

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

MINISTRY OF HIGHER EDUCATION
AND SCIENTIFIC RESEARCH

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

HIGHER SCHOOL IN APPLIED SCIENCES
--T L E M C E N--

المدرسة العليا في العلوم التطبيقية
-تلمسان-



المدرسة العليا في العلوم التطبيقية
École Supérieure en
Sciences Appliquées



Boublenza®

Mémoire de fin d'étude

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur

Filière : Génie industriel

Spécialité : Management industriel et logistique

Présenté par :

Younes ABDERRAHIM
Abdelhakim HARMOUNI

Thème

**Amélioration du flux de production pour
l'entreprise SARL BOUBLENZA**

Soutenu publiquement, le 12/07/2021, devant le jury composé de :

M Mohammed BENNEKROUF	MCB	ESSA. Tlemcen	Président
M Fouad MALIKI	MCB	ESSA. Tlemcen	Directeur de mémoire
M Mustapha Anwar BRAHAMI	MCB	ESSA. Tlemcen	Examineur 1
M Mohammed Adel HAMZAOUI	Docteur	ESSA. Tlemcen	Examineur 2
Mme. Amina OUHOUD	MCB	ESSA. Tlemcen	Invité

Année universitaire : 2020 /2021

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dédicace

Je dédie ce travail, je suis reconnaissant de ma détermination et de tous les efforts que j'ai fournis au cours de ces 5 années, ainsi que des sacrifices et des obstacles que j'ai vécus.

À ma chère mère, elle a tout sacrifié et m'a laissé venir à cette étape de la vie. Aucune offrande ne peut exprimer mes sentiments. Que Dieu vous bénisse.

À mon père, sans ses sacrifices et ses épreuves durant ces années d'études, je n'aurais peut-être pas eu l'occasion d'en arriver là. Merci pour votre motivation et votre générosité pour votre soutien moral.

À mes chers frères et sœurs, remerciez-les pour leur soutien et leur existence permanente. Je n'oublierai jamais leur sacrifice pour moi.

À mes compagnons de lutte : Aziz, Khiero, Seddik, Sami, Nadji, Brahim, Meriem, Hiba, Soumia, Fatima et ceux-là qui je ne me souviens pas de leurs noms.

À vous mes grands-parents du côté mère et père de vos encourage dans mes études et par vos prières.

À toutes ces personnes qui m'ont soutenu tout au long du chemin. Je dédie ce travail...

H. Abdelhakim

Dédicace

A mes chers parents,

A mes chers frères

Ma famille

Mes amis

Et tous qui ont contribué à la réalisation de ce mémoire

A. Younes

Remerciement

Nous remercions Allah, le tout puissant, le miséricordieux, de nos avoir donné la santé et tout dont nous nécessitions pour l'accomplissement de cette thèse.

Au terme de cet humble travail, nous tenons à remercier chaleureusement toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de cet humble projet de fin d'étude, à savoir nos encadreur, Mme OUHOUD Amina et M. MALIKI Fouad. La disponibilité, leur extrême gentillesse et leurs précieux conseils.

Nous remercions les membres du jury, qui vérifieront notre travail et accorderont une attention particulière à son évaluation à la juste valeur.

Enfin, nous sommes profondément reconnaissants à la société Boublenza, à tous les membres du comité de direction, notamment BOUBLEENZA Chakib, et à tous les salariés de la société pour nous avoir transmis des connaissances qui contribuent à la réalisation de ce travail.

Nous leurs exprimons tous très haute et respectueuse gratitude.

H. Abdelhakim

Remerciement

Avant de commencer cette oeuvre, nous tenons à remercier le bon Dieu qui nous à donner la volonté et le courage pour réaliser ce modeste travail.

Un grand merci pour nos familles, surtout nos parents qui nous ont épaulés, soutenus et suivis tout au long de ce projet.

Nous tenons à exprimer notre vive gratitude à nos promoteurs M. Fouad MALIKI et Mme Amina OUHOUD pour nous avoir honoré par leur encadrement, pour leur disponibilité, ses orientations, ses précieux conseils et ses encouragements qui nous ont permis de mener à bien ce travail.

Nos remerciements vont également aux membres de jury M. xx et M. xx qui nous ont fait l'honneur de juger notre travail.

Nos sincères remerciements s'adressent aussi au personnel de l'entreprise BOUBLENZIA particulièrement M. Chakib BOUBLENZIA qui nous a ouvert ses portes et veillé à ce que notre travail se déroule dans les meilleures conditions et leur aide précieuse et conseils qu'ils nous ont donnés tout au long de notre travail

Enfin, nous remercions toutes les personnes ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

A. Younes

Résumé :

Actuellement les entreprises visent à optimiser leur flux de production à l'aide des technologies informatiques afin d'accroître leurs productivités et améliorer leurs performances, D'ailleurs c'est le cas de la société BOUBLENZ qui souhaite optimiser la gestion de son flux de production. L'intérêt de notre projet est d'optimiser le flux de production et l'optimisation du temps de changement. Ce travail fait l'objet de développer des méthodes et des fonctionnalités afin d'aboutir sur une gestion de flux de production optimale. Pour mettre au point ce projet il a fallu passer par une étape d'analyse de système de production, puis une modélisation du système de production par le simulateur ARENA, ensuite une identification des problèmes puis la proposition des solutions et finalement la simulation de ces solutions par le simulateur ARENA, avant de passer à l'étape de discussion et analyse des résultats. Ces étapes ont été effectuées par un ordre chronologique, Ce mémoire a donc pour but de détailler et expliquer les étapes par lesquelles est passé notre projet afin d'atteindre les solutions obtenues.

MOTS-CLES : Modélisation des systèmes de production, production de la poudre de la caroube, évaluation des performances, optimisation du temps de changement, optimisation du flux de production, simulateur ARENA.

Abstract :

Currently companies aim to optimize their production flow using computer technologies in order to increase their productivity and improve their performance. Moreover, this is the case of the BOUBLENZ Company, which wishes to optimize the management of its production flow. The interest of our project is to optimize the production flow and the optimization of changeover time. This work is the object of developing methods and functionalities in order to lead to an optimal production flow management. To develop this project, it was necessary to go through a stage of analysis of the production system, then a modelling of the production system by the ARENA simulator, then an identification of the problems then the proposal of the solutions and finally the simulation of these solutions. By the ARENA simulator, before moving on to the stage of discussion and analysis of the results. These stages have been carried out in chronological order. This thesis therefore aims to detail and explain the stages through which our project has gone in order to reach the solutions obtained.

KEYWORDS : Modelling of production systems, production of carob powder, performance evaluation, changeover time optimization, production flow optimization, ARENA simulator.

ملخص:

تهدف الشركات حاليًا إلى تحسين تدفق إنتاجها باستخدام تقنيات الكمبيوتر من أجل زيادة إنتاجيتها وتحسين أدائها، علاوة على ذلك، هذا هو حال شركة BOUBLENZ التي ترغب في تحسين إدارة تدفق إنتاجها. ينصب اهتمام مشروعنا على تحسين تدفق الإنتاج وتحسين وقت التغيير. هذا العمل هو هدف تطوير الأساليب والوظائف من أجل أن يؤدي إلى إدارة تدفق الإنتاج الأمثل. لتطوير هذا المشروع، كان من الضروري المرور بمرحلة تحليل نظام الإنتاج، ثم نمذجة نظام الإنتاج بواسطة محاكي ARENA، ثم تحديد المشكلات ثم اقتراح الحلول وأخيرًا محاكاة هذه الحلول بواسطة جهاز محاكاة ARENA، قبل الانتقال إلى مرحلة المناقشة وتحليل النتائج. تم تنفيذ هذه المراحل بترتيب زمني، وبالتالي تهدف هذه الأطروحة إلى تفصيل وشرح المراحل التي مر بها مشروعنا للوصول إلى الحلول التي تم الحصول عليها.

الكلمات الرئيسية: نمذجة أنظمة الإنتاج، إنتاج مسحوق الخروب، تقييم الأداء، تحسين وقت التغيير، تحسين تدفق الإنتاج، محاكاة ARENA.

Table des matières

Dédicace	i
<i>Dédicace</i>	iv
Remerciement	v
Remerciement	vi
Résumé :	vii
Table des matières	viii
Liste des figures	xii
Liste des tableaux	xiv
Liste des abréviations	xv
Introduction générale	1
Contexte	1
Problématique	2
L'objectif de l'étude	2
Plan de mémoire	2
Partie I	1
Chapitre 1	1
Généralité sur le caroubier	1
1. Origine et répartition géographique	6
1.1. Ses origines	6
1.2. Sa répartition géographique dans le monde	7
1.3. Distribution géographique en Algérie	8
1.4. Distribution en Tlemcen ou l'oranais	9
2. L'étymologie description et les variantes de la caroube	9

2.1.	L'étymologie de la caroube	9
2.2.	Morphologie et description des principales parties de l'arbre.....	10
3.	Les variétés	14
4.	Intérêt et utilisations du caroubier.....	15
4.1.	Composition chimique du caroubier.....	16
5.	Production de la caroube.....	17
5.1.	Aire de production du caroubier dans le monde.....	17
5.2.	Aire de production du caroubier en Algérie	18
6.	Conclusion	20
Chapitre 2		21
Présentations de l'entreprise		21
1.	L'entreprise BOUBLENZ A.....	22
2.	Fiche technique (Voir tableur 5).....	23
3.	L'organigramme de l'entreprise BOUBLENZ A	24
Chapitre 3		25
Les systèmes de production		25
1.	Introduction.....	26
2.	Définition d'un système de production.....	26
3.	Caractéristiques des systèmes de production.....	26
4.	Les types de systèmes de production.....	26
4.1.	Production à la pièce ou par lots.....	26
4.2.	Production continue ou discontinue	27
5.	Sélection du système de production.....	27
5.1.	Les critères de choix	27
5.2.	L'évolution des systèmes de production	27
6.	Mesures de performance	28
7.	La simulation	28
7.1.	Méthode de simulation	29
7.2.	La simulation d'un système de production.....	30

7.3. Les avantages et les inconvénients de la simulation.....	30
7.4. Logiciel de simulation Arena	31
8. La modélisation mathématique	31
8.1. Méthodes de résolution utilisées.....	31
9. Conclusion	32
Partie II.....	25
Chapitre 1	25
La simulation du processus de production avec le simulateur Arena.....	25
1. Introduction.....	35
2. Pour quoi logiciel Arena	35
3. Modélisation du système avec le simulateur Arena.....	35
3.1. Les bibliothèques utilisées.....	36
Lors	38
3.2. Définition des modèles	41
4. Le model général Arena.....	46
5. Conclusion	47
Chapitre 2	48
Analyse et discussion des résultats.....	48
1. Introduction.....	49
2. Rapport de simulation	49
3. Cas de simulation :.....	50
4. Partie 1 : Analyse, interprétation et proposition des solutions sans l'ajout d'un four ..	51
4.1. Analyse et interprétation de système réel	51
4.2. Optimisation du temps de changement avec LINGO	54
4.3. L'ajout d'un convoyeur entre le stock et la chaine d'alimentation	58
5. Partie 2 : Analyse, interprétation et proposition des solutions avec l'ajout d'un four ..	60
6. Discussions des résultats.....	61
7. Conclusion	62

Conclusion générale.....	63
Bibliographie	64
Résumé :.....	65

Liste des figures

Figure 1 : Centre d'origine (bassin méditerranéen)	7
Figure 2 : Centre d'origine (bassin méditerranéen) et distribution du caroubier dans le monde	8
Figure 3 : Distribution du caroubier en Algérie suivant les domaines bioclimatiques	8
Figure 4 : Distribution du caroubier en Tlemcen.....	9
Figure 5 : Classification du genre Ceratonia.....	10
Figure 6 : L'arbre du caroubier.....	10
Figure 7 : Les racines de l'arbre du caroubier	11
Figure 8 : La feuille du caroubier.	11
Figure 9 : Inflorescences femelle.....	12
Figure 10 : Inflorescences mâle	12
Figure 11 : Gousses vertes.....	12
Figure 12 : Gousses moisies et gousses vertes.....	13
Figure 13 : Graines de la caroube	13
Figure 14: Production de fruit par type en Algérie 2016/2017 [8]	19
Figure 15 : Production de la caroube en Algérie, année 2009 (Histogramme établi par l'auteur à partir des données fournies par la DSA de Tlemcen) [7].....	19
Figure 16 : Logo de l'entreprise Boublenza	22
Figure 17 : Méthode générale de simulation.....	29
Figure 18 : Logo LINGO solver.	32
Figure 19 : les bibliothèques de logiciel Arena	36
Figure 20 : Module Create	36
Figure 21 : Module Dispose.....	36
Figure 22 : Module Process	36
Figure 23 : Module Assign	37
Figure 24 : Module Record.....	37
Figure 25 : Module Decide	37
Figure 26 : Module Batch	37

Figure 27 : Module Separate.....	38
Figure 28 : Module Hold.....	38
Figure 29 : Module ReadWrite	38
Figure 30 : Module Delay	38
Figure 31 : les déferant modèle de la bibliothèque Advanced Transfer	39
Figure 32 : Module Station	39
Figure 33 : Module Request.....	39
Figure 34 : Module Transport.....	39
Figure 35 : Module Free	40
Figure 36 : Module Accès.....	40
Figure 37 : Module Convey	40
Figure 38 : Module Exit.....	40
Figure 39 : Module Queue	40
Figure 40 : Module Scan.....	40
Figure 41 : Module Duplicate	40
Figure 42 : Module Pickup	41
Figure 43 : Module Resources	41
Figure 44 : Module logique de la première partie de la chaine de production	41
Figure 45 : le process de la partie 1 de la chaine de production	42
Figure 46 : Module logique de la deuxième partie de la chaine de production	43
Figure 47 : le process de la partie 2 de la chaine de production	44
Figure 48 : Module logique de la troisième partie de la chaine de production.....	44
Figure 49 : le process de la partie 3 de la chaine de production	45
Figure 50 : Le model général	46
Figure 51 : Histogramme représente les taux d'utilisation des machines.	52
Figure 52 : la courbe du Best case, Worst case et le Particular best case	54
Figure 53 : code LINGO	56
Figure 54 : Histogramme représente les taux d'utilisation des machines.	58
Figure 55 : Histogramme représente les taux d'utilisation des machines.	59
Figure 56 : Histogramme représente les taux d'utilisation des machines.	61

Liste des tableaux

Tableau 1: tableau récapitulative sur la sélection de Croit sur les variétés du caroubier	14
Tableau 2 : tableau représente la composition de la gomme de la caroube	16
Tableau 3 : estimation de la surface cultivé, production et le rendement de la caroube dans le monde, année 2011(tableau établi par l’auteur à partir des données de la FOASTAT) ..	17
Tableau 4 : estimation de la surface cultivé, production et le rendement de la caroube en Algérie, année 2009 (tableau établi par l’auteur à partir des données fournies par la DSA de Tlemcen) [7].....	18
Tableau 5 : Fiche technique de l'entreprise BOUBLENZ A.....	23
Tableau 6 : Caractéristiques principales du logiciel Arena	35
Tableau 7 : tableau représente les types de commandes et le temps de production	50
Tableau 8 : tableau représente le temps de chargement entre les commandes	50
Tableau 9 : Les indicateurs de performance	51
Tableau 10 : Taux d'utilisation des ressources.....	51
Tableau 11 : Les équation de factory physics.	53
Tableau 12 : tableau représente l’ordre optimal de commande	56
Tableau 13 : Tableau représente les indicateurs de performance cas séquence optimale.	57
Tableau 14 : Tableau représente le taux d'utilisation des machines cas séquence optimale....	57
Tableau 15 : tableau représente les indicateurs de performance.....	58
Tableau 16 : tableau représente les taux d'utilisation des machines	59
Tableau 17 : tableau représente les indicateurs de performance cas l'ajout d'un four	60
Tableau 18 : tableau représente le taux d'utilisation des machines cas l'ajout d'un four.	60
Tableau 19 : discussion des résultats.....	62

Liste des abréviations

CT : Cycle Time

MP : Matière Première

SDP : Système De Production

TH : Throughput, taux de production

TRG : Taux de Rendement Global

TRS : Taux de Rendement Synthétique

WIP : Work In Process

Rb : Taux de Production de La Machine Goulot

Introduction générale

Alors que le marché en évolution rapide devient de plus en plus fréquent et imprévisible, les environnements de production du monde entier sont confrontés à de nombreux défis et changements. Par conséquent, si une entreprise veut être compétitive et rentable, elle doit se concentrer sur l'amélioration de la productivité. Elle doit investir dans une usine qui peut s'adapter aux changements environnementaux et répondre efficacement aux différents changements, avec une bonne productivité et à faible coût.

Les entreprises doivent être capables de contrôler et de maintenir leur conception d'usine pour mener à bien leurs activités avec une efficacité et une avec une efficacité et une efficience maximale, ceci est possible grâce à une analyse approfondie de leurs systèmes de production. La simulation a été identifiée comme l'une des meilleures méthodes pour analyser le processus de fabrication, car elle permet aux décideurs d'explorer diverses options et scénarios importants.

