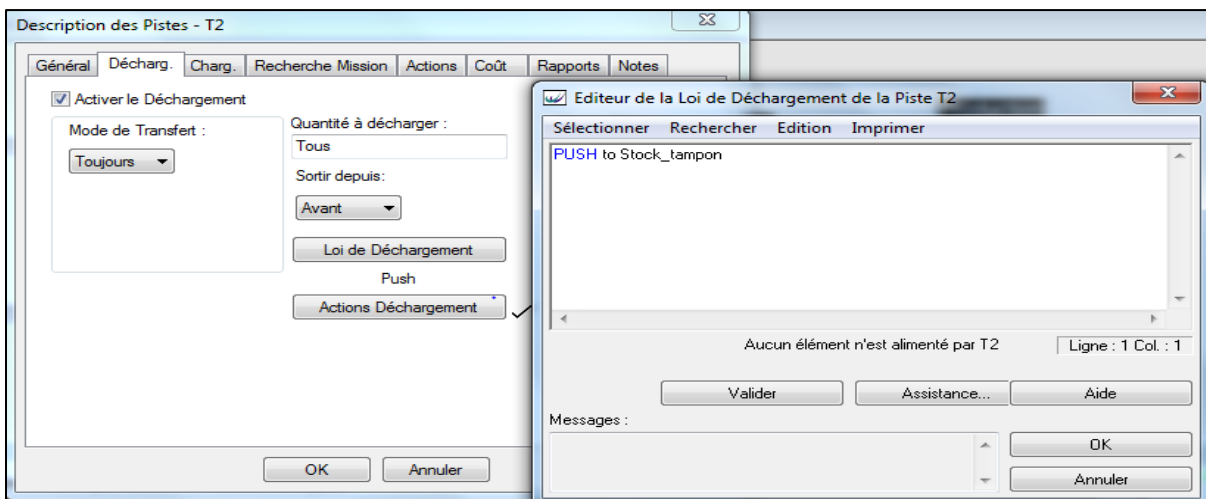


ANNEXE 7 fenêtre de l'élément machine Production sous WITNESS





Annexe 8:fenetre de l'élément STOCK sous WITNESS



Annexe 8:fenetre de l'élément piste sous WITNESS