

*République Algérienne Démocratique et Populaire*  
*Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique*  
Université A. MIRA - Béjaia

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
Département des Sciences Alimentaires  
Spécialité: Conservation des Aliments et Emballage



Réf :.....



Mémoire de Fin de Cycle  
En vue de l'obtention du diplôme

**MASTER**

*Thème*

Etude des propriétés physico-chimiques d'un produit laitier  
lors du processus de conservation de l'entreprise Tchén-lait  
Candia cas du lait UHT demi-écrémé

Présenté par :

**MECHAKRA Amina & YAHOU Fatma**

Soutenu le : **26/06/2023**

Devant le jury composé de :

Mme. RAHMANI Ouarda  
M. BOUDJOUAN Fares  
Mme. SLIMI Ouidette

Président  
Encadrant  
Examineur

**Année universitaire : 2022 / 2023**

# Remerciements

*Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à notre encadrant, **Boudjouan Fares**, pour son soutien précieux, son expertise et ses conseils tout au long de la réalisation de notre mémoire de fin d'étude. Sa patience, sa disponibilité et son implication ont été d'une aide inestimable pour mener à bien ce travail de recherche.*

*Nous souhaitons également exprimer notre gratitude à notre co-encadrant, **Bouchenoua Farouk**, pour sa collaboration et sa contribution active à notre projet. Ses idées novatrices, ses remarques constructives et sa disponibilité ont grandement enrichi notre réflexion et nos résultats.*

*Nous adressons également nos remerciements les plus chaleureux au **personnel de l'usine Candia** pour leur accueil, leur collaboration et leur soutien tout au long de notre recherche. Leur expertise et leur partage d'informations ont été essentiels pour la collecte de données et la compréhension approfondie du contexte industriel.*

*Enfin, nous tenons à exprimer notre profonde gratitude envers nos familles, nos amis et nos proches pour leur soutien constant, leurs encouragements et leur compréhension tout au long de nos études.*

***Amina et Fatma***

## *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail*

*A mes parents, qui n'ont jamais cessé, de formuler des prières à mon égard, de me soutenir et de m'épauler pour que je puisse atteindre mes objectifs*

*A ma mère, pour son amour, ses encouragements et ses sacrifices*

*A toi mon père, pour ton soutien, ton affection et la confiance que tu m'as accordé, que ce travail traduit ma gratitude*

*A mes chères sœurs AFAF et ses deux enfants ZIAD et BAYANE, ROFAIDA et sa petite fillette LOULOU et CHIFAA mon adorable sœurlette, qui m'avaient toujours soutenu et encouragé durant ces années d'études*

*A la mémoire de mon grand-père côté maternel ZAOUI Ammar*

*A toi mon grand-père MECHAKRA ABDELAZIZ, et mes chères grands-mères que dieu vous garde et vous donne une longue vie*

*A mon oncle MECHAKRA HACENE et ma tante qui m'ont accueilli ces dernières années*

*A mes cousines FARAH, HIBA, KHAWLA, AMANI et KOUNOUZ*

*A mes cousins SALAH et AZIZ*

*Je tiens à vous remercier pour votre soutien et l'amour que vous m'avez apporté.*

*A toutes ma grande famille MECHAKRA et ZAOUI qui m'a doté  
d'une éducation digne, son amour a fait de moi ce que je suis  
aujourd'hui*

*A mon docteur et encadrant BOUDJOUAN FARES qui m'a guidé,  
critiqué, et conseillé. Je ne vous oublierai jamais. Que dieu vous  
procure de la santé et plus de réussite.*

*A mes chères amies NOUR, CHAIMA, IKRAM, RANIA et ASMA  
que j'aime énormément et avec qui j'ai partagé les meilleurs souvenirs  
ainsi que d'autres émotionnelles. Que dieu nous garde toujours  
ensemble. Je vous souhaite que de la chance, du bonheur, de l'amour  
et de la prospérité dans vos vies.*

*Sans oublier ma chère binôme FATMA pour son soutien moral, son  
aide et support dans les difficiles, pour sa patience et compréhension  
tout au long de ce travail.*

*AMINA*

## Dédicaces

*Avec l'expression de ma reconnaissance et sincères mots que je dédie ce modeste travail*

*A ma chère mère **TOUNZIA**, à mon père **EL-MADJID** pour leur patience, leur amour, leur soutien et leur encouragement.*

*A mon chère frère **IDRIS**, ma sœur **THIZIRI**, son mari **HACENE** et ses deux enfants **ADEM** et **MOUHAMED AMINE** pour leur soutien moral et conseils précieux tout au long de mes études.*

*Un spéciale dédicace à ma chère **KAHINA**, son mari **MOULOUD** et ses enfants **ASMA**, **BRAHIM** et mon petit **MASSYL**, que je remercie énormément de m'avoir accueillie à tout moment et pour leur soutien et encouragement durant tout mon parcours universitaire.*

*A mon encadrant **Mr BOUDJOUAN FARES** qui ma guider, critiquer et conseiller, je ne vous oublierai jamais que dieu vous procure de la santé et plus de réussite.*

*A mes chères copines **KENZA** et **ZAINA** avec qui J'ai partagée des bons moments et à qui je souhaite le bonheur et la réussite dans leur vie.*

*A ma copine **LEITICIA** à qui je souhaite tout le bonheur et la réussite.*

*A toute ma famille qui m'ont encouragé durant mes études.*

*Sans oublier ma chère binôme **AMINA** pour son encouragement et son soutien moral et son aide et sa patience et compréhension tout au long de ce travail.*

**FATMA**

## Table des matières

*Remerciements*

*Dédicaces*

*Liste des Abréviations*

*Liste des Figures*

*Liste des Tableaux*

Introduction générale .....	1
Chapitre I Généralités .....	1
I.1 Généralités sur les emballages .....	2
I.1.1 Définition de l'emballage .....	2
I.1.2 Définition de l'emballage alimentaire.....	2
I.1.3 Types d'emballages alimentaires courants .....	3
I.1.4 Définition de l'emballage complexe cas de Tétra Pack.....	4
I.1.5 Matériaux d'emballage .....	5
I.1.6 Propriétés du polyéthylène .....	7
I.2 Généralités sur le lait stérilisé UHT.....	8
I.2.1 Définition du lait stérilisé UHT.....	8
I.2.2 Composition chimique du lait stérilisé UHT demi-écrémé .....	8
I.2.3 Diagramme de fabrication du lait UHT demi-écrémé.....	10
I.2.4 Conservation du lait par traitement thermique .....	11
I.2.5 Stabilité thermique du lait .....	11
I.3 Interactions entre l'emballage et le produit .....	11
I.3.1 Interaction entre le pH du contenu et le matériau du contenant .....	11
I.3.2 Interaction entre la température du contenu et le matériau du contenant .....	12
I.3.3 Interaction entre le contenu et le contenant .....	12
Chapitre II Matériel et Méthodes.....	2
II.1 Présentation du lieu du stage.....	13
II.2 Contrôle des emballages.....	13
II.2.1 Contrôle des emballages CBB .....	13
II.2.2 Contrôle des emballages Tetra pak.....	16
II.3 Echantillonnage.....	19
II.4 Analyses physico-chimiques.....	20
II.4.1 Analyseur de laboratoire Milko Scan FT3 .....	20
II.4.2 Mesure du pH .....	21
II.4.3 Mesure de l'acidité .....	22
II.4.4 Test Ramsdell .....	22

II.4.5	Test d'alcool .....	23
II.4.6	Test d'ébullition.....	23
II.4.7	Spectroscopie infrarouge .....	23
Chapitre III Résultats et Discussion .....		13
III.1	Résultats du contrôle des emballages .....	25
III.2	Caractéristiques organoleptiques .....	28
III.3	Interprétation des résultats d'analyses physico-chimique obtenus .....	29
III.4	Interprétation des résultats de l'ACP .....	47
Conclusion générale .....		51
<i>Références bibliographiques</i>		
<i>Annexes</i>		

## Liste des abréviations

<b>Abréviations</b>	<b>Significations</b>
<b>ACP</b>	Analyse en composantes principales
<b>CBB</b>	Combi Bloc
<b>ESD</b>	Extrait sec dégraissé
<b>EST</b>	Extrait sec total
<b>FDA</b>	Food and Drug Administration (Agence Fédérale américaine des produits alimentaires et médicaux.
<b>FTIR</b>	Fourier Transform Infra-Red Spectrometry (la spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier
<b>HDPE</b>	Polyéthylène à haute densité
<b>LDPE</b>	Polyéthylène à faible densité
<b>OMS</b>	Organisation Mondiale de la Santé
<b>PE</b>	Polyéthylène
<b>PET</b>	Polyéthylène Tetra phtalate
<b>pH</b>	Potentiel Hydrogène
<b>SL</b>	Soudure longitudinale
<b>SPA</b>	Société Par Action
<b>ST</b>	Soudure transversale
<b>TA</b>	Température ambiante
<b>TP</b>	Tetra Pak
<b>UHT</b>	Ultra Haute Température

## Liste des Figures

<b>Figure 1.</b> Structure schématique d'un emballage .....	6
<b>Figure 2.</b> Représentation semi-développée de la macromoléculaire du polyéthylène.....	7
<b>Figure 3.</b> Diagramme de fabrication du lait uht demi-écrémé au sein de l'entreprise Tchinalait Candia.....	10
<b>Figure 4.</b> Histogramme représentant les résultats d'analyses physico-chimique. ....	29
<b>Figure 5.</b> Spectres des films en PE de CBB à différentes conditions .....	33
<b>Figure 6.</b> Spectres des films en PE de TP à différentes conditions. ....	36
<b>Figure 7.</b> Spectres des échantillons du lait de CBB à différentes conditions. ....	39
<b>Figure 8.</b> Spectres des échantillons du lait de TP à différentes conditions.....	42
<b>Figure 9.</b> Cercle de corrélation. ....	47

## Liste des tableaux

<b>Tableau I.</b> Composition moyenne des différents types du lait uht g/l.....	9
<b>Tableau II.</b> Tableau représentant les informations concernant les différents échantillons analysés.....	20
<b>Tableau III.</b> Résultats des contrôles d’emballage CBB.....	25
<b>Tableau IV.</b> Résultats des contrôles d’emballage TP.....	27
<b>Tableau V</b> Position et identification de bandes caractéristiques observées par IR sur les films en polyéthylène de CBB .....	34
<b>Tableau VI.</b> Position et identification de bandes caractéristiques observées par IR sur le film en polyéthylène de TP.....	36
<b>Tableau VII.</b> Position et identification de bandes caractéristiques observées par IR sur les échantillons du lait de CBB.....	39
<b>Tableau VIII.</b> Position et identification de bandes caractéristiques observées par IR sur les échantillons du lait de TP.....	42
<b>Tableau IX.</b> Valeurs propres associées à chaque facteur de l'analyse en composantes principales (ACP).....	48
<b>Tableau X.</b> Cosinus carré des variables de l'analyse en composantes principales (ACP)..	49

### **Introduction générale**

Le secteur laitier occupe une place prépondérante dans l'industrie agroalimentaire, et l'étude approfondie des propriétés physico-chimiques des produits laitiers revêt une importance capitale. Parmi ces produits, le lait UHT (Ultra Haute Température) constitue une catégorie majeure en raison de sa longue durée de conservation et de sa popularité auprès des consommateurs [1].

Dans ce contexte, notre mémoire de fin d'étude se focalise sur l'analyse des propriétés physico-chimiques d'un produit laitier particulier, à savoir le lait UHT de la marque Candia. Ces analyses permettent de comprendre en profondeur la composition et les caractéristiques d'un produit laitier spécifique, ce qui est essentiel pour garantir sa qualité et répondre aux attentes des consommateurs.

L'analyse physico-chimique du lait UHT comprend l'évaluation de paramètres tels que la teneur en matière grasse, la teneur en protéines, le pH, l'acidité titrable, la teneur en lactose, et les caractéristiques de la matière solide non grasse. Ces paramètres permettent de comprendre la composition et les caractéristiques physiques du lait UHT [1].