Contexte

Ce présent mémoire représente le résultat du travail que nous avons accomplis lors de la préparation de notre projet de fin d'étude d'ingénieur en génie industriel option management industriel est logistique à l'école supérieure en sciences appliquées Tlemcen. Le stage s'est déroulé au niveau de l'entreprise SARL BOUBLENZA depuis le 4 avril jusqu'au le 30 juin 2021.

Le but principal et la raison dans laquelle nous avons choisis ce sujet s'était de mettre les premières initiatives dans le monde professionnel et pour l'acquisition d'une connaissance sur le domaine de la gestion des stocks de l'entreprise. Afin d'atteindre notre objectif, notre rôle avait pour but d'étudier et améliorer le système de production ou d'améliorer le flux de production pour minimiser les coûts et optimiser les efforts au sein de l'entreprise BOUBLENZA.

L'objectif principal du projet consiste à étudier le système de production tout en identifiant les goulots du système de la production et, d'augmenter la capacité de production de son système tout en réduisant les coûts de production, minimiser les coûts de changement et assurer une gestion fluide au sein de l'atelier de production.

Nous utilisons le logiciel ARENA afin de modéliser et simuler le système de production et nos propositions.

Problématique

Notre périmètre d'étude est concentré sur l'étude et la modélisation du système de production de l'entreprise SARL BOUBLENTA, afin de garantir une productivité maximale. L'intérêt majeur de cette étude est d'apporter des nouvelles solutions plus optimales afin de les modéliser et discuter les résultats obtenus pour pouvoir sélectionner en toute confiance les meilleures solutions.

Un autre problème nous a été confié c'est l'optimisation du temps de changement entre les différents produits entrants et sortants de la chaîne de production.

L'objectif de l'étude

Notre projet a pour objectifs d'améliorer le flux de production et minimiser le temps de changement de façon optimale. Notre solution devra donc garantir :

- Etudier et analyser le système de production de l'entreprise.
- Concevoir et construire un modèle de simulation du système de production.
- Simuler le modèle de système de fabrication.
- Simuler les propositions d'amélioration à fin d'aboutir à une solution optimale.
- Concevoir une solution optimale pour minimiser le temps de changement.

Plan de mémoire

Cette mémoire se compose de deux parties sont :

- Première partie : partie théorique est généralité, elle se compose de deux chapitres :
 - Le premier chapitre : intitulé « généralité sur la caroube », cette partie traite une généralité sur la caroube ces régions de culte, ces biens faits et ces utilisations dans des différents domaines.
 - Le deuxième chapitre : intitulé « présentations de l'entreprise », ce chapitre est consacré à présenter l'entreprise sa structure et ces points forts.
 - Le troisième chapitre : intitulé « les systèmes de production », ce chapitre est consacré à présenter les systèmes de production et leur état dans la simulation des systèmes de production.

- Deuxième partie : simulation de processus de production, simuler les propositions d'amélioration et l'optimisation du temps de changement, cette partie se compose en trois chapitres.
- Le premier chapitre : intitulé « la simulation du processus avec le simulateur Arena » ce chapitre présente la modélisation et la simulation du système de production sous le logiciel ARENA.
- Le deuxième chapitre : intitulé « optimisation du temps de changement », il présente notre solution proposée pour optimiser le temps de changement d'une façon optimale.
- Le troisième chapitre : intitulé « analyse et discussion des résultats » ce chapitre traite et analyse les résultats obtenus après l'application de nos solutions sur le simulateur ARENA pour aboutir aux solutions optimales puis la discussion, les critiques et l'analyse de nos résultats.

Pour en finir nous avons achevé ce mémoire par une conclusion générale dont nous avons résumé le travail de ce projet tout en soulignant nos perspectives

Partie I

Chapitre 1

Généralité sur le caroubier

1. Origine et répartition géographique

1.1. Ses origines

Le lieu d'origine du caroubier demeure incertain plusieurs hypothèses éminentes d'un désaccord entre différents auteurs sur l'origine du caroubier. SCHWEINFURTH (1894) a insinué qu'il est originaire du Sud de l'Arabie (Yémen). Cependant, ZOHARY (1973) a considéré le caroubier comme originaire de la flore d'Indo Malaisie, groupé avec *Olea*, *Laurus*, *Myrtus*. D'autres auteurs, comme VAVILOV (1951) et DE CANDOLLE (1983), ont rapporté qu'il serait natif de la région Est méditerranéenne (Turquie et Syrie). Le caroubier était connu dans le proche Orient et les îles de la Méditerranée. En Egypte, les pharaons utilisaient la farine du fruit pour rigidifier les bandelettes des momies (XVIIe siècle avant J.C.). Cette espèce ligneuse a été domestiquée depuis le néolithique (4 000 ans avant J.C.), et sa culture extensive date au moins de 2000 ans avant J.C. (BATLLE et TOUS, 1997). Le caroubier a été introduit très anciennement par les Grecs, puis par les Arabes et les Berbères de l'Afrique du Nord, en Grèce, en Italie, en Espagne et au Portugal (REJEB, 1994).[1]

Le caroubier est aujourd'hui répandu dans tout le bassin méditerranéen. On le trouve à l'état naturel principalement dans les pays suivants : Espagne, Portugal, Maroc, Grèce, Italie, Turquie, Algérie, Tunisie, Égypte, et Chypre (voir figure 1). En Algérie, comme dans plusieurs pays méditerranéens, le caroubier croît dans les conditions naturelles à l'état sauvage sous des bioclimats de type subhumide, semi-aride et aride. Il est généralement en association avec l'olivier et le lentisque.

Selon des études il paraît que le caroubier est d'origine méditerranéenne en ce justifiant de l'existence d'une période de floraison tardive (juillet-octobre) des arbres et des arbustes méditerranés, ainsi par la présence inhabituelle des enzymes photosynthétiques de type « C4 » ((caractéristique des plantes de climat chaud) Durant les premières étapes de son développement qui s'inhibe à l'âge adulte. Catarino et Bento-Pereira (1976)



Figure 1 : Centre d'origine (bassin méditerranéen)

1.2. Sa répartition géographique dans le monde

Selon Hillcoat et al, (1980), le caroubier est étendu, à l'état sauvage, en Turquie, Chypre, Syrie, Liban, Israël, Sud de Jordanie, Egypte, Arabie, Tunisie et Libye avant d'atteindre l'Ouest de la Méditerranéen.[1]

Il a été disséminé par les Grecs en Grèce et en Italie et par les Arabes le long de la côte Nord de l'Afrique, au Sud et à l'Est de l'Espagne. Dès lors, il a été diffusé au Sud du Portugal et au Sud-Est de France. [1]

Le caroubier a été également implanté dans plusieurs autres pays, ayant des régions à climat méditerranéen comme l'Australie, l'Afrique du Sud, les États-Unis (notamment l'Arizona et la Californie du Sud), les Philippines et l'Iran (EVREINOFF, 1947) (voir figure 2).

Généralement, la distribution des espèces arborescentes, telle que *C. siliqua* est limitée par des stress liés aux froids (Diamantoglou and Mitrakos, 1981). En effet, l'espèce *C. oreothauma* qui semble être plus sensible au froid a une répartition restreinte et limitée seulement à Omane et au Somalie (Hillcoat et al, 1980). Dans les zones basses méditerranéennes (0-500m, rarement 900m d'altitude), le caroubier constitue une essence dominante et caractéristique du maquis des arbres sclérophylles (Zohary et Orsham 1959, Folch i Guillen, 1981). [1]

Chapitre 01 : Généralité sur le caroubier

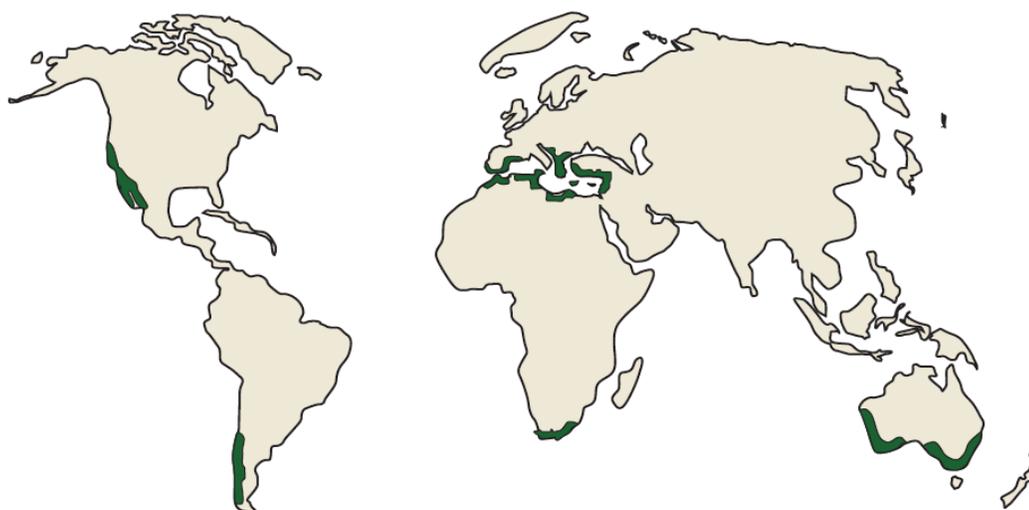


Figure 2 : Centre d'origine (bassin méditerranéen) et distribution du caroubier dans le monde

1.3. Distribution géographique en Algérie

En Algérie, le caroubier est fréquemment cultivé dans l'Atlas Saharien et il est commun dans le tell (Quezel et Santa, 1962). On le trouve à l'état naturel en association avec l'amandier, *Olea Europea* et *Pistacia Atlantica* dans les étages semi-arides chaud, subhumide et humide, avec une altitude allant de 100 m à 1300 m dans les vallons frais qui le protègent de la gelée ; avec une température de 5 °C jusqu'à 20 °C et une pluviométrie de 80 mm à 600mm/an (Rebour, 1968). Suivant ces critères climatiques ; on a établi l'aire de répartition du caroubier en Algérie (voir figure 3). [2]

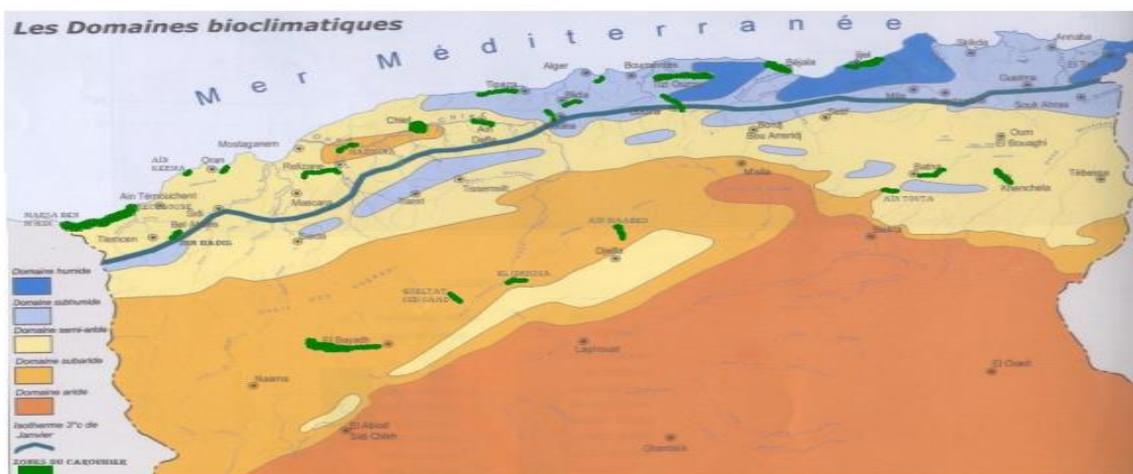


Figure 3 : Distribution du caroubier en Algérie suivant les domaines bioclimatiques

Chapitre 01 : Généralité sur le caroubier

1.4. Distribution en Tlemcen ou l'oranais

Tlemcen dans les régions suivantes : Sidi M'djahed, Sebra, Henaya, Tlemcen, Aïn Tellout, Sidi Abdli, Remchi, Ben Sekran, Aïn Youcef et de Beni Saf jusqu'à Marsat Ben M'hidi (voir figure 4). [2]



Figure 4 : Distribution du caroubier en Tlemcen.

2. L'étymologie description et les variantes de la caroube

2.1. L'étymologie de la caroube

Le mot « caroubier » vient de l'arabe el kharroube, tasliroua ou tikida en berbère, caroubier en français et carob tree en anglais, algarrobo en espagnol, carrubo en italien, alfarrobeira en portugais, karubenbaum en allemand, charaoupi en grec et charnup en turc. Il est aussi appelé pain de saint Jean-Baptiste, figuier d'Égypte ou fève de Pythagore.

Son nom latin ceratonia vient du grec keratia signifiant « petite corne » (en référence à ses caroubes, gousses en forme de cornes à maturité). Le nom d'espèce, siliqua, désigne en latin une siliqua ou gousse. [3]

Chapitre 01 : Généralité sur le caroubier

Le genre *Ceratonia* (voir figure 5), appartient à la famille des légumineuses, ordre des Rosales, sous famille des Caesalpinioideae. [3]

- Règne : Plantae
- Sous-règne : Tracheobionta
- Division : Magnoliophyta
- Classe : Magnoliosida
- Sous-classe : Rosidae
- Ordre : Rosales
- Famille : Legumineuses
- Sous-famille : Caesalpinioideae
- Sous-tribu : Ceratoniinae
- Genre : *Ceratonia*

Figure 5 : Classification du genre *Ceratonia*.

2.2. Morphologie et description des principales parties de l'arbre

2.2.1. Caractères généraux

Le caroubier, arbre toujours vert (voir figure 6), à cime très étalée, peut atteindre 8 à 17 m de hauteur, 85 cm de diamètre du tronc, une circonférence à la base du tronc de 2 à 3 m et vivre jusqu'à 200 ans. Son écorce est brune, rugueuse. Il a une écorce lisse et grise lorsque la plante est jeune et brune, rugueuse à l'âge adulte. Son bois de couleur rougeâtre est très dur. Ses feuilles sont persistantes et coriaces de couleur vert sombre, grandes de 10 à 20 cm, Le caroubier ne perd pas ses feuilles en automne.



Figure 6 : L'arbre du caroubier

2.2.2. Le système racinaire

Cet arbre développe **un système racinaire** pivotant (voir figure 7), qui peut atteindre 18m de profondeur (Aafi, 1996 ; Gharnit, 2003).



Figure 7 : Les racines de l'arbre du caroubier

2.2.3. Les organes aériens

Les feuilles

Les feuilles de *Ceratonia* de 10 à 20 cm de longueur, sont persistantes, coriaces, alternes et caractérisées par un pétiole sillonné. Elles sont composées de 4 à 10 folioles, avec ou sans foliole terminale. Les folioles ont de 3 à 7 cm de longueur, de forme ovale ou elliptique, opposées, de couleur vert luisant sur la face dorsale et vert pâle sur la face ventrale (Rejeb et al., 1991 ; Batlle et Tous, 1997 ; Ait Chitt et al., 2007). Le caroubier perd ses feuilles en juillet tous les deux ans, ces dernières sont partiellement renouvelées au printemps (mars - avril) (voir figure 8).



Figure 8 : La feuille du caroubier.

Chapitre 01 : Généralité sur le caroubier

La fleur

Le caroubier est trioïque (rapport mâle/femelle 50-50 incluant quelques hermaphrodites), Il figure parmi les rares arbres qui fleurissent en automne (septembre à novembre) à partir de sa sixième année. L'inflorescence femelle consiste en un pistil cylindrique de 6 à 12 mm de long (voir figure 9), sur lequel sont disposées en spirale 17 à 20 fleurs brunâtres, unisexuées.

L'ovaire est composé de deux carpelles de 5 à 7 mm de long contenant plusieurs ovules. L'inflorescence mâle (voir figure 10), consiste en un disque nectarifère volumineux entouré de 5 étamines.

Les gousses ou caroubes (voir figure 11), dont le développement est très long (10 à 11 mois), sont indéhiscentes, de 10 à 30 cm de longueur sur 1,5 à 3 cm de largeur, pendantes.



Figure 9 : Inflorescences femelle

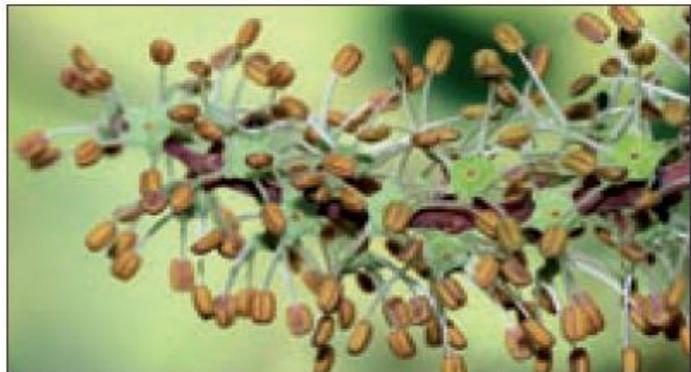


Figure 10 : Inflorescences mâle



Figure 11 : Gousses vertes.

Chapitre 01 : Généralité sur le caroubier

Le fruit

Le fruit du caroubier, appelé caroube ou carouge, est une gousse indéhiscente à bords irréguliers, de forme allongée, rectiligne ou courbée, de 10 à 20 cm de longueur, 1,5 à 3 de largeur et de 1 à 2,5 cm d'épaisseur. La gousse est composée de trois parties : l'épicarpe, le mésocarpe et les graines, elle est séparée à l'intérieur par des cloisons pulpeuses transversales et renferme de 4 à 16 graines (voir figure 12).



