

*République Algérienne Démocratique et Populaire*  
*Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche scientifique*  
*Université A. MIRA - Bejaia*



*Faculté des Sciences et de la Nature et de la Vie*  
*Département des Sciences alimentaires*  
*Option : production et transformation laitière*  
**Réf :.....**

Mémoire de Fin de Cycle  
En vue de l'obtention du diplôme de  
**MASTER**  
*Thème*

*Suivi de la stabilité physico-chimique de  
la matière première de lait UHT fabriqué  
par Tchir-lait/Candia*

**Présenté par :**  
**TIAB MOHAMED & KACI HICHAM**

Soutenu le : **20/06/2023**

Devant le jury composé de :

Président :	Mme : GUENDOUZE Naima
Promotrice :	Melle : ISSAADI Ouarda
Examinatrice :	Mme : BERKATI Salima

**Année universitaire : 2022-2023**

# Remerciements

*Au terme de ce travail, Nous tenons à remercier Dieu le tout puissant de Nous avoir donné le courage, la volonté et la patience pour achever ce travail.*

*Nous avons l'honneur et le plaisir de présenter notre profonde gratitude et nos sincères remerciements à notre honorable promotrice*

*Melle Issaadi. O pour sa précieuse aide et pour tous ses conseils. Nous tenons également à remercier les membres de jury d'avoir accepté de juger notre travail.*

*Nous tenons à exprimer Toutes nos sincères gratitudes et remerciements à Mr.*

*Fawzi BARKATI, de nous avoir accepté au sein de son entreprise*

*Nos sincères remerciements vont également*

*Mr : Nadji Farid qui nous a aidé dans ce travail et à Tout les responsables du laboratoire et tous les contrôleurs de qualités du laboratoire physico-chimique et laboratoire matière premier de l'entreprise TCHIN LAIT CANDIA pour nous avoir aidés tout au long de la réalisation de ce travail, pour leur confiance et leurs conseils, aimabilité et leur disponibilité.*

*On remercie profondément tous les enseignants qui nous ont encouragés et soutenu pendant toute notre formation.*

*Nos remerciements les plus sincères et les plus profonds sont adressés à nos parents pour leur patience, persévérance et tous les sacrifices qui s'ont consentis.*

*On adresse aussi nos remerciements à toutes les personnes qui ont contribuées de près ou de loin à l'élaboration de ce modeste travail*

# **Dédicaces**

*je veux me remercier d'avoir cru en moi.*

*À l'aide de DIEU, le Tout-Puissant, ce travail est achevé*

***Je dédie ce travail à tous ceux qui ont contribués de près ou de loin  
à la réalisation de ce travail notamment à :***

***Mes très chers parents,***  
*Qui tout au long de mon existence m'ont couvert d'amour et d'affection  
et pour tout leur sacrifices et efforts de faire de moi ce que je suis, je  
leurs serai éternellement reconnaissante.*

***A mes sœurs, Fahima et Nassima***  
*A mon cousin Djamel qui m'a toujours encouragée.*

*A tout ma famille*

***Mes meilleures amies***  
*arski , mouhend , yacine, ali , adel*  
*Sans oublié sofian (lharach)*

***Ma collègue et amie***  
*Sarah*

*A mon binôme Mohamed*

*A ma promotrice Melle Issaadi*

***Toute la promotion ptl, 2022-2023***  
*Ceux avec qui j'ai partagé les meilleurs moments au cour de ce travail.*

*A tous mes enseignants durant mon cursus*

***A tous ce qui me sont chers sans exceptions.***

**Hicham**

# **Dédicaces**

*Enfin et surtout, je veux me remercier d'avoir cru en moi.*

*À l'aide de DIEU, le Tout-Puissant, ce travail est achevé ;*

*Je le dédie à toutes les personnes qui me sont chères ;*

*Mes parents, symboles de courage et de volonté, qui ont consacré et sacrifié leurs vies pour mon bien-être. Que dieu les protège*

*À mon unique frère Farid, que dieu lui offre une vie brillante*

*A ma sœur Imen, que dieu lui offre une vie brillante*

*A ma sœur Sara et son époux Boualem je leurs souhaite Une vie merveilleuse et plaine de bonheur*

*A mon neveu Yasser que dieu lui offre une vie brillante*

*À mes chère grande mère Malika, Rabia*

*A mon grand-père Messaoud*

*À ma chère amti Nadia et sa famille*

*À mes chères khwali, leurs femmes, leur fils et filles sans exception*

*À mon oncle et sa femme*

*A mes chère cousin Rami et Melina*

*À toutes mes chères tantes et leurs familles*

*A toutes mes chères amies*

*À mon binôme Hicham*

*A ma promotrice Melle issaadi*

*A ma deuxième famille, la promotion production et transformation laitière 2022/2023, chacun à son nom A tous mes enseignants durant mon cursus*

*Mohamed*

# Table de matière

Liste d'abréviation	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Introduction .....	1

## Synthèse Bibliographie

I- Généralité sur le lait .....	2
I-1 Histoire de lait .....	2
I-2 Définition du lait .....	2
I-3 Composition du lait.....	3
I-3-1 Eau .....	3
I-3-2 Matière grasse .....	3
I-3-3 Lactose .....	4
I-3-4 Protéines.....	4
I-3-4-1 Caséines .....	4
I-3-4-2 Protéines sériques .....	5
I-3-5 minéraux .....	6
I-3-6 vitamines .....	6
I-4 Action de traitement thermique sur la stabilité de lait.....	6
I-4-1 Lactose .....	6
I-4-2 Enzymes .....	7
I-4-3 Matière grasse.....	7
I-4-4 Equilibre des minéraux.....	7
I-4-5 Vitamines.....	7
I-4-6 Protéines .....	8
I-5 Paramètres de stabilité de lait.....	8
I-5-1 Potentiel hydrogène (pH).....	8
I-5-2 Acidité titrable .....	8
I-5-3 Test bain d'huile.....	9
I-5-4 Test Ramsdell.....	9
I-5-5 Test de turbidité .....	9
I-6 Effet saisonnier sur la composition du lait.....	9
I-7 Evolution de l'industrie laitière en Algérie .....	10

II- Poudre de lait.....	12
II-1 Définition .....	12
II-2 Types de lait en poudre .....	12
II-2-1 Selon la teneur en matière grasse.....	12
II-2-2 Selon le traitement thermique.....	12
II-3 Procédés de fabrication de la poudre de lait.....	13
II-3-1 Diagramme de fabrication .....	13
II-3-2 Opérations technologiques permettant l'obtention de poudres laitières....	14
II-4 Différence entre les deux procédés de fabrication de la poudre de lait .....	16
II-5 Stabilité des produits laitiers déshydratés : poudres de lait .....	16
II-6 Caractéristique physico-chimique du lait en poudre .....	16
II-6-1 Fluidité .....	16
II-6-2 Mouillabilité.....	17
II-6-3 Solubilité.....	17
II-6-4 Viscosité.....	17
II-6-5 Teneur en eau <<Humidité>> .....	17
III- Traitement des eaux .....	18
III-1 Eau dans l'industrie alimentaire.....	18
III-2 Différente étape de traitement des eaux .....	18
III-3 Caractéristique organoleptique .....	19

## **Partie pratique**

### **I- Matériels et Méthodes**

I- Matériel et Méthode.....	20
I-1 Matériel utilisés.....	20
I-2 Mode de prélèvement et d'échantillonnage.....	20
I-3 Matières premières.....	20
I-3-1 Poudre de lait (0% et 26% MG) .....	20
I-3-2 Eau de procès.....	20
I-4 Préparation de l'échantillon.....	21
I-5 Analyses physico-chimiques.....	21
I-5-1 Détermination du pH .....	22
I-5-2 Détermination de l'acidité titrable.....	22
I-5-3 Taux de matière grasse (méthode acido-butyrométrique ou Méthode GERBER).....	23
I-5-4 Détermination du taux d'humidité .....	24
I-6 Tests de stabilité.....	24
I-6-1 tests de Ramsdell.....	24

I-6-2	Test de bain d'huile .....	25
I-6-3	Test de turbidité.....	26
I-7	Test de filtration .....	27
I-8	les paramètres sensoriels.....	27
I-8-1	Aspect et Couleur .....	27
I-8-2	Gout et Odeur.....	28
I-9	Analyse des eaux .....	28
I-9-1	Potentiel d'hydrogène (pH) .....	28
I-9-2	Détermination du titre hydrotimétrique (TH) ou dureté totale.....	29
I-9-3	Détermination de l'alcalinité .....	29
I-9-4	Titre Alcalimétrique simple (TA) .....	30
I-9-5	Titre Alcalimétrique Complexe (TAC).....	30
I-9-6	Dosage des Chlorures .....	31
I-9-7	Conductivité des eaux .....	31

## **II Résultats et discussion**

II-1	Analyses physico-chimiques de la poudre de lait .....	33
II-2	Paramètres sensoriels .....	35
II-3	test stabilité.....	35
II-3-1	Turbidité.....	35
II-3-2	Test bain d'huile.....	36
II-3-3	Tests Ramsdell.....	38
II-2	Eau de procès.....	41
	Conclusion.....	44
	Références bibliographique	
	Annexe	
	Résumé	

## Liste d'abréviation

**α-LAC** : α lactalbumine.

**β-LAC** : β – lactoglobuline.

**D°** : degré doronic.

**ESD** : extrait sec dégraissé.

**EST** : extrait sec total.

**ESV** : évaporation sous vide.

**EDTA** : Ethylène diamine tetra acétique

**F°** : Degré Français.

**FC**: facture de correction.

**HTST**: high température short time.

**IAP** : indice d'azote protéique.

**NIE** : norme interne de l'entreprise

**UHT** : ultra haute température.

**J.O.R.A** : journal officiel de la république algérienne.

**LTLT**: stands for low temperature long – time.

**MG** : matière grasse.

**PH** : potentiel hydrogéné

**TH** : titre hydrotimétrique.

**TA** : titre alcalimétrique simple.

**TAC** : titre alcalimétrique complexe

**UFL** : énergie nette lait

**PDI** : protéines disulfure isomérase



## Liste des tableaux

<b>Tableau N°</b>	<b>Titre</b>	<b>Page N°</b>
<b>I</b>	composition moyenne du lait UHT demi écrémé	<b>3</b>
<b>II</b>	Concentrations (en mmol. L-1) et répartition (en %) des principaux minéraux du lait à pH 6,7	<b>6</b>
<b>III</b>	principaux composants de la poudre de lait	<b>12</b>
<b>IV</b>	Classification des poudres de lait écrémé selon le traitement thermique	<b>13</b>
<b>V</b>	analyses effectuées pour les différents échantillons analysés (poudre delait et eau de procès)	<b>21</b>
<b>VI</b>	Résultats d'analyses physico-chimiques de la poudre de lait (0% et 26% MG).	<b>34</b>
<b>VII</b>	Résultats des analyses organoleptiques de la poudre de lait (0% et 26% MG)	<b>35</b>
<b>VIII</b>	Résultats de test turbidité pour poudre de lait (0%et 26% MG)	<b>35</b>
<b>IX</b>	résultats de Test bain d'huile des poudres de lait (0% et 26%)	<b>36</b>
<b>X</b>	résultats des pH avant et après Test ramsdell des poudres de lait (0% et 26%)	<b>38</b>
<b>XI</b>	Résultats d'analyses physico-chimiques de l'eau de reconstitution	<b>42</b>

## Liste des figures

<b>Figure N°</b>	<b>Titre</b>	<b>Page N°</b>
<b>1</b>	Projection de Haworth du $\beta$ -D-galactopyranosyl (1→4) D-glucopyranoseou lactose	<b>4</b>
<b>2</b>	Modèle noyau enveloppe (modèle de Waugh)	<b>5</b>
<b>3</b>	Pourcentage des différentes protéines du lait	<b>5</b>
<b>4</b>	principaux équilibres minéraux du lait	<b>7</b>
<b>5</b>	Technique de production de lait en poudre	<b>13</b>
<b>6</b>	Schéma du principe de séchage sur cylindre	<b>15</b>
<b>7</b>	Principe de fonctionnement d'une tour d'atomisation	<b>16</b>
<b>8</b>	Résultat d'analyse physico-chimique de la poudre de lait 0% MG	<b>33</b>
<b>9</b>	Résultat d'analyse physico-chimique de la poudre de lait 26% MG	<b>33</b>
<b>10</b>	Variation des pH de la différente poudre de lait après test bain d'huile	<b>36</b>
<b>11</b>	Variation des pH des différentes poudres de lait après test de ramsdell	<b>39</b>
<b>12</b>	Effet de l'acidification sur la structure des micelles de caséine	<b>40</b>
<b>13</b>	Les différents équilibres entre le phosphate et le calcium selon le pH	<b>40</b>
<b>14</b>	Lien disulfure entre la $\beta$ -lactoglobuline et la micelle de caséines.	<b>41</b>
<b>15</b>	Résultats des analyses physico-chimiques de l'eau de processus	<b>41</b>

## Liste des figures en annexe

<b>Figure N°</b>	<b>Titre</b>	<b>Page N°</b>
<b>16</b>	Organigramme de l'entreprise Tchir- Lait.	<b>Annexe 1</b>
<b>17</b>	Dosage du titre hydrotimétrique	<b>Annexe 3</b>
<b>18</b>	Dosage des chlorures.	<b>Annexe 3</b>

*Introduction*  
*Générale*

Le lait est un élément essentiel de notre alimentation quotidienne, et il occupe une place importante dans les régimes alimentaires de nombreux pays en fournissant des nutriments importants tels que les minéraux, les glucides, les protéines et les lipides, il représente une source nutritionnelle significative. (Guiraud, 1998)

La déshydratation des produits laitiers et alimentaires avait dès l'origine comme objectif principal de stabiliser ces produits afin d'en assurer le stockage et le transport. Depuis les années 1970, la technique la plus employée pour la déshydratation des produits liquides alimentaires est le séchage par pulvérisation/atomisation. L'usage croissant de cette technique a été permis par le développement d'un savoir-faire industriel par empirisme raisonné, compte tenu du faible nombre de travaux scientifiques et techniques sur le sujet et notamment sur l'incidence des paramètres de séchage et des caractéristiques physico-chimiques (Pierre et al.,2012).

La poudre de lait est un produit laitier qui est fabriqué en éliminant l'eau du lait liquide. Elle est produite en vaporisant le lait liquide dans une chambre de séchage, ce qui évapore l'eau et laisse une poudre fine (Veisseyre, 1979).

Le lait en poudre est constitué essentiellement de matière sèche de lait et d'une très faible quantité d'eau (de 2 à 4%) ce qui prive les micro-organismes de l'eau nécessaire à leur multiplication (Lubin ,1998)

La poudre du lait est produite à grande échelle dans des installations modernes. La durée de conservation est d'environ 3 ans pour la poudre de lait écrémé, tandis qu'elle est de 6 mois maximum pour la poudre de lait entier. Cette différence s'explique par le fait que la matière grasse du lait s'oxyde en cours de stockage et entraîne une altération progressive du goût. (Gosta, 1995)

Il existe différents types de poudre de lait, tels que la poudre de lait écrémée la poudre de lait entier. La poudre de lait écrémée est souvent utilisée dans les produits faibles en gras, tandis que la poudre de lait entier est utilisée dans les produits riches en gras.

L'objectif principal de notre travail effectué au sein de l'unité Tchén-Lait/Candia est de contribuer au suivi la stabilité des Matières premières utilisées au sein de cette. En effectuant le contrôle physico chimique et les tests de stabilité de la poudre de lait dans le but de vérifier la stabilité et la reproductibilité d'un produit en ce qui concerne ses caractéristiques nutritionnelles et organoleptique et ceci permet d'apporter des corrections sur le produit lui-même d'un côté de l'autre côté vérifier la qualité hygiénique.

# *Synthèse* *Bibliographique*



## I- Généralité sur le lait

### I-1 Histoire de lait

L'histoire du lait remonte à l'époque de la révolution néolithique, il y a environ 10 000 ans, lorsque les humains ont commencé à domestiquer des animaux pour leur lait. Les preuves archéologiques montrent que les premiers animaux domestiqués pour leur lait étaient des chèvres et des moutons, suivis plus tard par des vaches (Evershed , et *al.*, 2008.)

Au fil du temps, la production laitière est devenue une industrie importante, avec l'émergence de la production laitière commerciale et l'invention de technologies telles que la pasteurisation et la réfrigération. Le lait est devenu un aliment de base dans de nombreuses cultures, et la consommation de produits laitiers tels que le fromage, le yaourt et le lait fermenté est devenue courante dans le monde entier (O'Sullivan et *al.*, 2019).

Le lait est produit dans de nombreux pays du monde, avec des différences culturelles et régionales dans les types de lait et les produits laitiers produits. Le lait et les produits laitiers continuent d'être une source importante de nutrition pour de nombreuses personnes, fournissant des protéines, des graisses, des glucides, des vitamines et des minéraux essentiels (FAO ,2013).

### I-2 Définition du lait

La dénomination lait sans indication de l'espèce animale de provenance, est réservée au lait de vache. Tout lait provenant d'une femelle laitière, autre que la vache, doit être désigné par la dénomination lait suivie de l'indication de l'espèce animale. (J.O.R.A, 1993)

Le lait est un aliment biologique d'une grande valeur nutritive Il est produit par les glandes mammaires des femelles de mammifères et est destiné à nourrir les jeunes animaux, comme cité. (Vignola, 2002).

Selon le Codex alimentarius (CX/MMP 00/15) de Décembre 1999 : « Le lait est la sécrétion mammaire normale d'animaux laitiers obtenue en une ou plusieurs traites sans aucune addition ou extraction, destinée à la consommation sous forme de lait liquide ou à un traitement ultérieur».

### I-3 Composition du lait

Le lait est une source unique de composants nutritifs essentiels, Sa valeur nutritive telle que représenter sur le tableau I résulte de sa teneur en composants chimiques. Une modification de ces composants résultant d'un processus thermique peut modifier la valeur nutritionnelle de lait (Gosta, 1995).

**Tableau I** : La composition moyenne du lait UHT demi écrémé (Vignola, 2002)

Constituants	Lait demie écrémée UHT (g/kg)
Eau	896
Matière séché	104
Azote total	5
Protéines	31.9
Lipides	15.5
Glucide (lactose)	45.3

#### I-3-1 Eau

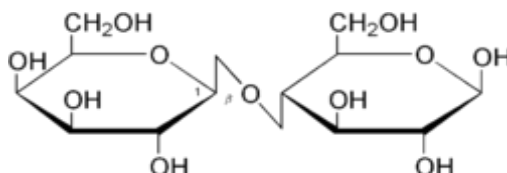
Le lait contient principalement de l'eau, qui a la capacité de se lier aux substances polaires comme le lactose, les minéraux et les caséines pour former une solution homogène. Cependant, les matières grasses présentes dans le lait ne peuvent pas se dissoudre dans l'eau en raison de leur caractère hydrophobe. Elles se présentent donc sous forme d'une émulsion de type huile dans l'eau, qui est maintenue stable grâce à la présence d'agents émulsifiants naturels dans le lait. Vignola (2002).