L'emballage complexe utilisé pour le lait UHT joue un rôle crucial dans la protection contre les contaminants microbiens, l'oxygène, les rayons ultraviolets et d'autres facteurs environnementaux, contribuant ainsi à la qualité et à la sécurité du produit laitier [2].

L'objectif de notre travail c'est de savoir l'effet de la température sur les propriétés physico-chimiques du lait UHT lors de la conservation, et les facteurs influençant la stabilité et la qualité du lait, en essayant de répondre aux questions suivantes :

**Comment la température peut-elle influencer les propriétés physico-chimiques ainsi que la qualité et la stabilité du lait UHT lors du processus de conservation ?**

**Y aurait-il une interaction entre le contenu et le contenant ?**

Afin de mener cette étude de manière rigoureuse, nous nous appuyons sur des références scientifiques pertinentes dans le domaine de la technologie laitière, de la chimie alimentaire et de la microbiologie. Ces références nous permettront d'approfondir dans notre objectif et de situer notre recherche dans le contexte scientifique actuel.

En effet, cette étude vise à approfondir nos connaissances sur les propriétés physico-chimiques du lait UHT de la marque Tchik-lait Candia. En comprenant mieux les altérations qui se produisent lors de la conservation, nous pourrions contribuer à l'amélioration continue de la qualité du lait UHT et à la satisfaction des consommateurs.

# Chapitre I

**Généralités**

Ce chapitre vise à fournir une vue d'ensemble des aspects clés liés à l'emballage et le lait. Nous aborderons les différentes fonctions de l'emballage, les matériaux utilisés, ainsi que les considérations liées à la sécurité alimentaire et à la durée de conservation. Nous aborderons aussi les principes de base de la pasteurisation UHT et les différentes étapes du processus de traitement thermique.

## **I.1 Généralités sur les emballages**

### **I.1.1 Définition de l'emballage**

L'emballage est un contenant utilisé pour protéger, transporter et stocker des produits ou des biens. Selon le livre "Packaging Technology : Fundamentals, Materials, and Processes" de Emblem Et Per-Erik Kvande, l'emballage est défini comme « l'une des manières dont un produit est protégé et présenté, y compris les matériaux matériels, les machines, les activités et personnes » [3].

Ces matériaux ont des propriétés différentes qui leur permettent de remplir des fonctions spécifiques en termes de protection, de présentation et de transport des produits.

Par exemple, le carton est souvent utilisé pour les boîtes qui nécessitent une protection contre les chocs, tandis que le plastique est utilisé pour les produits qui nécessitent une protection contre l'humidité [4].

Selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS), l'emballage est défini comme « tout matériau ou objet destiné à contenir, protéger, manipuler, livrer et présenter des produits, notamment des matériaux utilisés pour l'emballage, les conteneurs de transport, les palettes, les enveloppes et tout autre matériau utilisé à cette fin » [5].

En résumé, l'emballage est un système de protection et de présentation pour des produits, comprenant des matériaux, des machines, des opérations et des personnes. L'emballage peut être réalisé avec différents matériaux, tels que le papier, le carton, le plastique, le métal, le verre, etc. L'emballage peut remplir différentes fonctions, telles que la protection physique des produits, la promotion du produit, la sécurité alimentaire, la traçabilité, etc. Cependant, il est important de concevoir des emballages durables et recyclables, qui minimisent leur impact environnemental.

### **I.1.2 Définition de l'emballage alimentaire**

L'emballage alimentaire est un type d'emballage utilisé pour protéger, conserver et transporter des aliments. Selon l'ouvrage "Food Packaging : Principles and Practice" de Gordon L. Robertson, l'emballage alimentaire est défini comme "tous les matériaux et

contenants qui sont utilisés pour emballer des aliments, y compris les emballages primaires, tels que les sachets et les boîtes, ainsi que les emballages secondaires, tels que les cartons de transport" [6].

L'emballage alimentaire doit remplir plusieurs fonctions, telles que la protection contre les contaminations microbiennes, la préservation de la fraîcheur et de la qualité des aliments, la facilitation de la distribution et du stockage, et la promotion du produit. Selon l'article « Food packaging » A review and future Outlook" de Subramanian Senthil Kumar et al. L'emballage alimentaire peut également avoir des fonctions supplémentaires, telles que la facilitation de l'ouverture et de la fermeture des contenants, l'indication de la fraîcheur des aliments, et la protection contre les dommages causés par la lumière, l'humidité, l'oxygène, les odeurs et les insectes [7].

Cependant, l'emballage alimentaire peut également avoir des impacts négatifs sur la sécurité alimentaire et l'environnement. Par conséquent, il est important de concevoir des emballages alimentaires sûrs et durables, qui minimisent leur impact environnemental. Selon une étude publiée dans le Journal of Food Science and Technology, la conception d'emballages alimentaires biodégradables peut contribuer à réduire les déchets et à améliorer la durabilité de l'emballage [8].

En résumé, l'emballage alimentaire est un type d'emballage utilisé pour protéger, conserver et transporter des aliments. L'emballage alimentaire doit remplir plusieurs fonctions, telles que la protection contre les contaminations microbiennes, la préservation de la fraîcheur et de la qualité des aliments, la facilitation de la distribution et du stockage, et la promotion du produit. Cependant, il est important de concevoir des emballages alimentaires sûrs et durables, qui minimisent leur impact environnemental.

### **I.1.3 Types d'emballages alimentaires courants**

#### **I.1.3.1 Emballages en papier**

Les emballages en papier sont couramment utilisés pour emballer des aliments secs tels que des sandwichs et des biscuits. Selon une étude publiée dans le Journal of Packaging Technology and Research, les emballages en papier sont des emballages durables et écologiques qui peuvent être fabriqués à partir de matériaux recyclés [9].

Cependant, ils peuvent contenir des traces de produits chimiques tels que les phtalates et les métaux lourds. Il est important de vérifier les symboles de recyclage sur l'emballage et de suivre les instructions de stockage pour éviter la contamination alimentaire [10].

#### **I.1.3.2 Emballages en plastique**

Les emballages en plastique sont couramment utilisés pour emballer des aliments tels que

des fruits et légumes, des viandes et des produits laitiers. Selon une étude publiée dans le *Journal of Food Science and Technology*, les emballages en plastique offrent une protection contre les contaminants microbiens et chimiques et peuvent aider à prolonger la durée de conservation des aliments [11].

Cependant, certains types de plastiques peuvent contenir des produits chimiques nocifs, comme les phtalates et les bisphénols. Il est important de vérifier les symboles de recyclage sur l'emballage et de suivre les instructions de stockage pour éviter la contamination alimentaire [12].

#### **I.1.3.3 Emballages en verre**

Les emballages en verre sont couramment utilisés pour emballer des aliments tels que des sauces et des conserves. Selon une étude publiée dans le *Journal of Food Protection*, les emballages en verre offrent une excellente barrière contre les contaminants microbiens et chimiques, mais peuvent être coûteux à produire et à transporter [13].

Cependant, ils sont plus fragiles que les autres types d'emballages et peuvent se briser facilement [14].

#### **I.1.3.4 Emballages en métal**

Les emballages en métal sont couramment utilisés pour les aliments en conserve, les boissons et les collations. Ils sont généralement considérés comme sûrs car ils ne libèrent pas de produits chimiques dans les aliments. Cependant, il est important de vérifier les symboles de recyclage sur l'emballage et de suivre les instructions de stockage pour éviter la corrosion [15].

### **I.1.4 Définition de l'emballage complexe cas de Tétra Pack**

L'emballage complexe alimentaire est un type d'emballage qui est utilisé pour contenir des aliments et qui est composé de plusieurs couches de matériaux différents, tels que le papier, le plastique, l'aluminium, etc. Chacune ayant des propriétés spécifiques pour répondre aux besoins spécifiques du produit alimentaire qu'il contient. Les emballages alimentaires complexes peuvent être utilisés pour différents types de produits alimentaires, tels que les aliments secs, les produits frais, les produits laitiers, les boissons, etc.

Les matériaux utilisés dans les complexes d'emballages alimentaires peuvent inclure des films plastiques, des feuilles d'aluminium, des revêtements de vernis et des adhésifs. Chaque couche peut offrir une protection contre des facteurs spécifiques, tels que l'humidité, l'oxygène, la lumière, les odeurs et les bactéries. Par exemple, une couche de film plastique peut être utilisée pour fournir une barrière contre l'humidité, tandis qu'une couche d'aluminium peut offrir une barrière contre l'oxygène.

Les emballages alimentaires complexes peuvent également inclure des absorbeurs d'oxygène et des absorbeurs d'humidité pour aider à préserver la qualité et la durée de conservation des aliments. Ces absorbeurs sont conçus pour éliminer l'oxygène ou l'humidité de l'emballage, ce qui peut réduire la croissance des bactéries et prolonger la durée de conservation des aliments [16].

Tétra Pak est une marque d'emballages alimentaires qui utilise du carton laminé pour stocker et transporter les aliments. Il est composé de plusieurs couches de carton, de polymère et d'aluminium, formant ainsi une barrière protectrice contre l'oxygène, la lumière, l'humidité et les bactéries. Principalement utilisé pour emballer le lait, les jus de fruits, le lait de soja et d'autres boissons.

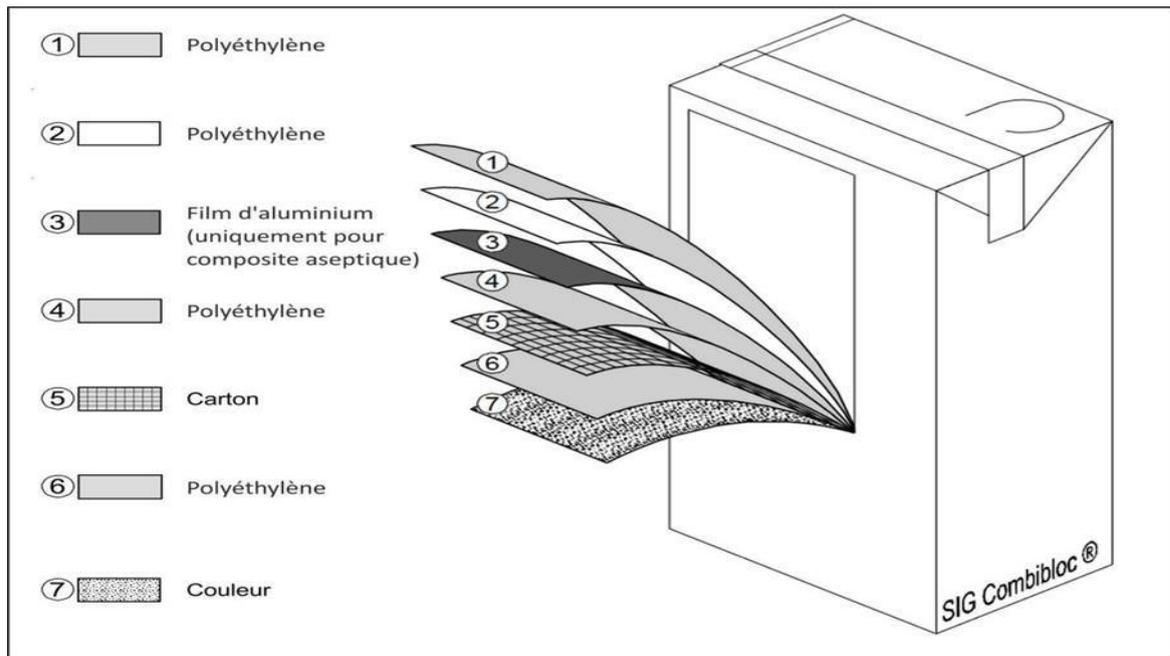
Selon une étude publiée dans le Journal of Food Science and Technology, les emballages Tetra Pak offrent une excellente protection contre les facteurs externes qui peuvent affecter la qualité des aliments et prolonger la durée de conservation. De plus, ils sont durables et recyclables, ce qui en fait une option respectueuse de l'environnement [17-19].

L'emballage alimentaire complexe peut aider à protéger les nutriments des aliments contre les facteurs externes qui peuvent les dégrader. Selon une étude publiée dans le Journal of Food Science and Technology, l'emballage complexe a permis de préserver la teneur en vitamine C des jus de fruits pendant le stockage [20].