Figure 12 : Gousses moisies et gousses vertes

La graine

Les graines sont ovoïdes, rigides, d'une couleur qui dépend la variété, elle peut être marron, rougeâtre, ou noir dont la longueur et la largeur sont respectivement de 8 à 10 mm de 7 à 8 mm (voir figure 13).



Figure 13 : Graines de la caroube

Chapitre 01 : Généralité sur le caroubier

3. Les variétés

De plus de 80 clones, 7 sélections faites par Coit ont été exposées au Centre Citrus Research de l'Université de Californie pour la conservation. Les 6 sont, brièvement présenter dans ce tableau : (voir tableau 1). [4]

Tableau 1: tableau récapitulative sur la sélection de Croit sur les variétés du caroubier

Nom	L'origine	Caractéristiques	Saveur
Amele	Une ancienne variété commerciale de l'Italie	Les gousses de couleur marron clair, droites ou légèrement incurvées (14-16 cm) de long et (2-2.5 cm) de large teneur en sucre de 53,8%	Bonne saveur
Casuda	Un cultivar très ancien de l'Espagne	Les gousses de couleur brune, la plupart du temps sec, (12 cm) de long, (1,5 cm) de large et le sucre de 51,7%	Bonne saveur
Sfax	De Menzel-Bou Zelfa, Tunisie	La gousse rouge-brun, droite ou légèrement incurvées (15 cm) de long, (2 cm) de large et le sucre de 56,6%.	Bonne saveur
Santa Fe	Semis de Santa Fe Springs en Californie	C'est un arbre hermaphrodite (l'auto fertile), La gousse brun clair, légèrement incurvé, souvent tordu, (18-20 cm) de long, (2 cm) de large, le sucre de 47,5%	Excellente saveur
Tantillo	De Sicile, Italie	C'est un arbre hermaphrodite (l'auto fertile), Gousse brun foncé, la plupart du temps sec ; (13-15 cm) de long (2 cm) de largeur.	Bonne saveur
Tylliria	De Chypre (leur variété principal produit d'exportation)	La gousse sombre brun acajou, légèrement incurvée, (15 cm) de long (2-2.5 cm) de large, le sucre de 47,4%	Bonne saveur

Types greffés sont classées comme « **Imera**. « **Apostolika** » Le nom est un terme général pour les semis de qualité acceptable. Les types sauvages en tant que groupe sont appelés '**Agria**'.

Chapitre 01 : Généralité sur le caroubier

Les différents cultivars recensés actuellement dans le monde se distinguent entre eux par leur vigueur, leur taille, leur qualité de gousse, leurs graines, leur productivité et leur résistance aux maladies (Batelle et Tous, 1997).

4. Intérêt et utilisations du caroubier

a) Arbre

Le caroubier est une plante mellifère et pastorale, son miel est de bonne qualité et ses feuilles et la pulpe de ses fruits sont riches en unités fourragères. Il est également utilisé dans la lutte contre l'érosion des sols, comme brise-vent et comme arbre ornemental compte tenu de sa couronne sphérique, et de son feuillage persistant, dense et brillant. Il est à ce titre largement planté en Californie et en Australie (Morton, 1987) comme arbre d'ombre et d'ornement le long des rues pour sa résistance à la sécheresse et sa tolérance à la pollution de l'air. Son bois est très apprécié en ébénisterie et pour la fabrication du charbon. L'écorce et les racines sont employées dans le tannage. [3]

b) Le fruit

Le caroubier est cultivé depuis longtemps pour divers usages. Ses fruits sont comestibles et sucrés. On tire de la caroube deux principaux produits. La farine, obtenue en séchant, torréfiant et moulant les gousses après les avoir débarrassées de leurs graines, est employée surtout en agro-alimentaire comme antioxydant grâce à sa composition riche en polyphénols et pour la production industrielle de bioéthanol et d'acide citrique (Makris et Kefalas 2004).

La gomme extraite de l'endosperme, blanc et translucide, de la graine, est utilisée dans les industries agro-alimentaires, pharmaceutiques (principalement contre les diarrhées), cinématographiques, textiles et cosmétiques. [3],[5]

Elle possède des caractéristiques très intéressantes en tant que multi additif (par exemple pour le chocolat, la crème glacée, le yaourt, la mayonnaise, les confitures d'oranges, les bonbons, les potages, les sauces, le ketchup, la diététique etc.). Toutefois, cette substance en dépit de ses avantages fait face à une concurrence sérieuse des substances chimiques avec des propriétés semblables. 100 kg de graines donnent en moyenne 20 kg de gomme pure et sèche. [3],[5]

Chapitre 01 : Généralité sur le caroubier

4.1. Composition chimique du caroubier

La **composition** de la pulpe de **caroube** dépend de la variété, du climat et des techniques de cultures. Toutefois, on peut avancer que la pulpe de **caroube** représente 90 % de la masse du fruit. Elle est riche en tanins et en sucres, dont le saccharose représente 65 à 75 % des sucres totaux.).[1]

La gousse est riche en carbohydrates et particulièrement en sucres hydrolysables (sucrose 34%, D-glucose 6,4% et D-fructose 6%) qui représentent 40 à 55% du poids de la gousse et en protéines (6%), par contre elle présente une faible proportion en lipides (3%). La gousse du caroubier présente une valeur énergétique important (17,5 KJ/g de M.S).

Le caroubier contient également des composées phénoliques (2 à 20% de M.S) qui lui confèrent différents rôles : antioxydant, facilité de la digestion, baisse du taux cholestérol..., différentes études ont montré que ces polyphénols sont essentiellement des tanins condensés (16 à 20%), des proanthocyanidines, des flavonoïdes, des ellagitanins

La gousse du caroubier contient d'autres composées comme les éléments minéraux, les vitamines, (voir tableau 2). ...).[1]

Tableau 2 : tableau représente la composition de la gomme de la caroube

100 grammes de fraine		Vitamines		Eléments minéraux	
Matières grasses	31 g	Vitamine A	2 IU	Calcium	303 mg
Carbohydrates	56 g	Vitamine C	0.5 mg	Fer	1.29 mg
Protéines	8 g	Vitamine E	1.18 mg	Magnésium	36 mg
		Vitamine K	7.7 µg	Phosphore	126 mg
		Thiamine	0.1 mg	Potassium	633 mg
		Riboflavine	0.178 mg	Sodium	107 mg
		Niacine	1.04 mg	Zinc	3.53 mg
		Vitamine B6	0.13 mg	Cuivre	0.183 mg
		Vitamine B12	1 µg	Manganèse	0.14 mg
		Acide Pantothénique	0.75 µg	Sélénium	5.2 µg

5. Production de la caroube

5.1. Aire de production du caroubier dans le monde

Selon les données du FAOSTAT (2010), l'aire totale de la production mondiale du caroubier est estimée à 95 864ha (Tab N°09). La plus grande superficie, 77 876ha, est celle de l'Europe, contre une superficie estimée à 921ha pour l'Algérie et 11 179ha pour les pays d'Afrique du Nord. [6]

La production mondiale de la caroube est estimée à 205.589 t et se concentre principalement en Espagne, premier pays producteur avec 55.754 t, ce qui représente 27,12 % de la production mondiale (voir tableau 3) suivi par l'Italie (21,77%) et le Portugal (15,11%). L'Algérie occupe le huitième rang avec une production de 4000 t, soit 1,95% de la production mondiale. Les productions de gousses et de graines dans les différents pays ne sont pas en parallèles, car il existe des différences dans les rendements en graines entre les cultivars et les variétés de type sauvage : [6]

Tableau 3 : estimation de la surface cultivée, production et le rendement de la caroube dans le monde, année 2011(tableau établi par l'auteur à partir des données de la FOASTAT)

Pays*	Surface cultivée (ha)	Production (tonnes)	Rendement (t/ha)
Espagne	47000	55754	1,19
Maroc	9717	20489	2,11
Italie	9183	44749	4,87
Portugal	8274	31067	3,75
Grèce	5284	20901	3,96
Turquie	2910	13972	4,80
Chypre	1353	10560	7,80
Israël	1347	210	0,16
Algérie	1000	4000	4,00
Croatie	550	553	1,01
Tunisie	414	858	2,07
Liban	250	2300	9,20
Ukraine	100	100	1,00
Mexique	76	76	1,00
Total	87458	205589	2,35

5.2. Aire de production du caroubier en Algérie

La superficie cultivée totale du caroubier en Algérie a fortement baissé, passant de 11000 ha en 1961 à 1000 ha en 2011 (FAOSTAT). En 2009, cette superficie était de 927 ha (tableau 02) dont 645 ha, soit 69,58 % de la superficie totale se trouvent dans la wilaya de Bejaia. Tlemcen occupe la septième place avec une superficie de 5ha, soit 0.54%. (Voir tableau 4). [6]

Tableau 4 : estimation de la surface cultivée, production et le rendement de la caroube en Algérie, année 2009 (tableau établi par l'auteur à partir des données fournies par la DSA de Tlemcen) [7]

Wilaya*	Surface cultivée (ha)	Production (qx)	Rendement (qx/ha)
Bejaia	645	18417	28,6
Tipaza	105	5600	53,3
Blida	100	8050	80,5
Boumerdes	32	1080	40,0
Bouira	22	144	6,9
Mila	10	80	8,0
Tlemcen	5	100	20,0
B.B. Arreridj	4	20	5,0
Aïn-Defla	2	300	150
Mascara	1	30	30,0
Tizi-Ouzou	1	20	20,0
Total	927	33841	36,5

* les wilayas ont été classées par ordre décroissant selon la superficie cultivée (ha).

La production nationale de la caroube est estimée à 33841 Qx et se concentre principalement dans la wilaya de Bejaia avec une production de 18.417 Qx, ce qui représente 54,42 % de la production nationale (voir figure 13 et 14), suivie par la wilaya de Blida (23,79%) et Tipaza (16,55%). La superficie cultivée du caroubier dans le Nord-ouest de l'Algérie (comprenant la wilaya de Tlemcen et Mascara) ne représente que 6 ha, soit 0,65 % de la superficie nationale, tandis que la production de la caroube est de seulement 0,39 %.[7]

Chapitre 01 : Généralité sur le caroubier

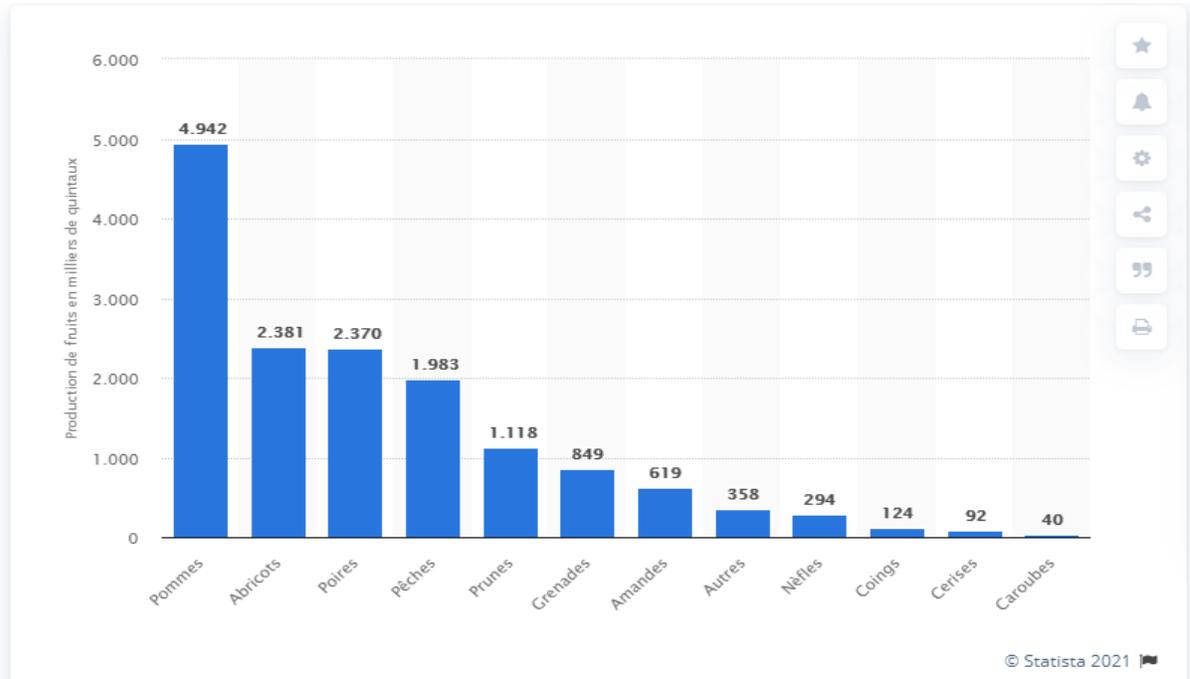


Figure 14: Production de fruit par type en Algérie 2016/2017 [8]

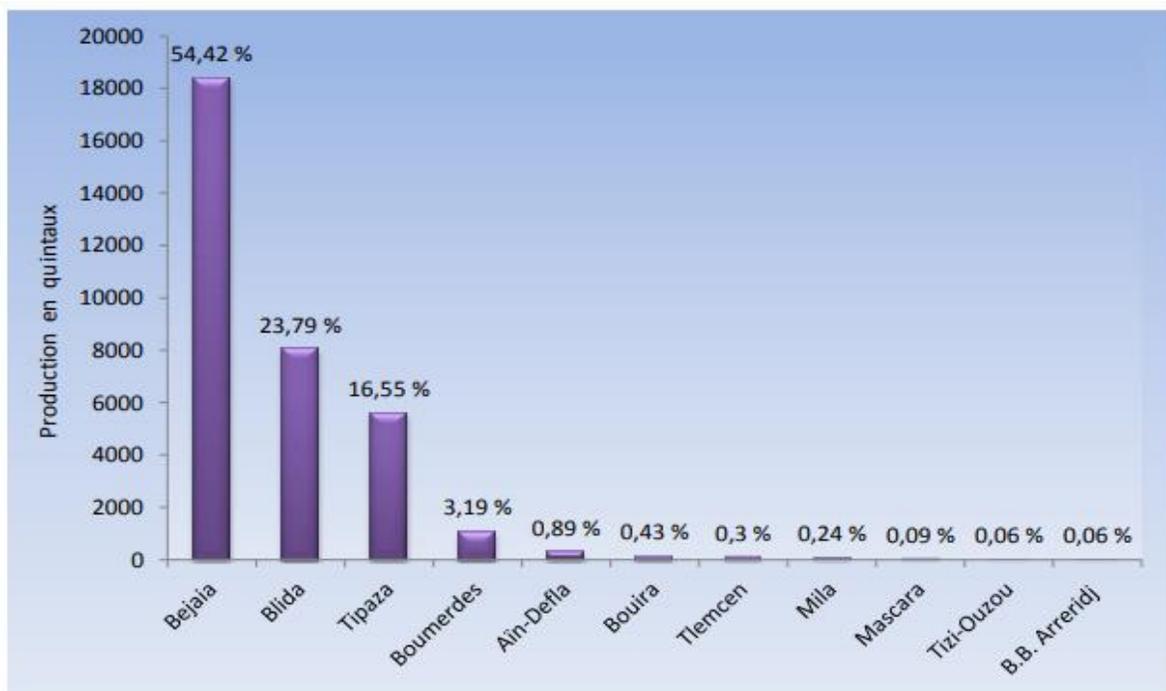


Figure 15 : Production de la caroube en Algérie, année 2009 (Histogramme établi par l'auteur à partir des données fournies par la DSA de Tlemcen) [7]

6. Conclusion

Si la consommation directe de caroubes n'a plus qu'une valeur anecdotique, la farine de caroube est devenu en plus en plus l'élément indispensable dans l'industrie pour réduire les couts de production ex industrie agro-alimentaire, pharmaceutique est l'industrie du maquillage, il est considéré comme un substitue de plusieurs produits qui sont en hausse prix ex : le cacao.

En raison sur le manque de la culture du cultivé la caroube en Algérie, parmi c'est problème l'orientation des agriculteurs et de l'état à l'agriculture des aliments de la 1^{ère} nécessité comme (les céréales, bâtâtes, tomates...) le programme de développement des cotes côtières, le programme de développement des endroits de Zones d'ombre, des programmes de Reconstruction résidentielle dans la compagne, Ce qui a conduit à une pénurie de terres arab

Chapitre 2

Présentations de l'entreprise

Chapitre 02 : Présentation de l'entreprise

1. L'entreprise BOUBLENZA

L'entreprise SARL BOUBLENZA est une Entreprise spécialisée dans la fabrication des produits agroalimentaire.

Tout a commencé en 1990, quand l'entreprise BOUBLENZA a été fondée, elle a connu une croissance fulgurante, la SARL BOUBLENZA réalise 100% de son chiffre d'affaires à l'export en exportant vers les 5 continents vers une trentaine de pays, et multiplie les projets d'innovation et de diversification.