#### I-3-2 Matière grasse

Le lait de vache et le lait maternel contiennent tous deux environ 35g de matières grasses par litre de lait. Les lipides présents dans le lait sont constitués d'un mélange d'acides gras qui se présentent sous forme de gouttelettes en suspension, formant ainsi une émulsion. La concentration de ces lipides varie considérablement selon les espèces animales, allant de 10 à 500 g/l. Ils sont majoritairement composés de triglycérides, représentant environ 99% de la composition lipidique, tandis que les phospholipides et les stérols constituent le reste. Ces derniers se rassemblent sous forme de globules gras à la surface du lait de vache lorsque celui-ci est laissé au repos. Vilain (2010) ainsi que par Cheftel et al (1977).

### I-3-3 Lactose

Le principal glucide présent dans le lait est le lactose, tandis que la proportion des autres types de glucides est toujours très faible, selon Debry (2001). Le lactose est un disaccharide composé d'une molécule de galactose et d'une molécule de glucose liées par une liaison osidique  $\beta$  (1-4) tel que représenté sur la figure1. Comparé au saccharose, il a un pouvoir sucrant six fois moins important, Vilain (2010).



**Figure 1** : Projection de Haworth du  $\beta$ -D-galactopyranosyl(1 $\rightarrow$ 4) D-glucopyranose ou lactose (Debry, 2001)

### I-3-3 Protéines

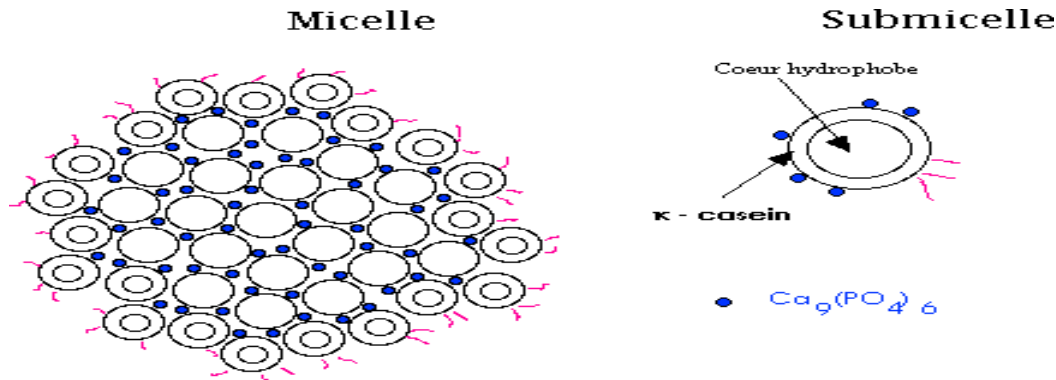
La composition protéique de base est la même dans tous les laits de mammifères, et il existe une forte homologie de structure entre les protéines du lait des différentes espèces. Par exemple, il y a une similarité de 85% entre les protéines du lait de vache, de brebis et de chèvre. De même, il y a une similarité de 97% entre les protéines du lait de brebis et celles du lait de chèvre. Les protéines laitières ont une structure similaire entre les différentes espèces de mammifères, avec des homologies plus importantes entre les espèces les plus proches. Ainsi, les réactions croisées entre les laits de différentes espèces peuvent être expliquées par cette similarité, Vilain (2010). Les protéines du lait, associées aux sels, constituent la partie la plus complexe de cette substance. Il existe deux types de protéines laitières, (Mathieu, 1998).

#### I-3-3-1 Caséines

Les caséines sont les protéines les plus abondantes dans le lait. Elles ont une structure rhéomorphe et sont phosphorylées, ce qui leur permet de lier le calcium tel que représenté sur la figure 2. Les caséines peuvent s'auto-agréger pour former des micelles et précipitent rapidement en cas d'acidification à un pH de 4,6 à 20°C, qui correspond à leur point isoélectrique moyen. Il existe quatre types de caséines, à savoir  $\alpha$ 1,  $\alpha$ 2,  $\beta$  et  $\kappa$ , qui se différencient par leur composition en acides aminés, leur niveau de phosphorylation, leur teneur en cystéine, la présence ou non de groupements glycosuriques, leur caractère hydrophobe ou hydrophile et leur capacité à lier le calcium. Les caséines  $\alpha$ 1 et  $\beta$  sont les plus abondantes, représentant respectivement 37% et 34% des caséines totales. Elles ont la particularité de précipiter en présence de calcium et présentent un caractère amphiphile marqué, avec des



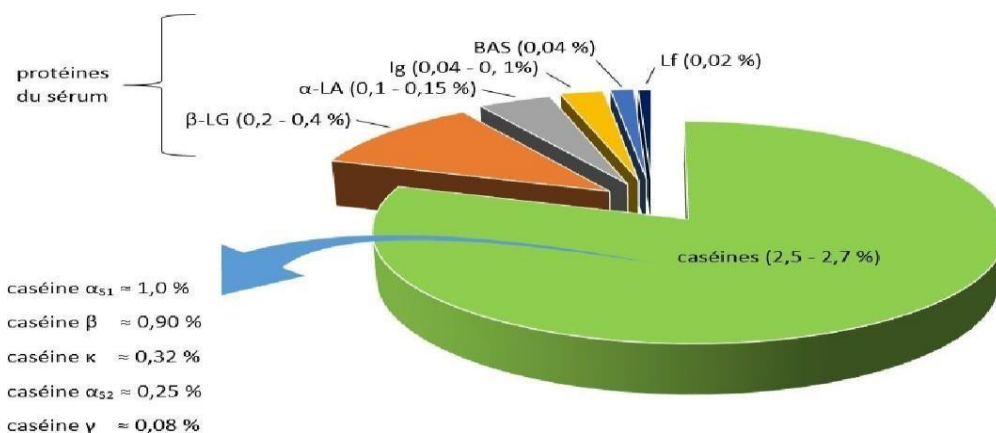
régions hydrophiles et hydrophobes nettement séparées (Horne, 2002). Les caséines sont généralement stables face aux variations de température, à l'exception de la caséine  $\beta$  qui se solubilise à froid.



**Figure 2 :** Modèle noyau enveloppe modèle de Waugh. (Horne, 2002).

### I-3-3-2 Protéines sériques

Les protéines du lactosérum constituent environ 15% de la matière azotée totale dans le lait tel que présenté sur la figure 3. Elles ont une structure globulaire et peuvent être précipitées par l'acide trichloro-acétique à une concentration de 12%. Contrairement aux caséines, ces protéines restent solubles à un pH de 4,6 à 20°C. Elles sont sensibles aux traitements thermiques et se dénaturent rapidement à des températures supérieures à 65°C en quelques minutes, un phénomène appelé coagulation thermique. Les principales protéines sériques du lait sont la  $\beta$ -lactoglobuline ( $\beta$ -Lg), l' $\alpha$ -lactalbumine ( $\alpha$ -Lac), la sérum-albumine et les immunoglobulines (Farrell et *al.*, 2004 et Walstra et *al.*, 2006). La  $\beta$ -Lg et l' $\alpha$ -Lac représentent respectivement environ 50% et 20% des protéines sériques, en poids (Walstra et *al.*, 2006)



**Figure 3 :** Pourcentage des différentes protéines du lait (Cayot et Lorient, 1998)

L' $\alpha$ -Lac a la particularité de posséder un site de fixation du calcium. Celui-ci fait partie intégrante de la molécule et permet de stabiliser la conformation protéique (Walstra *et al.* 2006).

L' $\alpha$ -Lac possède un site de -Lac à la particularité de fixation du calcium. Celui-ci fait partie intégrante de la molécule et permet de stabiliser la conformation protéique (Walstra *et al.* 2006). Le thiol libre (SH) de la  $\beta$ -Lg et les ponts disulfures (S-S) des acides aminés soufrés (cystéines) des  $\beta$ -lg et l' $\alpha$ -lac leurs confèrent leurs propriétés d'agrégation, notamment au cours d'une pasteurisation ou stérilisation.

### I-3-4 Minéraux

Les minéraux constituent une faible proportion du lait, représentant environ 7 à 8% (en poids) de la matière sèche non grasse. Ils sont répartis entre une phase soluble et une phase micellaire qui sont représentés sur le Tableau II.

**Tableau II :** Concentrations (en mmol. L<sup>-1</sup>) et répartition (en %) des principaux minéraux du lait à pH 6,7 (Holt et Jenness 1984)

Constituant	Concentration (en mmol. L <sup>-1</sup> )			Solubles (%)
	Totale	Soluble	Micellaire	
Calcium	29.4	9.2	20.2	31
Phosphate inorganique	20.9	11.2	9.7	54
Magnésium	5.1	3.3	1.8	65
Citrate	9.2	8.2	1	89
Sodium	24.2	24.2	0	100
Potassium	34.7	34.7	0	100
Chlorure	30.2	30.2	0	100

### I.3.6 Vitamines

Les laits des mammifères peuvent être des sources intéressantes de vitamines, en particulier la vitamine A que l'on retrouve en quantité significative dans le lait des ruminants, surtout lorsque leur alimentation contient beaucoup de fourrages verts. De plus, les vitamines du groupe B, comme la vitamine B2 et la vitamine B12, sont également présentes dans le lait. En revanche, la teneur en vitamine C dans le lait est très faible par rapport à celle des fruits et légumes. Van et *al.*, (2002).

## I-4 Action de traitement thermique sur la stabilité de lait

### I-4-1 Lactose

Le lactose est sensible à la chaleur 110 et 130°C, sa forme hydratée perd son eau de cristallisation. À des températures supérieures à 150°C, le lactose subit un jaunissement, puis à environ 170°C. Cependant, dans le lait, il a été constaté que le brunissement enzymatique intervient à des températures beaucoup moins élevées. En fait, il ne s'agit plus d'une caramélisation du lactose mais d'une réaction du sucre avec les matières azotées entraînant l'apparition de composés bruns réducteurs appelés mélanoidines (Veisseyre, 1975).

## I-4-1 Enzymes

Suite à un traitement thermique intense tel que la stérilisation UHT, il est possible d'obtenir une inactivation temporaire complète de la plasmine. Cependant, une petite quantité de plasminogène subsiste toujours dans le lait stérilisé, et au fil du temps de stockage, celui-ci est converti en plasmine. Par conséquent, la protéolyse du lait ne peut être évitée même après une stérilisation. Cette activité résiduelle de la plasmine a été identifiée comme étant responsable de la gélification du lait UHT (Cayot et Lorient, 1998).

## I-4-2 Matière grasse

Lorsqu'un traitement thermique indirect est appliqué au lait (par exemple, à travers un échangeur de chaleur à plaques), les globules gras demeurent stables et leur taille ne change pas, même si la durée du chauffage à 140°C est prolongée. Toutefois, lors du stockage du lait traité thermiquement, des globules gras peuvent se rassembler en surface et former une couche de crème, surtout à des températures basses ou à température ambiante (Cayot ; Lorient ,1998).

## I-4-4 Equilibre des minéraux

Lors du chauffage, la partie minérale du lait subit des modifications importantes. Le phosphate de calcium est un sel inverse dont la solubilité diminue avec l'augmentation de la température. Un chauffage prolongé peut provoquer une insolubilisation des phosphates de calcium (Vignola, 2002). De plus, le chauffage favorise l'augmentation de la quantité d'ion hydronium ( $H_3O^+$ ) en deux étapes : d'une part, il favorise la dissociation des acides, et d'autre part, il favorise la formation de phosphate de calcium micellaire à partir du calcium et du phosphate soluble, ce qui libère des ions  $H^+$  (Mathieu, 1998) tel qu'illustrée sur la figure 4.

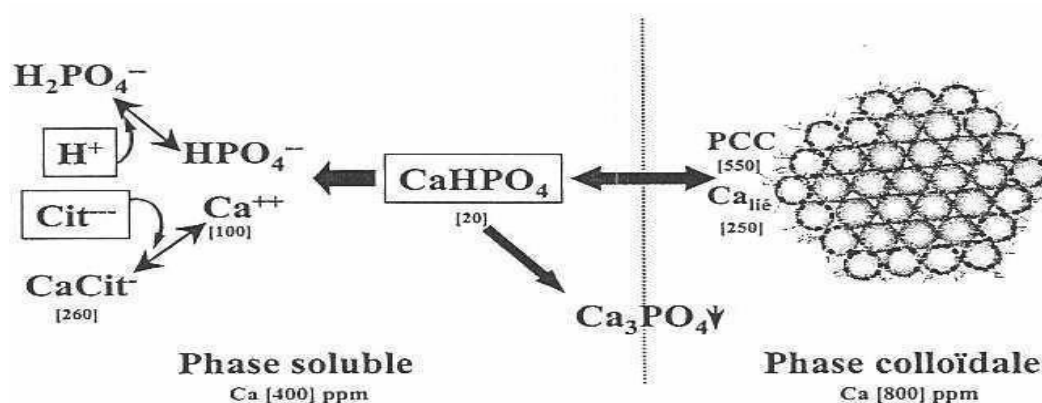


Figure 4 : les principaux équilibres minéraux de lait (Britten et Pouliote, 2002)

### **I-4-5 Vitamines**

En raison de leurs structures chimiques très différentes, les vitamines présentes dans le lait sont susceptibles de subir diverses altérations telles que l'oxydation ou l'hydrolyse, principalement sous l'effet de la chaleur et de la lumière. Les études portant sur l'effet des traitements thermiques sur la teneur résiduelle en vitamines ont montré que les vitamines liposolubles (A, D, E) et hydrosolubles (B2, acide pantothénique, biotine, acide nicotinique) sont stables lors des traitements de pasteurisation et UHT, tandis que les vitamines B1, B6, B12, l'acide folique et l'acide ascorbique sont beaucoup plus sensibles à la chaleur et à l'oxydation. Ces trois dernières vitamines sont particulièrement sensibles à l'oxydation lors du traitement ou du stockage (Debry, 2001).

### **I-4-6 Protéines**

#### **a-Protéines sériques**

Lorsque des traitements thermiques sont appliqués pour obtenir la gélification des protéines sériques, leur structure native subit des modifications importantes. Cette modification de structure est appelée dénaturation, et peut conduire à l'association (agrégation) des protéines sériques par des liaisons hydrophobes, des échanges de ponts disulfure et/ou des attractions électrostatiques (Gaucheron, 2004).

#### **b- Caséines**

Les interactions hydrophobes et les ponts salins (S-S) constitués par le phosphate de calcium colloïdal assurent la stabilité de la structure colloïdale des protéines du lait, ainsi que la cohésion de ces molécules. L'agencement interne des protéines du lait protège les caséines sensibles à la précipitation. Cependant, le traitement UHT et le stockage du lait peuvent entraîner des modifications physico-chimiques et des réactions enzymatiques qui, dans certains cas, peuvent déstabiliser les micelles de caséines, conduisant ainsi à la gélification et/ou à la sédimentation des caséines du lait (Gaucher et *al.*, 2008).

## **I-5 Paramètres de stabilité de lait**

### **I-5-1 Potentiel hydrogène (pH)**

Le pH est une mesure de l'acidité du lait à un moment donné et est généralement mesuré à l'aide d'un pH-mètre. Le pH normal du lait varie entre 6,6 et 6,8 et dépend principalement de la présence de caséines, ainsi que des anions phosphoriques et citriques (Mathieu, 1998). En résumé, le pH est un indicateur important de l'état du lait et peut influencer sa stabilité dans différentes conditions.

### **I-5-2 Acidité titrable**

Selon Mathieu (1998), l'acidité d'un lait est officiellement exprimée en degrés Dornic

Et par convention, le résultat s'exprime en quantité d'acide lactique par litre de lait.

### **I-5-3 Test bain d'huile**

Le test consiste à évaluer la durée nécessaire pour que le lait coagule à haute température. Des tubes contenant le lait à tester sont placés dans un bain d'huile thermostaté à une température de 140°C. La coagulation est détectée visuellement, (Odet et *al.*, 1985).

### **I-5-4 Test Ramsdell**

Le test de Ramsdell est une méthode d'évaluation de la capacité d'un lait à résister à un traitement thermique sans se déstabiliser. Cette évaluation est réalisée en ajoutant une solution de phosphate mono-potassique au lait, qui est capable de provoquer une déstabilisation. Ce test est souvent utilisé en fabrication de lait concentré pour évaluer la stabilité du lait au traitement thermique en fonction de son équilibre minéral, (Odet et *al.*, 1984).

### **I-5-5 Test de turbidité**

La méthode utilisée repose sur le test d'Aschaffenburg qui permet de détecter la présence de protéines du sérum non dénaturées dans du lait stérilisé. Ce test consiste en l'examen visuel, après 5 minutes d'ébullition, d'un filtrat obtenu à partir d'un échantillon de lait auquel une quantité spécifique de sulfate d'ammonium. (Guiraud, 1998).

## **I -6 Effet saisonnier sur la composition du lait**

La saison a une forte influence sur les propriétés nutritionnelles du lait de vache, qui sont étroitement liées à l'alimentation des vaches durant cette période. Les laits sont généralement niveaux de protéines et de matières grasses dans les plus bas en juin et juillet, et atteignent leur niveau le plus élevé en février et en octobre (Thomas, 2008).

D'après Bousselmi et *al.*, (2010), la saison a une grande influence sur les changements en quantité et en qualité du lait, la teneur en matière grasse et en protéines peut varier jusqu'à 64% et 61% respectivement en fonction de la saison. Ces variations peuvent être dues à plusieurs facteurs, tels que la composition de l'alimentation des animaux, leur activité physique, leur état de santé, ainsi que les conditions environnementales telles que la température

et l'humidité. Il est donc important de prendre en compte la saisonnalité lors de la collecte et de l'analyse du lait pour assurer une production de qualité constante tout au long de l'année.

Plusieurs études, notamment celles menées par Coulon et *al.*, (1991) et Bousselmi et *al.*, (2010) ainsi que Legarto et *al.*, (2014.) ont montré que la qualité et la quantité du lait varient en fonction de la saison. Ces études ont démontré que la photopériode, c'est-à-dire la durée d'exposition à la lumière du jour, exerce une influence sur la production laitière. La variation de la quantité de lait produite en fonction de la saison est liée à l'augmentation de la quantité de nourriture ingérée lorsque la durée de la lumière du jour est plus longue (environ 15 à 16 heures par jour). En revanche, la variation de la qualité du lait due à ce facteur est liée à une augmentation de la sécrétion de prolactine au cours de la journée. En été, la prolactine est plus élevée qu'en hiver, ce qui entraîne une dilution des matières utiles telles que les protéines et la matière grasse dans le lait.

