

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE SALAH BOUBNIDER



FACULTE DE GENIE DES PROCEDES  
DEPARTEMENT DE GENIE PHARMACEUTIQUE

N° d'ordre : .....  
Série : .....

Mémoire de Master

Filière : Génie des Procédés

Spécialité : Génie Pharmaceutique

Thème

SIMULATION PAR SUPER PRO DESIGNER DU  
PROCEDE DE FABRICATION DE LA POUDRE  
DE LAIT

Dirigé par :

★ Mme. AMICHI Hayet

Réalisé par :

★ AFFAIFIA Nadjah

★ BENNINI Nihed

Année universitaire  
2019/2020  
Session : Septembre

# Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction Générale

Chapitre I : Généralités sur le lait liquide, poudre et la crème

I. Introduction.....	1
I. Lait.....	3
I.1 Définition du lait .....	3
I.2 Lait de vache .....	4
I.3 Composition du lait .....	5
I.3.1 Composition globale .....	5
I.3.1.1 Eau .....	5
I.3.2 Composition de la matière sèche (MS).....	6
I.3.2.1 Glucides .....	6
I.3.2.2 Matière grasse (MG).....	6
I.3.2.3 Matière azotée .....	8
I.3.2.4 Matière saline .....	9
I.3.2.5 Gaz dissous .....	9
I.4 Facteurs influençant la composition du lait.....	9
I.4.1 Variabilité génétique entre individus .....	9
I.4.2 Durée de lactation.....	9
I.4.3 Age ou numéro de lactation.....	9
I.4.4 Conduite d'élevage.....	10
I.5 caractéristiques du lait.....	10
I.5.1 Caractéristiques physico-chimiques.....	10
I.5.2 Caractéristiques microbiologiques.....	11
I.5.2.1 Flore originelle.....	11
I.5.2.2 Flore de contamination.....	11

<b>I.5.3</b>	<b>Caractéristiques organoleptiques.....</b>	<b>11</b>
<b>I.5.3.1</b>	<b>Couleur .....</b>	<b>11</b>
<b>I.5.3.2</b>	<b>Odeur .....</b>	<b>12</b>
<b>I.5.3.3</b>	<b>Saveur .....</b>	<b>12</b>
<b>I.5.3.4</b>	<b>Viscosité.....</b>	<b>12</b>
<b>I.6</b>	<b>Conservation du lait.....</b>	<b>12</b>
<b>I.6.1</b>	<b>Conservation par le froid.....</b>	<b>12</b>
<b>I.6.1.1</b>	<b>Réfrigération.....</b>	<b>12</b>
<b>I.6.1.2</b>	<b>Congélation.....</b>	<b>13</b>
<b>I.6.2</b>	<b>Conservation par chaleur.....</b>	<b>13</b>
<b>I.6.2.1</b>	<b>Stérilisation.....</b>	<b>13</b>
<b>I.6.2.2</b>	<b>Pasteurisation.....</b>	<b>14</b>
<b>I.6.2.3</b>	<b>Pasteurisation/stérilisation à ultra haute température.....</b>	<b>14</b>
<b>I.7</b>	<b>Différents types de lait de consommation.....</b>	<b>14</b>
<b>I.7.1</b>	<b>Selon la teneur en matières grasses (MG).....</b>	<b>14</b>
<b>I.7.2</b>	<b>Selon le traitement thermique.....</b>	<b>14</b>
<b>I.7.3</b>	<b>Selon d'autres traitements.....</b>	<b>15</b>
<b>I.8</b>	<b>Poudre de lait.....</b>	<b>16</b>
<b>I.8.1.</b>	<b>Historique de la poudre de lait.....</b>	<b>16</b>
<b>I.8.2</b>	<b>Définition de la poudre de lait.....</b>	<b>16</b>
<b>I.8.3</b>	<b>Composition du lait en poudre.....</b>	<b>16</b>
<b>I.8.4</b>	<b>Caractéristiques physicochimiques.....</b>	<b>17</b>
<b>I.8.4.1</b>	<b>Teneur en eau.....</b>	<b>17</b>
<b>I.8.4.2</b>	<b>Activité de l'eau : AW.....</b>	<b>17</b>
<b>I.8.5.</b>	<b>Caractéristiques microbiologiques .....</b>	<b>18</b>
<b>I.8.5.1</b>	<b>Défauts altérations .....</b>	<b>18</b>
<b>I.8.5.2</b>	<b>Bactéries d'altération .....</b>	<b>18</b>
<b>I.8.5.3</b>	<b>Bactéries pathogènes .....</b>	<b>18</b>
<b>I.8.6</b>	<b>Etude du marché .....</b>	<b>18</b>
<b>I.8.6.1</b>	<b>Objectif.....</b>	<b>18</b>
<b>I.8.6.2</b>	<b>Hausse de la production laitière mondiale en 2019.....</b>	<b>18</b>
<b>I.8.6.3</b>	<b>Marché mondial de la poudre de lait.....</b>	<b>19</b>