SARL BOUBLENZA est actuellement premier exportateur national de produits forestiers transformés, quatrième exportateur dans l'agroalimentaire en Algérie, dépassant ainsi le premier exportateur de dattes, et surtout deuxième exportateur mondial de poudre de caroube. Ce pôle industriel que LA SARL BOUBLENZA a bâti, a diversifié ses activités et élargi son portefeuille, en passant par la transformation de la caroube, arrivant jusqu'au le boisement et la collecte de la caroube, un projet géant mûrement réfléchi, se classant le premier en Algérie et le deuxième en monde. Cette diversification est un succès phénoménal qui n'est pas le fruit du hasard, mais construit grâce à des bases de persévérance et d'ambition que l'entreprise BOUBLENZA a tissée au fil des années, ainsi qu'une politique agressive en matière de prix et de fiabilité et un personnel de qualité, formé sur les nouvelles technologies.



Figure 16 : Logo de l'entreprise Boublenza

Chapitre 02 : Présentation de l'entreprise

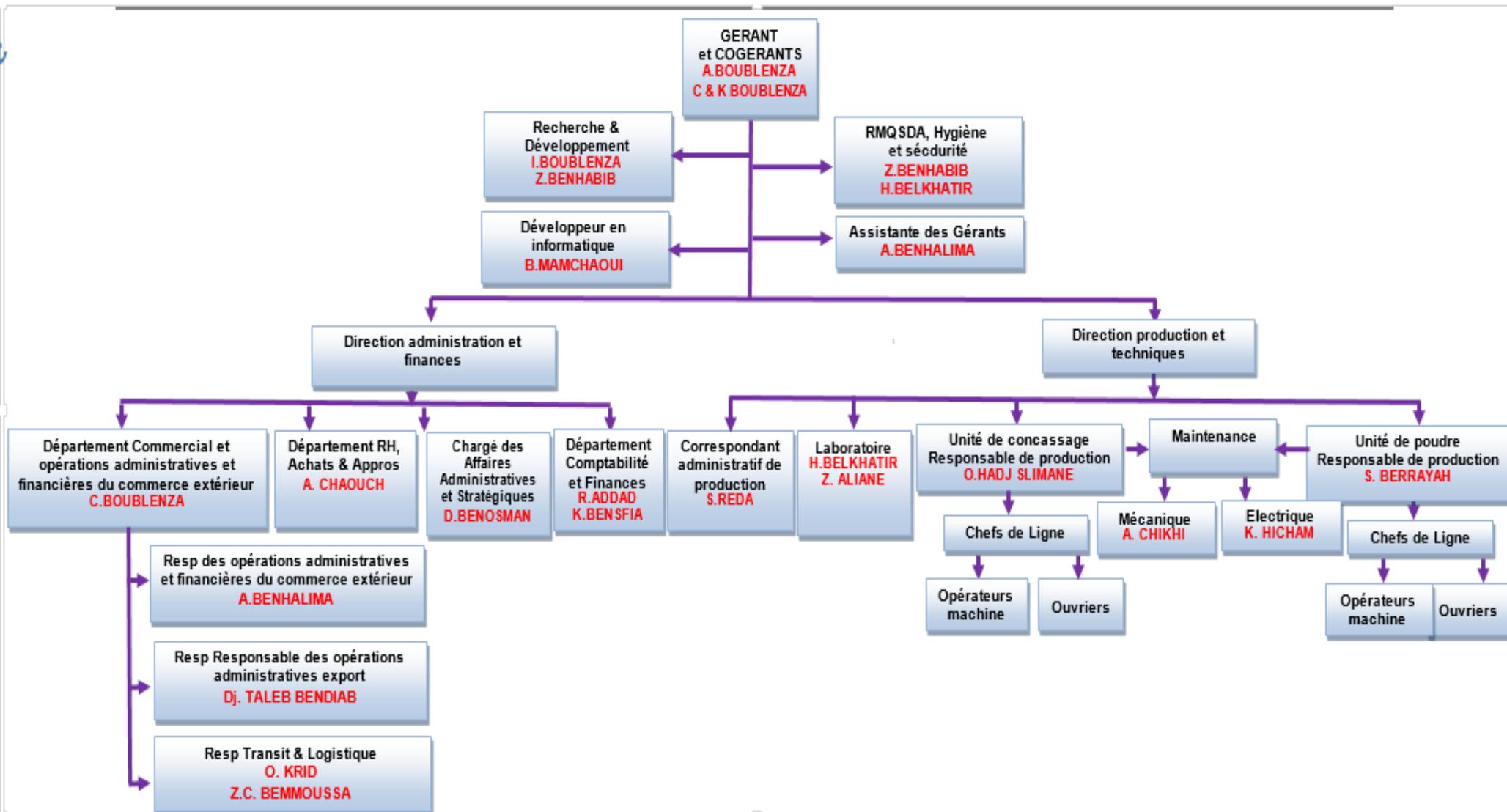
2. Fiche technique (Voir tableau 5)

Tableau 5 : Fiche technique de l'entreprise BOUBLENZA

Raison sociale	Entreprise de production
Forme juridique	SARL
Nom de marque	BOUBLENZA
Logo	
Date de création	1990
Pays d'origine	Algérie
Secteur d'activité	Agroalimentaire
Effectifs	Plus de 1000 collaborateurs
Certification	ISO9001, ISO 22000 ? HALAL et BIO
Chiffre d'affaires	60000000 DA
Siège	Agadir, Rue Bouabderrahmane, Tlemcen 13000
Site web	www.boublenza.com

Chapitre 02 : Présentation de l'entreprise

3. L'organigramme de l'entreprise BOUBLENZA



Chapitre 3

Les systèmes de production

Chapitre 03 : Les systèmes de production

1. Introduction

Avant d'aborder la simulation informatique, il est important de présenter et d'analyser le système que l'on cherche à modéliser et à simuler : le système de production de l'entreprise. Nous verrons très brièvement ses composantes, son modèle d'organisation et les paramètres qu'il reçoit.

2. Définition d'un système de production

Le système de production est constitué d'un ensemble de ressources qui prennent en charge cette conversion. Dans cet ensemble, il existe essentiellement quatre types de ressources : les équipements (machines, outils, ressources, etc.), les ressources humaines qui assurent le bon déroulement du processus de transformation et les produits aux différentes étapes de Fabrication (de matières premières jusqu'à produits finis), entrepôts de matériaux ou zones de stockage.

L'objectif du système de production est de fournir aux clients des produits de haute qualité à temps à un prix compétitif. Les entreprises doivent constamment chercher à améliorer leurs produits et leurs délais de livraison, et doivent également réduire en permanence les coûts de production. Le processus de production consiste en un ensemble d'actions de base : (opération, transport, stockage, transaction). [9]

3. Caractéristiques des systèmes de production

- Un grand nombre de procédés (fabrication, transport, stockage, etc.)
- Forte interaction entre les éléments (employés, ressources, inventaire, etc.)
- Manque d'informations de gestion (marchés, fournisseurs, concurrence...)
- Phénomènes aléatoires (défauts, arrivés de matériaux, etc.)
- Incertitude de la décision à prendre (il n'y a pas de règle unique et claire)
- Diversité et hétérogénéité des critères d'évaluation.

Conséquences : il existe d'énormes difficultés pour analyser, déterminer et optimiser le système de production (risque important d'échec de décision)

4. Les types de systèmes de production

4.1. Production à la pièce ou par lots

Certains produits sont produits séparément. Il s'agit généralement de produits spécifiques qui répondent à des besoins spécifiques, et ces produits font l'objet d'un cahier des charges détaillé. Il peut s'agir de produits très volumineux ou très coûteux. Nous les appelons produits basés sur des projets ou très personnalisés.

Chapitre 03 : Les systèmes de production

D'autres marchandises sont produites en série. Il s'agit généralement de produits standardisés, fabriqués en série afin de réaliser des économies d'échelle (réduction des coûts de production due à la quantité). La taille de la série est déterminée en fonction des besoins et des coûts du client. [10]

4.2. Production continue ou discontinue

Certains produits sont fabriqués en continu en un seul processus (Par exemple : verre, ciment, etc.). Des outils de production hautement automatisés sont disposés en rangées, permettant une circulation linéaire des matières premières. Le nombre d'opérateurs (employés) est faible et ils sont responsables de la surveillance et de l'entretien des équipements. La production est continue (généralement 24 heures par jour, 7 jours par semaine).

D'autres produits sont fabriqués en discontinu. La quantité est généralement limitée et les produits varient. Les outils de production sont peu professionnels et regroupés par nature (comme l'atelier de découpe, l'atelier de ponçage, etc.). Les opérateurs sont généralement plus professionnels. [11]

5. Sélection du système de production

5.1. Les critères de choix

L'organisation doit choisir un système de production qui optimise les délais et la qualité des produits tout en minimisant les coûts. Il doit tenir compte des contraintes spécifiques (qualifications de la main-d'œuvre, types d'équipements, capacités financières, etc.) et des contraintes liées à son environnement (coûts des matières premières, délais d'approvisionnement, développement technologique, etc.). Le choix du système de production n'est pas statique. Peut-être interrogé. [10]

5.2. L'évolution des systèmes de production

L'évolution du système de production est étroitement liée au développement de la technologie informatique.

Qu'il s'agisse d'un produit ou d'un service, la robotisation de la production peut remplacer l'humain dans l'accomplissement des tâches les plus répétitives, ardues et dangereuses. La robotisation peut atteindre une plus grande précision (comme les micro-ordinateurs) et une plus grande cohérence au niveau de la qualité. Il améliore le niveau de qualification pour certains métiers (conduite de robots, etc.).

Avec la transmission d'informations entre robots, l'informatisation de la production continue d'organiser, de gérer et de suivre la production en cours.

Chapitre 03 : Les systèmes de production

La gestion de production assistée par ordinateur (GPAO) permet de simplifier et d'optimiser les ressources et toutes les tâches nécessaires à la production. De la conception du produit à sa production, les informations nécessaires sont gérées par l'ordinateur. [10]

6. Mesures de performance

Un bon système de production, c'est un système qui donne un produit fini avec faible coût et bonne qualité et pour améliorer ces profits, il faut optimiser un ensemble de critères qui sont les critères de performances :

Le temps de cycle (TC) : c'est l'intervalle de temps entre la production de deux unités dans le même processus, qui est égal à temps/unité.

À quoi cela sert :

- Ajuster la taille de la ressource
- Pour comprendre la puissance de traitement du processus
- Identifier les goulots
- Pour équilibrer les lignes

Le taux de production (TH) : Représente le nombre des produits qui quittent le système par unité de temps donc c'est un critère qui va être maximisé.

Les stocks tampon : (Buffer) Est une partie du stock qui est conservé en cas de forte demande ou de défaillance de la chaîne de production.

Taux d'utilisation des machines : taux d'utilisation des machines plus élevés permet d'amortir ces machines plus rapidement, ce qui est avantageux. D'autre part, si nous augmentons le taux d'utilisation des machines sans tenir compte d'autres facteurs, nous pouvons provoquer une augmentation significative des travaux en cours. Par conséquent, il est préférable d'arrêter la machine plutôt que la surproduction. Le meilleur moyen est d'utiliser la machine pour fabriquer le bon produit dans la bonne quantité au bon moment.

Machine goulet : c'est la machine qui a le plus petit taux de production dans la ligne de production

7. La simulation

La simulation est un processus très utile pour bien comprendre le fonctionnement du système. Il s'agit d'une technique dans laquelle vous pouvez modéliser des systèmes de production. Il permet d'observer et de comprendre l'opération en temps réel et d'analyser plusieurs scènes de l'opération.

[12]

7.1. Méthode de simulation

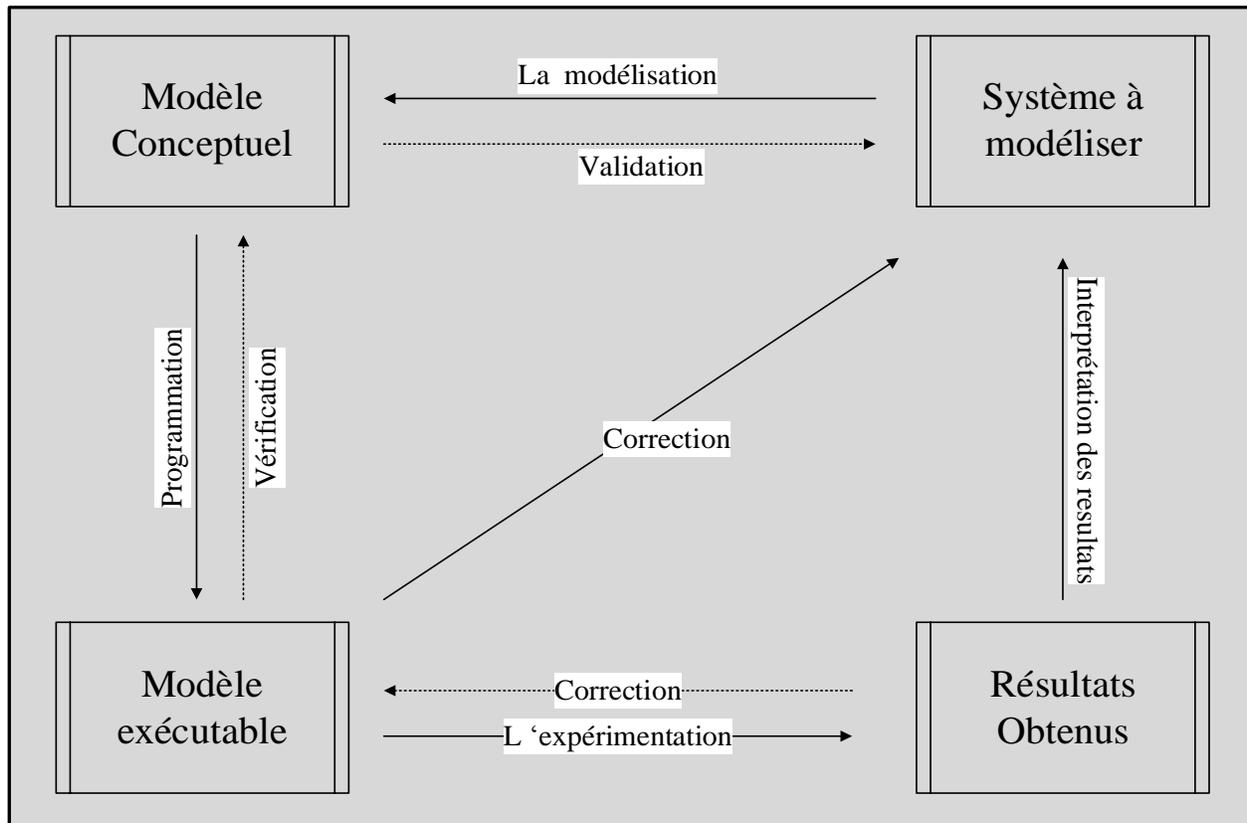


Figure 17 : Méthode générale de simulation

Afin de développer un projet de simulation ce développement passe par quatre étapes différentes : (voir figure 17) [13]

- La modélisation (représentant le comportement du système)
- La programmation
- L'expérimentation
- L'interprétation des résultats (accompagnée d'actions).

Systeme (réel) :

- Analyse et modélisation : l'analyse est la première étape du développement d'une application (programme de simulation), comprenant la définition et la modélisation des problèmes du système.

Modèle conceptuel :

- Le modèle n'est qu'une approximation du système, et il est limité par les objectifs de la recherche.

Chapitre 03 : Les systèmes de production

- Le passage du système au modèle conceptuel est une étape nécessaire à la simulation.
- La modélisation conceptuelle du réseau de Petri est utilisée.

Programme de simulation :

- Programmation : obtenir une structure de modèle (logiciel) proche de la structure (réelle) du système à simuler.
- Expérimentation : il s'agit d'établir une théorie ou une hypothèse qui prend en compte le comportement observé.

Résultats :

- Implémentation : appliquer les modifications au système actuel.

7.2. La simulation d'un système de production

Le but de la simulation de système industriel est de reproduire certains comportements dynamiques du système sur le modèle afin d'analyser les flux et la disponibilité des ressources dans le système. Ce modèle peut décrire les caractéristiques physiques d'un système avec certaines caractéristiques de gestion de la production. Elle nécessite l'utilisation d'éléments physiques qui représentent des entités tangibles dans la situation réelle à l'étude, et l'utilisation d'éléments logiques qui représentent le concept du modèle.

7.3. Les avantages et les inconvénients de la simulation

Les avantages :

- Formuler des politiques de gestion opérationnelle/des ressources pour améliorer la performance du système.
- Obtenir de nouvelles informations sans interférer avec les opérations réelles.
- Réaliser des expériences dans des délais précis. [14]

Les inconvénients :

- Ne donnez pas de réponse simple à des problèmes complexes.
- Un système peut être très complexe, avec tant de sous-systèmes ou de composants qui se croisent qu'il est impossible (ou extrêmement difficile) de le décrire avec des relations mathématiques.
- Données inexactes → résultat erroné. [14]

7.4. Logiciel de simulation Arena

SIMAN-ARENA a été conçu par C.D. Pedgen de System Modeling Corporation en 1982. Il s'agit d'un logiciel de simulation de système de production leader sur le marché avec plus de 370 000 utilisateurs formés dans le monde. Arena a accompagné de grands projets industriels tels que Peugeot, Alstom, Nestlé, Paris Aéroport, Saint-Gobain, Eastern Air lines, Areva, EDF.