La saison de vêlage a également une incidence sur la quantité et la qualité du lait produit. Des études ont montré que les vaches qui vêlent en hiver et au printemps ont des performances de production laitière plus élevées, en termes de quantité de lait produite, que celles qui vêlent en été. Cette différence est observée pendant les trois premiers mois de lactation. (Louadi, 2011). Selon une étude menée par Coulon et *al.*, (1991), la ration alimentaire ingérée par une vache laitière doit contenir suffisamment d'énergie (UFL), de protéines (PDI), de minéraux (majeurs et oligo-éléments), de vitamines et d'eau. L'alimentation est le facteur externe le plus important qui influence la qualité et la quantité du lait produit. L'éleveur peut agir facilement sur ce facteur par rapport aux autres. L'alimentation a un impact plus important sur la teneur en matière grasse (environ 5 à 7% du lait) que sur la teneur en protéines (environ 1 à 2%), comme l'a souligné Lauriane (2015).

### **I-7 Evolution de l'industrie laitière en Algérie**

En Algérie, la production de lait ne suffit pas à assurer l'autosuffisance, en raison notamment de l'absence quasi-totale d'une politique laitière pendant les différents plans de développement et du prix peu attractif payé par les offices laitiers aux producteurs de lait cru. Les producteurs ont donc tendance à se désintéresser de l'activité laitière, qui est moins rentable que d'autres activités telles que l'engraissement de viande ou la production de cultures végétales comme l'arboriculture ou le maraîchage. Des études menées sur des exploitations laitières ont montré que les revenus tirés de cette activité étaient faibles en comparaison avec d'autres activités. Selon Lazereg et *al.*, (2020), la production et la collecte de lait en Algérie semblent avoir connu

deux périodes distinctes entre 2009 et 2017. Avant 2015, la production de lait était en croissance continue grâce à l'impulsion des opérateurs privés et au soutien de l'État. Cependant, la récession observée en 2015 peut être expliquée par deux phénomènes distincts mais complémentaires.

- ✓ D'un côté, les coûts de productions élevés au niveau des élevages exacerbés par la sécheresse qui a connu le pays entraînent un délaissement de l'activité.
- ✓ De l'autre côté, la fin des quotas laitiers en Europe a engendré une baisse brutale des prix sur le marché mondial de la poudre.
- ✓ Au niveau de la transformation, cette baisse de prix privilégie la poudre au détriment du lait local, ce qui incite les laiteries à s'approvisionner sur le marché.

## II - Poudre de lait

### II-1 Définition

Lait en poudre ou lait déshydraté ou lait sec, le produit solide obtenu directement par l'élimination de l'eau du lait tel que défini dans l'arrêté interministériel du 18 août 1993.

Le lait en poudre se présente sous l'aspect d'une poudre de couleur blanche ou légèrement crème homogène ne contenant pas d'impuretés de grumeaux n'est de parcelle colorée, il est franc d'odeur et de saveur. (J.O.R.A. 1993).

Les poudres de lait sont définies produit laitiers qui peuvent être obtenus par l'enlèvement partiel de l'eau du lait (Veisseyre, 1979).

### II-2 Types de lait en poudre

#### II-2-1 Selon la teneur en matière grasse

Il existe deux types de poudre de lait commercialisés : la poudre de lait écrémé et la poudre de lait entier tel que représenté sur le tableau III. La dénomination de "lait entier" correspond à un lait dont la teneur en matière grasse est d'au moins 26%, alors que le "lait écrémé" est un lait dont la teneur en matière grasse ne doit pas dépasser 1,5%. Cette classification a été établie par Amiot et Britten, (2002) et Singh, (2007).

**Tableau III :** principe composant de la poudre de lait. (Singh, 2007)

Produit	Poudre de lait entier (%)	Poudre de lait écrémé (%)
Matière grasse	26.8	0.8
Protéines	25	34
Lactose	39.1	53.5
Minéraux	5.8	7.9
Humidité	3.3	3.8

#### II-2-2 Selon le traitement thermique

En général, les poudres de lait commercialisées sont classées en trois types en fonction de l'intensité du traitement de déshydratation et du degré de dénaturation des protéines qui en découle. Ce degré de dénaturation est exprimé par l'Indice d'Azote Protéique (IAP), mesuré en milligrammes de protéines sériques non dénaturées par gramme de poudre. (Castro-Morel et al., 2003) sont illustré sur le tableau IV récapitulatif des différents types de poudres de lait et de leur IAP correspondant.



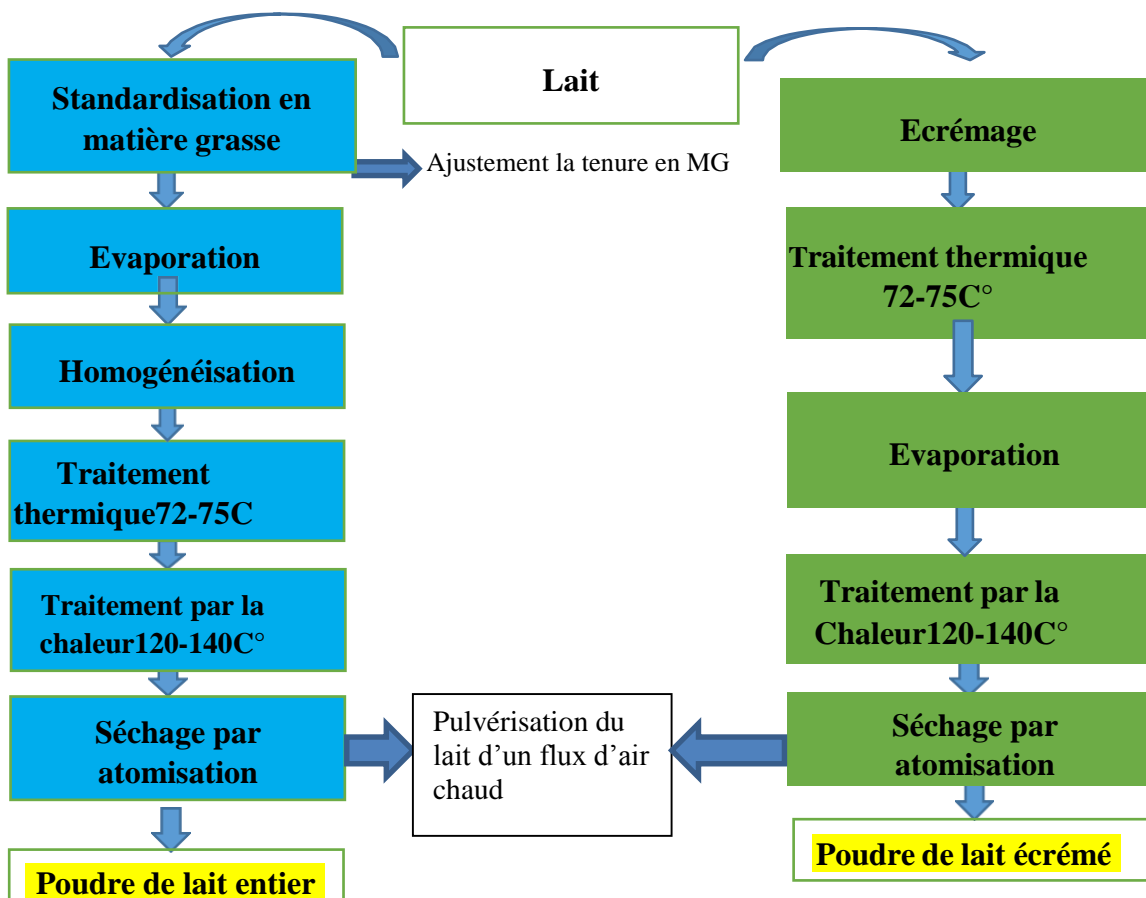
**Tableau IV** : classification des poudres de lait écrémé selon le traitement thermique (Mahaut et al., 2000).

Poudre	Basse température (low Heat)	Moyenne température (Medium heat)	Haute température (High Heat)
WPN-Indice (mg/g)	$\geq 6$	1.51-5.99	$\leq 1.5$

## II-3 - Procédés de fabrication de la poudre de lait

### II-3-1 Diagramme de fabrication

La production de poudre de lait est un processus de transformation du lait en une forme sèche et soluble qui peut être conservée pendant une longue période sans réfrigération. Ce processus implique l'élimination de l'eau pour obtenir une poudre sèche, ainsi que la stabilisation des protéines et des graisses pour maintenir la qualité du produit. La Figure 5 illustre les différentes étapes impliquées dans la fabrication d'une poudre de lait, depuis la réception et la préparation du lait brut jusqu'à la dernière étape de conditionnement de la poudre de lait.



**Figure 5** : technique de production de lait en poudre (Luquet, 1990).

### **II-3-2 Opérations technologiques permettant l'obtention de poudres laitières**

La production de poudre de lait est le résultat d'un processus de transformation du lait en une forme sèche et soluble qui peut être conservée pendant une longue période sans nécessiter de réfrigération. Ce processus implique principalement l'élimination de l'eau et la stabilisation des protéines et des graisses pour assurer la qualité et la durée de conservation de la poudre obtenue. (Mafart, 1996).

#### **a-Traitement thermique**

Le processus de fabrication de la poudre de lait commence généralement par l'écémage du lait, qui n'est pas considéré comme un traitement thermique à proprement parler, mais peut impliquer des températures atteignant 40 à 60°C pendant quelques secondes. Par la suite, différents traitements thermiques tels que la stérilisation, la pasteurisation à basse température (LTLT), la pasteurisation à haute température (HTST) et la pasteurisation flash peuvent être utilisés pour réduire la charge microbienne ou modifier les caractéristiques structurales des protéines du lait. Des études ont été menées par Kneifel et *al.*, (1990) et Leveau et *al.*, (2001) pour explorer les effets de ces traitements thermiques sur le lait.

#### **b-Filtration sur membrane ou concentration différentielle**

La filtration sur membrane est un processus efficace pour améliorer la qualité sanitaire d'un produit sans altérer ses caractéristiques organoleptiques, et est particulièrement utile dans le traitement des fluides biologiques, tels que le lait. Ce processus permet une sélection sélective des composants d'un liquide à travers une membrane, en fonction de la nature de la force de séparation et de la taille ou la nature des espèces à séparer. Le liquide est ainsi séparé en deux fractions distinctes : un retentât qui ne peut pas traverser la membrane et un perméat qui peut la traverser. L'utilisation de la filtration sur membrane offre plusieurs avantages pour les consommateurs et les industries agroalimentaires, tels qu'une meilleure qualité sanitaire, une augmentation de la production et une diversification des produits laitiers utilisables. Les différents types de filtrations sur membrane incluent la microfiltration, l'ultrafiltration, la nano-filtration et l'osmose inverse, comme décrit par Saboya et Maubois, (2000).

#### **c-Concentration par évaporation sous vide**

La concentration par évaporation sous vide (ESV) est un procédé qui consiste à éliminer l'eau d'un produit en ébullition à une température inférieure à 70°C. Ce procédé est couramment utilisé pour augmenter la teneur en extrait sec du produit avant la déshydratation ou la cristallisation, ce qui peut être économiquement avantageux. L'ESV permet une réduction de la consommation d'énergie car il est moins coûteux énergétiquement que le séchage, il est souvent

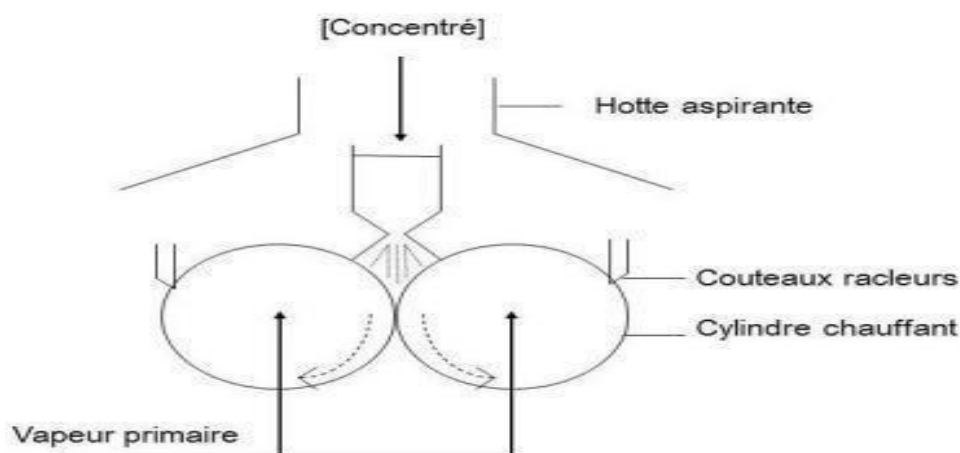
utilisé pour concentrer les produits avant le processus de séchage. Des études menées par Mafart,(1996) et Mahaut et *al*,(2000) ont montré l'efficacité de l'ESV dans la concentration des produits alimentaires.

### d- Séchage

Le séchage consiste à faire passer l'eau de l'état liquide dans le produit à l'état vapeur hors du produit.

#### d-1 Séchage sur cylindre

Le séchage sur cylindres est une méthode de déshydratation qui utilise deux cylindres tournants chauffés par la vapeur d'eau. Le produit à sécher est placé entre les cylindres, qui tournent en sens inverse, comme illustré sur la Figure 6. Cette rotation permet la formation d'une pellicule sèche à la surface des cylindres, qui est ensuite enlevée à l'aide d'un racleur. Le processus de séchage sur cylindres est une technique efficace pour la production de poudre de lait, comme l'ont montré les études menées par Mafart,(1996).

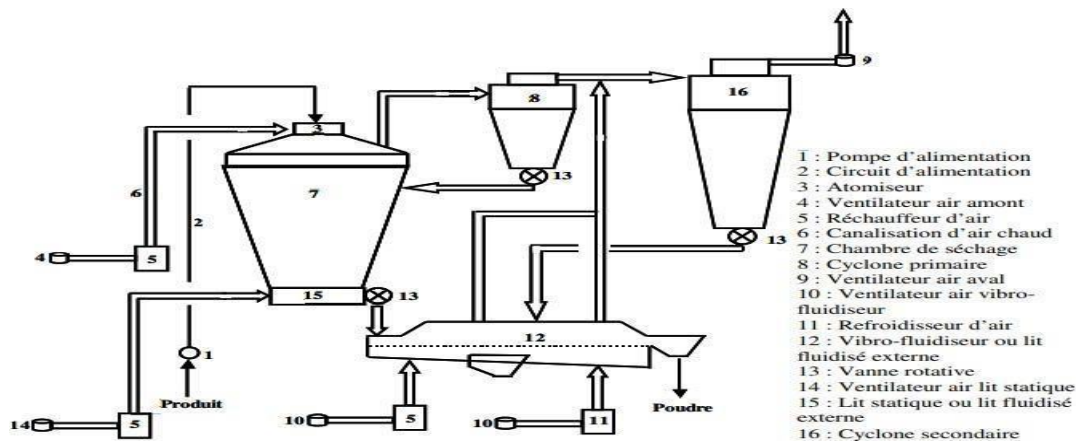


**Figure 6** : schéma du principe de séchage sur cylindre (Mafart ,1996)

#### d-2 Séchage par pulvérisation

Le séchage par pulvérisation est une technique de séchage particulière qui implique la pulvérisation du produit à sécher dans un courant chaud pour obtenir une déshydratation rapide, comme illustré sur la Figure 7. Dans l'industrie laitière, le séchage sur cylindres a été remplacé par le séchage par atomisation, car cette technique de déshydratation est rapide et nécessite des températures relativement faibles (temps de séjour : 2 à 20 secondes, température (120 à 130 C°). Des études menées par Mahaut et *al*, (2000) ont montré que le séchage par atomisation est

une méthode de séchage efficace pour la production de poudre de lait.



**Figure 7 :** Principe de fonctionnement d'une tour d'atomisation « trois temps » d'après Schuck (1999)

## II-4 Différence entre les deux procédés de fabrication de la poudre de lait

Par la méthode des cylindres, la poudre obtenue a une consistance en paillette, une couleur un peu jaune, le lactose est à l'état cristallin et la caramélisation et la réaction de Maillard y sont poussées. Par la méthode spray est une poudre moins jaune que la poudre obtenue par le séchage sur cylindres et le lactose amorphe.

## II-5 Stabilité des produits laitiers déshydratés : poudres de lait

Lors de l'évaporation du lait, la viscosité du concentré augmente rapidement à des taux d'extrait sec autour de 50%, ce qui limite le processus d'évaporation. De plus, la teneur en lactose dans le concentré est souvent insuffisante (environ 25%) pour permettre sa cristallisation avant le processus de séchage. En conséquence, un concentré de lait contenant du lactose amorphe, hautement hygroscopique, est généralement envoyé dans la tour de séchage. Le processus de séchage est très rapide, éliminant rapidement l'eau libre en quelques dizaines de secondes, ce qui empêche la cristallisation du lactose. Ainsi, le lactose reste à l'état amorphe dans la poudre de lait, comme décrit par Thomas et al, (2008).

## II-6 Caractéristique physico-chimique du lait en poudre

Les importants paramètres de qualité pour le lait en poudre sont :

### II-6-1 Fluidité

La fluidité de la poudre de lait est un critère essentiel pour le transport, l'emballage et la manipulation de ce produit. Mesurer la coulabilité de la poudre de lait est une tâche particulièrement difficile. Pour effectuer ces mesures, il est possible d'utiliser l'un des nombreux instruments d'analyse disponibles sur le marché, comme décrit par Azza et al, (2010).

### II-6-2 Mouillabilité

Pour préparer une poudre à reconstituer, il est nécessaire qu'elle se dissolve facilement dans l'eau. Cependant, la poudre doit d'abord surmonter la tension superficielle entre elle-même et l'eau. Pour mesurer la mouillabilité d'une poudre, une méthode courante consiste à placer une quantité précise de poudre sur la surface d'un volume d'eau connu, à une température fixe, et à mesurer le temps nécessaire pour que l'ensemble de la poudre disparaisse sous la surface de l'eau. Cette méthode est souvent utilisée pour évaluer la qualité des poudres de lait, comme décrit par Azza et *al*, (2010).

### II-6-3 Solubilité

La solubilité est une caractéristique essentielle pour les poudres de lait, car elle représente la capacité de la substance à se dissoudre efficacement dans un solvant. Si la poudre n'est pas suffisamment soluble, elle ne peut pas fournir les attributs souhaités de manière efficace. De plus, si la poudre n'est pas complètement dissoute, cela peut entraîner des problèmes lors du traitement, tels que l'obstruction des filtres et la perte de matière due à la sédimentation. Il est également nécessaire de s'assurer que les matières non dissoutes sont éliminées correctement. Ces aspects ont été soulignés par Azza et *al*,(2010).