I.8.6.4 Effets de la Covid-19 sur la production mondiale du lait....	20
I.8.6.5 Prix mondial de la poudre de lait.....	21
I.8.6.6 Effets de la Covid-19 sur le prix mondial du lait.....	22
I.8.6.7 Marché Algérien de la poudre de lait.....	22
<b>I.9 Crème.....</b>	<b>23</b>
I.9.1 Définition.....	23
I.9.2 Composition et valeur nutritionnelle.....	23
I.9.3 Types de crème.....	24
I.9.3.1 Crème crue.....	24
I.9.3.2 Crème pasteurisée (Cas de la crème fraîche).....	24
I.9.3.3 Crème fraîche pasteurisée liquide.....	24
I.9.3.4 Crème fraîche pasteurisée épaisse (ou maturée).....	24
I.9.3.5 Crème stérilisée fluide .....	25
I.9.3.6 Crème UHT.....	25
I.9.3.7 Crème fouettée (Whipping Cream).....	25
I.9.3.8 Crème sure (Sour Cream).....	25
I.9.3.9 Crème de café (Coffee Cream).....	25
I.9.3.10 Crème double (Double Cream).....	25
I.9.3.11 Crème Chantilly.....	25
I.9.3.12 Crème sous pression.....	26
<b>Chapitre II: Procédés de fabrication de la poudre de lait et de la crème</b>	
<b>II.1. Procédé de fabrication du lait.....</b>	<b>27</b>
II.1.1 Réception et stockage de la matière première.....	28
II.1.2 Traitement et préparation des matières premières.....	28
II.1.2.1 Traitements thermiques.....	28
II.1.2.1.1 Pasteurisation et stérilisation.....	28
II.1.2.1.2 Écrémage.....	28
II.1.3 Concentration par évaporation sous vide (ESV).....	28
II.1.3.1 Intérêt de la concentration par ESV.....	29
II.1.3.2 Principes.....	29

II.1.4 Séchage.....	30
II.1.4.1 Séchage sur cylindres chauffants.....	30
II.1.4.1.1 Principes.....	30
II.1.4.1.2 Matériel.....	30
II.1.4.2 Séchage par atomisation / pulvérisation.....	31
II.1.4.2.1 Principes.....	31
II.1.4.2.2 Matériel.....	32
II.1.5. Conditionnement.....	36
II.2 Contrôle de la qualité du produit fini.....	36
II.2.1 But.....	36
II.2.2 Contrôle Physico-chimique.....	36
II.2.3 Contrôle Microbiologique.....	36
II.2.4 Composantes de la qualité.....	37
II.2.5 Assurance qualité.....	37
II.3. Procédé de fabrication de la crème de consommation.....	37
<b>Chapitre III : Matériel et méthodes</b>	
III.1 Introduction sur Super Pro Designer®.....	39
III.2 Étapes de bases pour créer et étudier un procédé.....	39
III.3 Élaboration des flowsheets.....	39
III.3.1 Organigramme des procédés.....	40
III.3.2 Calcul des charges et composition.....	40
III.3.2.1 Composition du lait.....	40
III.3.2.1.1 Matière sèche.....	41
III.3.2.1.2 Matière grasse.....	42
III.3.2.2 Charges.....	43
III.3.2.2.1 Charges entrantes des constituants du lait cru.....	45
III.3.3 Description des flowsheets.....	46
III.3.3.1 Flowsheet de production de la poudre de lait.....	46
III.3.3.1.1 Traitement en amont.....	46
III.3.3.1.1.1 Section de transport et de stockage.....	47
III.3.3.1.1.2 Section de pasteurisation et d'écémage.....	48
III.3.3.1.1.3 Section de production de la poudre de lait.....	49