En utilisant Arena, vous pouvez simuler un large éventail d'opérations, pas seulement limité au domaine de la fabrication. Le logiciel peut être utilisé pour modéliser des services, des réseaux de transport et des chaînes d'approvisionnement. Il dispose de plusieurs bibliothèques et modules (blocs) qui peuvent facilement modéliser les ressources, les files d'attente, les bandes transporteuses et tous les éléments du système de production.

Plus tard, nous définirons uniquement les modules que nous utilisons.

8. La modélisation mathématique

Notre problème est défini comme suit :

Soit « n » le nombre de commande, chaque commande appartient à un numéro d'exportation ce dernier à une date limite qu'il faut la respecter, les commandes en un temps de production et un temps de changement entre les commandes de différent type.

Une gestion optimale du temps de changement est notre objectif principal. Cet objectif passe par la minimisation des temps de changement, qui impliquent les coûts engendrés par les temps d'arrêt de la production ainsi que les coûts générés par les expéditions des demandes clients. Tout en satisfaisant les demandes clients et en respectant la contrainte du temps de livraison.

Ce problème d'optimisation est de classe des problèmes NP-difficile. Ces derniers n'ont pas d'algorithme permettant de les résoudre de manière optimale pour les instances de grande taille dans un temps de calcul raisonnable.

Pour la résolution de ce problème, nous utilisons un programme linéaire que nous résolvons en utilisant le solveur LINGO pour un scénario de démonstration.

8.1. Méthodes de résolution utilisées

8.1.1. Le programme linéaire

Le programme linéaire est adapté pour résoudre les problèmes mathématiques qui consistent à optimiser (maximiser ou minimiser) une fonction linéaire de plusieurs variables qui sont reliées par des relations linéaires appelées contraintes.

Chapitre 03 : Les systèmes de production

Pour notre problème, nous présentons en ce qui suit un modèle mathématique avec une fonction objectif et des contraintes. La résolution de ce problème se fera par le solveur LINGO pour un scénario d'ordonnancement de six commandes, on simule le résultat obtenu sur le simulateur ARENA. Afin d'observer les améliorations qui se produisent sur le système de production.

8.1.2. Solveur LINGO

LINGO est un langage de modélisation mathématique conçu pour formuler et résoudre des problèmes d'optimisation, notamment des problèmes de programmation linéaire, entière et non linéaire (convexe & non convexe). Commercialisé par l'entreprise LINDO SYSTEMS INC.

LINGO c'est un langage de modélisation qui permet d'écrire facilement des programmes linéaires (ou quadratiques)

grâce à une syntaxe proche de la formulation mathématique. (Voir figure 18)



Figure 18 : Logo LINGO solver.

9. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons cherché à positionner notre thématique de recherche à travers une synthèse couvrant : d'abord, les systèmes de production et l'évaluation de leur performance et leur état dans la simulation des systèmes de production.

Ce positionnement thématique centré sur les systèmes de production est basé sur la simulation des systèmes de production avec le simulateur ARENA. Dans la deuxième partie, nous allons implémenter notre travail.

Partie II

Chapitre 1

La simulation du processus de production avec le simulateur Arena

Chapitre 01 : la simulation du processus de production avec le simulateur Arena

1. Introduction

Chaque système de production a de nombreux facteurs qui affectent les performances du système, tels que : les règles de gestion des files d'attente, le délai d'exécution, la vitesse de traitement de la machine, les équipements critiques et les performances globales de la machine. En utilisant un modèle de la simulation nous permet de mieux observer et de comprendre les performances d'un système réel, sans avoir à percevoir physiquement, il serait facile de voir tous les scénarios possibles et de mesurer l'impact relatif de chacun , nous épargnant le coût et le temps dans la phase de la réalisation de ce système.

2. Pour quoi logiciel Arena

Les caractéristiques principales du logiciel Arena résume dans le tableau suivant : (voir tableau 6)

Tableau 6 : Caractéristiques principales du logiciel Arena

Leader	Le logiciel de simulation le plus utilisé au monde, avec plus de 350 000 utilisateurs et la plupart des entreprises dans le monde.
Flexible	Aucun code n'est requis pour modéliser un processus. Fabrication, chaîne d'approvisionnement, exploitation minière, aéroports, entrepôts.
Rapide	Arena est le plus rapide pour construire des modèles, comparer des scénarios et obtenir des réponses en un temps record.
Intuitif	La programmation dans le logiciel de simulation Arena est aussi simple que de glisser - déposer des blocs. Si vous pouvez créer un organigramme, Arena aura tout simplement un sens sans codage.

3. Modélisation du système avec le simulateur Arena

La simulation sur Arena se fait à travers de différentes bibliothèques qui sont intégrées dans la barre de projet « project bar », tels que basic process, advanced processs et advanced transfer. Chaque bibliothèque contient plusieurs modules nécessaires au processus de simulation. (Voir figure19)

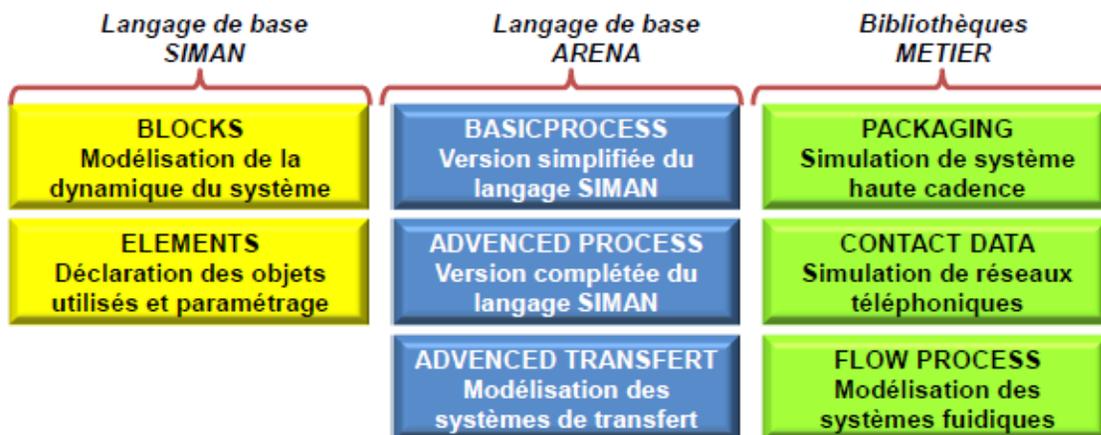


Figure 19 : les bibliothèques de logiciel Arena

3.1. Les bibliothèques utilisées

3.1.1. La bibliothèque Basic Process

Create : Ce module est conçu comme un point de départ pour les fonctionnalités du modèle de simulation. L'entité est créée à l'aide d'un programme ou en fonction du temps entre les arrivées. L'entité quittera le module pour commencer le traitement par le système. (Voir figure 20)



Figure 20 : Module Create

Dispose : Ce module est prévu comme le point final de l'entité dans le modèle de simulation. Vous pouvez enregistrer les statistiques de l'entité dans le rapport final. (Voir figure 21)



Figure 21 : Module Dispose

Process : Ce module est le module de traitement principal dans la simulation. Il peut éventuellement saisir des limites de ressources (machine ou homme) et allouer du temps de traitement aux entités. (Voir figure 22)

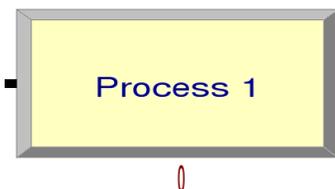


Figure 22 : Module Process

Chapitre 01 : la simulation du processus de production avec le simulateur Arena

Assign : Ce module est utilisé pour attribuer de nouvelles valeurs à des variables, des attributs d'entité, des types d'entité, des images d'entité ou d'autres variables au système. Un seul bloc d'allocation peut être attribué plusieurs attributs ou variable. (Voir figure 23)

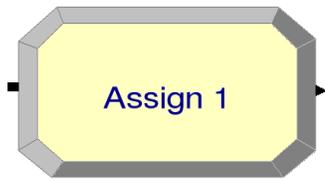


Figure 23 : Module Assign

Record : Ce module permet de collecter des informations statistiques dans le modèle de simulation. Divers types de statistiques d'observation peuvent être utilisés, y compris le temps entre deux sorties, les statistiques et le nombre d'entités (comme le temps ou le coût) et les observations générales. (Voir figure 24)



Figure 24 : Module Record

Decide : Permet des processus de prise de décision dans le système. Il comprend des options pour prendre des décisions basées sur une ou plusieurs conditions ou sur la base d'une ou plusieurs probabilités. Les conditions peuvent être basées sur des valeurs d'attribut, des valeurs de variables, le type d'entité ou une expression. (Voir figure 25)

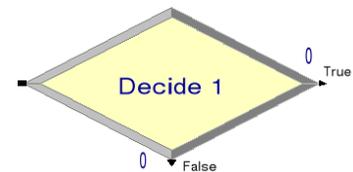


Figure 25 : Module Decide

Batch : Ce module est conçu comme un mécanisme de regroupement dans le modèle de simulation. Les groupes (lots) peuvent être regroupés de façon permanente ou temporaire. Le module séparé doit être utilisés par la suite pour séparer les groupes assemblés d'une manière temporaire. (Voir figure 26)

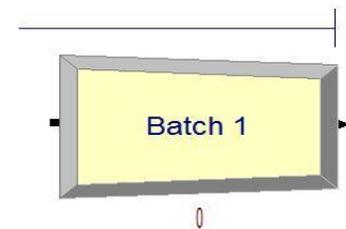


Figure 26 : Module Batch

Separate : Peut être utilisé pour copier une entité entrante en plusieurs entités ou pour fractionner une entité précédemment groupée. Des règles d'attribution des coûts et des délais au duplicata sont précisées. Des règles d'attribution d'attributs aux entités membres sont également spécifiées. Lors du fractionnement des lots existants, l'entité représentative temporaire qui a été constituée est supprimée et les entités d'origine qui formaient le groupe sont récupérées. Les entités procèdent

Chapitre 01 : la simulation du processus de production avec le simulateur Arena

séquentiellement du module dans le même ordre dans lequel elles ont été initialement ajoutées au lot.

Lors de la duplication d'entités, le nombre de copies spécifié est effectué et envoyé depuis le module. L'entité entrante d'origine quitte également le module. (Voir figure 27)

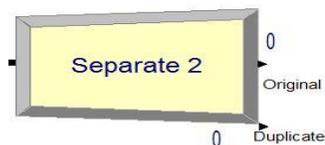


Figure 27 : Module Separate

3.1.2. La bibliothèque Advanced Process

Hold : Ce module gardera une entité dans la file d'attente pour attendre un signal, attendre qu'une condition spécifiée devienne vraie (scan) ou indéfiniment (supprimer avec le module Remove plus tard). (Voir figure 28)

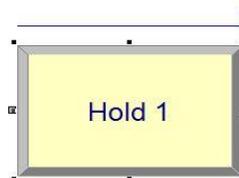


Figure 28 : Module Hold

ReadWrite : Est utilisé pour lire les données d'un fichier d'entrée ou du clavier et affecter les valeurs des données à une liste de variables ou d'attributs (ou autre expression). Ce module est également utilisé pour écrire des données sur un périphérique de sortie, tel que l'écran ou un fichier. (Voir figure 29)

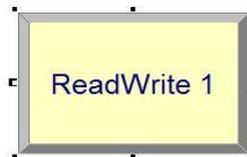


Figure 29 : Module ReadWrite

Delay : Ce module permet d'introduire un retard pur dans l'évolution de l'entité. (Voir figure 30)



Figure 30 : Module Delay

3.1.3. La bibliothèque Advanced Transfer

Les différents modèles de cette bibliothèque : (Voir figure 31)

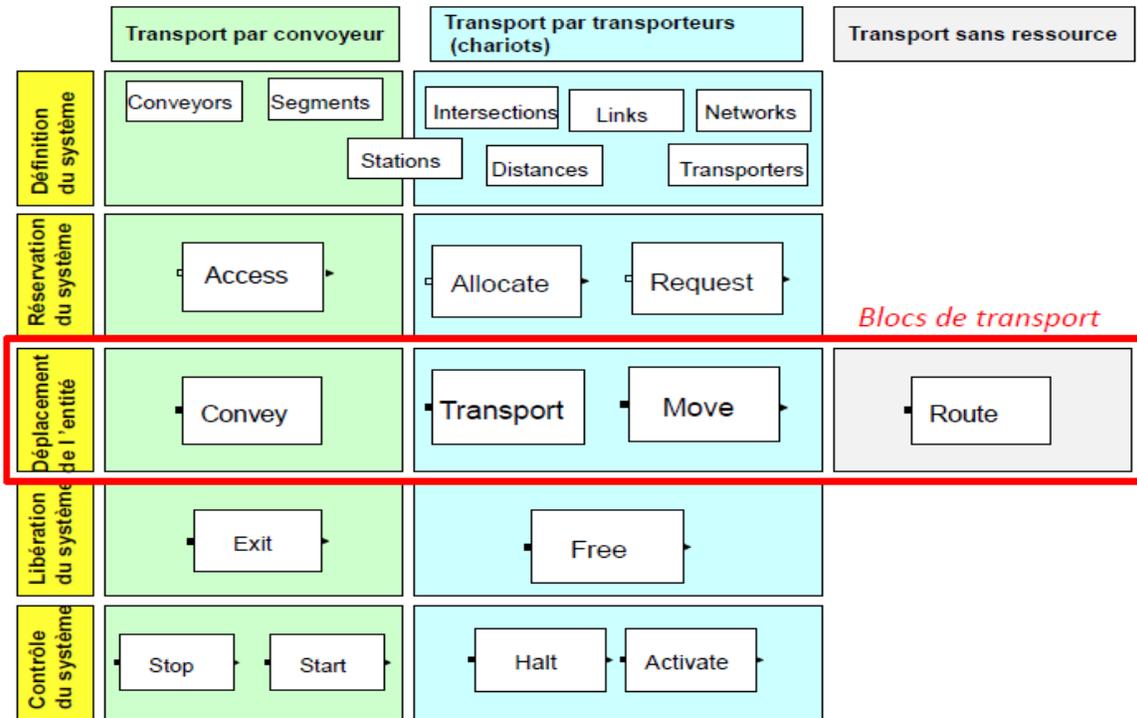


Figure 31: les différents modèles de la bibliothèque Advanced Transfer

Station : C'est un sous-ensemble logique du module, elle permet de structurer le modèle. (Voir figure 32)



Figure 32 : Module Station

Request : Permet de réserver une place dans le transporteur. (Voir figure 33)



Figure 33 : Module Request

Transport : Permet d'assurer le transport sur le transporteur. (Voir figure 34)



Figure 34 : Module Transport

Chapitre 01 : la simulation du processus de production avec le simulateur Arena

Free : Libérer le transporteur. (Voir figure 35)



Figure 35 : Module Free

Accès : Pour prendre une place dans le convoyeur. (Voir figure 36)



Figure 36 : Module Accès

Convey : Se déplacer l'entité sur le convoyeur de son emplacement de station actuel vers la station cible désignée. (Voir figure 37)



Figure 37 : Module Convey

Exit : Libérer les cellules de l'entité sur le convoyeur spécifié. (Voir figure 38)

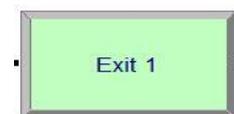


Figure 38 : Module Exit

3.1.4. La bibliothèque Blocks

Queue : La file d'attente bien déterminée. (Voir figure 39)



Figure 39 : Module Queue

Scan : Permet de bloquer l'évolution des entités tant qu'une condition logique n'est pas vraie. (Voir figure 40)



Figure 40 : Module Scan

Duplicate : Ce bloc réaliser des copies de l'entité entrant et les envoie vers différentes directions. (Voir figure 41)



Figure 41 : Module Duplicate

Chapitre 01 : la simulation du processus de production avec le simulateur Arena

Pickup : Le bloc PICKUP supprime un nombre spécifié d'entités consécutives de la position dans la file d'attente. (Voir figure 42)



Figure 42 : Module Pickup

3.1.5. La bibliothèque Elements

Resources : définit les caractéristiques des ressources, y compris les noms des ressources et les capacités initiales. Chaque type de ressource différent a un numéro facultatif, un nom unique et une capacité. La capacité représente le nombre d'unités identiques de nom de ressource qui sont disponibles, qui est représenté par la capacité ou la planification et l'ID réel ou planifié. (Voir figure 43)



Figure 43 : Module Resources

3.2. Définition des modèles

3.2.1. Le modèle de la première partie de la chaîne de production

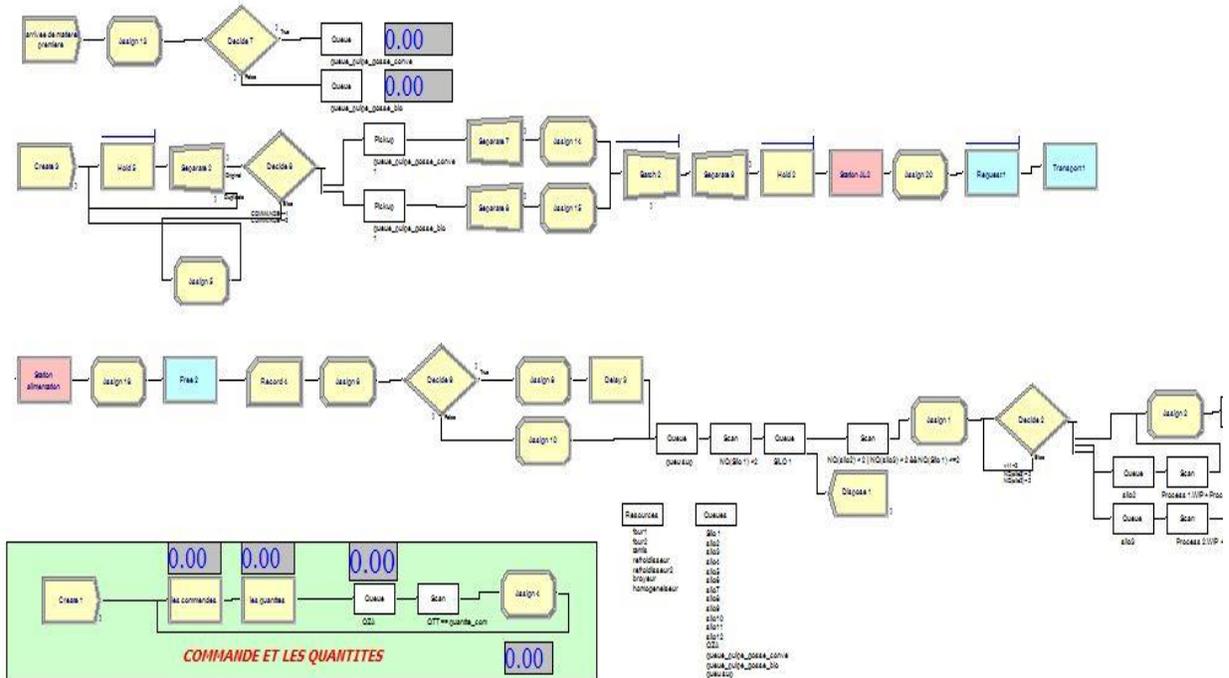


Figure 44 : Module logique de la première partie de la chaîne de production

Chapitre 01 : la simulation du processus de production avec le simulateur Arena

Description du model :

Dans cette partie, nous avons modélisé l'arrivée de la matière première de caroube, elle va stocker dans le stock d'alimentation se forme de big-bag, la capacité de stock d'alimentation est de 45 big-bags.