### II-6-4 Viscosité

La poudre de lait est fréquemment utilisée pour ajuster la viscosité de divers produits dans une gamme d'applications. Le contrôle de la viscosité est particulièrement important dans les produits secs, tels que le lait reconstitué condensé sucré. Pour mesurer la viscosité du lait reconstitué à partir de poudre de lait, une méthode adaptée à l'application spécifique doit être utilisée. Cependant, une méthode simple consiste à mesurer la résistance du produit à une température spécifiée, ce qui peut servir de point de départ pour de nombreuses applications, comme décrit par Kajel et *al*, (2012).

### II-6-5 Teneur en eau « Humidité »

L'aspect extensif de l'hydratation des produits alimentaires est donné par la teneur en eau ou humidité, généralement exprimée en gramme d'eau pour 100 grammes de matières sèches. Elle correspond à la quantité de vapeur que contient un corps (Thiounea, 2002).

La mesure d'humidité est un critère très intéressant, pour apprécier l'aptitude d'un produit au stockage, en particulier pour les aliments à humidité intermédiaire « <4% » (Thiounea,2002).

### III – Traitement des eaux

#### III-1 L'eau dans l'industrie alimentaire

La qualité de l'eau est un facteur important dans les industries de reconstitution du lait, car elle est utilisée non seulement dans le processus technologique et le nettoyage, mais elle entre également en grande partie dans la composition du produit. Sur le plan microbiologique, l'eau utilisée ne doit contenir aucun germe pathogène. Elle doit être potable et répondre aux normes de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) en termes de qualité physico-chimique. Elle ne doit pas contenir de pesticides, de nitrates et sa dureté totale doit être comprise entre 0 et 15°f, avec un pH proche de la neutralité. Ces critères sont essentiels pour garantir la qualité et la sécurité du produit final. (Gosta.1995).

#### III-2 Différente étape de traitement des eaux

L'eau utilisée par l'organisme **Tchin lait** provient de l'EDEMIA sous forme de l'eau brute, cette dernière passe par plusieurs traitements afin d'obtenir une eau utile.

##### a) Filtres à charbon actif

Le charbon actif réduit le chlore résiduel et retient par adsorption des particules solides et des molécules organiques de faible masse moléculaire (pesticides notamment) qui donnent à l'eau des odeurs et des saveurs désagréables.

**b) Filtres à résine échangeuse d'ions** : ces filtres sont essentiellement destinés à retenir les ions nitrate et les ions métalliques. Le procédé de traitement utilisé est l'échange d'ions. Dans le cas de la dénitrification, les ions qui se substituent au nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) dans l'eau traitée sont les ions chlorures ( $\text{Cl}^-$ ). (malvoisin, 2004).

##### c) Adoucissement

Les adoucisseurs sont destinés à réduire les possibilités de formation du calcaire de l'eau dont les effets sont bien connus de tous ceux qui effectuent des tâches ménagères : dépôts blanchâtres. Ces appareils sont également appelés conditionneurs ou affineurs. C'est un procédé de traitement destiné à diminuer la dureté de l'eau par échange d'ions. L'eau dure passe par un lit de résine cationique, préalablement chargée d'ions sodium ( $\text{Na}^+$ ), qui échange les ions calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) et magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ), responsable de la dureté de l'eau, par des ions sodium ( $\text{Na}^+$ ). (Hadfi, 2012).

##### d) Osmoseurs

Ces appareils permettent d'obtenir une eau presque totalement déminéralisée et faiblement chargée en matières organiques. L'osmose inverse est un procédé de séparation par membrane, l'eau semi-perméable, dont la structure particulière ne laisse passer ni les microorganismes, ni

les molécules organiques, ni les sels minéraux. La charge minérale peut ainsi être réduite de 90%. Lorsque deux solutions de concentration différentes sont séparées par une membrane semi perméable (diamètre des pores < 50 nm), l'eau passe de la solution la moins concentrée vers la solution la plus concentrée. (Hodiaumont, 2004).

### **e) Système de désinfection par rayonnement ultraviolet**

Ces systèmes permettent d'éliminer les organismes vivants, bactéries, virus. Ces appareils sont recommandés pour une désinfection supplémentaire. L'un des principaux avantages de ce procédé est l'absence d'ajout de réactif. Les systèmes de traitement aux rayons UV ne sont pas censés à eux seuls traiter une eau qui apparaît contaminée en une eau potable sûre. (Hodiaumont, 2004).

### **III-3 Caractéristique organoleptique**

#### **a) Couleur**

La coloration de l'eau est causée par la présence de substances dissoutes et/ou en suspension, qui sont généralement d'origine naturelle telle que végétales, minérales ou organiques. La couleur de l'eau peut varier naturellement d'un jaune pâle à un brun rougeâtre en fonction de la nature et de la concentration des matières colorantes présentes dans l'eau. Cette variation de couleur est une caractéristique normale des eaux naturelles et peut être influencée par divers facteurs tels que les conditions environnementales, (Tardart, 1994).

#### **b) Odeur**

L'odeur de l'eau est la perception des sensations olfactives par l'organe olfactif lorsqu'il est exposé à certaines substances volatiles présentes dans l'eau. La présence de ces substances dans l'eau peut être un indicateur de pollution ou de la présence de matières organiques en décomposition telles que des alcools, du dioxyde de soufre et du chlore. Ces odeurs peuvent être désagréables et indiquer un problème de qualité de l'eau, qui peut nécessiter une investigation et un traitement approprié pour garantir la sécurité de l'eau potable (Tardart, 1994).

#### **c) Goût et Saveur**

Le goût est l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune perçue par la bouche lors de la consommation d'aliments et de boissons. Les saveurs perçues sont généralement classées en quatre catégories : acide, amère, sucrée et salée. En plus de ces saveurs, il est possible de sentir d'autres goûts tels que le goût métallique, le goût chloré, le goût terreux, etc... (Tardart, 1994).

# *Partie Pratique*





*Matériels et  
Méthodes*

## I- Matériel et Méthodes

### I-1 Matériels utilisés

#### ➤ Matières premières

On a pour matière première l'eau de procès et la poudre de lait (0% de MG et 26% de MG).

### I-2 Mode de prélèvement et d'échantillonnage

Après chaque arrivage de la poudre de lait l'unit tchn-lait /candia fait la reparte on plusieurs lots chaque un lot contient des dizaines de sace, chaque un sac représente un échantillon le prélèvement se fait à l'aide dans spatule m métallique stérile en puisant ou fonde de sace.

### I-3 Matières premières

#### I-3-1 Poudre de lait (0% et 26% MG)

L'unité Tchín-Lait ramène la poudre de lait dans des palettes, chaque palette possède 25 sacs de 25 kg de la poudre de lait soit à 26% ou 0% de MG. Le prélèvement se fait à l'aide d'une spatule métallique stérile en puisant au fond des sacs.

#### I-3-2 Eau de procès

Le prélèvement de l'eau de procès s'effectue au niveau de la station des eaux de l'unité dans des flacons de 250 ml préalablement stérilisés et étiquetés. La technique consiste à :

- ❖ Ouvrir le robinet et laisser l'eau s'écoule pendant 1 à 2 minutes afin d'éviter toutes éventuelles contaminations.
- ❖ Remplir le flacon stérile

**I-4 Préparation de l'échantillon**

Pour reconstituer 250 ml de lait, on utilise un bêcher placé sur une plaque d'agitation magnétique. La préparation consiste à dissoudre 25 g de poudre de lait (26% ou 0% de matière grasse) dans 230 ml d'eau procès. Une fois que la dissolution est complète, on transvase le mélange dans une fiole jaugée et on ajuste le volume à 250 ml pour obtenir une reconstitution de 10%. En d'autres termes, cette préparation permet de reproduire les caractéristiques du lait en utilisant de la poudre de lait et de l'eau, afin d'obtenir une solution de lait avec une teneur en matière grasse de 26% ou 0%, selon le type de poudre de lait utilisé.

**I-5 Analyses physico-chimiques**

Le tableau V résume l'ensemble d'analyses physico-chimiques effectuées sur les matières premières.

**Tableau V :** les analyses effectuées pour les différents échantillons (poudre de lait et l'eau de procès)

<b>Matières première</b>	<b>Poudre de lait</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ pH</li> <li>✓ acidité (D°)</li> <li>✓ MG (%)</li> <li>✓ Humidité (%)</li> <li>✓ Test de Ramsdell</li> <li>✓ Test bain d'huile</li> <li>✓ Test turbidité</li> <li>✓ Test filtration</li> <li>✓ Gout –odeur –couleur</li> </ul>
	<b>Eau de procès</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ pH</li> <li>✓ titre hydrotimétrique (TH)</li> <li>✓ titre alcalimétrique simple (TA)</li> <li>✓ titre alcalimétrique complexe (TAC)</li> <li>✓ chlorures</li> <li>✓ conductivité</li> <li>✓ Gout - odeur –couleur</li> </ul>

## I-5-1 Détermination du pH

### ❖ Définition

La mesure du potentiel hydrogène (pH) est la concentration en ion hydrogène (H<sup>+</sup>) d'une solution ionisée (Rodier et *al.*, 2005)

### ▪ Principe

La mesure du pH se fait par un pH-mètre muni d'une électrode en verre. Elle est basée sur une réaction mettant en jeu les ions H<sup>+</sup> libres d'une solution.

### ▪ Protocole

- ✓ Étalonner le pH mètre avec deux solutions tampons, l'une à pH=7 et l'autre à pH = 4.
- ✓ Préparation de l'échantillon à analyser et ramené à une température avoisinante 20°C pour les laits.
- ✓ Rincer la sonde de pH-mètre avec de l'eau distillée et sécher là avec du papier absorbant.
- ✓ Plonger la sonde de température et l'électrode dans le bécher contenant l'échantillon.

### ➤ Expression des résultats

**La valeur du pH de la solution analysée est directement lue sur le cadran du pH-mètre et exprimé par 10<sup>-2</sup>**

## I-5-2 Détermination de l'acidité titrable

### ❖ Définition

La mesure de l'acidité titrable du lait est la quantité de l'acide lactique contenue dans un litre de lait. Elle exprime en degré Dornic (un degré Dornic est équivalent à une teneur de 0,1 g d'acide lactique par litre de lait) (Luque, 1985).

### ▪ Principe

Titration de l'acidité par une solution alcaline, jusqu'à atteindre le pH égal à 8,30. (AFNOR, 1980).

### ▪ Protocole

Dans un bécher, introduit 10ml de lait reconstitué à 10 %.

- ✓ Ajouter quatre gouttes de Phénophtaléine.
- ✓ Titrer par la solution l'hydroxyde de sodium (0.111N) jusqu'au début de virage au Rose.
- ✓ Le volume de NaOH utilisé pour la titration et lorsque le pH atteint le 8,30.

## ➤ Expression des résultats

L'acidité est exprimée en degré Doronic (°D), elle est donnée par formule suivante

$$\text{Acidité} = V \times 10 \times FC$$

Où :

**V** : Volume de la soude Doronic ou la chute de la burette.

**Fc** : Facteur de correction (Fc = 1,015).

## I-5-3 Taux de matière grasse (méthode acido-butyrométrique ou Méthode GERBER)

### ❖ Définition

La méthode acido-butyrométrique (méthode GERBER) : est une technique de détermination de la matière grasse par centrifugation.

### ▪ Principe

Dissolution des composants constituant les poudres par l'acide sulfurique, sauf la matière grasse, cette dernière se sépare sous l'influence de la force centrifuge, après adjonction d'une petite quantité d'alcool iso amylique. Le butyromètre est gradué d'une manière à donner par lecture directe le taux de matière grasse selon, AFNOR (1985)

### ▪ Protocole

- ✓ Verser dans un butyromètre à poudre 10ml d'acide sulfurique à 91% ;
- ✓ Ajouter 10ml d'eau distillée ;
- ✓ A l'aide d'un entonnoir, verser 2,5g de poudre de lait dans le butyromètre ;
- ✓ Verser 1ml d'alcool iso-amylique ;
- ✓ Homogénéiser, puis le mettre au bain-marie à 65°C /5minutes ;
- ✓ Centrifuger pendant 5 minutes ;
- ✓ Le résultat est lu directement sur le butyromètre.

## ➤ Expression des résultats

- ✓ Après centrifugation, on fait la lecture directement sur le butyromètre.

$$\text{MG (g/l)} = (B - A) * 100$$

Où :

**A** : la valeur correspondant au niveau inférieur de la colonne grasse

**B** : la valeur correspondant au niveau supérieur de la colonne grasse

**I-5-4 Détermination du taux d'humidité****❖ Définition**

L'humidité est la teneur en eau des poudres, elle est exprimée en pourcentage massique

**✚ Principe**

Peser et évaporer l'échantillon au moyen d'un dessiccateur à infrarouge muni d'une balance de précision (Mahaut *et al.*, 2000)

**▪ Protocole**

- ✓ Placer une coupelle dans le dessiccateur et tarer
- ✓ Introduire 5g de poudre de lait dans cette coupelle
- ✓ Etaler la poudre le long de la surface de la coupelle jusqu'à l'obtention d'une surface plane et homogène.

**➤ Expression des résultats**

Le taux d'humidité s'exprime par la formule suivante

$$\text{Humidité (\%)} = 100 - X$$

Où : **X** : pourcentage affiché par l'appareil à la fin du séchage

**I-6-Test de stabilité****I-6-1 Test de Ramsdell.****❖ Définition**

C'est l'évaluation de l'aptitude d'un lait à subir un traitement thermique, sans déstabilisation par ajout d'une solution de phosphate mono potassique capable de provoquer la coagulation. Ce test a été créé initialement pour tester la stabilité à la chaleur des laits et poudres des laits. Il sert à définir la destination des laits et poudres de lait selon le résultat obtenu. Ce test dû à Ramsdell utilisé notamment en fabrication de lait concentré, permet d'apprécier la stabilité du lait au traitement thermique, en fonction de son équilibre minéral selon Oukil *et al.*,(2017)

**✚ Principe**

Est Basé sur la déstabilisation des protéines du lait par action simultanée de phosphate mono potassique et de la température (100°C). Le lait est surchargé en ions phosphates et porté au Bain-marie bouillant pendant 5 minutes. La surcharge entraîne la coagulation. Plus la quantité de phosphate nécessaire pour provoquer celle-ci est élevée, plus le lait est stable et inversement. (Odet *et al.*, 1985).

- ✓ A chacun des tubes en ajoutant des volumes croissants de la solution  $\text{KH}_2\text{PO}_4$   
De 1.2 ml de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  jusqu'à 1.5
- ✓ Homogénéiser le mélange par retournement et placer au bain – marie bouillant pendant 5 minutes
- ✓ Mettre les tubes sous un flux d'eau froide

➤ **Expression des résultats**

- **Si le lait coagule dans les tubes, le test est positif donc le lait n'est pas stable.**
- **S'il y'a pas de coagulation dans les tubes, le test est négatif donc le lait est stable.**

### Mesure de pH de lait reconstitué après test Ramsdell

▪ **Protocole**

- ✓ On refroidie les tubes a 20 C°
- ✓ Verser les tubes contenant le lait dans des boites pétri
- ✓ Mesurer le pH à l'aide d'un pH –mètre

➤ **Expression des résultats**

**On aura une diminution de pH, inversement proportionnel aux volumes de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$**

### I-6-2 Test de bain d'huile

❖ **Définition**

**Bain d'huile** : Bain-marie contenant une huile, thermostaté à 140°C.

**Stabilité thermique** : Aptitude du lait reconstitué à supporter un traitement thermique de 140°C pendant un certain temps, sans coagulation selon Odet et *al.*,(1985)

✚ **Principe**

Le test consiste à mesurer le temps de chauffage à haute température, nécessaire à la coagulation du lait. Les tubes contenant le lait à tester sont chauffés dans un bain d'huile thermostaté à 140°C. La coagulation est constatée visuellement. (Odet *et al.*, 1985).

### ▪ Protocole

- ✓ Préparer 5 tubes à essai.
- ✓ Introduire dans chacun, 4ml du lait reconstitué à 10%,
- ✓ Bouchonner les tubes et les laisser dans un portoir
- ✓ Placer le portoir dans un bain d'huile thermo-staté à 140C°
- ✓ Agiter les tubes pendant toute la durée de chauffage.
- ✓ Faire des observations à intervalle de 5 minutes

### ➤ Expression des résultats

**La stabilité à la chaleur de la poudre de lait, mesurée par la méthode de bain d'huile, s'exprime en temps minimum de chauffage nécessaire à la coagulation du lait.**

### Mesure les pH de lait reconstitué après test bain d'huile

### ▪ Protocole

- ✓ On refroidie les tubes a 20 C°
- ✓ Verser les tubes contenant le lait dans des boites petri
- ✓ Mesurer le pH à l'aide d'un pH -mètre

### ➤ Expression des résultats

**On aura une diminution de pH, par rapport au temps de coagulation**

### I-6-3 Test de turbidité

#### ✚ Principe

Il s'agit d'une méthode physico-chimique permettant de déterminer si un lait a été chauffé au-dessus de 100°C. Elle est basée sur la mise en évidence de la coagulation des lactoglobulines du sérum sur les laits non chauffés à cette température. Elle consiste à ajouter 4 g de sulfates d'ammonium dans 20 ml de lait reconstitué. Après filtration, 5 ml de sérum recueilli sont chauffés pendant 5 minutes au bain marie à 100°C. Lorsque le sérum reste limpide, le lait dont il provient a été chauffé au-dessus de 100°C, il se trouble dans le cas contraire. (Odet *et al.*, 1985).

### ▪ Protocole

- ✓ Prendre un échantillon de 20ml du lait reconstitué dans un bécher de 100ml,
- ✓ Ajouter 4g de sulfate d'ammonium à l'échantillon.
- ✓ Agiter l'échantillon jusqu'à coagulation du lait et filtrer L'échantillon du lait coagulé avec du papier filtre de 150mm. Recueillir le filtrat (sérum) dans Un tube à essai.



- ✓ Prendre 5ml de ce dernier dans un tube à essai et le porter à ébullition pendant 5min.

### ➤ Expression des résultats

- **Trouble (turbidité positive) la poudre à subi un traitement thermique**
- **Le sérum reste limpide (turbidité négative) la poudre n'a pas subi de traitement thermique**

### I-7 Test de filtration

Pour garantir la qualité hygiénique de la poudre de lait, il est courant de filtrer la poudre reconstituée à travers un filtre spécifique. Ce filtre permet de retenir toutes les impuretés présentes dans la poudre de lait reconstituée, assurant ainsi la qualité et la sécurité de la poudre. Après filtration, la poudre de lait reconstituée est évaluée selon différents critères de qualité, tels que la teneur en matière grasse, la teneur en eau, la teneur en protéines, etc. Ces critères permettent de déterminer la qualité globale de la poudre de lait reconstituée, et de garantir sa conformité aux normes et réglementations en vigueur. Cette méthode de filtration est largement utilisée dans l'industrie laitière pour garantir la qualité et la sécurité des produits laitiers, notamment de la poudre de lait.