L'emballage alimentaire complexe peut améliorer l'apparence et la présentation des aliments. Selon une étude publiée dans le Journal of Packaging Technology and Research, l'utilisation d'un emballage complexe a amélioré la présentation de la viande fraîche et a augmenté la satisfaction des consommateurs [21].

### **1.1.5 Matériaux d'emballage**

Conformément aux normes en vigueur, tous les matériaux utilisés pour l'emballage dans les remplisseuses de produits conditionnés, l'emballage n'est pas constitué d'un seul matériau, mais de plusieurs composants. C'est ce qu'on appelle un matériau d'emballage composite parce que les propriétés de tous les composants individuels lui confèrent une identité commune. Les matériaux composites utilisés pour l'emballage comprennent environ 70% carton comme il représenté dans la **figure 1** [22].



**Figure 1.** Structure schématique d'un emballage.

#### Rôle des différentes couches

- Encre d'imprimerie. utilisée pour l'impression et l'emballage.
- Polyéthylène externe (PE). utilisé pour protéger l'extérieur de l'emballage de l'humidité et de la vapeur d'eau.
- Carton. C'est le support rigide qui donne à l'emballage sa forme, sa stabilité et sa résistance et le rend apte au transport.
- Polyéthylène laminé (PE). Dans un sandwich, il fait adhérer le carton à l'aluminium.
- Feuille d'aluminium. le rôle le plus important est de protéger contre la lumière, les gaz et comme barrière contre la diffusion et les odeurs
- Adhésif (PE). améliore l'adhérence entre l'aluminium et le revêtement interne et évite le délaminage des différentes couches
- Polyéthylène interne (PE). utilisé pour empêcher la pénétration d'humidité à travers le carton et le matériau de soudure pour sceller les joints supérieurs, inférieurs et longitudinaux.

Le véritable support de l'emballage est le carton. Il confère de la rigidité à l'emballage, le rend maniable et lui donne de la stabilité, et grâce à sa capacité à se plier, il permet la mise en forme de l'emballage. Le carton doit répondre à de nombreuses exigences particulières qui ne sont pas facilement compatibles [23].

### I.1.6 Propriétés du polyéthylène

Le polyéthylène est un polymère thermoplastique largement utilisé dans de nombreuses applications tel que la production de films d'emballage alimentaire, de sacs en plastique, de bouteilles, de récipients de stockage, de vaisselle jetable, etc en raison de ses propriétés intéressantes.

Le polyéthylène de qualité alimentaire est une variante spéciale du polyéthylène (figure 2). Il est utilisé pour les applications en contact direct avec les aliments, comme le cas de l'emballage alimentaire Tetra Pak.

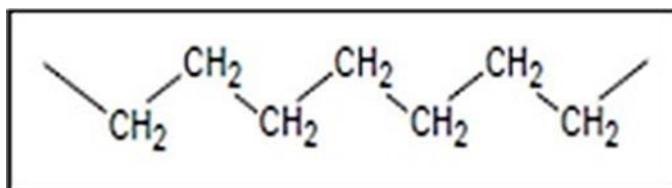


Figure 2. Représentation semi-développée de la macromolécule du polyéthylène.

- **Normes réglementaires**

Le polyéthylène alimentaire doit répondre aux normes et réglementations de sécurité alimentaire établies par les organismes de réglementation compétents. Par exemple, aux États-Unis, la Food and Drug Administration (FDA) réglemente les matériaux en contact avec les aliments, y compris le polyéthylène [24].

- **Inertie chimique**

Le polyéthylène alimentaire est connu par son haut degré d'inertie chimique. Cela signifie qu'il résiste à la corrosion et ne réagit pas avec les aliments ou les substances contenues dans les aliments. Cela en fait un matériau sûr pour le stockage et le transport des aliments [25].

- **Stabilité thermique**

Le polyéthylène alimentaire a une excellente stabilité thermique et peut résister à des températures élevées sans dégrader ni transférer de substances indésirables aux aliments [26].

- **Hygiène et facilité de nettoyage**

Le polyéthylène de qualité alimentaire est facile à nettoyer et à entretenir, essentiel pour maintenir des conditions d'hygiène lors de la manipulation et du stockage des aliments [27].

## **I.2 Généralités sur le lait stérilisé UHT**

### **I.2.1 Définition du lait stérilisé UHT**

Le lait uht (lait ultra-haute-température), un lait qui subit un traitement thermique intense pendant une courte période (environ 1 à 6 seconde) à une température très élevée (environ 135-150°C) [28].

Ensuite refroidis à une température ambiante puis emballer d'une manière aseptique dans des emballages opaques stérile ou les stockés à l'abri de la lumière. Ce traitement peut s'applique en mode indirecte ou en mode directe.

Sa durée de conservation limite est de 90 jours à une température ambiante sans ouverture de l'emballage [29].

Cette durée est imposée pour prévenir les instabilités physicochimiques résultant de la floculation, de la gélification ou de la précipitation causées par la dégradation progressive des caséines par plasmine résiduelle ou par des protéases microbiennes thermorésistante [28].

Ce traitement thermique permet la destruction de tous microorganismes pathogènes et de toxines qui pourraient avoir un impact sur la santé du consommateur [30].

Il s'agit aussi de procéder à la neutralisation des enzymes indésirables, tout en préservant la qualité nutritionnelle (notamment des vitamines et des protéines) ainsi que la qualité organoleptique, en évitant tout brunissement, faux goût, séparation des phases ou altération de la texture des émulsions [31].

### **I.2.2 Composition chimique du lait stérilisé UHT demi-écrémé**

Les différents types de lait UHT ont la même composition chimique ce qui diffère est le taux de matière grasse et de l'extrait sec total (**Tableau I**).

La teneur en matières grasse pour le lait est

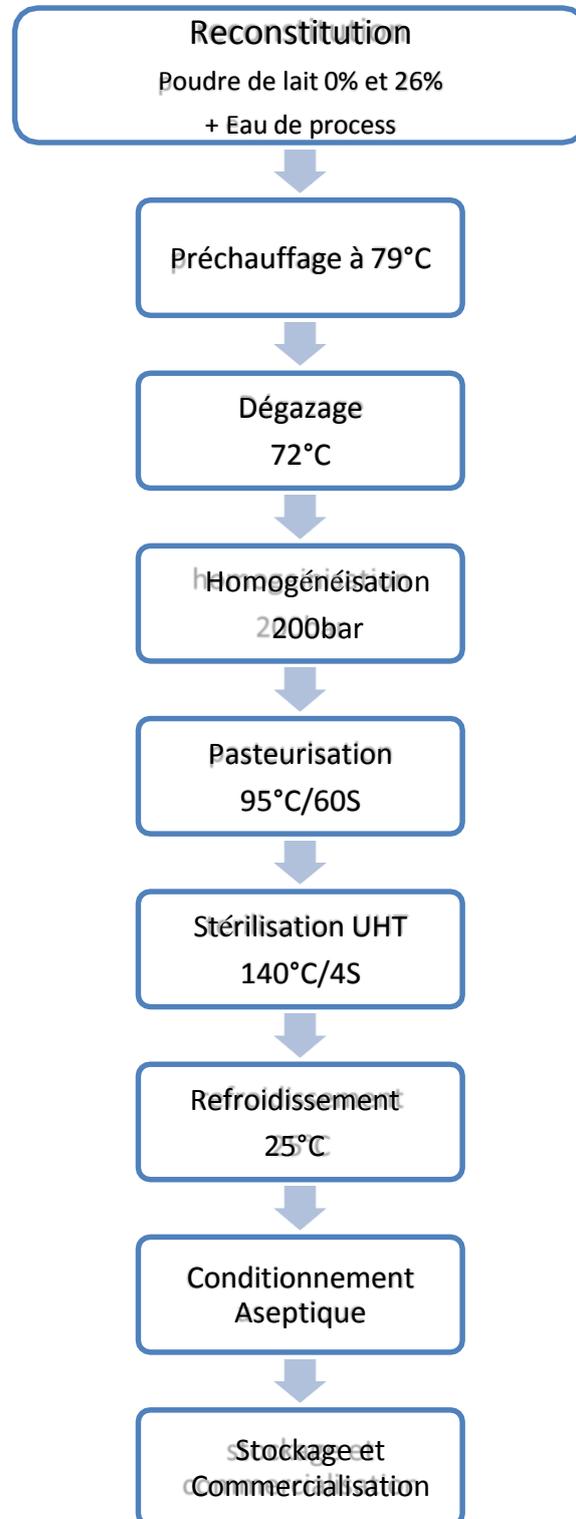
- Le lait stérilisé UHT demi-écrémé : 1.5% à 2% (15 gramme a 20 gramme de matière grasse par litre du lait)
- Le lait stérilisé UHT écrémé : 0.15% ou au plus (1.5 gramme de matière grasse par litre du lait)
- Le lait stérilisé UHT entier : 2.8 % au minimum (28 gramme de matiere grasse par litre du lait) [29].

**Tableau I.** Composition moyenne des différents types du lait UHT g/l.

<b>Constituants</b>	<b>Lait entier</b>	<b>Lait demi-écrémé</b>	<b>Lait écrémé</b>
Eau	878	896	910
EST	122	164	90
Protéine	31.9	31.9	32.9
lipides	35.4	15.4	2
glucides	44.7	45.3	45.4

### I.2.3 Diagramme de fabrication du lait UHT demi-écrémé

La figure 3 représente le Diagramme de fabrication du lait uht demi-écrémé au sein de l'entreprise Tchir-lait Candia.



**Figure 3.** Diagramme de fabrication du lait uht demi-écrémé au sein de l'entreprise Tchir-lait Candia.

### **I.2.4 Conservation du lait par traitement thermique**

La conservation par traitement thermique a pour but d'améliorer la durabilité du lait et de maintenir sa qualité plus longtemps possible en limitant ou évitant tout mécanisme de dégradation.

#### **I.2.4.1 Traitement de pasteurisation**

Un traitement thermique a une température qui varie entre 70°C ET 100°C [32].

Ce traitement vise la destruction de la flore microbienne présente dans le lait et ne permet pas la destruction des micro-organismes sporulés [33].

#### **I.2.4.2 Traitement de stérilisation**

Ce traitement thermique vise la destruction totale de tout micro-organisme, la destruction des spores [34]. En exposant le produit a une température supérieure à 100°C [32].

Son principe est de chauffer à une température élevée avec une courte durée. Plus la température est élevée plus le temps est court [31].

### **I.2.5 Stabilité thermique du lait**

Les caractéristiques physico-chimiques du lait sont principalement le résultat d'un ensemble complexe d'équilibres présents dans le lait. Ces équilibres englobent la solubilité et l'ionisation des sels, les interactions des sels avec les protéines, ainsi que l'association des protéines. La température exerce une forte influence sur tous ces équilibres, ce qui entraîne des modifications des propriétés du lait lorsqu'il est chauffé. Cependant, de nombreux facteurs supposés contribuer à la stabilité thermique du lait ne peuvent pas être directement mesurés à des températures élevées, notamment aux températures habituellement utilisées pour évaluer la stabilité thermique du lait. Quelques exceptions notables incluent les mesures de turbidité, qui indiquent que l'intensité de diffusion de la lumière est maintenue à des températures élevées. Dans la plupart des cas, cependant, les mécanismes de la stabilité thermique du lait doivent être déduits par extrapolation des changements observés à différentes températures, ou en comparant des échantillons avant et après traitement thermique [35].

## **I.3 Interactions entre l'emballage et le produit**

Les interactions entre le contenu et le contenant alimentaire peuvent avoir des effets sur la qualité, la sécurité et les propriétés organoleptiques des aliments.

### **I.3.1 Interaction entre le pH du contenu et le matériau du contenant**

Le pH élevé de certains aliments, tels que les aliments acides, peut entraîner la migration de substances du contenant dans les aliments, ce qui peut affecter la qualité et la sécurité des

aliments [35]. Par exemple, des études ont montré que des canettes en aluminium peuvent libérer de l'aluminium dans les boissons acides, ce qui peut avoir des effets toxiques sur la santé humaine [36].