Nous utilisons le bloc Assign pour définir deux types de matières premières

Le stock d'alimentation est représenté par le bloc Queue.

Le transfert de la matière première du stock vers l'alimentation se fait par un transporteur.

Station (AL2 et alimentation) : représente la Départ et l'arrivée de transporteur.

Request : représente la réservation de transporteur.

Free : pour libérer le transporteur.

Transporteur met la matière première dans un stock tampon souterrain (bloc Queue), qui a une capacité de deux big-bags, ce stock alimenté les files d'attente dans la deuxième partie.

Nous utilisons le bloc Decide pour détecter la séquence de produits qui sera générée, pour séparer les deux types dans un temps de changement. (Voir figure 44)

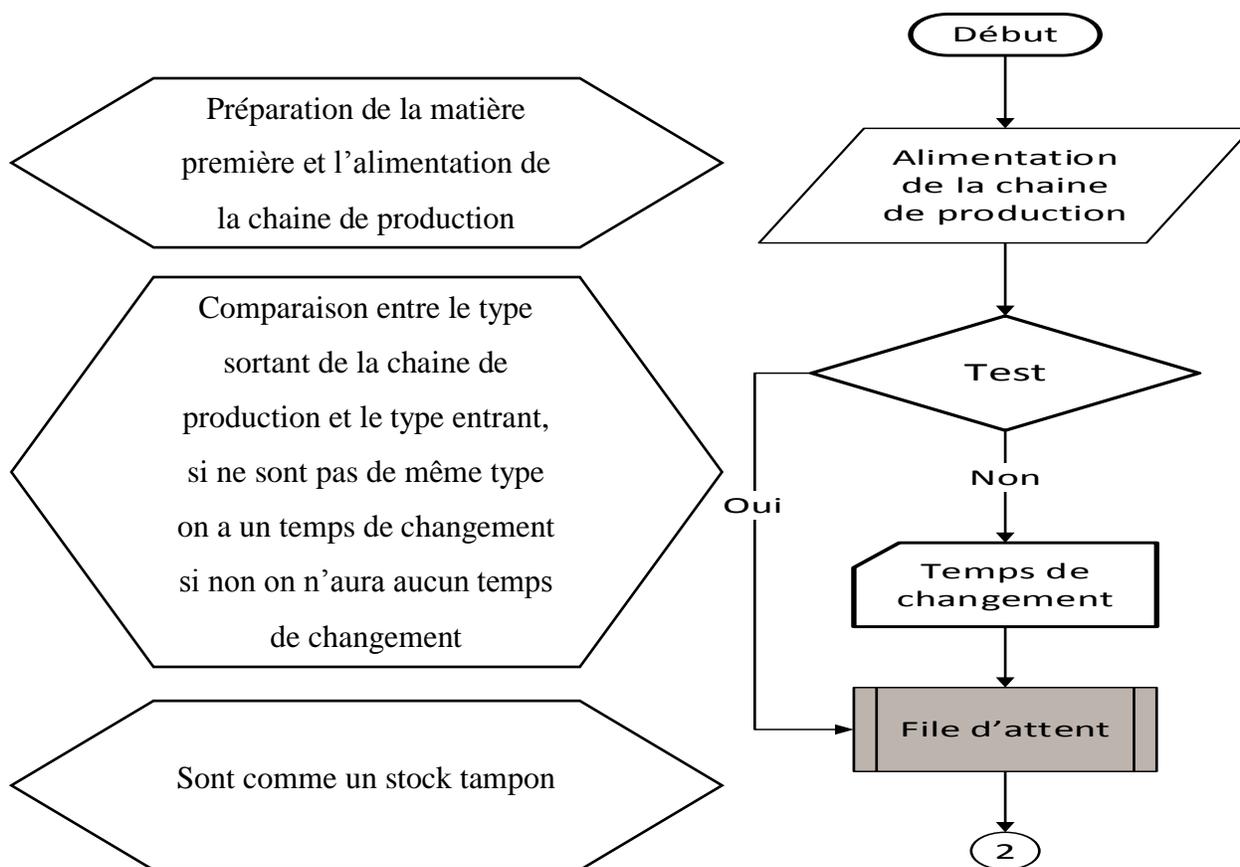


Figure 45 : le process de la partie 1 de la chaîne de production

3.2.2. Le modèle de la deuxième partie de la chaîne de production

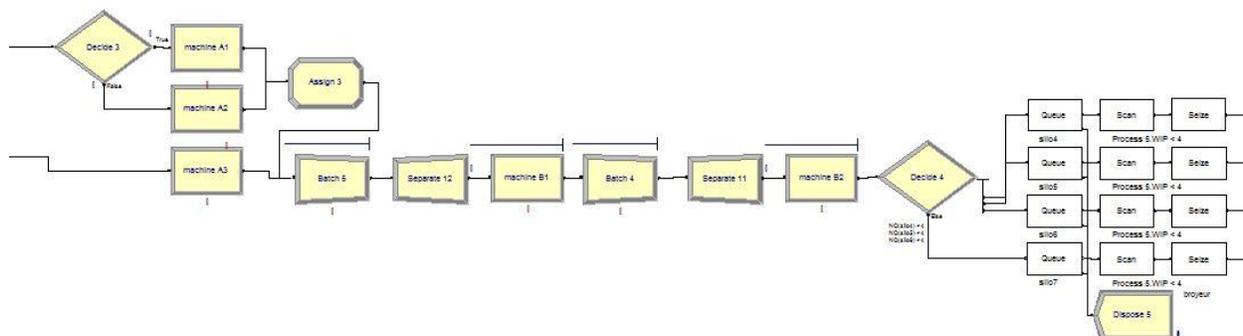


Figure 46 : Module logique de la deuxième partie de la chaîne de production

Description du model :

Dans la deuxième partie dans la chaîne de production, les deux machines (A et B) de traitement sont représentés par des ressources dans le "process".

Pour éviter de mettre la pression sur la machine B, nous laisserons un décalage horaire entre les machines A.

La condition pour finir le remplissage de files d'attente (dans la troisième partie) ce fait avec le bloc Decide. (Voir figure 46)

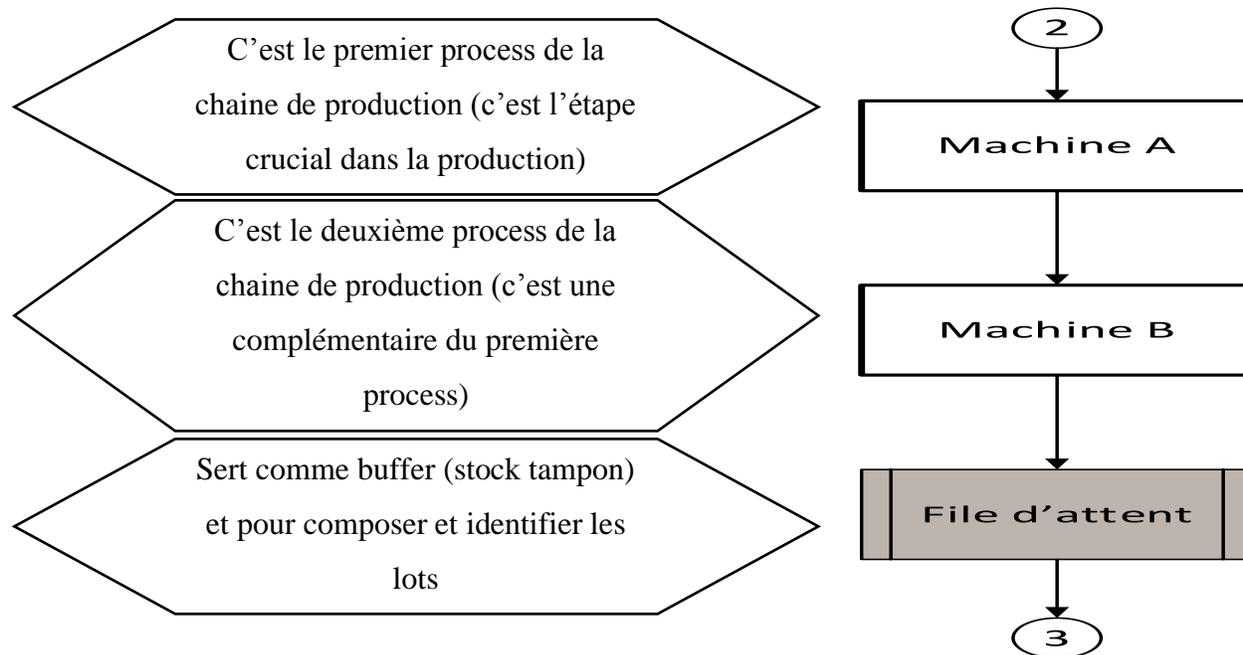


Figure 47 : le process de la partie 2 de la chaine de production

3.2.3. Le modèle de la troisième partie de la chaine de production

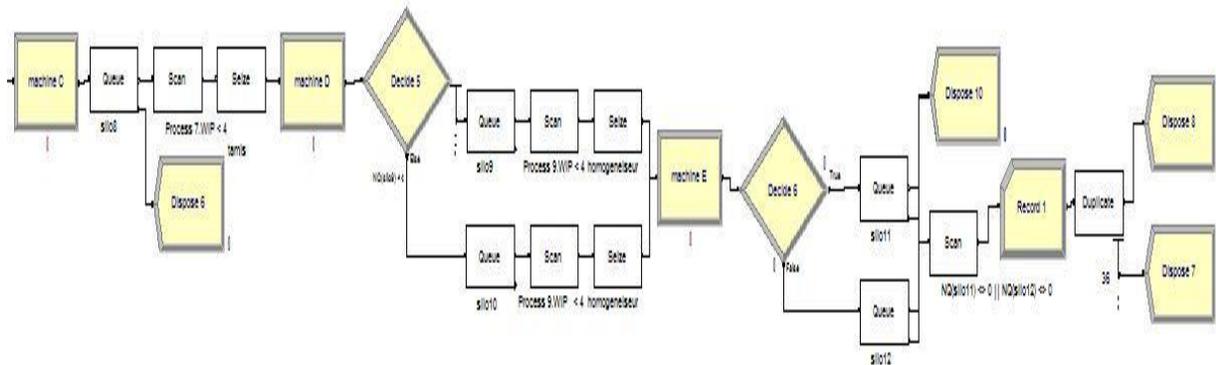


Figure 48 : Module logique de la troisième partie de la chaine de production

Description du model :

Dans la troisième partie, les machines (C, D et E) ont été représentés par des ressources dans le "process".

Les conditions de remplissage des files d'attente sont définies à l'aide du bloc Decide. Et les conditions de réalisation du déchargement des files d'attente se font à l'aide de blocs Scan.

L'emballage dans les sacs de 25kg est défini à l'aide du bloc duplicate. (Voir figure 48)