**A** : bonne qualité qui signifie aucune impureté ;

**B** : qualité medium, présence de quelques traces d'impureté ;

**C** : qualité médiocre, la poudre est donc de mauvaise qualité.

### I-8 Paramètres sensoriels

#### I-8-1 Aspect et couleur

Pour les poudres de lait (0%MG et 26%), la couleur doit être normale et blanchâtre. Les deux poudres doivent être exemptes d'agglomérats et de matière grasse étrangère. Cette analyse est effectuée visuellement, en examinant les caractéristiques physiques des poudres de lait. La présence d'agglomérats ou de matière grasse étrangère peut indiquer une altération de la qualité de la poudre de lait.

## I-8-2 Gout et odeur

L'évaluation passe par un examen olfactif et gustatif. Cette méthode implique l'échantillonnage et l'évaluation de la saveur. Lorsqu'il s'agit d'une quantité d'échantillon, il est important que le gout et l'odeur du produit soient à la fois typique et distinctifs caractérisé par des normes supérieures, marquée par l'excellence de la qualité

## I-9 Analyse des eaux

La qualité de l'eau joue un rôle crucial, car elle est utilisée à la fois pour le processus technologique et le nettoyage, et elle constitue une grande partie de la composition du produit final. Il est donc essentiel de garantir que l'eau utilisée pour la reconstitution du lait est de qualité supérieure. Sur le plan microbiologique, l'eau de reconstitution ne doit contenir aucun germe pathogène pour garantir la sécurité du produit. En outre, l'eau doit être potable et répondre aux normes établies par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) en termes de qualité physico-chimique. Cela signifie que l'eau de reconstitution ne doit pas contenir de pesticides ni de nitrates, et sa dureté totale doit être comprise entre 0 et 15°f, avec un pH proche de la neutralité. Cette méthode est couramment utilisée dans l'industrie laitière pour garantir la qualité et la sécurité des produits laitiers, et pour s'assurer que les produits répondent aux normes de qualité établies. (Gosta.1995).

### I-9-1 Potentiel d'hydrogène (pH)

#### Principe

Le pH (potentiel d'hydrogène) est un coefficient qui permet de caractériser l'acidité ou la basicité d'une solution, y compris l'eau utilisée dans l'industrie laitière. Ce coefficient est déterminé à l'aide d'un pH-mètre, qui utilise une méthode potentiométrique ou électrométrique pour mesurer la différence de potentiel entre deux électrodes. (Audgie *et al.*, 2002).

#### ▪ Protocole

- ✓ Après avoir étalonné le pH-mètre avec les solutions tampons (pH 4 et pH 7),
- ✓ Un volume D'eau à 25°C est versé dans un bêcher, dans lequel l'électrode du pH-mètre est introduite.
- ✓ La Valeur du pH de la solution est affichée sur l'écran de ce dernier

**I-9-2 Détermination du titre hydrotimétrique (TH) ou dureté totale**

Le TH est exprimé en degré français (°f) correspondant à 10mg/l de CaCO<sub>3</sub> soit encore 10-4 D'ions Ca<sup>+2</sup> ou Mg<sup>+2</sup> par litre.

**▪ Principe**

La détermination du TH est basée sur un titrage par complexometrie du calcium et du magnésium avec une solution aqueuse de sel disodique d'acide Ethylène Diamine Tétra Acétique à pH 10. Le mordant noir 11 qui donne une couleur rouge foncé ou violette en présence des ions de calcium et magnésium, est utilisé comme indicateur coloré.

Lors du titrage, l'EDTA réagit tout d'abord avec les ions Ca<sup>2+</sup> et Mg<sup>2+</sup> combinés avec l'indicateur, ce qui libère l'indicateur et provoque un changement de couleur du rouge foncé ou violet au bleu (Rodier et *al.*, 2005).

**▪ Protocole**

50 ml d'eau à analyser sont versés dans un Erlenmeyer de 250 ml, auxquels quelques grammes de l'indicateur coloré Noir Eriochrome T (NET) et 2 ml du tampon ammoniacal (pH10) sont ajoutés. S'il y'a apparition d'une coloration rouge brique, un titrage par L'EDTA 0.02N est nécessaire jusqu'à ce que la coloration vire aux bleues foncées.

**➤ Expression des résultats**

Les résultats sont donnés par la formule suivante, pour une prise d'essai de 50 ml.

$$\text{TH} = V * 2$$

Où :

**V** : Volume de la chute de burette.

La dureté totale est exprimée en degrés français (°f) : 1°f = 4 mg/ l de calcium ou 2,4 mg/l de magnésium, ou encore 10 mg/l de CaCO<sub>3</sub> (carbonate de calcium ou plus communément "le tartre").

**I-9-3 Détermination de l'alcalinité****✚ Principe**

En ajoutant un acide fort H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dans l'eau, les hydroxydes alcalins en solution sont neutralisés et les carbonates alcalins sont transformés en bicarbonates en présence d'indicateurs colorés. La méthode de détermination du titre hydrotimétrique (TH) de l'eau consiste à ajouter de l'acide

sulfurique (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) dans l'eau, ce qui permet de neutraliser les hydroxydes alcalins en solution et de transformer les carbonates alcalins en bicarbonates en présence d'indicateurs colorés. Cette méthode est basée sur la mesure des volumes successifs d'acide sulfurique en solution diluée nécessaires pour neutraliser l'eau à analyser à des pH de 8,3 et 4,3. La première mesure sert à calculer le titre alcalimétrique (TA), tandis que la seconde correspond au titre alcalimétrique complet (TAC). Cette méthode est couramment utilisée dans l'industrie laitière pour mesurer le TH de l'eau utilisée dans la production de produits laitiers, afin de garantir que la dureté totale de l'eau n'excède pas les limites permises et que les produits laitiers répondent aux normes de qualité établies. (Rodier *et al.*, 2005).

**I-9-4 Titre Alcalimétrique simple (TA)**

▪ **Protocole**

Une prise d'essai de 10 ml d'échantillon d'eau à analyser est versée dans un erlenmeyer. On ajuste à 100 ml avec de l'eau distillée puis on ajoute 2 à 3 gouttes de l'indicateur coloré phénophtaléine. S'il y a une coloration rose, un titrage avec l'acide sulfurique est nécessaire jusqu'à décoloration. Le pH est alors de l'ordre de 8,3. (Rodier *et al.*, 2005).

**I-9-5 Titre Alcalimétrique Complexe (TAC)**

▪ **Protocole**

On ajoute au même échantillon d'eau qui a servi à la détermination du TA quelques gouttes de Méthylorange, l'eau devient jaune. On titre avec H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (0.02N) jusqu'à coloration jaune orangé selon les réactions suivantes :



➤ **Expression des résultats**

Le TA et le TAC sont donnés par les équations suivantes :

<b>TA (°) = V<sub>1</sub> * 10</b>	<b>TAC (°) = (V<sub>1</sub> + V<sub>2</sub>) * 10</b>
------------------------------------	---

Où :

**V<sub>1</sub>** : chute de burette 1.

**V<sub>2</sub>** : chute de burette 2.

## I-9-6 Dosage des Chlorures

### Principe

La méthode de détermination des chlorures dans l'eau consiste à utiliser une solution titrée de nitrate d'argent ou de chromate de potassium en milieu neutre. Lorsque les ions chlorures ( $\text{Cl}^-$ ) réagissent avec les ions argent ( $\text{Ag}^+$ ) ou les ions chromate ( $\text{CrO}_4^{2-}$ ), une réaction chimique se produit, qui est indiquée par l'apparition d'une teinte rouge brique caractéristique au chromate d'argent. Cette méthode est couramment utilisée dans l'industrie laitière pour mesurer la concentration de chlorures dans l'eau utilisée lors de la production de produits laitiers. (Rodier *et al.*, 2005).

### ▪ Protocol

Introduire 50 ml d'échantillon d'eau à analyser dans une fiole jaugée, le verser dans un erlenmeyer, puis y ajouter 2 ml de l'indicateur coloré chromates de potassium  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  et titrer avec une solution de  $\text{AgNO}_3$  jusqu'à disparition de la couleur jaune.

On est confronté à deux cas :

- **1er cas** : coloration brune alors pas de titrage  $[\text{Cl}] = 0 \text{ mg/l}$ .
- **2ème cas** : coloration jaune implique qu'il y a titrage avec  $\text{AgNO}_3$  (0,014 N) jusqu'à l'apparition d'une coloration rouge brique.

### ➤ Expression des résultats

$$[\text{Cl}] \text{ mg / l} = V * 10$$

Où :

V : chute de burette.

## I-9-7 Conductivité des eaux

La mesure de la conductivité est appliquée aux eaux des chaudières et des bâches alimentaires. La conductivité (K) est l'ensemble ou la quantité de sels dissous (électrolytes) contenus dans une solution ( $\mu\text{S/cm}$ ).

### Principe

La mesure s'effectue à l'aide d'un conductimètre qui permet la mise en évidence de la présence d'ions  $\text{H}^+$  et  $\text{OH}^-$  ainsi que les ions dissous qui confèrent à l'eau une certaine aptitude à conduire le courant électrique (Rodier *et al.*, 2005).

### ▪ Protocol

L'échantillon à analyser est ramené à une température de  $25^\circ\text{C}$ . Ensuite, la sonde du

Conductimètre est plongée dans l'échantillon d'eau à analyser.

➤ **Expression des résultats**

<b>K : valeur affichée par le conductimètre</b>
---

*Résultats et  
Discussions*

II-1 Analyses physico-chimiques de la poudre de lait

Les résultats des poudres de lait analysées sont illustrés sur les figures suivantes (figure 8 et 9) qui résument les différentes analyses physico-chimiques des poudres de lait (0% MG et la 26%MG)

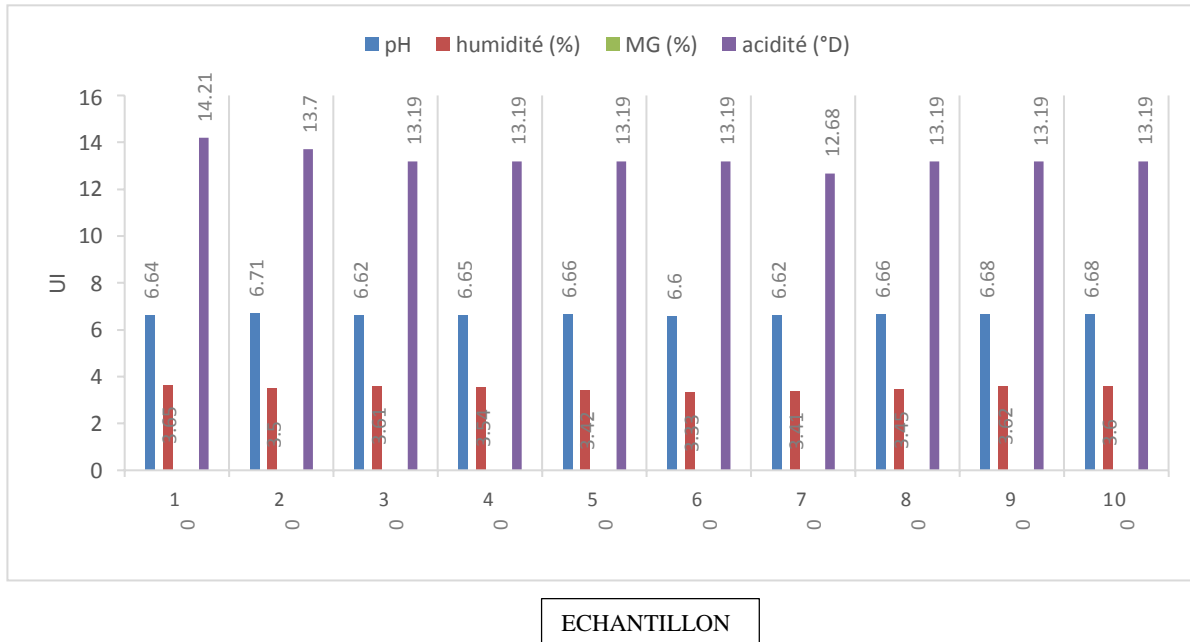


Figure 8 : Résultats d’analyses physico-chimiques de la poudre de lait 0% MG.

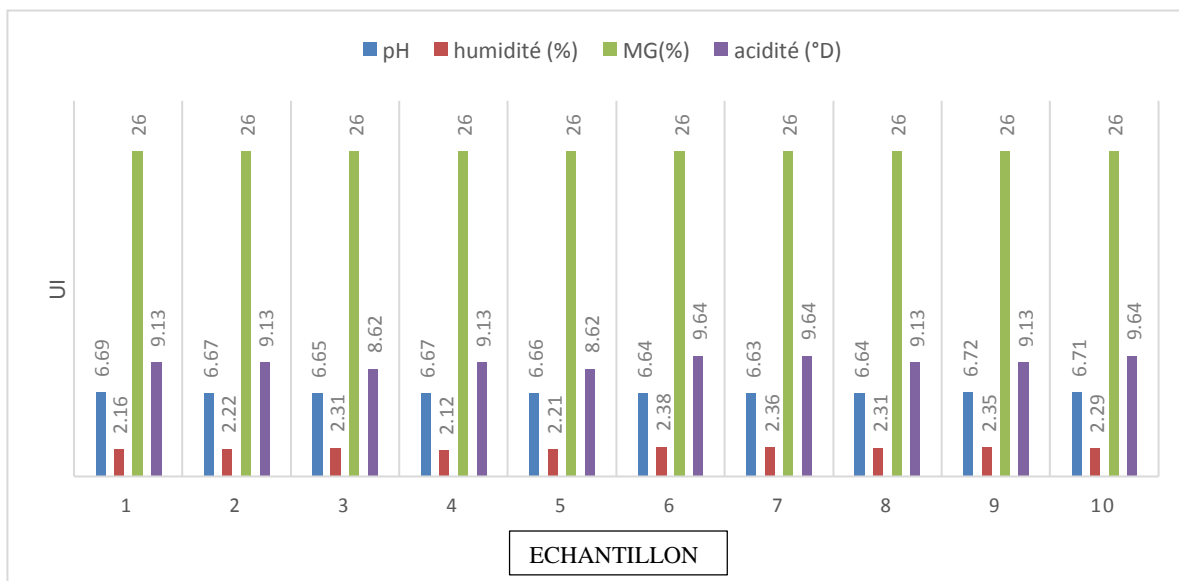


Figure 9 : Résultats d’analyses physico-chimiques de la poudre de lait 26%

Pour un échantillon : représente un fournisseur



Les résultats portés sur les figures précédentes (8 et 9) révèlent conformes aux normes, citées sur le tableau suivant.

**Tableau VI :** Résultats des analyses physico-chimiques de la poudre de lait (0% et 26% MG).

Indication	Poudre de lait		Normes		Référence
	0% MG	26% MG	0% MG	26%MG	
pH	6,65 ± 0,003	6,68 ± 0.04	6,6 – 6,8	6.6-6.8	Potentiométrie
Humidité	3.52 ± 0,10	2,28± 0.08	< 4%	< 4%	Nf V 04 348
Acidité	13.19 ± 0,04	9.16 ± 0.30	<15.5°D	<15.5°D	Nf V 04 349
Matière Grasse	0 ± 0.5	26 ± 0.5	< 1.5 %	< 26 %	NfV04346(ISO1736)
Test filtration	A		A		

Les valeurs illustrées sur le tableau ci-dessus représentent la moyenne ± écart type (n=3) pour un fournisseur

**A :** Aucune impureté

D’après les résultats, représentés sur le tableau VI, les poudres de lait (0% et 26%MG) Sont conformes aux normes de l’entreprise.

Les résultats des analyses ont révélé que les échantillons de poudres de lait (0% et 26%) présentent des teneurs en humidité faibles, inférieures à 3,62% et 2,38% respectivement. Cette faible teneur en humidité peut être attribuée aux bonnes conditions de production.

Selon Mathieu (1998), un pH est une acidité titrable positive peuvent fournir des informations précieuses sur la stabilité du lait et de ses micelles de caséine. Ces résultats suggèrent que le lait était frais et stable avant le processus de séchage, ce qui indique qu’il était de bonne qualité. Pour la teneur en matière grasse de la poudre de lait analysée dans les 20 lots, celle-ci est stable pour chaque type de poudre : La poudre de lait entier est stable à 26% et la poudre de lait écrémé est stable à 0% de MG. La teneur en matière grasse reste constante et ne change pas au fil de temps. Ces valeurs répondent aux normes de composition d’une poudre de lait.

Il est important de noter que l’absence d’impuretés lors du test de filtrabilité révèle que La poudre de lait est de bonne qualité hygiénique.

**II-2 Paramètres sensoriels**

Le tableau VII résume les résultats des analyses organoleptiques effectuées pour les deux types de poudre de lait.

**Tableau VII :** Résultats des analyses organoleptiques de la poudre de lait (0% et 26% MG)

Paramètre/ échantillon		E 1	E 2	E 3	
Poudre de lait 0%MG	<b>Gout/odeur</b>	Normal	Normal	Normal	Caractéristique de lait frais
	<b>Couleur</b>	Claire	Claire	Claire	Blanchâtre
Poudre de lait 26%MG	<b>Gout/odeur</b>	Normal	Normal	Normal	Caractéristique de lait frais
	<b>Couleur</b>	Jaunâtre	Jaunâtre	Jaunâtre	Blanchâtre a jaunâtre

Les poudres de lait analysées présentent une couleur blanchâtre et une saveur normale, sans odeur désagréable ou étrangère à celle du lait frais, ni goût de rance. Cette conformité aux exigences de l'unité Candia confirme la qualité de la poudre de lait, qui doit être blanchâtre et avoir une saveur caractéristique de lait de bonne qualité. De plus, l'absence de goût et d'odeur désagréables témoigne de la stabilité et de la fraîcheur de la poudre. Cette observation peut être attribuée au fait que la poudre de lait est conditionnée dans des sacs de 25 kg en polyéthylène doublé de sacs en papier, stockée dans une salle à température ambiante et une hygrométrie acceptable, ce qui permet d'éviter l'augmentation de l'humidité de la poudre.

**II-3 Tests de stabilité**

**II-3-1 Turbidité**

Les résultats de test de turbidité pour les poudres de lait 0% et 26% MG sont figurés sur le tableau VIII.

**Tableau VIII :** Résultats de test de turbidité pour la poudre de lait (0%et 26% MG)

Poudre	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
<b>0%</b>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<b>26%</b>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Positive (+) : le test est trouble.

La turbidité est positive pour tous les échantillons analysés avant que le lait subisse un traitement thermique pour les poudres (0% et 26% MG) ces résultats est due à la formation d'un complexe protéique entre la k-caséine et la B-lactoglobuline, dénaturé par un pont disulfure selon Guiraud, (2003).

II-3-2 Test bain d'huile

Les résultats de la stabilité au test bain d'huile sont représentés sur le tableau XI.