### **I.3.2 Interaction entre la température du contenu et le matériau du contenant**

La température élevée des aliments peut également entraîner la migration de substances du contenant dans les aliments. Par exemple, des études ont montré que les bouteilles en PET peuvent libérer du bisphénol A (BPA) dans les boissons chaudes, ce qui peut avoir des effets négatifs sur la santé humaine [37].

### **I.3.3 Interaction entre le contenu et le contenant**

Certains revêtements de conteneurs alimentaires peuvent interagir avec les aliments pour améliorer leur qualité et leur durée de conservation. Par exemple, des études ont montré que les films de chitosane peuvent être utilisés pour prolonger la durée de conservation des fruits frais [38].

Certains revêtements de l'emballage peuvent également être utilisés pour protéger les aliments contre les contaminants microbiens et les altérations physiques. Par exemple, des études ont montré que les emballages contenant des huiles essentielles peuvent inhiber la croissance des bactéries et prolonger la durée de conservation des aliments [39].

# Chapitre II

## Matériel et méthodes

Dans cette partie seront présentées les différentes méthodes utilisées pour la réalisation des tests effectués à savoir le contrôle des emballages et les analyses physico-chimique sur le lait stérilisé UHT.

### **II.1 Présentation du lieu du stage**

Notre stage a été effectué au sein du TCHIN LAIT, qui est créé le 17 aout 1999, une société de droit algérien, constituée juridiquement sous forme de SARL.

Mr FAWZI BERKATI Fondateur de la société, avec 90% des parts sociales a été désigné Gérant.

Le groupe TCHIN LAIT possède son siège social dans le tissu urbain de Bejaia, à Bir Slam et se répartit géographiquement comme suit

SPA TCHIN LAIT regroupent les trois sites de production localisés respectivement à

- BEJAIA. RN N°12 Bir Slam.
- ALGER. Zone d'activité haouch El Amirate, BARAKI.
- SETIF. zone industrielle, Lotissement 163 [40].

### **II.2 Contrôle des emballages**

Le contrôle des emballages a pour but de vérifier l'étanchéité des emballages, nécessaire à la protection sur et pérenne des produits emballés. Il s'assure également que l'emballage a le poids, le volume requis et qu'il est conforme à la réglementation [41].

#### **II.2.1 Contrôle des emballages CBB**

##### **I.2.1.1 Contrôle du poids de la brique**

###### **➤ But du contrôle**

Le contrôle du poids est nécessaire pour maintenir constant le poids de remplissage dans l'emballage.

###### **➤ Mode opératoire**

- Enlever 5 briques de chaque voie (4 voies).
- Peser les 5 briques à la une et tarer après chaque pesée d'une brique, puis faire la moyenne des résultats obtenus.
- Si le résultat obtenu est entre 1053 gramme-1063 gramme, le volume de remplissage est constant.

➤ **Intervalles de contrôle**

- Au début de la production.
- Chaque une heure de production.
- Après un changement de produit.
- Après les travaux de réparation et de maintenance.

**I.2.1.2 Contrôle d'activation de l'étui**

➤ **But du contrôle**

Grace au test d'activation, des actions correctives et préventives peuvent être prise pour éviter d'éventuelle fuite au fond de l'étui. En contrôlant la modification de la limite d'activation, le chauffage de la zone d'activation.

➤ **Mode opératoire**

- Régler la zone de chauffage des fonds a une température ambiante.
- 1 étui par voie est aspiré.
- Enlever prudemment les 4 étuis activés.
- ouvrir les étuis en les coupant au long de la ligne.
- Placer le filtre de polarisation à l'intérieur de l'étui sur la zone activé.
- Les zones actives présentent une coloration différente sous le filtre de polarisation.
- Vérifier la visibilité des points de références sur le fond (**figure 3, annexe 04**).

➤ **Intervalles du contrôle**

- Au début de la production.
- En cas de changement de produit, de décor ou de palette lors d'un changement de jour de fabrication au niveau de l'identification du carton.
- En cas de changement de palette sans changement de jour de fabrication au niveau de l'identification du carton.
- Après les travaux de réparation et de maintenance.

**I.2.1.3 Contrôle visuel de l'extérieur de l'emballage**

➤ **But du contrôle**

- Il permet la vérification rapide de la mise en forme du fond et du sommet.
- L'identification des anomalies liée au scellage du fond, des sommets et des languettes et également dans l'apparence extérieure de l'emballage.

➤ **Mode opératoire**

Contrôler l'aspect général de l'emballage en vérifiant

- l'absence ou la présence de tous endommagements mécaniques et de la déformation.

- le soudage des fond, le long des arrêtes du fond.
- le pliage des sommets, le scellage suffisant et correct des languettes du sommet.
- la présence ou l'absence d'erreur du codage de l'emballage.
- un départ positif du sommet de 0 à 2 millimètre, un départ positif du fond de 0 à 2 millimètre.

➤ **Intervalles du contrôle**

- Au début de la production, pendant la production, toutes les heures.
- Lors d'un changement de produit, de décor ou après un changement de palette.
- Après les travaux de réparation et de maintenance.

#### **I.2.1.4 Test d'arrachement et contrôle d'épreuve d'activation**

➤ **But du contrôle**

Le contrôle de la soudure du fond et du sommet, permet une évaluation rapide de leur qualité. Par conséquent la formation d'un passage peut être détectée d'une manière fiable.

➤ **Mode opératoire**

- Prendre 1 brique par voie. Pour l'ouvrir couper 3 côtés de l'emballage légèrement au-dessus du fond de chaque côté de l'axe longitudinale du joint puis vider le contenu.
- Ensuite aplatir le sommet et couper l'emballage à l'ongle opposé au joint longitudinal jusqu'à la soudure.
- Séparer lentement la soudure de l'intérieur vers l'extérieur sur toute la longueur de la gaine, et faire passer le filtre de polarisation tout au long du sommet.
- Pour vérifier la fonte lumineuse et le bec verseur dans la soudure, l'échantillon est exposé à une source lumineuse suffisante.
- Vérifier la couche de PE du joint soudée avec le doigt.
- contrôler l'épreuve d'activation du fond l'aide du filtre de polarisation en basant sur l'apparition des points de références et les zones actives (**figure 5, annexe 04**).
- Déchirer le fond d'emballage prudemment de l'intérieur vers l'extérieur ensuite ouvrir le fond en face du joint angulaire et le déplier pour évaluer les zones soudée (**figure 4, annexe 04**).

➤ **Intervalles du contrôle**

- Au début de la production, pendant la production, toutes les heures.
- En cas de changement de produit, de décor ou de palette, lors d'un changement de jour de fabrication au niveau de l'identification du carton.
- Après les travaux de réparation et de maintenance.

**I.2.1.5 Test pyramide****➤ But de test**

- contrôler les éventuelles fuites.
- Empilez les briques en forme de pyramide issues de 04 voies ou juste de la voie incriminée (**Figure 6, annexe 04**).

**➤ Intervalle du contrôle**

- Début de production.
- Changement de palette.
- Après les travaux de réparation et de maintenance.

**I.2.1.6 Contrôle de l'étanchéité par le test à l'encre (Rotamine)****➤ But du contrôle**

Le test permet la détection des défauts au niveau de la remplisseuse et du matériau d'emballage. Il peut être effectué que après la réussite des toutes les autres mesures de contrôle.

**➤ Mode opératoire**

- Prendre 6 briques par voie (au total 24 briques).
- Couper prudemment l'emballage au milieu.
- vider et rincer les deux moitiés à l'eau.
- Après le séchage des briks verser l'encre dans les deux cotés en couvrant le fond des deux moitiés (**figure 7, annexe 04**). Laisser le liquide agir pendant 30 minutes.
- Contrôler les emballages s'ils n'absorbent pas la couleur.

**➤ Intervalles du contrôle**

- Au début de la production.
- pendant la production, toutes les deux heures.
- Lors d'un changement de produit, de décor ou de palette.
- Après les travaux de réparation et de maintenance.
- lors d'un changement du jour de fabrication ou lorsque les conditions de stockage de la nouvelle palette sont différentes des conditions normales prédéfinies.

**II.2.2 Contrôle des emballages Tetra pak****II.2.2.1 Contrôle du poids de la brique****➤ But du contrôle**

Le contrôle du poids est nécessaire pour maintenir constant le poids de remplissage dans l'emballage [42].

➤ **Mode opératoire**

- Enlever 10 briques, puis peser les emballages et noter leur poids et l'écart du poids.
- Si le résultat obtenu pour une brique de 1 litre est entre 1054 gramme – 1064 gramme, le volume de remplissage est constant.

➤ **Intervalle du contrôle**

- Au démarrage de la production.

**II.2.2.2 Contrôle visuel de l'extérieur de l'emballage**

➤ **But du contrôle**

Contrôler visuellement la présence de la date de production sur l'emballage (**figure 8, annexe 04**).

➤ **Intervalle du contrôle**

- Au démarrage de la production.

**II.2.2.3 Contrôle de la soudure des cornes**

➤ **But du contrôle**

Vérifier l'efficacité de la soudure des cornes

➤ **Mode opératoire**

Déplier les cornes(**figure 9,annexe 04**) et vérifier visuellement la soudure.

➤ **Intervalle de contrôle**

- Au démarrage de la production.

**II.2.2.4 Contrôle de la soudure transversale**

➤ **But du contrôle**

Evaluer la qualité de la soudure transversale et l'efficacité de fonctionnement de la remplisseuse.

➤ **Mode opératoire**

- Couper une bande d'échantillon d'une longueur de 25 mm du baset du haut de l'emballage portant la soudure transversale. Laver les échantillons et les sécher.
- Découper 1 mm au maximum de chaque cote de l'échantillon d'emballage a un angle de 90° par rapport à la soudure transversale.
- Introduire les bords de l'échantillon dans les mâchoires de préhension de la pince à étirer
- Presser les poignes pour attirer la soudure et continuer l'étirement tout au long de l'échantillon (**figure 12, annexe 04**).
- Observer l'étirement et la rupture de la zone de soudure.

➤ **Intervalle du contrôle**

- Au démarrage de la production.
- Après raccord de matériau et remise en marche après arrêt.

**II.2.2.5 Contrôle de la surface de l’emballage et de l’application du film sur la soudure longitudinale**

➤ **But du contrôle**

Vérifier l’absence d’anomalie sur la surface intérieure et extérieure et la position du film sur la soudure longitudinale

➤ **Mode opératoire**

- Couper deux coins opposés de l’emballage et vider le contenu.
- Couper transversalement, du coin découpé inférieur au coin opposé le panneau avant de l’emballage.
- Décoller la soudure transversale et ouvrir l’emballage.
- Vérifier l’absence des rayures sur la surface intérieure et extérieure de l’emballage qui peuvent provoquer des problèmes d’intégrité de l’emballage.
- Vérifier la présence d’un canal d’air au centre de la soudure et vérifier que le film est centré sur la soudure.
- Tirer lentement environ 20 mm du film vers l’extérieur à un angle de 90° (**figure 10, annexe 04**) et continuer au long de toute la soudure longitudinale et évaluer le relâchement du film en PE.

➤ **Intervalle du contrôle**

- Au démarrage de production

**II.2.2.6 Contrôle de la soudure longitudinale par injection de l’encre rouge**

➤ **But du contrôle**

Vérifier l’absence de fuite dans le canal d’air afin d’évaluer l’efficacité de la soudure longitudinale.

➤ **Mode opératoire**

- Couper deux coins opposés de l’emballage et vider le contenu.
- Couper transversalement, du coin découpé inférieur au coin opposé le panneau avant de l’emballage.
- Décoller la soudure transversale et ouvrir l’emballage.
- Préparer de l’encre rouge dans une seringue et placer son aiguille dans le canal d’air de la soudure longitudinale et injecter l’encre dans le canal (**figure 11, annexe 04**).

➤ **Intervalle du contrôle**

- Au démarrage de production

**II.2.2.7 Contrôle de l’emballage au laboratoire (test pouchon)**

➤ **But du contrôle**

Vérifier l’absence de fuites au niveau de la soudure transversale.