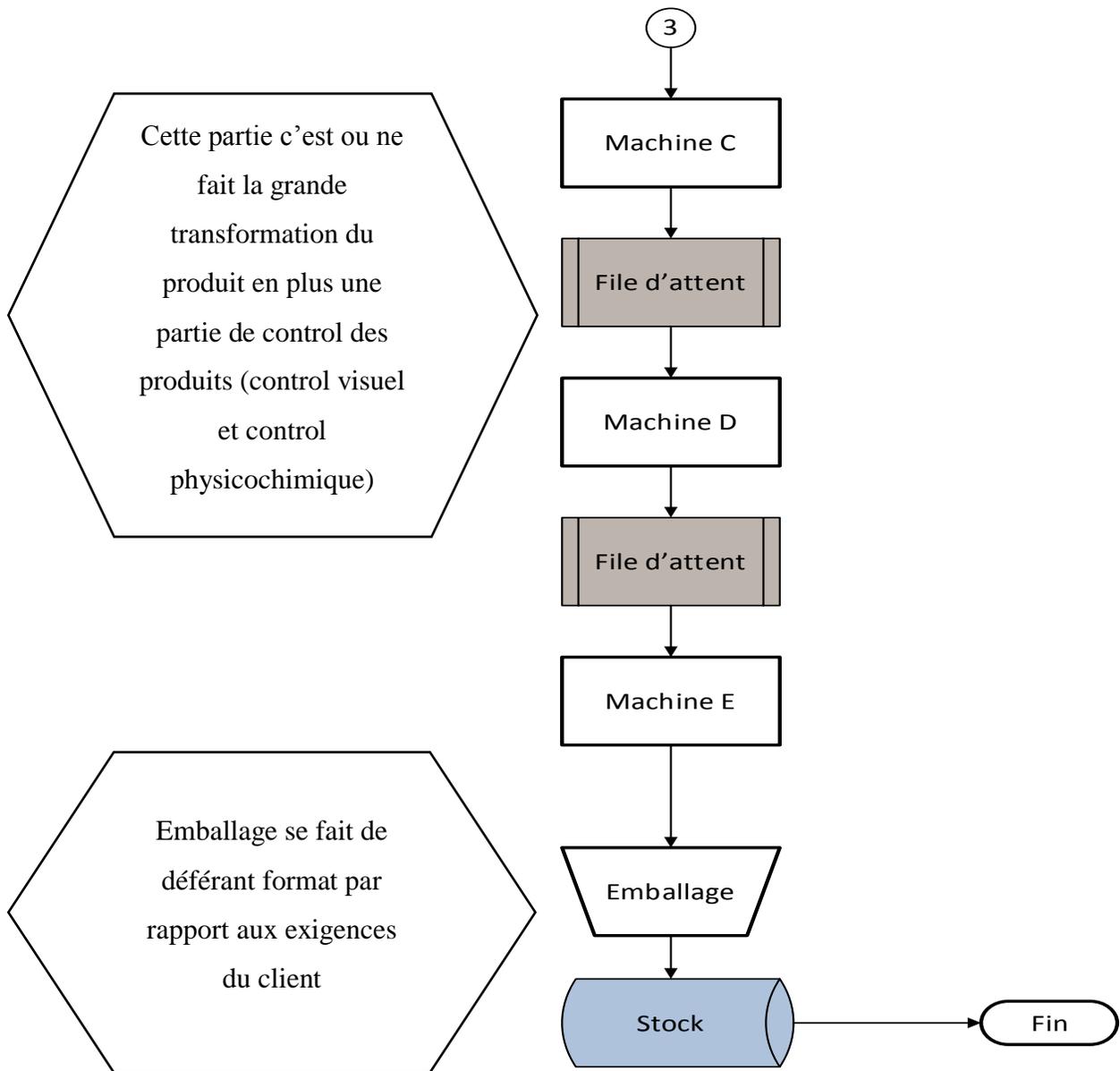


Figure 49 : le process de la partie 3 de la chaine de production

4. Le model général Arena

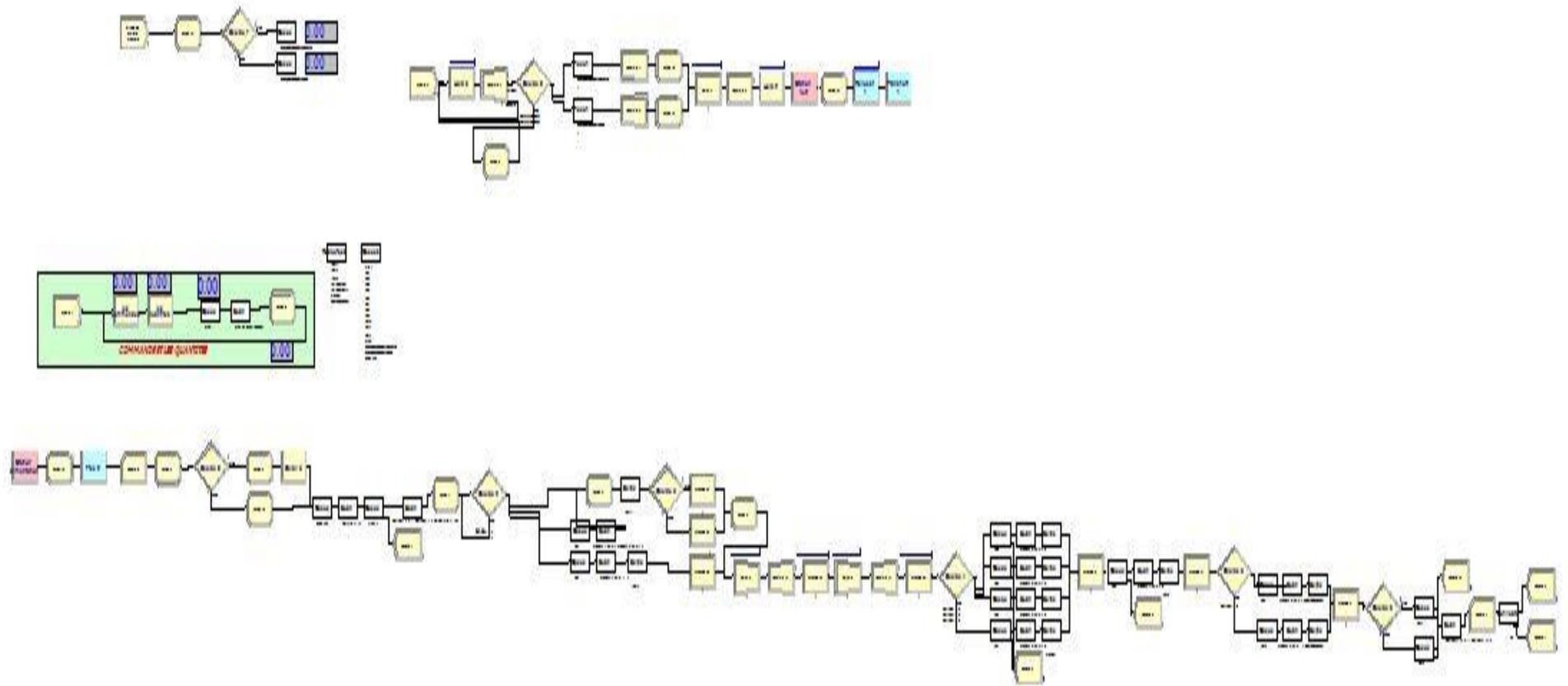


Figure 50 : Le model général

5. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons modélisé le système production de l'entreprise, pour cela nous avons utilisé le logiciel Arena. Afin de représenter le flux, le parcours de la pulpe de caroube entre les différentes étapes de la production, nous avons utilisé les bibliothèques Basic Process, advanced process, advanced transfer, Blocks et Elements.

Chapitre 2

Analyse et discussion des résultats

Chapitre 02 : Analyse et discussion des résultats

1. Introduction

L'analyse et l'interprétation des résultats sont des étapes qui permettent des comparaisons quantitatives et qualitatives de différentes solutions sur une base rationnelle. Par conséquent, il est nécessaire d'enregistrer non seulement les résultats eux-mêmes, mais aussi la manière dont ils ont été obtenus. L'interprétation des résultats doit également être claire, c'est ce que nous allons faire dans cette partie.

Notre objectif est d'optimiser le temps de changement, et d'améliorer le flux de production de la chaîne de production de l'entreprise BOUBLENZ, pour cela nous avons utilisé le logiciel de simulation ARENA et le soulever de la modélisation mathématique LINGO.

2. Rapport de simulation

Afin d'obtenir les résultats de la simulation, nous lisons le rapport de simulation qui a été généré automatiquement à la fin de la simulation. Chaque rapport représente les données d'un seul scénario de simulation. Le rapport contient des données par défaut, telles que le temps d'attente moyen dans les files d'attente, le taux d'utilisation de chaque machine et le nombre de pièces traitées. D'autres informations seront créées par l'utilisateur, tel que le temps de cycle, le temps entre deux sorties, le temps moyen passé par une pièce dans le système.

Dans cette analyse nous nous concentrons sur quatre indicateurs de performance :

TH : taux de production

WIP : nombre de pièces dans le système (l'encours).

TC : temps de cycle.

Rb : taux de production de la machine goulot.

Chapitre 02 : Analyse et discussion des résultats

3. Cas de simulation :

Pour cette simulation on a défini six commandes, deux types de produit et une date limite de 72 jours.

- On définit les commandes, leur type de produit et leurs quantités de production :

Tableau 7 : tableau représente les types de commandes et le temps de production

Commande	Type du produit	Temps de production
Commande 1	1	9
Commande 2	2	12
Commande 3	1	9
Commande 4	2	15
Commande 5	2	13
Commande 6	1	10

- On définit les temps de changement entre les commandes (les valeurs en jour) :

Tableau 8 : tableau représente le temps de chargement entre les commandes

	Commande 1	Commande 2	Commande 3	Commande 4	Commande 5	Commande 6
Commande 1	0	1.5	0	1.5	1.5	0
Commande 2	1.5	0	1.5	0	0	1.5
Commande 3	0	1.5	0	1.5	1.5	0
Commande 4	1.5	0	1.5	0	0	1.5
Commande 5	1.5	0	1.5	0	0	1.5
Commande 6	0	5	0	1.5	1.5	0

➤ Notre analyse se base sur deux parties :

- Partie 1 : Analyse, interprétation et proposition des solutions sans l'ajoute d'un four.
- Partie 2 : Analyse, interprétation et proposition des solutions avec l'ajoute d'un four.

Chapitre 02 : Analyse et discussion des résultats

4. Partie 1 : Analyse, interprétation et proposition des solutions sans l'ajout d'un four

4.1. Analyse et interprétation de système réel

Tableau 9 : Les indicateurs de performance

TH	WIP	TC	Rb
1.83	19.43	8.08	2.31

Tableau 10 : Taux d'utilisation des ressources

Les machines	Taux d'utilisation
Four 1	1
Four 2	1
Refroidisseur 1	0.3750
Refroidisseur 2	0.1863
Broyeur	0.8101
Tamis	0.7341
Homogénéiseur	0.1374
Chariot	0.015

Chapitre 02 : Analyse et discussion des résultats

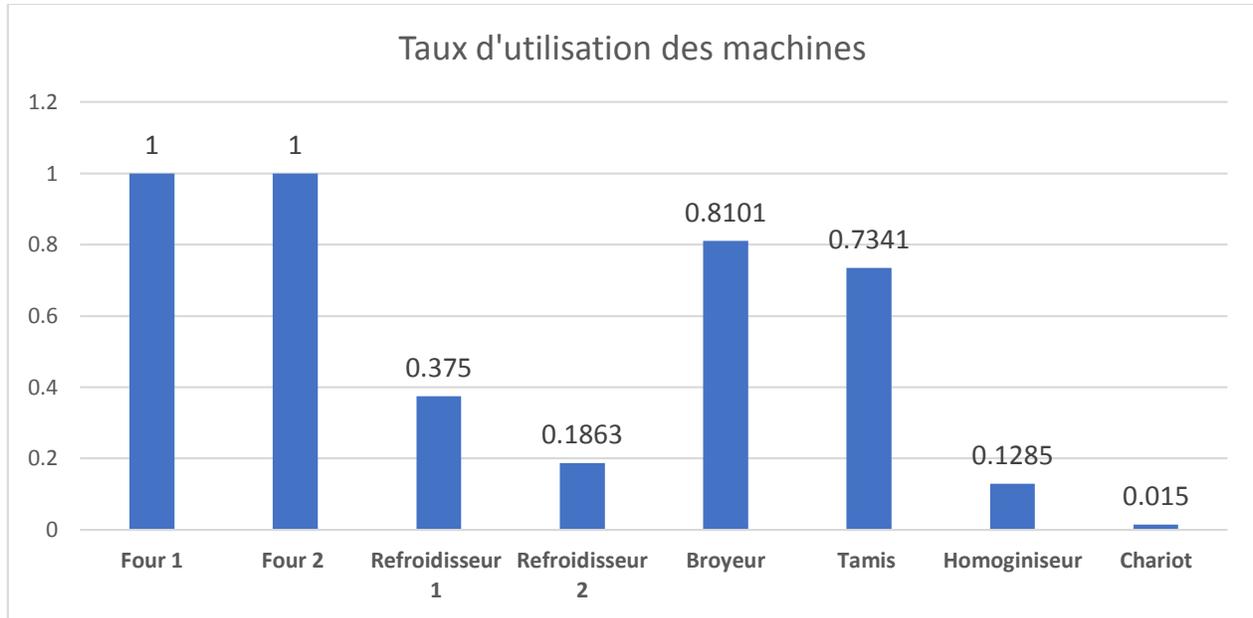


Figure 51 : Histogramme représente les taux d'utilisation des machines.

- Analyse des résultats : d'après les résultats obtenus par le simulateur ARENA on remarque que :

Les machines goulets sont les deux fours (four 1 et four 2) avec une utilisation de 100%, c'est un avantage double tranchant c'est-à-dire des taux d'utilisation des machines plus élevés permet d'amortir ces machines plus rapidement, ce qui est avantageux. D'autre part, si nous augmentons le taux d'utilisation des machines sans tenir compte d'autres facteurs (maintenance, taux d'usure...etc.), on risque de provoquer une augmentation significative d'en-cours (WIP). Par conséquent, il est préférable d'arrêter la machine plutôt que la surproduction. Le meilleur moyen est d'utiliser la machine pour fabriquer le bon produit dans la bonne quantité au bon moment.

On remarque que d'autres ressources comme (refroidisseur 1 et 2 et homogénéiseur) ont une utilisation très faible, c'est-à-dire que notre utilisation de ces ressources n'est pas optimale en plus que l'amortissement de ces machines sera très long. On remarque une utilisation très faible du chariot.

Chapitre 02 : Analyse et discussion des résultats

➤ La situation du système de production de l'entreprise BOUBLENZA :

Les lois de Factory Physics :

Tableau 11 : Les équation de factory physics.

Best case	Worst case	Particular worst case (PWC)
$CT_{best} = \begin{cases} To & \text{si } wip \leq Wo \\ wip/rb & \text{sinon} \end{cases}$ $TH_{best} = \begin{cases} wip/To & \text{si } w \leq Wo \\ Rb & \text{Sinon} \end{cases}$	$CT_{worst} = wip * To$ $TH_{worst} = 1 / To$	$CT_{pwc} = To + (wip - 1) / rb$ $TH_{pwc} = wip / ((Wo + wip - 1) * rb)$

Grace a les lois de Factory Physics on a pu identifier la situation du système de production de l'entreprise.

Chapitre 02 : Analyse et discussion des résultats

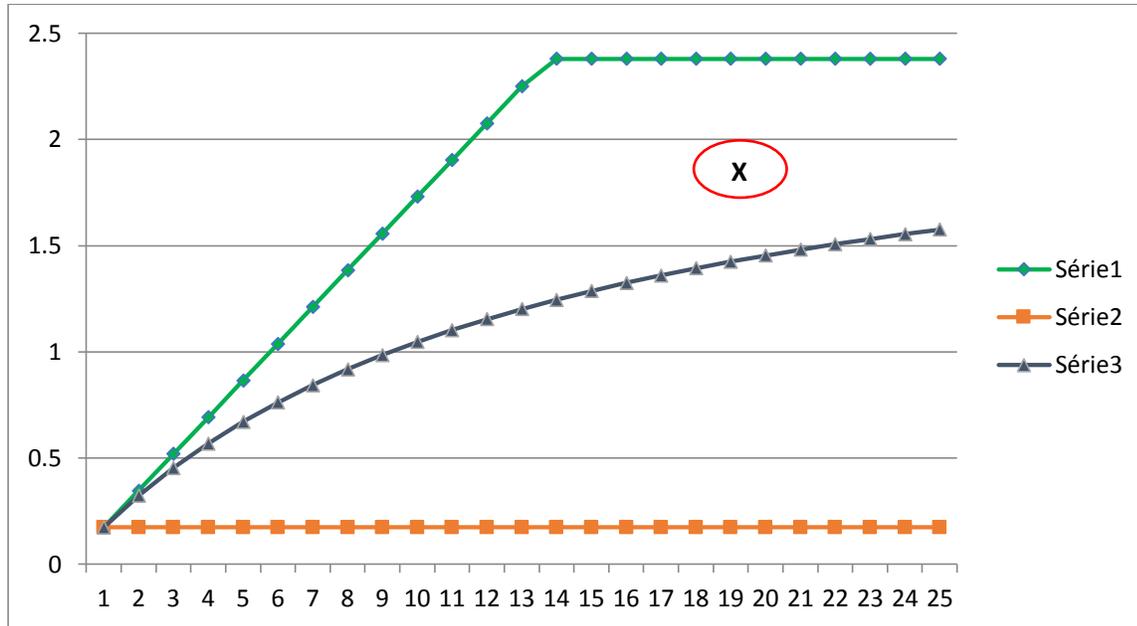


Figure 52 : la courbe du Best case, Worst case et le Particular best case

Le (x) encerclé en rouge c'est la position de l'entreprise.

La position de l'entreprise est entre le Best case et le Particular best case, tant que on est au-dessous du best case on peut améliorer pour cela trois proposition pour améliorer le flux de production on était proposé :

- Optimisation du temps de changement.
- L'ajout du convoyeur entre la partie de l'alimentation de la chaîne et le stock.
- L'ajout du 3^{ème} four.

4.2. Optimisation du temps de changement avec LINGO

4.2.1. La formulation du problème

Les indices :

j : indice du numéro d'exportation.

l : indice de la commande

TP_l : temps de production de la commande l .

$TC_{ll'}$: temps de changement entre la commande l et l'

Chapitre 02 : Analyse et discussion des résultats

DL_j : date limite du numéro d'exportation j .

Variable de décision :

$$X_{ll'} = \begin{cases} 1, & \text{si } l \text{ est fabriqué après } l' \\ 0, & \text{sinon} \end{cases}$$

Fonction objective :

$$\text{Min} \sum_l \sum_{l'} X_{ll'} * Tc_{ll'}$$

Contrainte :

$$\sum_{l' \neq l} X_{ll'} = 1 \quad \forall l \dots (1)$$

$$\sum_{l \neq l'} X_{ll'} = 1 \quad \forall l' \dots (2)$$

$$\sum_l \sum_{l'} X_{ll'} * Tc_{ll'} + Tp_l \leq DL_j \quad \forall j \dots (3)$$

$$X_{ll'} \in \{0, 1\} \dots (4)$$

L'explication de la fonction objective :

La fonction objective sert à minimiser le temps de changement.

L'explication des contraintes :

- La contrainte (1) et (2) : permettre de vérifier que chaque commande la précède une et la suit une autre commande.
- La contrainte (2) : permettre de vérifier si les dates limite imposent son vérifier.
- La contrainte (3) : définit la variable binaire du modèle.

Chapitre 02 : Analyse et discussion des résultats

4.2.2. La simulation sous LINGO

Nous avons implémenté le modèle mathématique précédent sur le solveur LINGO,

- Le programme sous LINGO :

```
model:
sets :

commande/cl..c6/:tp, U;
tempschangement(commande,commande): tc,x;

endsets
data:
tp= 9 12 9 15 13 10;
tc= 0 1.5 0 1.5 1.5 0
    1.5 0 1.5 0 0 1.5
    0 1.5 0 1.5 1.5 0
    1.5 0 1.5 0 0 1.5
    1.5 0 1.5 0 0 1.5
    0 1.5 0 1.5 1.5 0;
enddata
N=@size(commande);

z = @SUM(tempschangement(i,j)|j#NE#i : tc(i,j)*x(i,j));
min=z;
@for(commande(i):x(i,i)=0);
@for(commande(i):@sum(commande(j)|j#NE#i : x(i,j))=1);
@for(commande(j):@sum(commande(i)|i#NE#j : x(i,j))=1);
@sum(tempschangement(i,j):tp(i)+tc(i,j)*x(i,j))<=420;
@for(commande(j)|j#GT#1: U(j)<=N-1-(N-2)*x(1,j));
@for(commande(i)|i#GT#1: U(i)>=1+(N-2)*x(i,1));
@for(tempschangement(i,j):@bin(x(i,j)));
|
end
```

Figure 53 : code LINGO

- Les résultats de l'exécution :

La valeur de la fonction objective est de : 1.5

L'ordre des commandes obtenues est le suivant : 1 → 3 → 6 → 4 → 5 → 2

Tableau 12 : tableau représente l'ordre optimal de commande

Commande	Commande 1	Commande 2	Commande 3	Commande 4	Commande 5	Commande 6
Ordre	1	4	3	5	6	2

Chapitre 02 : Analyse et discussion des résultats

On à un seul changement c'est entre les commandes 6 et 4

Simulation sous ARENA :

On a simulé cette séquence sous le logicielle ARENA, les résultats obtenues sont :

Tableau 13 : Tableau représente les indicateurs de performance cas séquence optimale.