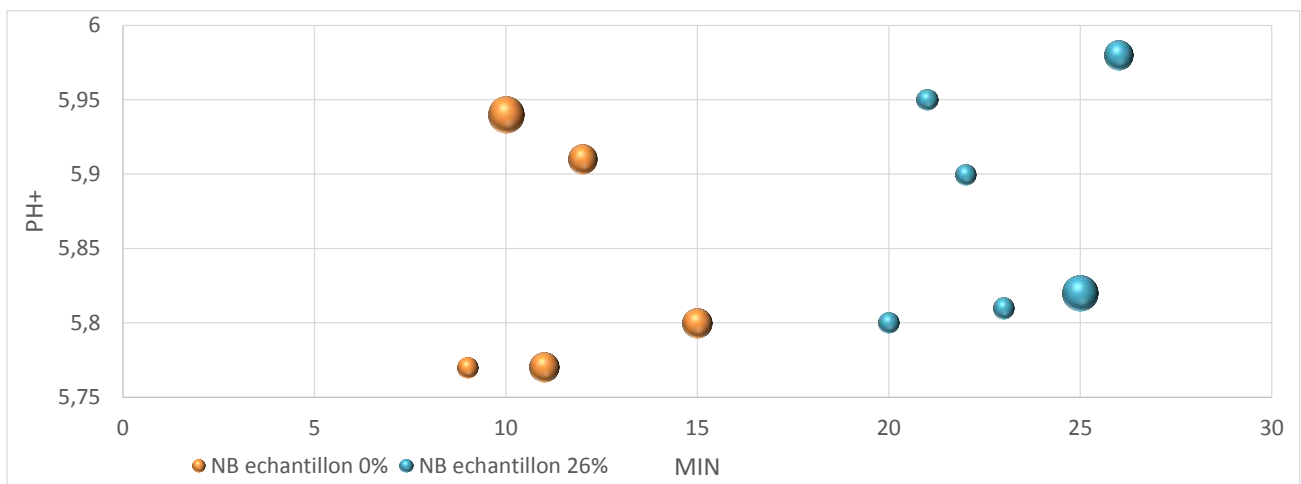
Tableau IX : Résultats de Test bain d'huile des poudres de lait (0% et 26%)

Echantillon	Poudre 0%			Poudre 26%		
	Temps (min)	pH avant	pH après	Temps (min)	pH avant	pH après
E1	11	6.64	5.77	25	6.69	5.93
E2	15	6.71	5.80	25	6.62	5.77
E3	12	6.67	5.90	26	6.66	5.92
E4	11	6.65	5.88	21	6.65	6.20
E5	10	6.66	5.94	22	6.63	5.90
E6	12	6.66	5.91	25	6.63	6.21
E7	15	6.62	5.82	23	6.66	5.81
E8	10	6.63	5.98	20	6.68	5.80
E9	10	6.64	6.14	25	6.67	5.98
E10	9	6.68	5.77	26	6.62	6.14

pH avant : le pH initiale après la reconstitution.

pH après : le pH après test bain d'huile.

Les résultats de pH obtenu et le temps de coagulation des différentes poudres de lait (0% et 26%) après le test de bain d'huile sont représentés sur la figure 10.



● : représente un échantillon      ●● : représente deux échantillon      ●●● : représente trois échantillon

Figure 10 : Variation de pH des différentes poudres de lait après le test bain d'huile.

Les résultats du test au bain d'huile qui sont indiqués sur le tableau IX révèlent conformes aux normes internes de l'entreprise, le temps de coagulation pour la poudre 0% supérieure à 7minute, et pour la poudre 26% supérieure à 12 minute.

Le but de ce test est d'évaluer la résistance de la poudre durant le processus de traitement thermique.

Les résultats obtenus permettent de conclure que les poudres analysées sont appropriées pour la reconstitution et peuvent résister au traitement thermique sans former de caillots.

La coagulation de lait suite à un chauffage prononce, à des températures entre 120 et140 C° c'est une conséquence de la perte de stabilité de la micelle qui résulte de nombreux changement physique et chimique de ces constituants (Gaucher et *al.*, 2007)

Les poudres 0% de la matière grasses utilisées dans la préparation de la reconstitution présentent des temps de coagulation avoisinant les 7 minutes, indiquant ainsi une stabilité thermique relativement faible. Cette instabilité des poudres pourrait être due à des modifications biochimiques telles que la dénaturation des protéines solubles selon Gaucheron et *al.* (2004). Cependant, ces poudres sont utilisables pour la reconstitution vue que leur temps de coagulation sont supérieures ou égale 7 à 8 minutes, selon la réglementation adoptée par l'entreprise tchin-**lait /candia**.

Le temps de coagulation des poudres de lait 26% MG est relativement élevé, il est supérieur à20 minutes, ce qui indique une meilleure stabilité thermique.

D'après les résultats obtenus, plus la matière grasse est élevée plus la teneur en extrait sec dégraissé ESD est faible ce qui confère moins de composant qui peuvent être affecté par le traitement thermique. De plus la matière grasse aurait un rôle protecteur vis-à-vis de traitement thermique (Reed et *al.*, 1980)

Les poudres de lait (0% et 26%) après la reconstitution coagulent à une température de 140C° atteint souvent des valeurs de pH inférieures à 6.20, cette baisse de pH résulte de la dégradationde lactose, qui est dû à une transformation chimique telle que l'hydrolyse, le brunissement non enzymatique, qui peut se faire par la réaction de Maillard.

Les caséines, dont le niveau de structure secondaire est faible, sont peu thermosensibles toutefois il a été noté qu'a des températures élevées (>140°C), les caséines peuvent subir de déphosphorylation et conduire à la formation d'acide phosphorique induisant une baisse de pH. (Gaucher et *al.*, 2007)

L'effet de la chaleur peut entraîner une déstabilisation des micelles de caséines. C'est notamment le cas pour les traitements de stérilisation. Cette déstabilisation résulte de deux phénomènes, à savoir une diminution de pH due en partie à la formation de Phosphate tri calcique et une augmentation de la déminéralisation des micelles.



Plus le pH du lait mis en œuvre est bas plus le risque de coagulation est grand. (Thomas .2008)

**II-3-3 Test ramsdell**

Les résultats de la stabilité au test Ramsdell sont représentés sur le tableau X

**Tableau IX :** les résultats de pH avant et après test ramsdell des poudres de lait (0% et 26%)

Echantillon	Poudre 0%			Poudre 26%		
	Volume de $\text{KH}_2\text{PO}_4$ (ml)	pH Avant	pH Après	Volume de $\text{KH}_2\text{PO}_4$ (ml)	pH Avant	pH Après
E1	1.6	6.64	5.99	1.3	6.96	5.89
E2	1.4	6.70	5.98	1.3	6.67	5.87
E3	1.6	6.70	5.95	1.3	6.65	5.92
E4	1.6	6.68	5.89	1.3	6.67	5.91
E5	1.6	6.71	5.87	1.4	6.66	5.89
E6	1.6	6.65	5.89	1.3	6.64	5.90
E7	1.6	6.66	5.92	1.3	6.63	5.91
E8	1.6	6.60	5.84	1.3	6.64	5.89
E9	1.6	6.68	5.87	1.3	6.72	5.88
E10	1.6	6.70	5.91	1.3	6.69	5.86

pH avant : le pH initiale après la reconstitution.

pH après : le pH après test Ramsdell.

Les résultats de pH obtenu après le test Ramsdell des poudres de lait (0% et 26%) sont représentés sur la figure 11.

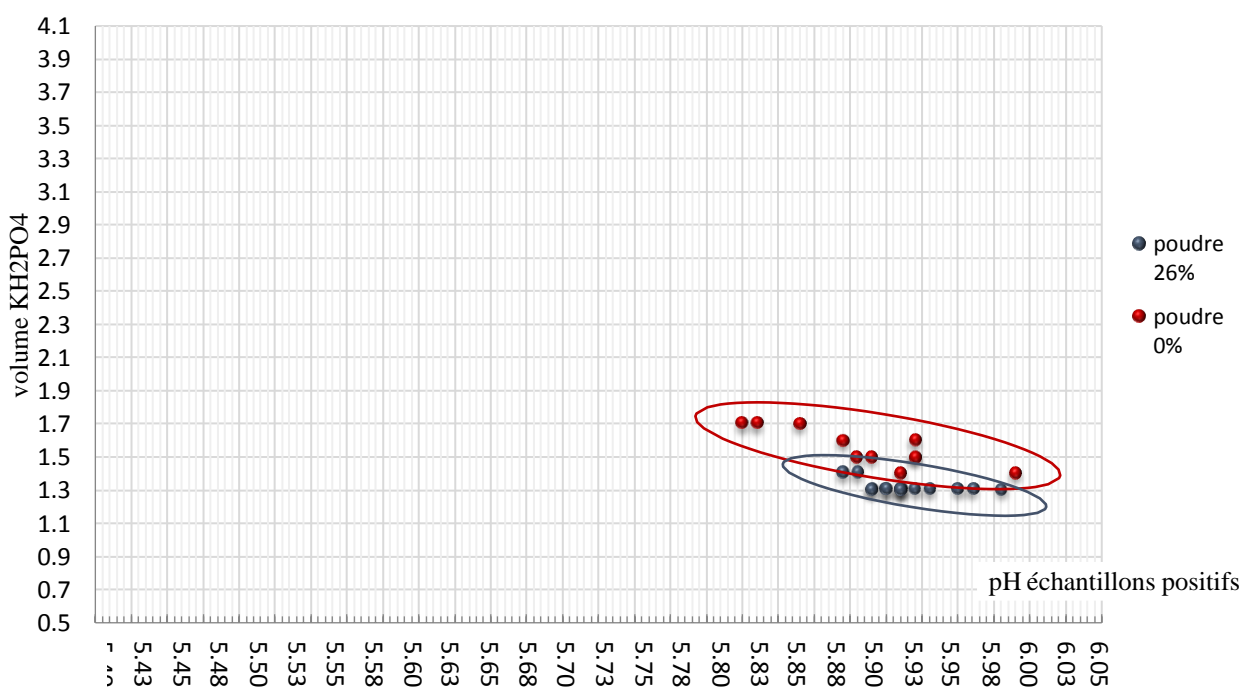
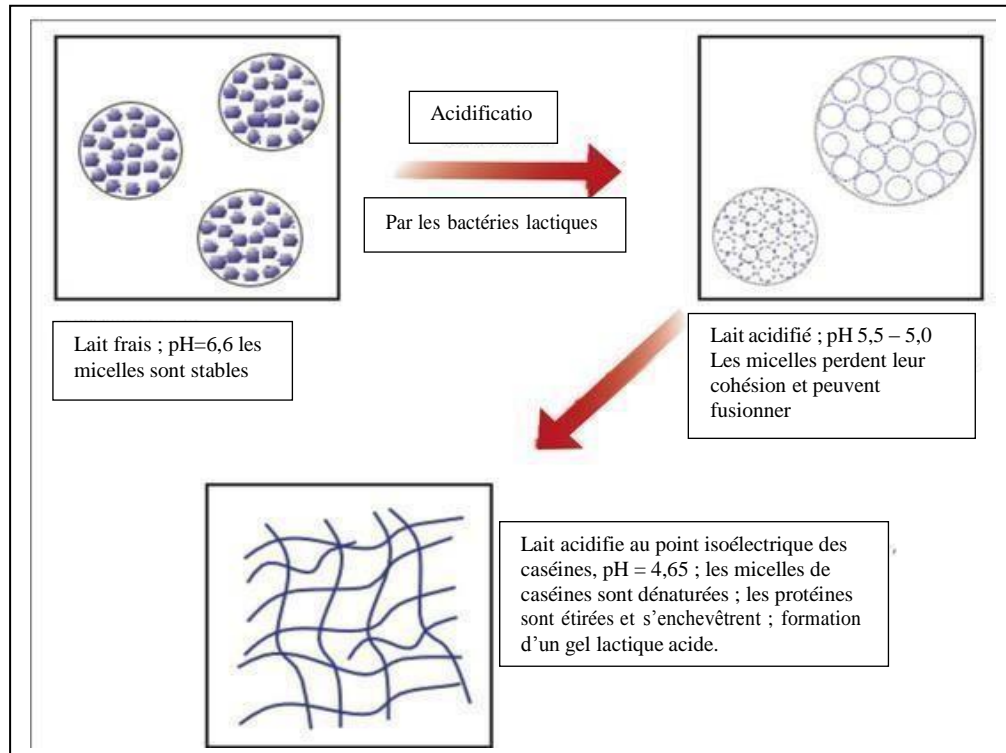


Figure 11 : variation de pH des poudres de lait (0% et 26%) après test de ramsdell.

Le tableau IX montre des résultats satisfaisants pour le test Ramsdell pour la poudre de lait 0% MG a démontré une grande stabilité, avec un volume de solution mono-potassique pouvant dépasser 1,6 ml. quant la poudre de lait 26% MG, le test a révélé que 1,3 ml de solution mono-potassique étaient nécessaires pour coaguler le lait, qui sont conformes aux normes de l'entreprise **tchin –lait/ candia**. Cela indique que la poudre de lait est stable par rapport à son équilibre minéral et protéique.

Les résultats ont révélé que les poudres de lait contenant 0% de matières grasses ont tendance à se déstabiliser à des pH plus bas, qui se situent entre 5,84 et 5,9, Les résultats ont également montré que les poudres de lait contenant 26% de matières grasses ont tendance à se déstabiliser à des pH bas, compris entre 5,86 et 5,92.

L'acidification du lait par le KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> impacte significativement la caséine, ce qui peut entraîner une déstabilisation de la structure micellaire. À un pH de 6,8, les micelles sont stables, mais sous l'effet de l'acidification, le pH peut chuter jusqu'à 5,8, ce qui peut conduire à une déstabilisation de la structure micellaire du lait. Cette déstabilisation peut être exacerbée par la chaleur et peut avoir un impact négatif sur la texture, la saveur et la qualité globale du lait (Carole et Vignola, 2002) telle qu'illustré sur la figure12 qui schématise le phénomène d'acidification



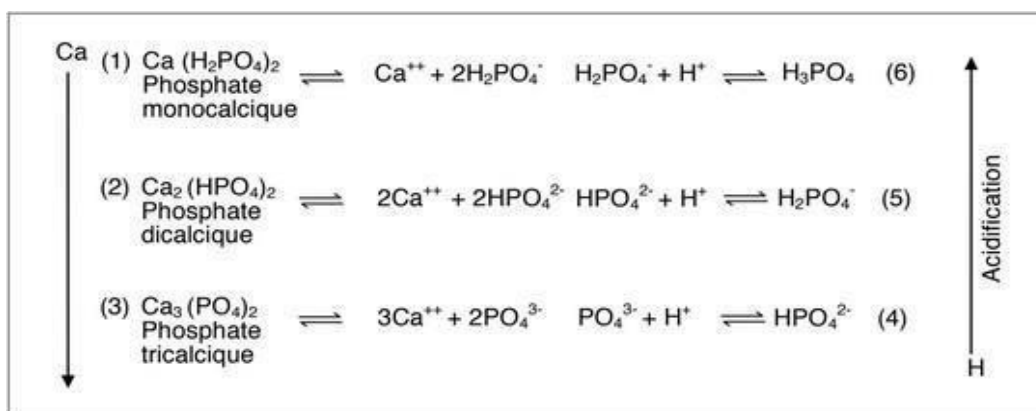
**Figure 12 :** effet de l'acidification sur la structure des micelles de caséine (Carole et Vignola, 2002)

La diminution du pH est souvent associée à la formation de précipités de phosphates de calcium.

La déphosphorylation de la caséine, la dégradation de lactose.

Selon Carole et Vignola, (2002) l'augmentation de l'acidité ou la diminution du pH pousse les équilibres vers la formation du  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$  qui se dissocie facilement pour former des ions et ainsi solubilisé le calcium, telle que illustré sur figure 13 montre ces différentes équilibres

La diminution de l'acidité et l'augmentation de la concentration en  $\text{Ca}^{+2}$  poussent les équilibres vers le bas et entraîne la formation du phosphate tricalcique  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ , qui tend à précipiter car ce composé s'ionise peu. (Carole.,Vignola, 2002)



**Figure 13 :** les différents équilibres entre le phosphate et le calcium selon le pH. (Carole et Vignola, 2002)

Les changements de structure des protéines sont réversibles tel que présenté sur la figure 14. Les protéines affectées par les traitements de chaleur supérieurs à 75 °C sont principalement les protéines du sérum. L'ouverture de la structure tertiaire des protéines due au traitement thermique augmente le nombre de groupements hydrophiles en contact avec l'eau et, par conséquent, le pouvoir d'adsorption d'eau des protéines. De plus, lors du chauffage du lait, la  $\beta$ -lactoglobuline se dénature, s'ouvre et se fixe à la  $\kappa$ -caséine des micelles de caséines par un pont disulfure (Carole., Vignola, 2002)

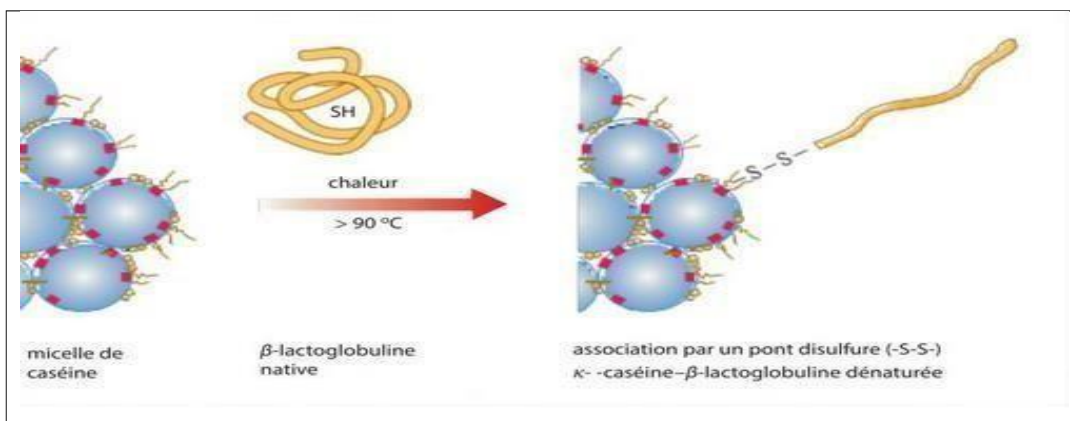


Figure 14 : Lien disulfure entre la  $\beta$  -lactoglobuline et la micelle de caséines. (Carole et Vignola, 2002)

## II.2 Eau de processus

L'histogramme indiqué sur la figure 15 résume l'ensemble des résultats d'analyses physico-chimiques de l'eau de procès

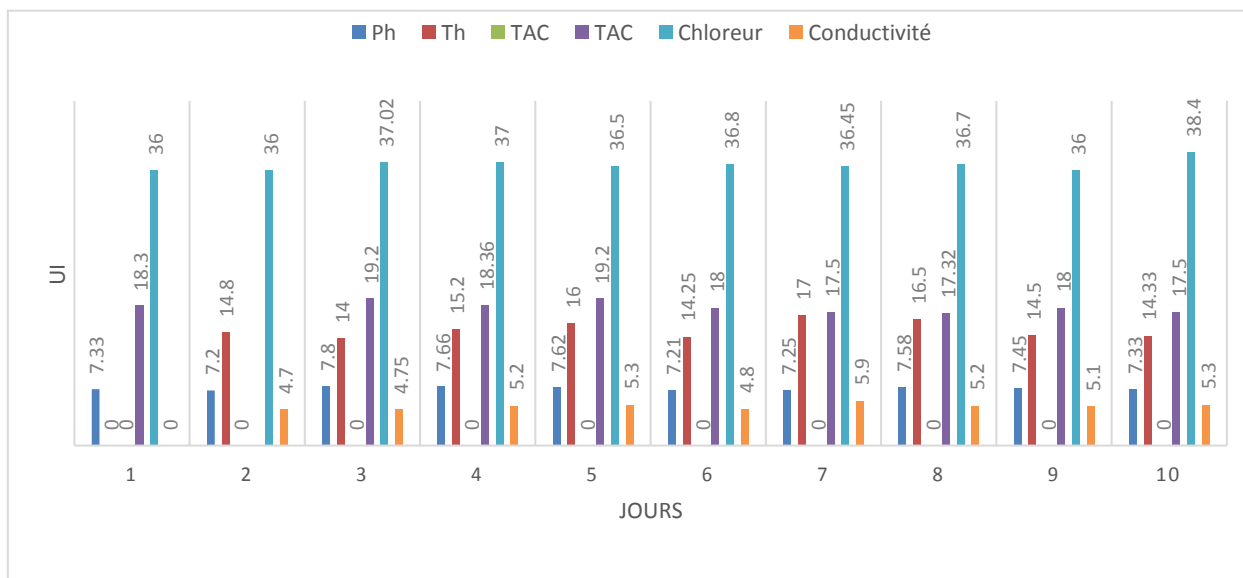


Figure 15 : Résultats des analyses physico-chimiques de l'eau de procès



Les résultats de l'analyse de l'eau de reconstitution sont illustrés sur le tableau XI.