➤ **Mode opératoire**

- Enlever une brique par hachoir et numéroté de 1 à 10.
- Couper environ 25 mm du fond et du sommet de chaque brik qui porte les deux soudures transversales. Numéroté l’intérieur du fond et du sommet de chaque échantillon par le numéro du hachoir. Obtenir 20 échantillons.
- enlever manuellement Les couches extérieures des échantillons.
- La couche d’aluminium et du polyéthylène son rester.
- Emerger les échantillons dans récipient contenant une solution de soude à une concentration de 15%.
- Mettre le récipient contenant la solution et les échantillons dans un bain marie pendant 3 heure jusqu’à la dissolution totale de la couche d’aluminium.
- Rincer les couches de polyéthylène restant et injecter de l’ancre rouge à l’aide d’une seringue tout au long de la soudure transversale.
- Vérifier l’absence d’éventuelle fuite.

➤ **Intervalle du contrôle**

- Au démarrage de production

**II.3 Echantillonnage**

La stabilité du lait est importante pour de nombreuses applications industrielles et commerciales, car une stabilité peut affecter la qualité des produits laitiers. C’est pour cela, on a effectué des tests physico- chimiques pour confirmer cette stabilité.

Un total de huit (08) échantillons (briques) ont été prélevé, avec une répartition de quatre (04) échantillons par type d’emballage (04 tetra pak (TP), 04 combi bloc (CBB)) .

06 échantillons prélevés repartie comme suite Chaque paire d’échantillons, composée de deux types d’emballage différents, ont été soumise à des températures distinctes (6°C, 20°C, 44°C), pendant 15 jours, et deux autres échantillons sont prélever et analysé directement le jour d’analyses des échantillons cite précédemment. Le **Tableau II** suivant présente les informations relatives à l’ensemble des échantillons qui seront analyses.

**Tableau II.** Tableau représentant les informations concernant les différents échantillons analysés

<b>Température</b>	<b>20°C, 6°C, 44°C</b>	
<b>Type d'emballage</b>	<b>CCB</b>	<b>TP</b>
<b>Date de fabrication de la brique</b>	29/03/2023	29/03/2023
<b>Date d'expiration</b>	26/06/2023	26/06/2023
<b>N° de lot</b>	H-95357	E-95291
<b>Lait du 11/04/2023</b>		
<b>Type d'emballage</b>	<b>CCB</b>	<b>TP</b>
<b>Date de fabrication de la brique</b>	11/04/2023	11/04/2023
<b>Date d'expiration</b>	07/09/2023	07/09/2023
<b>N° de lot</b>	F-95952	E-95950

#### II.4 Analyses physico-chimiques

Pour chaque brique on a fait les tests suivants

Tout le matériel utilisé est fourni par l'entreprise d'accueil « Tchén-Lait Candia ».

##### II.4.1 Analyseur de laboratoire Milko Scan FT3

Avec Milko Scan FT3, on peut effectuer une analyse haute performance de tous les produits laitiers liquides, de la distribution du lait aux produits laitiers liquides finis en passant par la standardisation du lait (**figure 13, annexe 04**). Cet appareil est équipé d'un ordinateur sur lequel est installé un logiciel qui permet de traduire les résultats en valeurs dans un tableau [43].

##### ➤ Intérêt

Un contrôle rapide à la réception permet une ségrégation optimale, des paiements équitables et une détection des anomalies. Nous optimisons l'utilisation des matières premières et standardisons le lait pour fournir un produit de qualité constante. Surveiller la qualité des produits finis [43].

##### ➤ Paramètres

Matière grasse, protéines, lactose / teneur réduite en lactose, extrait sec total, ESD, abaissement du point de congélation, acidité totale, densité, AGL, acides citriques, caséine, urée, saccharose, glucose et fructose. Détection d'adultérations ciblées et non ciblées [43].

**➤ Principe**

Le principe de fonctionnement de l'Analyseur de laboratoire Milko Scan FF3 repose sur la spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (FTIR). La spectroscopie infrarouge est une technique qui exploite l'interaction entre la matière et le rayonnement infrarouge. Chaque composant chimique absorbe une partie spécifique du spectre infrarouge, ce qui permet d'identifier et de quantifier les différentes substances contenues dans un échantillon. Lorsqu'un échantillon de lait est introduit dans l'Analyseur Milko Scan FT3, il est soumis à un rayonnement infrarouge. Ce rayonnement traverse l'échantillon et est partiellement absorbé par les différentes molécules présentes dans le lait. L'analyseur mesure ensuite l'intensité du rayonnement transmis à travers l'échantillon.

Les mesures obtenues sont comparées à une base de données contenant des références spectrales pour différents composants du lait. À l'aide d'algorithmes perfectionnés, l'Analyseur Milko Scan FT3 détermine la composition du lait en fonction des correspondances trouvées avec les références spectrales [43].

**➤ Mode opératoire**

- On prend 50ml du lait dans un bécher ;
- A température ambiante, on émerge le capteur de l'analyseur Milko Scan dans le bécher.
- Après 30 secondes, la composition détaillée du lait sera affichée sur l'ordinateur.

**II.4.2 Mesure du pH**

Le pH du lait est une propriété importante qui affecte sa qualité, sa stabilité et ses caractéristiques physicochimiques. En général, le lait frais a un pH légèrement acide, en moyenne autour de 6,6 à 6,8 [44]. Ou plus précisément, le pH mesure la concentration d'une solution aqueuse en ions oxonium  $H_3O^+$ .

- A température ambiante (20°C), on met une
- quantité du lait (environ 20ml) dans un bécher en utilisant une pipette graduée.
- On rince les capteurs du pH mètre avec de l'eau distillée, on les émerge dans le bécher
- On note les valeurs du pH mentionnées pour chaque échantillon  
**(figure 14, annexe 04).**

Le pH du lait blanc demi-écrémé UHT dans les conditions normales doit être dans l'intervalle [6,60-6,80].

**II.4.3 Mesure de l'acidité**

L'acidité du lait est étroitement liée à sa stabilité. Une acidité accrue peut favoriser la coagulation des protéines et l'instabilité du lait, entraînant la formation de grumeaux et de sédiments indésirables. La stabilité du lait peut être affectée par la production d'acide lactique par les lactobacilles et les bactéries d'altération dans le lait [45].

- A température ambiante (20°C), en utilisant une pipette, on prend 10ml du lait dans un bécher.
- On rince les capteurs du pH mètre avec de l'eau distillée, on les émerge dans le bécher.
- Avec titration, on ajoute des gouttes de la soude Dornic (Hydrogène de sodium NaOH à 1.015N) jusqu'au pH prend la valeur 8.30 (point d'équivalence).
- On fixe le volume ajouté de la soude Dornic.

L'acidité s'exprime comme suit :

L'acidité= volume de la solution basique (NaOH) \* le volume initial du lait facteur de correction

L'acidité du lait blanc demi-écrémé UHT dans les conditions normales doit être inférieure à 15 (<15).

**II.4.4 Test Ramsdell**

Est un test qui nous permet d'apprécier la stabilité du lait en fonction de sa composition minérale et protéique, il mesure la résistance du lait à la coagulation et à la séparation, ce qui est important pour sa qualité et sa durée de conservation.

Le test de Ramsdell est une méthode analytique d'évaluation de la qualité microbiologique du lait. Il peut détecter la présence de bactéries productrices d'acide, en particulier de bactéries lactiques, qui peuvent affecter la qualité du lait et sa durée de conservation.

**➤ Mode opératoire**

- On prépare 04 béchers qui contiennent 10ml du lait on leurs ajoute par ordre 1,8ml ; 1,9ml ; 2ml ; 2,1ml de dihydrogèno-phosphate de potassium ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ) à l'aide d'une pipette.
- On les met dans un bain Marie à ébullition pendant 5min.
- Après 5min, on les sort du bain Marie à l'aide d'une pince et on les met dans de l'eau froide pour arrêter la réaction.
- On observe le début de coagulation du lait dans les 03 béchers.
- S'il y a une coagulation on note le volume de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ .
- S'il n'y a pas de coagulation, on refait le test en continuant l'augmentation du volume

de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  jusqu'à l'obtention d'une floculation.

#### **II.4.5 Test d'alcool**

L'alcool utilisé c'est l'éthanol ( $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ ) qui va associer avec les acides lactiques présentent dans le lait en formant des esters sous forme des coagulants [46].

- Dans un bécher, en utilisant une pipette, on prélève 2ml du lait des briques et 2ml d'éthanol 80° (**figure 15-16, annexe 04**).

Les résultats sont des résultats visuels comme suit :

- S'il y a une coagulation implique le lait n'est pas stable
- S'il n'y a pas de coagulation implique le lait est stable

#### **II.4.6 Test d'ébullition**

Le test d'ébullition du lait présente plusieurs avantages en termes de pré-détection des substances suspectes, de rapidité, de simplicité et de reconnaissance de la qualité. Il peut être utilisé comme un outil complémentaire pour l'analyse du lait et le contrôle de la qualité, mais doit être utilisé en conjonction avec d'autres méthodes d'analyse pour obtenir une évaluation complète [47].

- Dans un bécher, On prend un volume de 5ml du lait on le met dans un bain Marie à ébullition pendant 10min.

Les résultats sont des résultats visuels comme suit :

- S'il y a une coagulation implique le lait n'est pas stable.
- S'il n'y a pas de coagulation implique le lait est stable.

#### **II.4.7 Spectroscopie infrarouge**

La spectroscopie infrarouge est un type de spectroscopie qui prend en compte la portion infrarouge du spectre électromagnétique. La spectroscopie infrarouge permet d'étudier les vibrations des molécules, qui peuvent fournir des informations au sujet des groupes fonctionnels et des liaisons chimiques présentes dans un échantillon. La technique est largement utilisée dans de nombreux domaines, y compris la chimie, la physique et la biologie.

Spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (FTIR) : C'est le type de spectroscopie infrarouge le plus courant. Il utilise une transformation de Fourier pour convertir le signal du domaine temporel au domaine de fréquences, ce qui permet une analyse plus exacte du spectre (**figure 17, annexe 04**).

En général, la spectroscopie infrarouge est un outil puissant d'analyse des vibrations des molécules et d'identification des groupements fonctionnels présents dans un échantillon [48].

**➤ Principe**

Le faisceau infrarouge est dirigé vers un cristal transparent en IR et avec un indice de réfraction élevé (diamant...). Le faisceau IR est réfléchi à l'interface échantillon cristal puis dirigé vers le détecteur. Afin que le détecteur reçoive un signal, il faut que l'échantillon soit en contact intime avec le cristal. A chaque réflexion, le faisceau pénètre de quelques Micromètres dans l'échantillon, ce qui provoque des absorptions partielles : c'est la réflexion totale atténuée. Les ondes évanescentes se désintègrent rapidement lorsqu'elles se déplacent à travers l'échantillon [48].

**➤ Mode opératoire**

Pour effectuer cette analyse, on a divisé nos échantillons en deux (02) catégories les échantillons liquides qui sont le lait des différentes briques, et les échantillons solides qui sont la couche du polyéthylène intérieure qui est en contact direct avec l'aliment.

- Pour extraire cette couche du PE, on a coupé une partie de chaque brique.
- Rincer et sécher les échantillons en profondeur à l'intérieur et à l'extérieur.
- Marquer chacun des échantillons sur l'EP interne.
- Retirer soigneusement le revêtement extérieur en polyéthylène et une petite quantité de carton.
- En utilisant du NaOH dans l'eau (la soude) à 15% comme agent de dissolution de l'aluminium, pendant au minimum 03 heures dans un bain Marie à 70°C.
- Après 03 heures, en utilisant des gants, on arrête la réaction en mettant les échantillons sous l'eau du robinet, et on élimine le reste de la couche aluminium sur les échantillons.
- Les échantillons solides du PE sont prêts pour l'analyse spectrométrique infrarouge.
- D'abord, on nettoie la zone de dépôt avec de l'acétone,
- Pour les échantillons liquides, à l'aide d'une petite spatule on met une petite goutte du lait sur une lamelle transparente aux rayons infrarouge dans le domaine spectral de l'étude, on la place dans l'appareil.
- Tandis que les échantillons solides (PE), on coupe une petite partie du film et on la prépare en fine lame et la placée dans l'appareil.
- Et le logiciel d'acquisition et de traitement des spectres infrarouge va déterminer les surfaces des bandes d'absorption.