TH	WIP	TC	Rb
1.96	18.55	8	2.41

Tableau 14 : Tableau représente le taux d'utilisation des machines cas séquence optimale.

Les machines	Taux d'utilisation
Four 1	1
Four 2	1
Refroidisseur 1	0.3750
Refroidisseur 2	0.1863
Broyeur	0.8101
Tamis	0.7341
Homogénéiseur	0.1374
Chariot	0.015

Chapitre 02 : Analyse et discussion des résultats

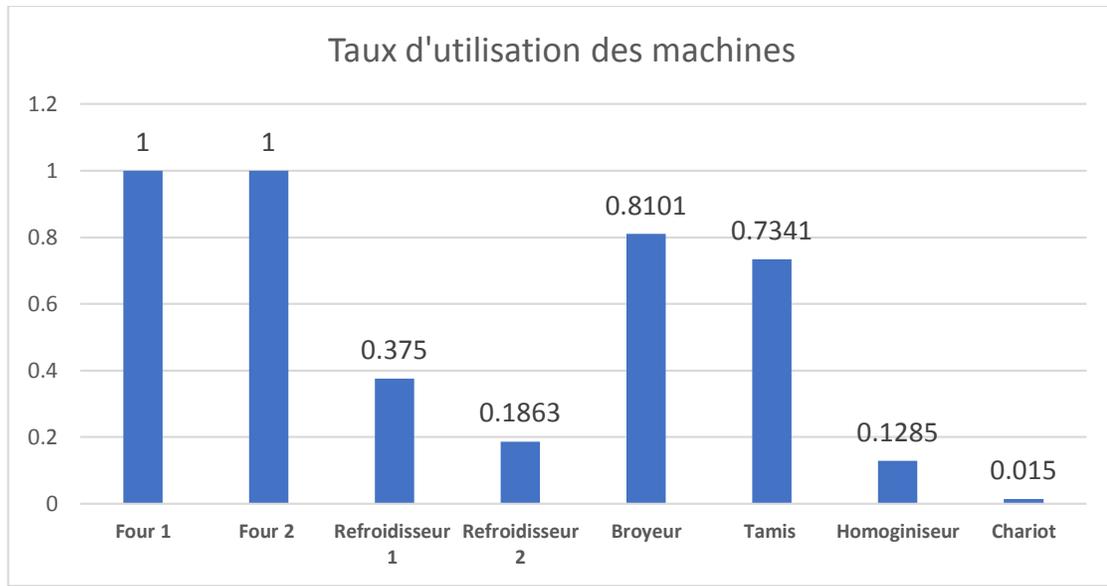


Figure 54 : Histogramme représente les taux d'utilisation des machines.

➤ Analyse des résultats : avec l'application de la séquence optimale on remarque que : Une diminution du temps de cycle, d'en-cours et une petite augmentation du taux de production ce qui est logique parce que on n'a pas touché la machine goulot en d'autres terme une heure gagne une un non goulot ce n'est pas une heure gagne sur tout le système.

4.3. L'ajout d'un convoyeur entre le stock et la chaîne d'alimentation

Tableau 15 : tableau représente les indicateurs de performance.

TH	WIP	TC	Rb
1.83	19.78	8.08	2.31

Chapitre 02 : Analyse et discussion des résultats

Tableau 16 : tableau représente les taux d'utilisation des machines

Les machines	Taux d'utilisation
Four 1	1
Four 2	1
Refroidisseur 1	0.3681
Refroidisseur 2	0.1840
Broyeur	0.8877
Tamis	0.8027
Homogénéiseur	0.1285

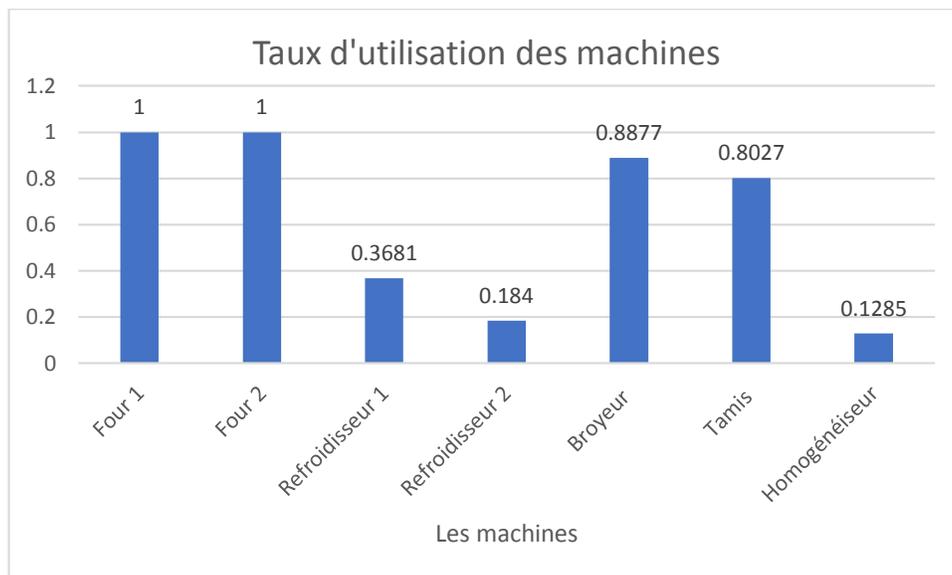


Figure 55 : Histogramme représente les taux d'utilisation des machines.

Chapitre 02 : Analyse et discussion des résultats

- Analyse des résultats : d'un côté quantitative On remarque que l'ajout d'un convoyeur entre le stock et la partie de l'alimentation de la chaîne de production n'a qu'une seule influence sur l'amélioration de la chaîne c'est l'élimination du chariot et les faits qui le suivent (carburant, entretien, conducteur...etc.), par contre du côté qualitative le convoyeur permet de conserver et préserver la pulpe concassée contre les facteurs externes (la pluie, le vent, la poussière...etc.).

5. Partie 2 : Analyse, interprétation et proposition des solutions avec l'ajout d'un four

NB : Le four ajouté a les mêmes caractéristiques des autres fours.

On va simuler cette partie sans la séquence optimale et avec la séquence optimale.

- Sans la séquence optimale

Tableau 17 : tableau représente les indicateurs de performance cas l'ajout d'un four

TH	WIP	TC	Rb
2.125	29.23	10.28	2.63

Tableau 18 : tableau représente le taux d'utilisation des machines cas l'ajout d'un four.

Les machines	Taux d'utilisation
Four 1	0.8179
Four 2	0.8179
Four 3	0.8110
Refroidisseur 1	0.4722
Refroidisseur 2	0.2361
Broyeur	0.8985
Tamis	0.7992
Homogénéiseur	0.1507
Chariot	0.015

Chapitre 02 : Analyse et discussion des résultats

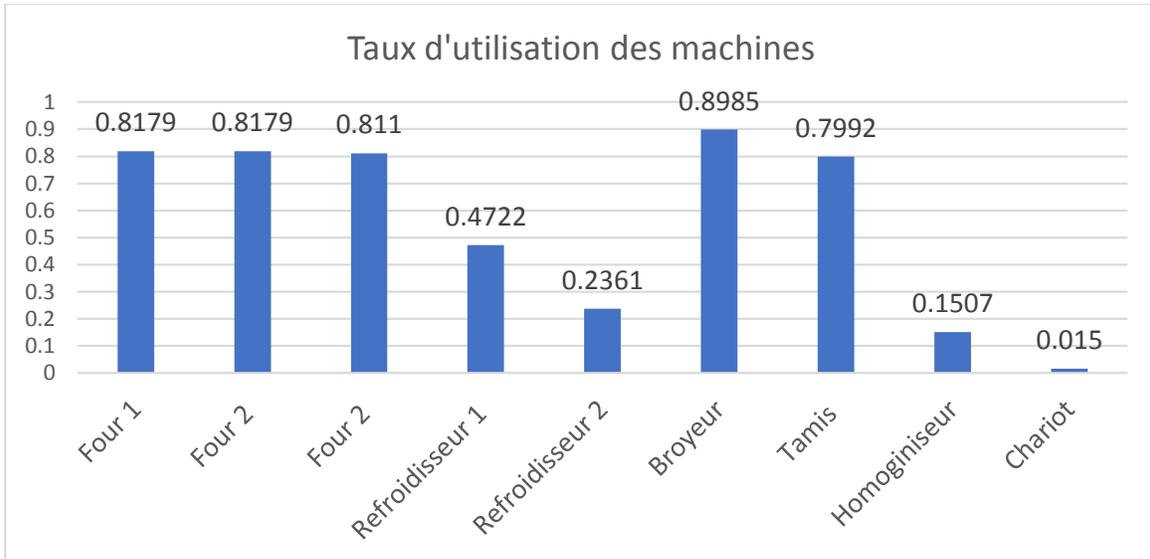


Figure 56 : Histogramme représente les taux d'utilisation des machines.

- Analyse des résultats : Lors de l'ajout d'un four on remarque une augmentation considérable du taux de production, et le taux d'utilisation des machines (four 1, 2, 3 et broyeur) ont une utilisation entre 80% et 95% c'est l'idéale parce que elle permet de amortir les machines rapidement sans provoquer des risques de pannes.
- Avec la séquence optimale avec l'application de la séquence optimale on remarque que : Une diminution du temps de cycle, d'en-cours et une petite augmentation du taux de production

6. Discussions des résultats

Il n'existe pas d'une meilleure solution chaque solution à ces avantages et ces inconvénients on vous les présente dans ce tableau :

Chapitre 02 : Analyse et discussion des résultats

Tableau 19 : discussion des résultats.

Solution	avantages	Inconvénients
Optimisation du temps de changement	Une légère amélioration dans le TH et une diminution dans le temps de cycle et le WIP	
L'ajout d'un convoyeur	Elimination du chariot et les fais qui le suit et assure une bonne gestion de qualité du produit	Investissement important
L'ajout du 3^{ème} four	Une augmentation considérable dans le taux de production	Investissement important Une contrainte d'emplacement

7. Conclusion

Dans une première étape nous avons analysé le système réel et détecter les anomalies, ensuite nous avons proposé des solutions puis les simuler sur le logicielle ARENA afin de les analysé et les interprété. En fin on a comparé et discuté ces résultats.

Conclusion générale

Le travail présenté dans ce mémoire s'inscrit dans le cadre de l'optimisation du flux de production afin de répondre aux besoins de l'entreprise BOUBLENZA. Au terme de ce travail, nous rappelons l'objectif principal de ce mémoire, Il s'agit de l'optimisation et l'amélioration du flux de production pour assurer une gestion de production efficace et efficient dans la société BOUBLENZA.

Pour atteindre cet objectif nous avons commencé par une étude globale sur le système de production au sien de l'entreprise pour avoir une idée générale, puis nous avons approfondis dans les système de production en analysant les différents types de ce système et surtout dans l'aspect fonctionnel et technique.

La phase suivante a été consacrée à la documentation technique sur les systèmes de production et les indicateurs de performance, nous avons ajouté à notre connaissance une large partie de connaissances technologiques, après une modélisation du système de production bien détaillée et efficaces sur le simulateur ARENA, nous avons pu analyser et interpréter la chaine de production, pour passer finalement à la proposition des solution et les analyser et les interpréter, sans oublier l'optimisation du temps de changement. Notre stage fin d'étude d'études a été une opportunité pour nous afin de découvrir le monde Professional et les systèmes de production avec leur contrainte techniques et économique et de se préparer à la vie professionnelle.

Notre première perspective est de faire une étude sur tout le système de production pour une optimisation des ressources plus efficace. Comme deuxième perspective nous souhaitons de planifier la production pour une planification plus optimale qui convient et synchronise avec le système de production de façon optimale, notre troisième perspective et d'étudier l'aménagement des machine au sein du système de production pour une fluidité et une ergonomie de travaille plus efficaces.

Bibliographie

- [1] - Hassan SBAY : le caroubier au Maroc, centre de recherche forestière.
- [2] – Direction générale des forêts Algérie (DGF)
- [3] –Benamar BENMAHIOUL et tous : le caroubier une espèce méditerranéenne a usage multiple, forêt méditerranéenne.
- [4] –Batlle et tous, 1997
- [5] –Makris et Kefalas, 2004
- [6] -<http://www.fao.org/faostat/fr/>
- [7] -Direction des services agricole de la wilaya de Tlemcen
- [8] -<https://fr.statista.com/statistiques/991003/production-totale-de-fruits-par-type-algerie>
- [9] - Xiaojun –ye (Ingénieur en Mécanique Industrielle): « La modélisation et Simulation des Systèmes de Production : une Approche Orientée—Objets », Thèse de doctorat, l’institut national des sciences appliquées de Lyon, 07 mai 2013.
- [10] - Stéphane goes : « Livre de Stéphane goes », management des organisations.
- [11] - Mathieu .Guidère : « les méthodes d’analyses», l’université de fribourg,
- [12] - L. Abdelkrim And B. Imene, “Simulation D’un Système De Production Avec Arena,” Université Abdelhamid Ibn Badis - Mostaganem, 2016.
- [13] - Professeur Jacques A. Ferland : « Modèles stochastiques, Modèle de file d’attente », Recherche opérationnelle, Stanford University, 2000.
- [14] - Jean Bérard : « Introduction aux probabilités et à la statistique », université de Lyon.
- [15] - Web—[Www.Software.Rockwell.Com](http://www.software.rockwell.com), A R. A. Company. A. Rights Reserved. P. In The U. S. Of A. © 2004 Rockwell Software Inc., And This, Arena Guide.”Consulté le 26/05/2021.

Résumé :

Actuellement les entreprises visent à optimiser leur flux de production à l'aide des technologies informatiques a fin accroitre leurs productivités et améliorer leurs performances, D'ailleurs c'est le cas de la société BOUBLENZ A qui souhaite optimiser la gestion de son flux de production. L'intérêt de notre projet est d'optimiser le flux de production et l'optimisation du temps de changement. Ce travail fait l'objet de développer des méthodes et des fonctionnalités afin d'aboutir sur une gestion de flux de production optimale. Pour mettre au point ce projet il a fallu passer par une étape d'analyse de système de production, puis une modélisation du système de production par le simulateur ARENA, ensuite une identification des problèmes puis la proposition des solutions et finalement la simulation de ces solutions par le simulateur ARENA, avant de passer à l'étape de discussion et analyse des résultats. Ces étapes ont été effectuées par un ordre chronologique, Ce mémoire a donc pour but de détailler et expliquer les étapes par lesquelles est passé notre projet afin d'atteindre les solutions obtenues.

MOTS-CLES : Modélisation des systèmes de production, production de la poudre de la caroube, évaluation des performances, optimisation du temps de changement, optimisation du flux de production, simulateur ARENA.

Abstract :

Currently companies aim to optimize their production flow using computer technologies in order to increase their productivity and improve their performance. Moreover, this is the case of the BOUBLENZ A Company, which wishes to optimize the management of its production flow. The interest of our project is to optimize the production flow and the optimization of changeover time. This work is the object of developing methods and functionalities in order to lead to an optimal production flow management. To develop this project, it was necessary to go through a stage of analysis of the production system, then a modelling of the production system by the ARENA simulator, then an identification of the problems then the proposal of the solutions and finally the simulation of these solutions. By the ARENA simulator, before moving on to the stage of discussion and analysis of the results. These stages have been carried out in chronological order. This thesis therefore aims to detail and explain the stages through which our project has gone in order to reach the solutions obtained.

KEYWORDS : Modelling of production systems, production of carob powder, performance evaluation, changeover time optimization, production flow optimization, ARENA simulator.

ملخص:

تهدف الشركات حاليًا إلى تحسين تدفق إنتاجها باستخدام تقنيات الكمبيوتر من أجل زيادة إنتاجيتها وتحسين أدائها، علاوة على ذلك، هذا هو حال شركة BOUBLENZ A التي ترغب في تحسين إدارة تدفق إنتاجها. ينصب اهتمام مشروعنا على تحسين تدفق الإنتاج وتحسين وقت التغيير. هذا العمل هو هدف تطوير الأساليب والوظائف من أجل أن يؤدي إلى إدارة تدفق الإنتاج الأمثل. لتطوير هذا المشروع، كان من الضروري المرور بمرحلة تحليل نظام الإنتاج، ثم نمذجة نظام الإنتاج بواسطة محاكي ARENA، ثم تحديد المشكلات ثم اقتراح الحلول وأخيرًا محاكاة هذه الحلول بواسطة جهاز محاكاة ARENA، قبل الانتقال إلى مرحلة المناقشة وتحليل النتائج. تم تنفيذ هذه المراحل بترتيب زمني، وبالتالي تهدف هذه الأطروحة إلى تفصيل وشرح المراحل التي مر بها مشروعنا للوصول إلى الحلول التي تم الحصول عليها.

الكلمات الرئيسية: نمذجة أنظمة الإنتاج، إنتاج مسحوق الخروب، تقييم الأداء، تحسين وقت التغيير، تحسين تدفق الإنتاج، محاكاة ARENA