**Tableau XI** : Résultats d'analyses physico-chimiques de l'eau de reconstitution.

Paramètres	Résultats	NIE /CANDIA
pH (25°C)	7,69 ± 0,28	7 – 7.4
TH (°f)	9.69± 0.98	7 – 12
TA (°f)	0	0
TAC (°f)	4.32 ± 1.97	3 – 10
Chlorures (mg/l)	29.54 ± 8.03	≤ 35
Conductivité (ms/cm)	274.39 ± 8.36	<400

Les résultats de l'analyse montrent que tous les échantillons d'eau de processus sont conformes aux normes requises en ce qui concerne les paramètres physico-chimiques tels que le pH, la conductivité, le TH, TA, TAC, le taux de chlore (Cl<sup>-</sup>) et la conductivité cela indique que la qualité de l'eau utilisée dans le processus de production est satisfaisante et répond aux exigences réglementaires en matière de sécurité et de santé publique.

En effet d'après J.O.R.A n°51 (2000) Le pH de l'eau de processus est voisine de la neutralité, conforme à la norme établie par l'entreprise. Un pH inférieur à 7 (trop acide) peut conduire à la corrosion des métaux et des joints de canalisation par conséquent des fuites qui peuvent entraîner une contamination.

Par ailleurs, les valeurs obtenues pour la dureté totale de l'eau (TH) est presque stable. Ces résultats acceptables peuvent être expliqués par la bonne qualité des eaux utilisées et l'efficacité du l'adoucisseur qui réduit la dureté de l'eau par échange d'ions. Selon Rodier *et al.*, (2005), qu'un TH inférieur à 15°F pour les eaux de procès favoriserait une bonne solubilité de la poudre de lait.

L'eau de process présente un TA nul et un TAC variant entre 7,4 et 8,3. Ces résultats sont dans les normes internes de l'entreprise. L'unité Tchín-Lait/Candia essaie de maintenir un niveau d'alcalinité acceptable afin d'empêcher la formation d'une eau acide et les dommages conséquents sur les canalisations ainsi que de tout autre équipement de distribution.

Les échantillons d'eau analysée présentent un dosage de chlorures conforme aux normes ceci témoigne l'efficacité des filtres à charbon actif qui réduit le chlore résiduel.

Les analyses ont révélé que tous les échantillons d'eau de processus ont une conductivité inférieure à 400  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , ce qui est conforme aux normes réglementaires. Une conductivité élevée est souvent liée à une concentration accrue des ions en solution. Les résultats obtenus témoignent donc de l'efficacité du système de traitement de l'eau. (Rodier *et al.*, 2005).

*Conclusion*

A travers ce travail effectué au niveau de la laiterie tchin lait CANDIA, nous avons suivi la stabilité de la matière première du lait UHT.

Les résultats de l'analyse des paramètres physico-chimiques ainsi que les tests de stabilité thermique effectués sur les matières premières et l'eau de procès témoignant respect les normes réglementaires. Les poudres de lait analysées ayant des teneurs en matières grasses de 0 % et 26 % respect les normes réglementaires en ce qui concerne le pH, l'acidité titrable et l'humidité. Les valeurs moyennes obtenues pour le pH sont de 6,65 et 6,68 respectivement, tandis que les valeurs moyennes pour l'acidité titrable sont de 13,28 D° et 9,16 D°. Enfin, les taux moyens d'humidité mesurés sont de 3,52 % et 2,28 % pour les deux types de poudres de lait analysées

Les résultats des analyses physico-chimiques réalisées sur l'eau de procès, notamment le pH, TH, TA, TAC, les chlorures et la conductivité, sont conformes aux normes réglementaires en vigueur. Ces résultats indiquent que l'eau de procès peut assurer une bonne dissolution de la poudre de lait.

L'étude de la stabilité thermique des poudres de lait contenant 26% et 0% de matière grasse est un critère crucial pour évaluer la qualité des matières premières utilisées dans la production de lait UHT. Pour confirmer cette stabilité thermique, trois tests sont effectués, à savoir le test de turbidité, bain d'huile et le test de Ramsdell. Ces tests permettent de vérifier c'est les poudres de lait sont stables à haute température et s'ils peuvent être utilisés pour la production de lait UHT de qualité.

Les résultats du test de turbidité sont tous positifs, ce qui indique que les poudres de lait présentent un certain degré de turbidité. Cette observation permet de se faire une idée sur le comportement de ces poudres lors du traitement thermique.

Le test de bain d'huile a été effectué sur les poudres de lait, avec des temps de coagulation variant entre 7 et 15 minutes pour la poudre contenant 0 % de matière grasse, et des temps de coagulation supérieurs à 20 minutes pour la poudre contenant 26 % de matière grasse, les résultats du test de bain d'huile indiquent que les poudres de lait sont stables à haute température et peuvent être utilisées pour la production de lait UHT.

Le test de phosphate (Ramsdell) est un moyen d'évaluer la stabilité du lait avant et après traitement thermique, Les volumes de phosphate mono-potassique ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ) nécessaires pour induire la déstabilisation des caséines dans le lait reconstitué en poudre contenant 0% et 26% de matière grasse sont en moyenne de 1,6 ml et 1,3 ml, respectivement. Ces résultats

confirment que les poudres de lait sont stables et peuvent être utilisées pour produire du lait UHT de qualité supérieure.

Au terme de ce travail, il a été observé que les résultats des analyses physico-chimiques ainsi que les tests de stabilité de la matière première de lait étaient en conformité avec les normes requises. De plus, l'industrie laitière CANDIA s'assure de respecter rigoureusement la réglementation en vigueur pour garantir la production d'un produit de qualité hygiénique et organoleptique optimale.

Les perspectives pour améliorer la stabilité de la poudre de lait.

-Contrôle de la qualité du lait : La qualité du lait utilisé pour produire la poudre de lait a un impact direct sur sa stabilité

-Les procédés de production de la poudre de lait peuvent être modifiés pour améliorer sa stabilité

-La poudre de lait doit être stockée dans des conditions appropriées pour maintenir sa stabilité

*Référence  
bibliographique*

## **A**

**Amiot et Britten M. (2002).** Science et technologie de lait : manuel de transformation du lait .Ed Tec et Doc, p362-378

**Azza M., Deeb M., AL Hawary.I., Aman I et Doaa M., Shahine H. (2010).** Bacteriological investigation on milk powder in the Egyptian market with emphasis on its safety. *Journal Global veterinarian* .4(5):424-433

**Audjie C., Fijrarella L., Et Zonszain J. F. (2002).** Manipulation d'analyses biochimiques. Ed. Tec et Doc, Lavoisier, Paris, PP. 74-75

**AFNOR, (1985).** Contrôle de la qualité des produits laitiers, Analyses physiques et chimiques, 3ème Edition

**AFNOR, (1980).** Recueil de normes françaises, laits et produits laitiers : méthodes d'analyses. Ed. AFNOR, Paris.

**Amellal R, (1995).** La filière lait en Algérie entre l'objectif de sécurité alimentaire et la réalité de la dépendance. In les agricultures maghrébines à l'aube de l'an 2000. Options méditerranéennes, série B, 14 : 229-238

**Oukil A, (2017).** Contribution au suivi de fabrication du lait stérilisé UHT demi écrémé produit par l'unité Tchén-Lait Candia. Technicien supérieur en contrôle et conditionnement des produits laitiers.

## **B**

**Britten M., Pouliot Y, (2002).** Rôles fonctionnels du calcium en industrie laitière. Résumé de cours-séminaire, Agriculture et Agroalimentaire Canada, octobre 200

**Bousselmi K., Djemali M., Bedhief S., Hamrouni A, (2010).** Facteurs de variation des taux de matière grasse et protéique du lait de vache de race Holstein en Tunisie. *Rv : Renc. Rech. Ruminants* n° 17, p399.

## **C**

**Castro-Morel M. et Harper W.J, (2003).** Effect of retentate heat treatment and spray dryer inlet temperature on the properties of milk protein concentrates (MPC's). *Milchwissenschaft* 58:13-15

**Crawley G., Gruy F and. Cournil M, (1996).** In-line study of crystal fragmentation in a stirred reactor, *Chemical Engineering Science*, 51:20 4537-4550

**Cayot et Lorient. D,(1998).** Structure et techno fonction des protéines du lait, Ed : Tec et

Doc, Lavoisier, Paris.

**Coulon. J B ; Chilliard Y ; et Rémond B, (1991).** Effets du stade physiologique et de la saison sur la composition chimique du lait de vache et ses caractéristiques technologiques (aptitude à la coagulation, lipolyse). Rv : INRA production animale- n° 4(3) : p 219-228.

**Cheftel. J., Cheftel. H., & Besancon. P, (1977).** Introduction à la Biochimie et la Technologie des aliments. 1977, vol. 2. Technique et documentation (Paris), 144.

## **D**

**Derby G, (2001).** Lait, nutrition et santé, Ed : Tec et doc, Lavoisier, Paris.p 21-89

## **F**

**Farrell Jr.H., Malin E.L., Brown E. M, (2006).** Casein micelle structure: What can be learned from milk synthesis and structural biology, Current Opinion in Colloid & Interface Science, 11(2), 135-147.

**Food and Agriculture Organization of the United Nations, (2013).** "Milk and dairy products in human nutrition," Rome

**Food and Agriculture Organization of the United Nations, (2004)** Milk and dairy products in human nutrition," Rome

## **G**

**Gaucher I., Molle D., Gagnaire V. et Gaucheron F, (2007).** Effects of storage temperature on physico-chemical characteristics of semi-skimmed UHT milk. Food Hydrocolloids. 22. p130-143

**Guiraud.JP, (1998).** Microbiologie alimentaire, Techniques d'analyse microbiologique. Edition Dunod Paris 1998.

**Gosta B, (1995).** Lait longue conservation un manuel de transformation de lait. Ed tetra Pack processing A. B Sweden. P215-375-384.

**Gaucher I., Molle D., Gagnaire V. et Gaucheron F, (2008).** Effects of storage temperature on physico-chemical characteristics of semi-skimmed UHT milk. Food Hydrocolloids. 22.130-143

**Gosta B, (1995).** Manuel de transformation de lait .Ed. tetra park processing systems AB, suède .p442



**Gaucher I., Molle D., Gagnaire V. et Gaucheron F, (2007).** Effects of storage temperature on physique –chimical characteristics of semi-skimmed UHT milk

**Gaucheron.F, (2004).** Minéraux et produits laitiers. Lavoisier. ISBN .2-7430-0641-2  
Edition TEC et DOC, paris .p 81-112

**Guiraud J.P, (1998).** Microbiologie alimentaire. Paris : Ed : Dunod, p397.ISBN :136661

**Gosta.B, (1995).** Manuel de transformations du lait : les produits laitiers, longue conservation.  
Suède : tetrapack processing systèmes.ISBN 45-28552-25.

## **H**

**Holt C., Muir D. D. & Sweetsur A. W, (1978).** Seasonal changes in the heat  
Stability of milk from creamery silos in south-west Scotland. Journal of Dairy Research,  
45(02), p183- 190.

**Hadfi,A, (2012)** «Evaluation du pouvoir entartrant des eaux du secteur agricole du grand  
Agadir et mise en évidence de l'effet inhibiteur de quelques engrais phosphatés», Thèse de  
Doctorat, université Ibn Zohr d'Agadir.

**Hodiaumoot, A.,Meheuus,J et Peeters P, (2004)** Evaluation et affectation des  
ressources hydriques superficielles du bassin versant de la Tafna, Mémoire de Magister en  
Hydraulique,Départementd'Hydraulique, Faculté des sciences de l'Ingénieur, Université Abou Bekr  
Belkaïd,Tlemcen.

## **J**

**Jeantet R., Croguennec T., Mahaut M., Schuck P. et Brule G, (2008).** Les produits laitiers  
,2ème édition, Tec et Doc, Lavoisier : p1-3-13-14-17 et185.

**Rodier J ; C. Bazin ; JP Broutin ; P. Chambon ; H. Champseur ; L. Rodi.(2005).**  
L'analyse microbiologique des eaux in l'analyse de l'eau ; Eau naturelle, eau résiduaire, eau  
de mer. Edition Dunop. Technique et ingénieur.

## **K**

**Kneifel ., Kneifel W., Abert T and Luf, W, (1990).** Influence of preheating skim milk on  
water holdingcapacity of sodium salts of caseinates and coprecipitates, Journal of Food  
Science, p55 879-880

**Kajal M.F.I., Wadud .A., Islam .M et. Sarma.P.K, (2012).** Evaluation of some chemical  
parameters of powder milk available in Mymensingh town. Journal of the Bangladesh  
Agricultural University. 10(1) : p95–100.

## **L**

**Leveau ,J-L., Larpent J-P and Bouix M, (2001).** Sécurité microbiologique des procédés Alimentaires, Techniques de l'ingénieur, F1-120.

**Luquet,M, (1987).** guide pratique d'analyse microbiologique des laits et produits laitiers. Tec et Doc, lavosier, paris, apria, p 83

**Luquet M, (1990).** Lait et produit laitiers : vache. Brebis. Chèvre. Les produits laitiers : transformation et technologie. Tec et Doc, lavosier, paris, apria, p 19-20

**Lazereg M., Bellil K., Djedianem et Zaidi Z, (2020).** La filière lait algérienne face aux conséquences de la pandémie de la COVID-19. Les Cahiers du Cread -Vol. 36, n° 03

**Lopez,C,(2005).** Focus on the supramolecular structure of milk fat.Reproduction Nutrition Development, 45, 497-511.

**Legarto J., Gelé M., Ferlay A., Hurtaud C., Lagriffoul G.,Palhière I., Peyraud J.L., Laouadi M., Madani T., Gaouas Y., et Tennah S, (2011).** Effet de la saison de vêlage et du stade physiologique sur les performances de production des vaches laitières dans un élevage bovin au centre d'Alger. 6<sup>ème</sup> JRPA « Contrôle des performances des élevages », Tizi -Ouzou les 9&10 mai 2011.

**Laurianne, F, (2015).** Le lactose, indicateur de déficit énergétique chez la vache laitière . Thèse Doctorat. Université Claude-Bernard - Lyon I. 123p.

## **M**

**Mafart P, (1996).** Les procédés physiques de conservation. In : Génie Industriel Alimentaire, Tec et Doc, Lavoisier (Ed), Paris, France, 340 p.

**Mahaut M., Jeanntet R., Brule G. et Schuck P, (2000).** \*Les produits industriels laitiers. Ed.

Tec & Doc : Lavoisier, Paris. pp : 1-138. ISBN : 2-7430-0429-0

**Mahaut M., Romain D et Gerard B, (2000).** Les produits industriels laitiers. Initiation à la technologie fromagerie, Tec et Doc, Lavoisier, Paris, pp 1-79

**Moller S, (2000).** La reconstitution du lait. Edition Sodiaal, Ivry-sur-Seine.p51

**Mathieu J, (1998).** Initiation à la physicochimie du lait. Ed Lavoisier Tec et Doc, chapitre

3, ISBN : 2-7430-0233-6. P1

**Mathieu.J, (1998).** Initiation à la physico-chimie du lait. Edition Tec et Doc Lavoisier, Paris

**Malvoisin.A, (2004).** «Contrôle de l'efficacité et de l'innocuité des appareils de traitement d'eau domestiques», thèse d'ingénieur de génie sanitaire, Ecole nationale de la santé public. Rennes

**Moller, (2000).** la reconstitution du lait .Ed .social, Ivry – sur –seine, p 80

## **O**

**Odet G., Cerf O., Chevillotte G., Douard D et Gillis G, (1985).** La maîtrise de la qualité de lait stérilisé UHT. Paris. Ed : Tec et Doc, Lavoisier, P25 -26

**O'Sullivan J. A, (2019).** Dairy product consumption and the risk of osteoporosis in older adults: a systematic review and meta-analysis, Maturitas, vol. ISBN: 9780429355462 p. 59 - 67.

## **R**

**Rodier J., Bazinet C., Chambon P., Brautin J. P., Champsarir H. et Rodi L. biochem J, (2005).** L'analyse de l'eau naturelle, eau résiduaire et eau de mer. Ed. Dunod, Paris. 1384P.

**Reed R, G., Putanmt F.W.et Peters Th. Biochem J, (1980).** Sequence of residues 400-403of bovine serim , 191,867-868

**Rouillé B et Brunshwig P, (2014).** Effets des conduites d'élevage sur la production de lait, les taux butyreux et protéique et la composition en acides gras du lait de vache, chèvre et brebis évaluée par spectrométrie dans le moyen infrarouge. *Rv* : INRA Prod. Anim. 27 (4), p269-282.