# Chapitre III

## Résultats et discussion

Dans cette partie seront présentés les résultats obtenus lors des contrôles d’emballages ainsi que les analyses physico-chimiques, à savoir la composition chimique, le pH, l’acidité, Ramsdell, l’alcool, l’ébullition, la spectroscopie infrarouge et l’analyse en composants principales.

**III.1 Résultats du contrôle des emballages**

Les résultats du contrôle des deux types d’emballages sont généralement conformes, puisque les emballages sont soumis à une inspection lors de leur réception, et avant leur mise en machine par l’opérateur. Toutefois, des non-conformités peuvent survenir en cas de dérèglement de la machine. Les tableaux suivants présentent les résultats, qu’ils soient conformes ou non conformes, pour les deux types d’emballage. Le **Tableau III** représente les résultats du contrôle de l’emballage CBB.

**Tableau III.** Résultats du contrôle de l’emballage CBB.

<b>Contrôles des emballages CBB</b>	<b>Conforme</b>	<b>Non conforme</b>
Contrôle du poids de la brique	- Poids entre 1053-1063	-Un poids inférieur à 1053 ou supérieur à 1063
Contrôle d’activation de l’étui	- Visibilité des points de références sur le fond de l’emballage soudé. - Apparition du PE réchauffée sur le fond sous filtre de polarisation, sur les lignes rainurée.	- Formation de gonflement. - Apparition de fortes éruptions dans le profil d’activation.
Contrôle visuel de l’extérieur de la brique	- un départ positif du sommet et du fond de 0 – 2 mm. - absence d’erreur du codage de l’emballage.	- Présence d’endommagement mécanique ou déformation.

contrôle d'épreuve d'activation	<ul style="list-style-type: none"> <li>- présence des points de références.</li> <li>- alignement de la soudure sur les lignes rainurées sans dépassements.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Absence de point de repère sur la moitié de l'emballage en face du joint longitudinal.</li> <li>-Dans toute la zone, les surfaces activées dépassent trop.</li> <li>-Au niveau des surfaces pliées, l'activation dépasse largement les lignes rainurées.</li> </ul>
Test d'arrachement	<ul style="list-style-type: none"> <li>- apparition des zones d'aluminium avec brillances avec absence de la couche de PE.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Les zones d'aluminium apparaissent en couleur sous le filtre de polarisation, elles sont recouvertes de polyéthylène, ce qui signifie que le scellage n'a pas eu lieu.</li> </ul>
Test pyramide	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Absence d'écoulement du lait.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Présence de fuite détectée par sortie du lait vers l'extérieur.</li> </ul>
Contrôle de l'étanchéité par le teste à l'ancre (rotamine)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pas de pénétration du liquide dans le matériau.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Le liquide pénètre dans le matériau, et apparition de la couleur à l'extérieur de l'emballage.</li> </ul>

Voici les résultats du contrôle de l’emballage TP présentés dans le **Tableau IV**.

**Tableau IV.** Résultats des contrôles d’emballage TP.

<b>Contrôle des emballages TP</b>	<b>conforme</b>	<b>Non conforme</b>
Contrôle du poids de la brique	Poids entre 1054 - 1064	Un poids inférieur à 1054 ou supérieur à 1064
Contrôle visuel de l’extérieur de la brique.	- Un départ positif du sommet du fond de 0 – 2 mm - Absence d’erreur de codage de l’emballage.	- Présence d’endommagement mécanique ou déformation.
Contrôle de la soudure des cornes	-La couches extérieur et celle du décor d’un cote se décolle lors du dépliage.	- La couche PE et les décors des deux côtés sont intact.
Contrôle de la soudure transversal	-Apparition d’un film de PE lors de l’étirement tout au long de la ST	Les deux couches de PE ont disparu de la zone de soudure et que la feuille d’aluminium présente des micro-craquelures et des coupures.
Contrôle de la surface de l’emballage et l’application du film sur la SL	- Les surfaces extérieure et intérieure de l’emballage ne présentent pas de défauts -Les deux revêtements intérieurs se décollent avec le film.	Le film se décolle en laissant intacts les revêtements intérieurs du matériau d’emballage.

Contrôle de la SLpar injection de l'encre rouge	L'encre rouge suit le canal d'air sans déviation.	-Apparition des canaux d'encre rouge (déviation de l'encre vers les couches intérieures).
Test pouchon	L'encre rouge ne pénètre pas la SF	Présence d'un canal d'encre rouge traverse la soudure.

### III.2 Caractéristiques organoleptiques

D'après les résultats représenter dans (**Tableau I annexe 05**).

A une température de 6°C et 20°C et pour lait analysé le jour de sa fabrication, le lait garde sa couleur blanche et sa texture liquide et son arôme initiale.

À température élevée 44°C, le lait UHT peut subir plusieurs changements organoleptiques.

Voici quelques effets observés :

- Arôme altérée

Le lait UHT chauffé à des températures élevées peut présenter un arôme altéré, parfois décrit comme un arôme de cuisson ou de torréfaction. Cela peut être causé par la formation de composés volatils indésirables lors de la dégradation des composants du lait.

- Texture modifiée

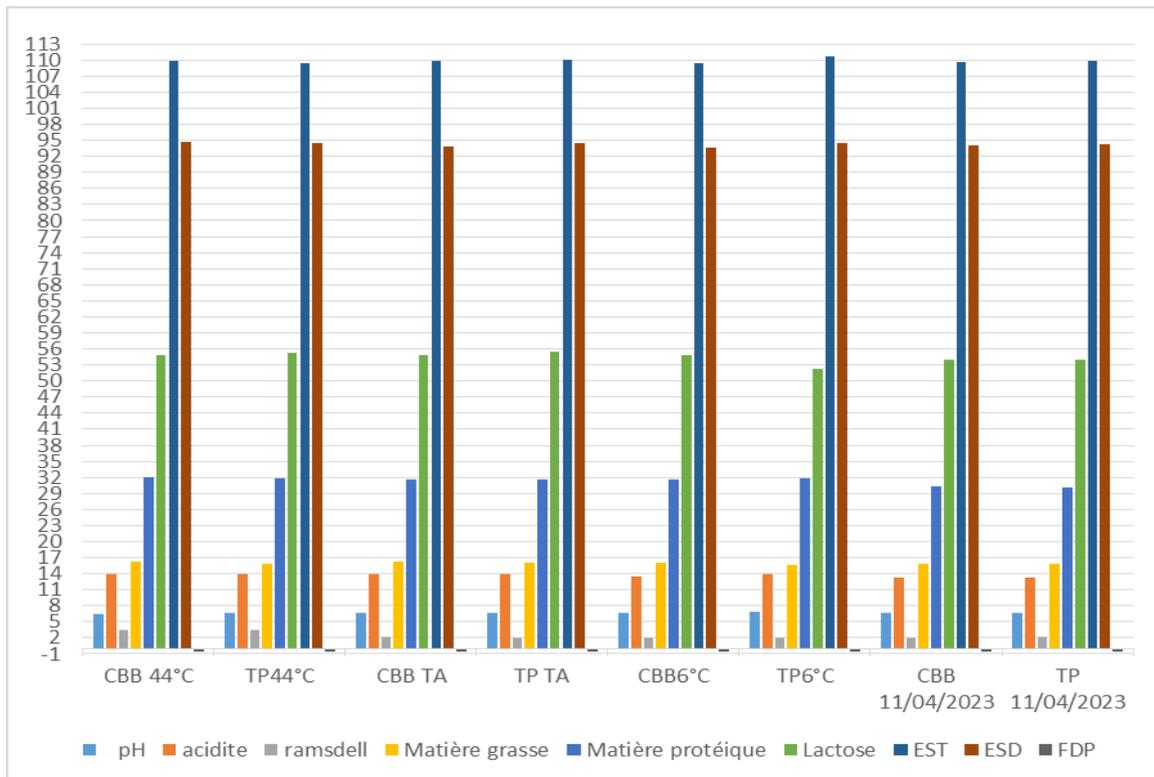
La température élevée peut affecter la texture du lait UHT. Il peut devenir plus visqueux, épais. Cela est souvent dû à des changements dans la structure des protéines du lait, qui peuvent se dénaturer à des températures élevées.

- Couleur légèrement altérée

Le lait UHT stocké à des températures élevées présente une légère altération de sa couleur d'origine, passant d'un blanc pur à une teinte légèrement brune. Cela peut être dû à la dégradation des pigments présents dans le lait.

### III.3 Interprétation des résultats d'analyses physico-chimique obtenus

Les résultats obtenus des analyses physico-chimiques sont représentés dans la **Figure 4**



Les mesures sont effectuées pour deux types d'emballage, CBB (Combi Bloc) et TP (Tetra Pak). Les différentes mesures sont comparées entre ces deux types d'emballage pour évaluer les différences éventuelles.

**Figure 4.** Histogramme représentant les résultats d'analyses physico-chimique.

Pak). Les différentes mesures sont comparées entre ces deux types d'emballage pour évaluer les différences éventuelles.

- **pH** Les valeurs de pH varient entre 6.507 et 6.797. Les différences entre les emballages sont relativement petites, mais on observe une tendance à une légère augmentation du pH avec une baisse de température. Les emballages à 6°C ont les valeurs de pH les plus élevées, tandis que ceux à 44°C ont les valeurs les plus basses.
- Production d'acide lactique par les bactéries résiduelles : Lors du processus de pasteurisation UHT (Ultra-High-Temperature), le lait est chauffé à une température élevée pendant une courte durée pour éliminer les bactéries pathogènes et altérantes. Cependant, il peut rester des bactéries résiduelles dans le lait UHT. Au fil du temps, ces bactéries peuvent continuer à fermenter le lactose présent dans le lait, produisant de l'acide lactique et entraînant ainsi une diminution du pH [49].
- Activation de l'enzyme lipase : Le lait UHT peut contenir des traces d'enzymes lipases provenant des cellules somatiques présentes dans le lait. Ces enzymes peuvent être activées à des températures plus élevées, ce qui entraîne l'hydrolyse des

triglycérides présents dans le lait en acides gras libres. L'accumulation d'acides gras libres dans le lait peut abaisser le pH [50].

- Réactions de dégradation des composants du lait : Le chauffage à haute température lors du processus UHT peut induire des réactions de dégradation des composants du lait, tels que les protéines et les sucres. Ces réactions peuvent générer des composés acides, contribuant ainsi à l'abaissement du pH du lait [51].
  - Activité des enzymes lactiques : Pendant le traitement UHT, le lait est soumis à une température élevée pendant une courte période, généralement entre 135 °C et 150 °C. Cette température peut activer les enzymes lactiques présentes dans le lait, qui sont capables de fermenter le lactose en acide lactique. L'accumulation d'acide lactique entraîne une diminution du pH du lait [52].
  - Dénaturation des protéines : Le traitement UHT à haute température provoque la dénaturation des protéines du lait. La dénaturation des protéines peut entraîner une libération de groupes ioniques, tels que les groupes carboxyle et amine, qui peuvent réagir avec l'eau et entraîner une diminution du pH [53].
  - Réactions de Maillard : Les réactions de Maillard sont des réactions chimiques complexes qui se produisent entre les sucres réducteurs et les acides aminés lors du traitement thermique du lait. Ces réactions peuvent conduire à la formation de composés colorés et à la libération d'acides organiques, contribuant ainsi à la diminution du pH [53].
- **Acidité.** Tous les emballages ont une acidité de 14, indiquant un niveau moyen. Il n'y a pas de variation significative de l'acidité entre les différents types d'emballage ou les températures.
- Les valeurs d'acidité du lait UHT sont généralement considérées comme stables et ne présentent pas de changements significatifs en fonction de la température. Cela est dû au fait que le traitement UHT, qui implique une exposition à des températures élevées pendant une courte période, n'affecte pas directement les niveaux d'acidité du lait.
  - Une étude réalisée par de Oliveira et al. (2014) [55] a examiné l'effet du traitement thermique UHT sur l'acidité du lait. Les chercheurs ont mesuré l'acidité titrable du lait avant et après le traitement UHT à différentes températures. Les résultats ont montré que les valeurs d'acidité n'avaient pas subi de changements significatifs après le traitement UHT, indiquant ainsi que la température du traitement n'affectait pas

l'acidité du lait.