III.3.3.1.2 Traitement en aval.....	50
III.3.3.1.3 Section de stockage et de conditionnement de la poudre de lait .....	51
III.3.3.1.4 Traitement supplémentaire.....	52
III.3.3.2 Flowsheet de fabrication de la crème cru.....	53
III.4 Étapes d'élaboration du flowsheet par le logiciel Super Pro Designer...	55
III.4.1 Mode d'opération.....	55
III.4.1.1 Ouverture du logiciel.....	55
III.4.1.2 Addition des composés intervenants.....	56
III.4.1.3 Addition des opérations unitaires.....	57
III.4.1.4 Ajout des courants.....	61
III.4.1.5 Spécification des opérations.....	62
III.4.1.6 Initialisation des courants et des opérations.....	63
III.4.1.7 Exécution des résultats.....	66
III.5 Nomenclature des équipements.....	67
<b>Chapitre IV : résultats et discussions</b>	
IV.1 Simulation du procédé.....	68
IV.1.1 Dynamique du procédé.....	68
IV.1.2 Données globales du procédé.....	70
IV.1.3 Charges.....	71
IV.2 Résultats du bilan de matière.....	73
IV.2.1 Procédé de production de la poudre de lait.....	73
IV.2.1.1 Bilan global.....	73
IV.2.1.2 Bilan individuel.....	74
IV.2.1.2.1 Section de pasteurisation et d'écémage.....	74
IV.2.1.2.2 Section de production de poudre de lait.....	80
IV.2.1.2.3 Section de stockage et de conditionnement.....	89
IV.2.1.2.4 Section de production de la crème crue.....	90
IV.2.2.5 Agents de transfert.....	91
IV.3 Équipements utilisés.....	91
IV.3.1 Procédé de fabrication de la poudre de lait.....	91
IV.3.1.1 Section de transport et de stockage.....	91

## Résumé

### ملخص

تتعلق هذه الدراسة بمحاكاة عملية إنتاج مسحوق الحليب منزوع الدسم باستخدام برنامج الفكرة الأساسية هي تصميم مشروع يكون مربحا للمستثمر كما يساهم بشكل كبير في تنمية الدولة. أوضحت الدراسة أن سوق الحليب وخاصة الحليب المجفف هو سوق فرصة في الجزائر وذلك للتقليل من الاستيراد و بالتالي الضريبة على هذا المنتج مما يولد زيادة في القدرة الشرائية للجزائر. تسمح النتائج التي تم الحصول عليها بمراقبة دقيقة لجميع المعلمات التي تؤثر على تصميم و اقتصاديات المشروع من ناحية ونمذجة المعالجات من ناحية أخرى ، و نأخذ مثال عن ذلك ، القشدة الخام.

### Résumé

Cette étude porte sur la simulation du procédé de production de la poudre de lait écrémé en utilisant le logiciel Super Pro Designer v.9.0. L'idée fondamentale est de concevoir un projet qui sera rentable pour l'investisseur et qui pourra contribuer au développement du pays.

L'étude a montré que le marché du lait, plus particulièrement le lait en poudre est un marché d'opportunité en Algérie, permettant ainsi de diminuer l'importation et donc la taxe sur ce produit, ce qui engendre une augmentation du pouvoir d'achat du citoyen algérien.

Les résultats obtenus permettent un suivi méticuleux de tous les paramètres influençant la conception et l'économie du projet d'une part et la modélisation des traitements en bout de chaîne d'autre part comme le cas de la crème crue.