## **S**

**Saboya L. V. and., Maubois J-L, 2000).** Current developments of microfiltration technology in the dairy industry, *Le Lait*, 80 541-553

**Schuck P, (1999).** Appréhension des mécanismes de transfert d'eau lors du séchage par atomisation de bases protéiques laitières et lors de leur réhydratation. Effet de l'environnement glucidique et minéral, Thèse de l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Rennes.

**Schuck P., Mahaut M., Jeanne R., Brulé G, (2000).** Les produits industriels

laitiers.Lavoisier TEC et DOC Editions.

**Singh H, (2007).** Interaction of milk proteins during the manufacture of milk powder .lait  
87 INRA, EDP science pp. 414-415

**Souki H, (2009).** Les stratégies industrielles et la construction de la filière lait en Algérie :  
Portée et limites. In Revue scientifique trimestrielle de l'université Mouloud Mammeri de  
Tizi-Ouzou N°15, septembre 2009

## **T**

**Thomas C., Romain J., Gérard B, (2008).** Fondements physicochimique de la technologie  
laitière LAVOISIER, 11, rue Lavoisier 75008 Paris. ISBN : 978-2-7430-1033-1 p 38 -131-  
132

**Tardart M, (1994).** La chimie de l'eau. Edition Griffon d'argile, Québec. 130 pages

**Thiounea, (2002).**Contribution à l'étude comparative de quelques caractéristiques physico-  
chimiques et chimiques de laits secs sur le marché dakarais.

## **V**

**Veisseyre R, (1979).** Technologie du lait 3<sup>ème</sup> Ed : Maison Rustique, p 295-302

**Vignola .CL, (2002).** Science et technologie du lait, transformation du lait. Fondation de  
technologie laitière du Québec 8585 inc.boul.se-laurent ISBN 2-553-01029-X. p19 – 20 -24

**Vignola C., Michel J., Paquin P, (2002).** Science et technologie du lait : Transformation du  
lait. Ed Lvoisier, Paris. ISBN 2-553-01029-X. p1

**(Veisseyre G, (1975).** Technologie du lait : constitution, récolte, traitement et transformation  
du lait. Paris. La Maison Rustique, ISBN : 27 066001 187. P184-241

**Vignola,C-L, (2002).** Science et technologie du lait. Transformation du lait. Editions Ecole  
Polytechnique de Montréal, Paris, ISBN :2-553-01029X

**Van.C. D., Deswysen, D., Focant.M., & Larondelle, (2002).** Le lait, un terme  
générique qui recouvre une grande diversité d'aliments avec des propriétés nutritives  
variées, 30-33

## **W**

**Walstra P., Wouters J. T. M. & Geurts T. J, (2006).** Milk: main characteristics.  
Dairy Science and Technology (2nd Ed.). Boca Raton, Taylor and Francis Group, Floride,  
ÉtatsUnis.

**Walstra P.(1999).** Casein sub-micelles : do they exist International Dairy Journal, 9(3), 189-192.

### **Réglementations**

**J.O.R.A, (1993).** Arrêté interministériel du 29 Safar 1414 correspondant au 18 août 1993 relatif aux spécifications et à la présentation de certains laits de consommation, p16.

**J.O.R.A, (1998).** Arrête interministériel N°94. p 23 du 2 Décembre 1998 relatif aux spécifications techniques du lait en poudre et aux conditions et modalité de leur présentation.

**J.O.R.A, (1993).** Arrête interministériel N°69. Du 18 août 1993 relatif aux spécifications de Certains laits de consommation.

**J.O.R.A, (1993).**Arrête interministériel N°69 p 16 du 18 aout 1993 relatif aux spécifications et la présentation de Certains laits de consommation.

**J.O.R.A n°51. (2000).** Arrête interministériel du 20 Aout 2000 relatif aux normes de potabilité d'une eau de consommation.

**NF V04 – 346ISO1736, (1 déc. 2008).** La présente Norme internationale spécifie la méthode de référence pour la détermination de la teneur en matière grasse du lait sec

**NF V04-349, (octobre 1978).** Lait sec. Détermination de l'acidité titrable (méthode de référence

**NF V04-348, (octobre 1978).** Norme En vigueur. Lait sec - Détermination de la teneur en eau

# *Annexes*

### **Historique et situation géographique**

Tchin-lait est une société privée de droit Algérien (SARL), implantée sur l'ancien site de La limonaderie Tchin- Tchin. Cette dernière était à l'origine d'une entreprise familiale spécialisée dans les boissons gazeuses depuis 1954, ayant de fait une longue expérience dans le conditionnement des produits sous

Forme liquide. C'est à l'arrivée des grandes firmes multinationales sur le marché des boissons gazeuses, qu'elle a révisée sa stratégie d'où l'idée de reconversion vers le lait UHT qui a donné naissance à Tchin lait sous label « Candia ». C'est en 1999 qu'une franchise Candia est née en Algérie, devenue fonctionnelle en 2001. Cette laiterie moderne construite sur une superficie totale de 3000 m<sup>2</sup>, située sur la route nationale n°12 à l'entrée ouest de la ville de Bejaïa (Bir-Slam). Les installations des machines ont été effectuées par la société française Tétra pack. L'unité est dotée d'un équipement ultra moderne, de très grande capacité sous la marque Candia, 25 tests de contrôle sont effectués quotidiennement d'une manière permanente et régulière par le laboratoire Tchin-lait durant tout le cycle de fabrication. En plus de ces tests de qualité, le lait UHT est consigné durant 72 heures avant sa commercialisation, pour avoir la garantie d'un Lait stérile.

#### **Organisation :**

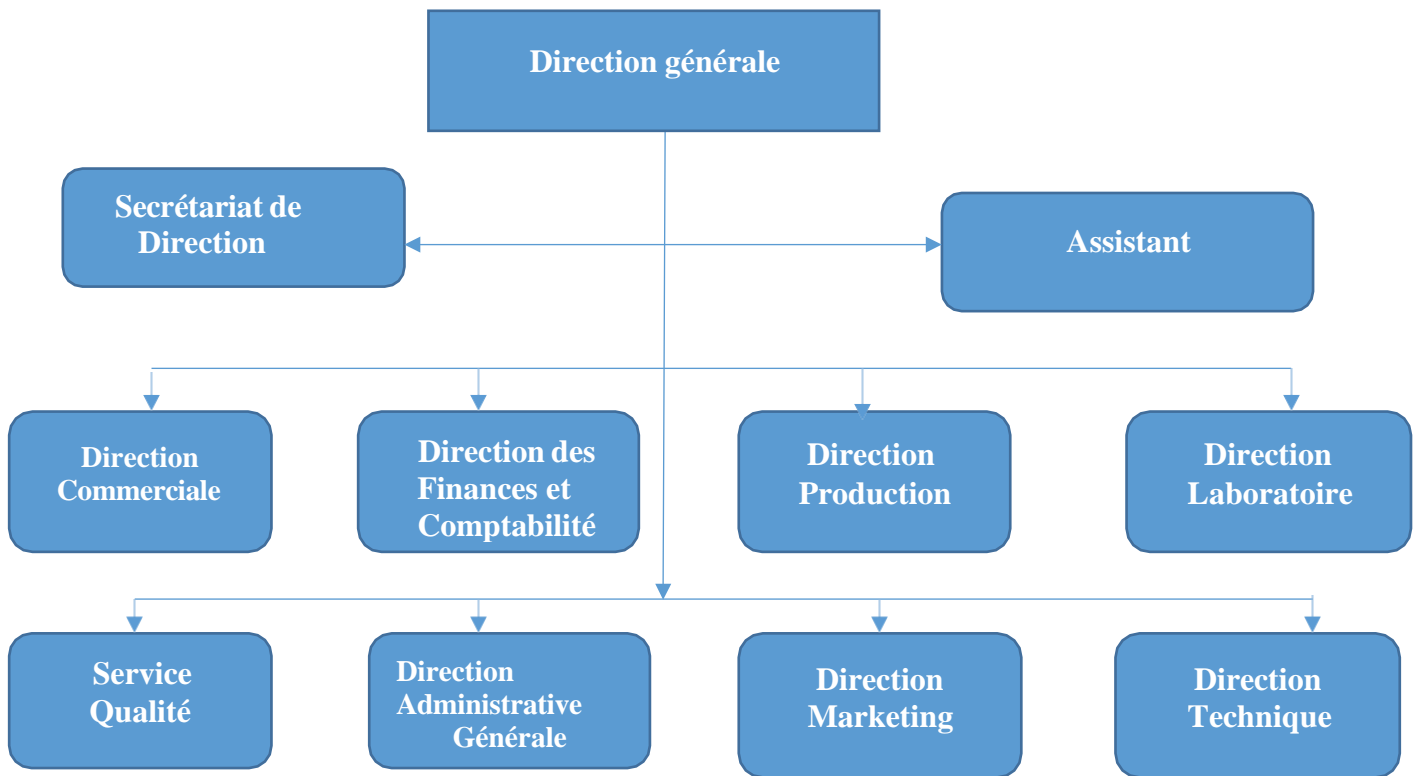
La laiterie est gérée par un PDG qui dirige les différents services incluant l'administration Générale, service technique et commercial.

L'unité fonctionne avec un effectif total de plus de 120 personnes entre cadres, agents de Maîtrise et ouvriers de production, 24/24 heures avec trois équipes de production :

- Première équipe, 5 heures du matin à 13 heures,
- Deuxième équipe, 13 heures à 21 heures,

Troisième équipe, 21 heures à 5 heures du matin.

- Direction commerciale.
- Direction administration générale.
- Direction finances et comptabilité.
- Direction marketing.
- Direction production.
- Direction maintenance.
- Direction laboratoire



**Figure 1 :** Organigramme de l'entreprise Tchén- Lait. / Candia



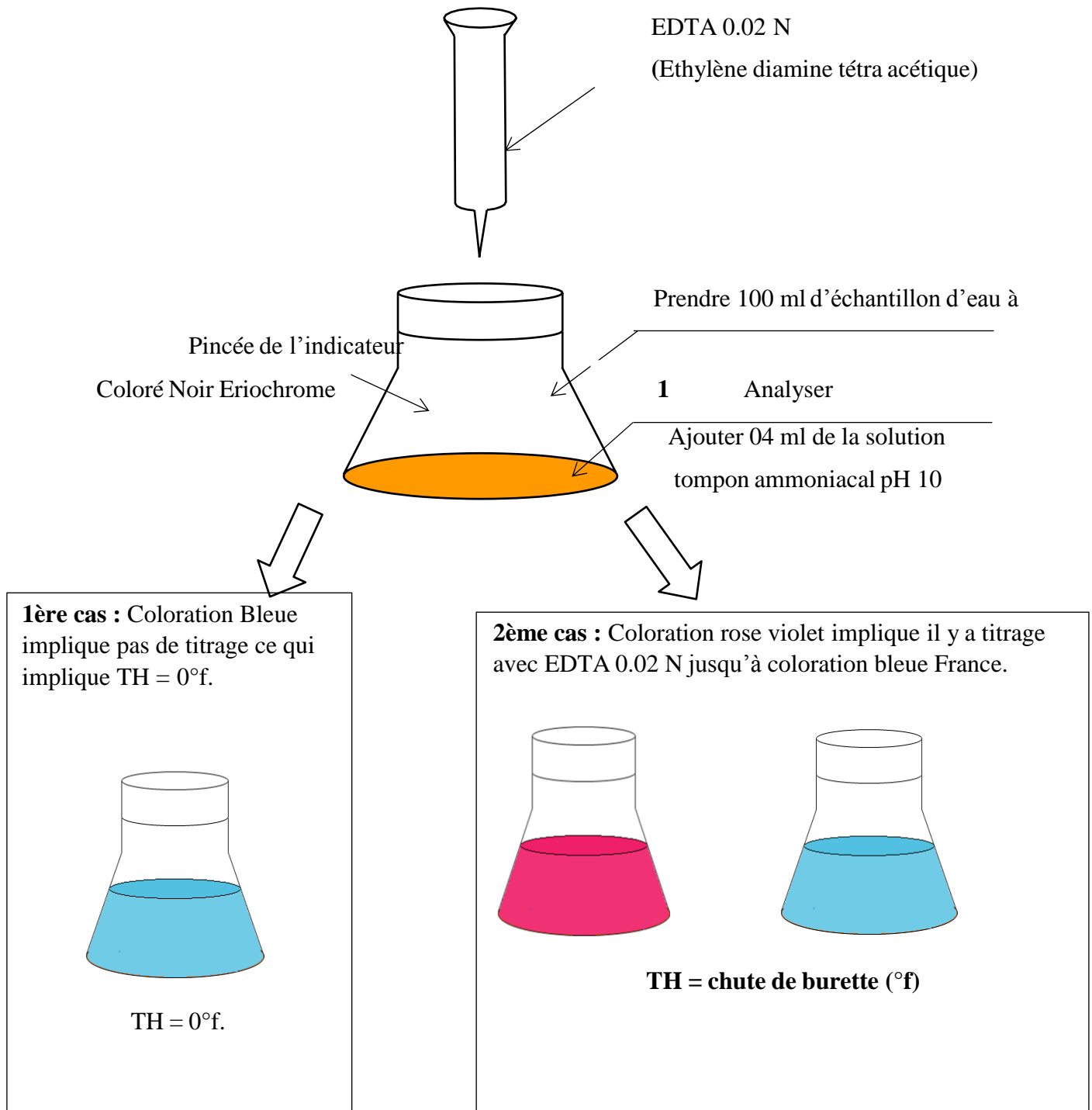
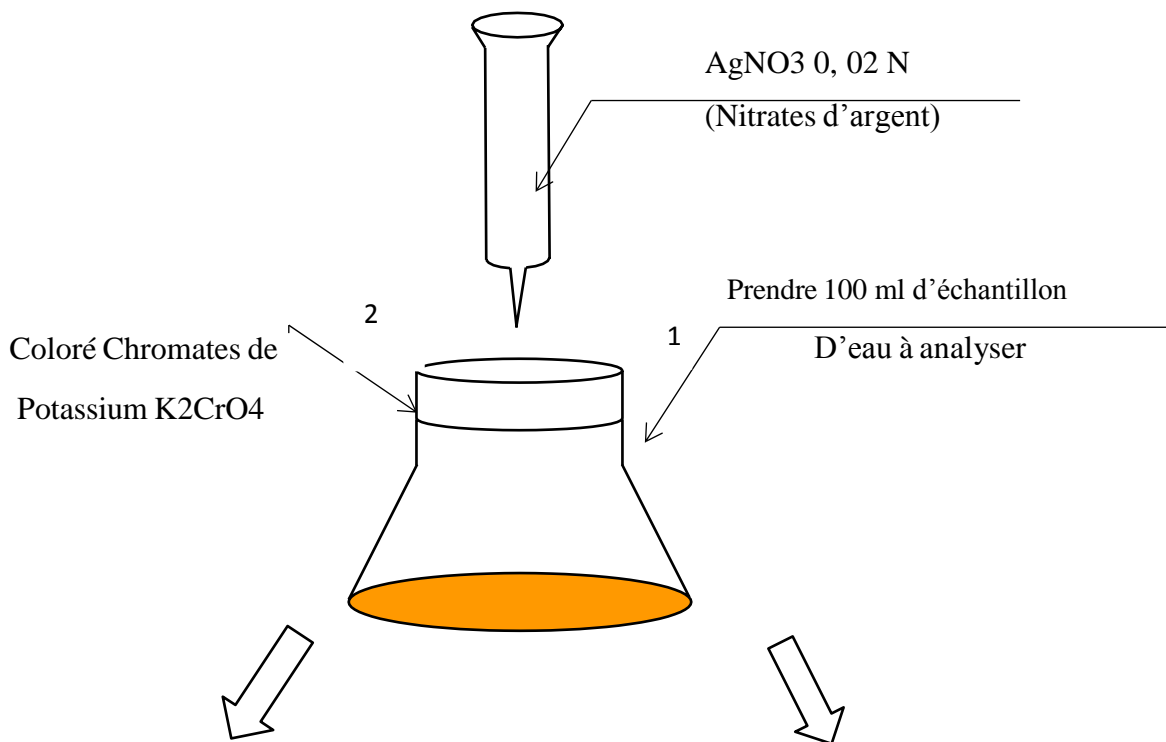


Figure 2 : Dosage du titre hydrotimétrique.




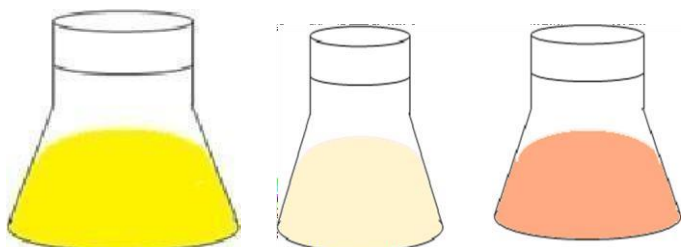
<p><b>1ère cas :</b> Coloration brune alors pas de titrage ce qui implique [Cl<sup>-</sup>] = 0 mg/l.</p>  <p>[Cl<sup>-</sup>] = 0mg/l</p>	<p><b>2ème cas :</b> Coloration Jaune implique il y a titrage avec AgNO<sub>3</sub> 0,02 N jusqu'à disparition de la coloration jaune citron et apparition teinte rouge brique caractéristique du Chromate d'argent.</p>  <p>[Cl<sup>-</sup>] = 7,1 x chute burette (mg/l)</p>
---	--

Figure 3 : Dosage des chlorures.

### **Résumé**

Notre travail avait pour objectif le suivi de la stabilité de la matière première utilisée au sein de l'unité Tchén-Lait/Candia pour la fabrication du lait UHT demi-écrémé.

Les résultats des analyses physico-chimiques de l'eau de reconstitution pH, TH, TA, TAC et Conductivité, et de la poudre de lait pH, acidité titrable, humidité, test de stabilité sont conformes aux normes de l'entreprise et aux normes Algériennes en vigueur.

En conclusion, les résultats obtenus mettent en évidence la bonne qualité du produit du point de vue hygiénique, technologique et organoleptique.

**Mots clés :** Analyse physico-chimiques – qualité – stabilité – conformité - lait UHT – lait demi-écrémé  
Poudre de lait - Milk powder

### **Abstract**

The objective of our work was to monitor the stability of the raw material used in the Tchén-Lait/Candia unit for the manufacture of semi-skimmed UHT milk.

The results of the physico-chemical analyses of the reconstitution water pH, TH, TA, TAC and Conductivity, and milk powder pH, titratable acidity, moisture, stability test are in accordance with company standards and Algerian standards in force.

In conclusion, the results show that the product is of good hygienic, technological and organoleptic quality.

**Key words:** physico-chemical analysis – quality – stability – compliance - UHT Milk – semi skimmed milk - Milk powder