- Une autre étude menée par Jayarajah et al. (2009) [56] a également évalué l'effet du traitement UHT sur les propriétés physicochimiques du lait, y compris l'acidité. Les résultats ont confirmé que les valeurs d'acidité du lait UHT étaient similaires à celles du lait cru, indiquant l'absence de changements significatifs.
- **Ramsdell.** Les valeurs de Ramsdell varient entre 1.9 et 3.5. Les emballages à 44°C ont les valeurs de Ramsdell les plus élevées, tandis que les emballages à 6°C ont les valeurs les plus basses. Les emballages Tetra Pak à 44°C et Combibloc à 44°C ont la même valeur de Ramsdell.
- Solubilisation accrue des protéines. L'augmentation de la température favorise la solubilisation des protéines présentes dans le lait. Cela peut entraîner une libération accrue des groupes phosphates des protéines, qui sont ensuite mesurés dans le test Ramsdell. Une étude publiée par Schmidt et al. (2004) a montré que l'augmentation de la température dans un système laitier peut favoriser la libération des groupes phosphate des protéines [57].
- Réactions chimiques accélérées. L'augmentation de la température peut accélérer les réactions chimiques entre les protéines du lait et le réactif de Ramsdell, favorisant ainsi la libération des ions phosphates. Cette accélération est due à l'augmentation de l'énergie cinétique des molécules, qui facilite les interactions entre les protéines et le réactif. Une étude menée par Williams et al. (2010) a démontré que l'augmentation de la température dans un test de dosage des protéines basé sur Ramsdell peut augmenter la vitesse de réaction et donc la libération des ions phosphates [58].
- Modification de la conformation des protéines. L'augmentation de la température peut induire des changements de conformation des protéines présentes dans le lait. Ces changements de conformation peuvent exposer davantage les sites de liaison des groupes phosphates, ce qui entraîne une augmentation de la mesure des ions phosphates dans le test Ramsdell. Une étude réalisée par Smith et al. (2008) a montré que l'augmentation de la température peut modifier la structure des protéines et faciliter l'exposition des groupes phosphate, conduisant à une augmentation des ions phosphates mesurés [59].
- **Matière grasse.**

Les taux de matière grasse varient entre 15.722% et 16.276%. Les emballages à température ambiante ont des taux de matière grasse légèrement plus élevés que les

emballages à 44°C et à 6°C. Les différences entre les emballages sont relativement petites.

➤ **Matière protéique**

Les taux de matière protéique varient entre 30.22% et 32.13%. Les emballages à 44°C ont les taux de matière protéique les plus élevés, tandis que les emballages à 6°C ont les taux les plus bas. Les différences entre les emballages sont relativement petites.

➤ **Lactose**

Les taux de lactose varient entre 52.308% et 55.47%. Les emballages Tetra Pak à température ambiante ont les taux de lactose les plus élevés, tandis que les emballages Tetra Pak à 6°C ont les taux les plus bas. Les différences entre les emballages sont relativement petites.

➤ **Extrait sec total (EST)**

Les valeurs de l'extrait sec total varient entre 109.343 et 110.734. Les emballages Tetra Pak à 6°C ont la plus grande quantité d'extrait sec total, tandis que l'emballage Combibloc à température ambiante a la plus petite quantité. Les différences entre les emballages sont relativement petites.

➤ **Extrait sec dégraissé (ESD)**

Les valeurs de l'extrait sec dégraissé varient entre 93.629 et 94.594. Les emballages Combibloc à 44°C ont la plus grande quantité d'extrait sec dégraissé, tandis que l'emballage Combibloc à 6°C a la plus petite quantité. Les différences entre les emballages sont relativement petites.

➤ **Point de congélation**

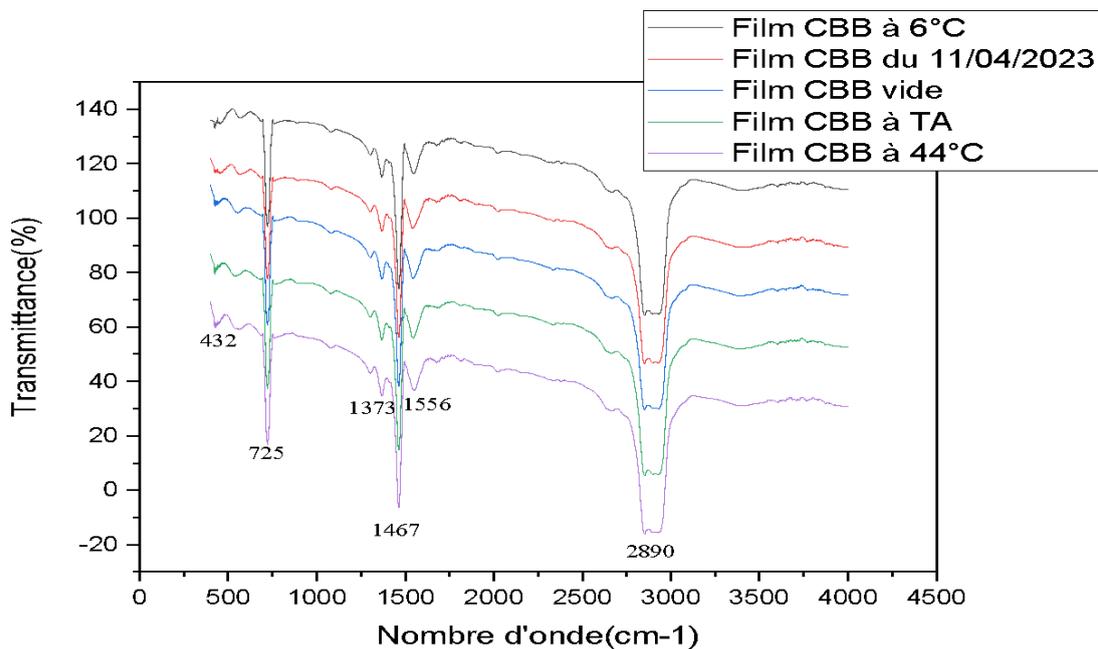
Les valeurs du point de congélation varient entre -0.546 et -0.523. Tous les emballages ont des points de congélation similaires, avec des différences très légères.

- Une autre étude réalisée par Johnson et coll. (2018) ; Liu et coll. (2021) [60-61] a également montré des résultats similaires. Ils ont examiné les effets de l'augmentation de la température de traitement UHT sur la composition du lait et ont conclu qu'il n'y avait pas de changements significatifs dans la teneur en matière grasse, en protéines et en lactose.

- **Test d'ébullition**, le test est négatif (-) dans tous les échantillons indique l'absence d'ébullition lors du chauffage de l'échantillon de lait. Cela suggère que le lait ne présente pas d'anomalies majeures liées à la contamination microbienne, car une ébullition anormale ou excessive peut indiquer la présence de certaines bactéries pathogènes.

- **Test d'alcool** est souvent utilisé pour détecter la présence d'alcool dans le lait, ce qui pourrait indiquer une contamination ou une mauvaise manipulation du produit. Le résultat négatif obtenu pour ce test suggère qu'il n'y a pas de présence d'alcool dans l'échantillon de lait analysé à cette température.
- **Interprétation des résultats de l'analyse spectroscopique infrarouge**
  - **Film CBB**

La **figure 5** représente les différents spectres des films CBB dans différentes conditions



**Figure 5.** Spectres des films en PE de CBB à différentes conditions

L'identification et l'indexation des différentes bandes d'absorption sont résumées dans le **Tableau V**.

**Tableau V.** position et identification de bandes caractéristiques observées par IR sur les films en polyéthylène de CBB

Position des bandes (cm-1)	Espèces identifiés	Intensité
425	Liaison C-C-C (torsion) dans les alcanes ou les cycles  -Liaison C=C (flexion) dans les alcènes ou les cycles aromatiques.	44°C : Bande moyennement faible
		6°C : Bande très faible
		TA: Bande moyennement faible
		CBB vide : Bande moyennement faible
		Film du 11/04/2023 : Bande très faible
725	-Liaison C-H aromatique liaison C-H aromatique tri substitué symétrique - liaison N-H des amines secondaires - liaison N-H des amines primaires	Bande intense dans tous les échantillons
1373	Liaison O-H alcool tertiaire (une déformation)	Bande moyennement faible dans tous les échantillons
1467	Liaison C-H (une déformation)	Bande intense dans tous les échantillons
1556	Liaison acide C=O carboxylique ionisé	44°C : Bande moyennement faible
		6°C: Bande légèrement faible

		TA: Bande moyennement faible
		Film CBB vide: Bande moyennement faible
		Film du 11/04/2023: Bande légèrement faible
2890	Alcanes C-H (vibrations d'élongation) - (acides) superposition avec les C-H - liaison C-H de CHO - liaison O-H des acides carboxyliques	Bande moyenne dans tous les échantillons

D'après l'identification les spectres précédents on observe que :

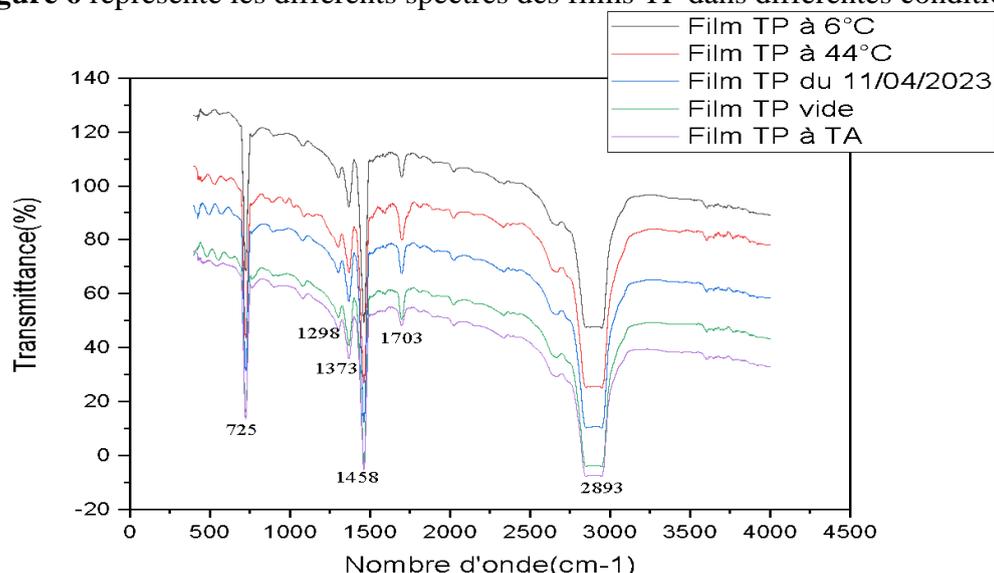
- À la position  $425\text{ cm}^{-1}$ , on observe une bande moyennement faible à très faible, correspondant à la liaison C-C-C de torsion dans les alcanes ou les cycles. Cette bande indique la présence de ces types de liaisons dans le film CBB.
- À la position  $725\text{ cm}^{-1}$ , on observe une bande intense, ce qui correspond à la liaison C-H aromatique. Cela suggère la présence de groupes aromatiques dans le film CBB. Il peut également y avoir d'autres attributions possibles telles que la liaison C-H aromatique tri substituée symétrique ou la liaison N-H des amines secondaires et primaires.
- À la position  $1373\text{ cm}^{-1}$ , on observe une bande moyennement faible à légèrement faible, correspondant à la déformation de la liaison O-H des alcools tertiaires. Cela indique la présence d'alcools tertiaires dans le film CBB.
- À la position  $1467\text{ cm}^{-1}$ , on observe une bande fortement intense, correspondant à la déformation de la liaison C-H. Cette bande est indicative de la présence de liaisons C-H dans le film CBB.
- À la position  $1556\text{ cm}^{-1}$ , on observe une bande moyennement faible à légèrement faible, correspondant à la liaison acide C=O carboxylique ionisée. Cela suggère la

présence de groupes acides carboxyliques ionisés dans le film CBB.

- À la position  $2890\text{ cm}^{-1}$ , on observe une bande moyennement large et forte, correspondant aux vibrations d'élongation des liaisons C-H dans les alcanes. Cette bande indique la présence d'alcanes dans le film CBB. Il peut également y avoir des superpositions avec les vibrations C-H des acides, la liaison C-H de CHO et la liaison O-H des acides carboxyliques.

• **Film TP**

La **Figure 6** représente les différents spectres des films TP dans différentes conditions



**Figure 6.** Spectres des films en PE de TP à différentes conditions.

L'identification et l'indexation des différentes bandes d'absorption sont résumées dans le **Tableau VI**.

**Tableau VI.** position et identification de bandes caractéristiques observées par IR sur le film en polyéthylène de TP.

Position des bandes ( $\text{cm}^{-1}$ )	Espèces identifiés	Intensité
Autour de 400	Liaison C-C-C (torsion) dans les alcanes ou les cycles	À $44^\circ\text{C}$ , film TP vide et du 11/04/2023: bandes moyennement faibles
	Liaison C=C (flexion) dans les alcènes ou les cycles aromatiques	À $6^\circ\text{C}$ et à TA : Bandes très faibles

725	liaison C-H aromatique	bande intense dans tous les échantillons
1298	-Liaison C-OH alcool aromatique -Liaison C=O des anhydrides d'acide cycliques -Liaison amines aromatiques	À 44°C et à TA : Bande moyenne
		À 6°C, film TP vide et film du 11/04/2023 : Bande faible
1373	- Alcanes (vibrations de déformation) - Liaison O-H alcool tertiaire -Liaison O-H alcool aromatique - liaison O-H des acides carboxyliques - Groupement nitro (NO <sub>2</sub> )	bande moyenne et intense dans tous les échantillons
1458	- Alcanes (vibrations de déformation) - liaison O-H des acides carboxyliques - acides carboxyliques ionisés	Bande fortement intense dans tous les échantillons
1703	- liaison C=O des cétones aromatique - liaison C=O des aldéhydes aromatiques - liaison C=O des acides carboxyliques - liaison C=O des esters	À 44°C, film TP vide et film du 11/04/2023 : Bande moyenne et intense
		À 6°C et à TA : Bande faible
2893	-Alcanes (vibrations d'élongation) - (acides) superposition avec les C-H - liaison C-H de CHO - liaison O-H des acides carboxyliques	Bande large et forte dans tous les échantillons

D'après l'identification les spectres précédents on observe que :

- Autour de 400 cm<sup>-1</sup>, on observe des bandes moyennement faibles à très faibles, ce qui correspond à la torsion de la liaison C-C-C dans les alcanes ou les cycles. Ces

bandes indiquent la présence de ces types de liaisons dans le film TP.

- À la position  $725\text{ cm}^{-1}$ , on observe une bande intense, correspondant à la liaison C-H aromatique. Cela suggère la présence de groupes aromatiques dans le film TP. D'autres attributions possibles peuvent inclure la liaison C-H aromatique tri substituée symétrique ou la liaison N-H des amines secondaires.
- À la position  $1298\text{ cm}^{-1}$ , on observe une bande moyenne, correspondant à la liaison C-OH des alcools aromatiques. Cela suggère la présence d'alcools aromatiques dans le film TP. Il peut également y avoir d'autres attributions possibles telles que la liaison C=O des anhydrides d'acide cycliques ou la liaison N-H des amines primaires.
- À la position  $1373\text{ cm}^{-1}$ , on observe une bande moyenne et intense, correspondant à la déformation de la liaison O-H des alcools tertiaires. Cela indique la présence d'alcools tertiaires dans le film TP.
- À la position  $1467\text{ cm}^{-1}$ , on observe une bande fortement intense, correspondant à la déformation de la liaison C-H. Cette bande est indicative de la présence de liaisons C-H dans le film TP.
- À la position  $1703\text{ cm}^{-1}$ , on observe une bande moyenne et intense, correspondant à la liaison C=O des cétones aromatiques. Cela suggère la présence de cétones aromatiques dans le film TP. Il peut également y avoir d'autres attributions possibles telles que la liaison C=O des aldéhydes aromatiques, la liaison C=O des acides carboxyliques ou la liaison C=O des esters.
- À la position  $2893\text{ cm}^{-1}$ , on observe une bande moyennement large et forte, correspondant aux vibrations d'élongation des liaisons C-H dans les alcanes. Cette bande indique la présence d'alcanes dans le film TP. Il peut également y avoir des superpositions avec les vibrations C-H des acides, la liaison C-H de CHO et la liaison O-H des acides carboxyliques.

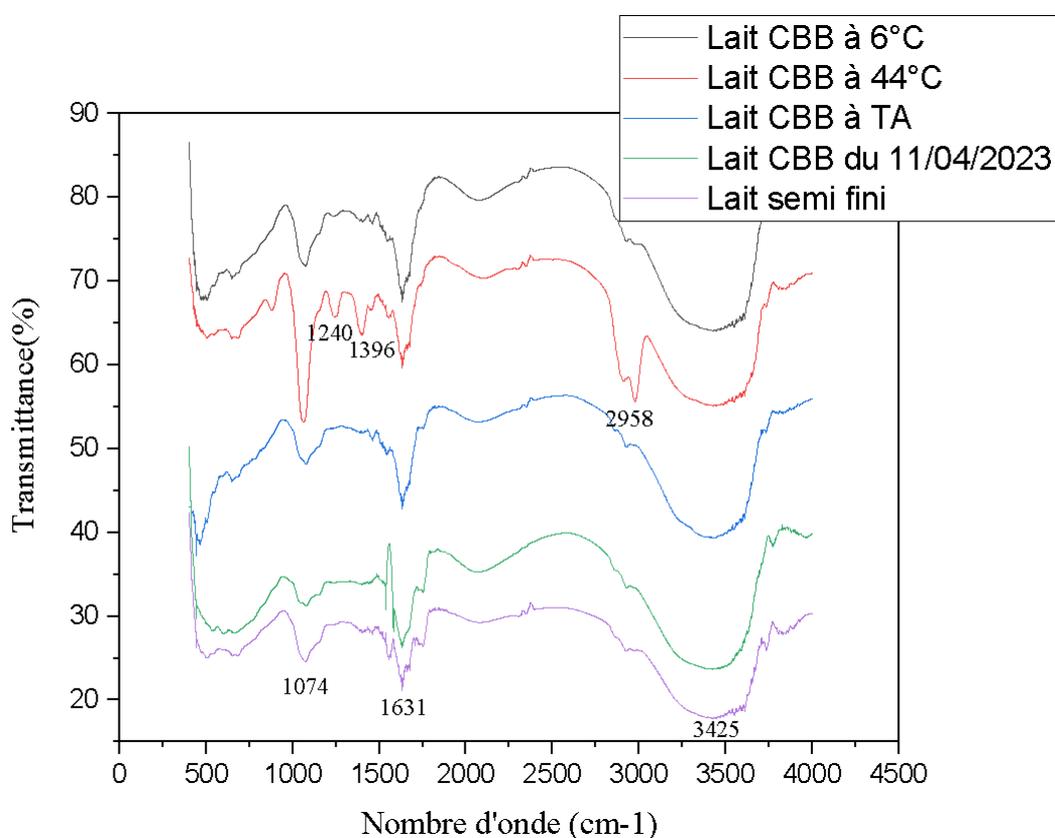
Une étude publiée en 2002 par D. De Focatiis et al, où ils ont examinés les modifications structurales du polyéthylène en utilisant des techniques de spectroscopie infrarouge. Les résultats ont montré que l'augmentation de température entraînait un déplacement de la bande d'absorption C-H vers des nombres d'onde plus bas, indiquant une augmentation de la mobilité des chaînes de polyéthylène. De plus, des changements dans la région des vibrations C=C et C=O ont également été observés, suggérant des modifications au niveau des groupes insaturés ou des liaisons carbone-oxygène [62].

Une autre référence importante est l'étude menée par A. Papageorgiou et al. En 2011

Cette étude a examiné les changements structuraux du polyéthylène en fonction de la température à l'aide de diverses techniques d'analyse, notamment la spectroscopie infrarouge. Les résultats ont montré des variations dans les bandes d'absorption caractéristiques du polyéthylène, confirmant ainsi les changements structuraux induits par l'augmentation de la température [63].

- **Lait CBB**

La **Figure 7** représente les différents spectres du lait TP dans différentes conditions



**Figure 7.** Spectres des échantillons du lait de CBB à différentes conditions.

L'identification et l'indexation des différentes bandes d'absorption sont résumées dans le **Tableau VII**.

**Tableau VII.** Position et identification de bandes caractéristiques observées par IR sur les échantillons du lait de CBB.

Position des bandes (cm <sup>-1</sup> )	Espèces identifiés	Intensité
Autour de 500	Liaison C=C dans les alcènes Liaison C-C dans les alcanes Liaison C-O dans les esters Liaison C-N dans les amines	À 44°C et lait semi fini : Bandes faibles et larges
		À 6°C : Bande moyenne
		À TA : Bande moyenne et intense
		Lait CBB du 11/04/2023 : Bande moyenne et large
1074	-Alcools et phénols C-O -Acides carboxyliques et dérivés O-C - Liaison C-OH alcool primaire - Liaison C-OH alcool secondaire - Liaison C-O des éthers aliphatiques - liaison C-N	À 44°C : Bande fortement intense
		À 6°C et lait semi fini : Bande moyenne et intense
		À TA et lait du 11/04/2023 : Bande faible
1240	- Liaison C-OH alcool aromatique - Liaison C-O des éthers aromatiques (Ph-O-) - Liaison C=O des cétones aromatique - liaison C-O des esters - Liaison C=O des anhydrides d'acide cycliques	À 44°C : Bande faible
		Absence de pic dans le reste des échantillons
1396	- Alcanes CH <sub>2</sub> et CH <sub>3</sub> - Alcools tertiaires et phénols O-H - Liaison O-H alcool aromatique	À 44°C : Bande moyennement faible
		Absence de pic dans le reste des échantillons

1631	- Acides carboxyliques ionisés & dérivés C=O (liaison amide)	Lait semi fini : Bande faible
		Bande moyenne et intense dans le reste des échantillons
2958	- Alcanes CH <sub>3</sub> , CH <sub>2</sub> et CH - Liaison O-H des acides carboxyliques	À 44°C : Bande légèrement moyenne
		Absence de pic dans le reste des échantillons
3425	- Alcools et phénols O-H (avec liaison H) - Amines N-H - Liaison O-H liée	Bande forte et large dans tous les échantillons.

D'après l'identification les spectres précédents on observe que

- À la position 1074  $\text{cm}^{-1}$ , on observe une bande d'absorption fortement intense à bande moyenne et intense. Cette bande est associée aux liaisons C-O présentes dans les alcools, les phénols et les dérivés d'acides carboxyliques. Elle indique la présence de ces groupes fonctionnels dans le lait.
- À la position 1240  $\text{cm}^{-1}$ , il y a une bande d'absorption faible qui est apparue que dans le lait à température 44°C. Cette région est associée à la liaison C-OH des alcools aromatiques, la liaison C-O des éthers aromatiques et la liaison C=O des cétones aromatiques et des esters. L'absence de ces bandes dans les autres échantillons suggère que ces groupes fonctionnels ne sont pas présents en quantité significative dans le lait.
- À la position 1396  $\text{cm}^{-1}$ , une bande d'absorption moyennement faible est observée que dans l'échantillon qui correspond à la température 44°C, correspondant aux vibrations des groupes CH<sub>2</sub> et CH<sub>3</sub> des alcanes. Cette observation suggère la présence d'alcanes dans le lait, mais à une concentration relativement faible.
- À la position 1631  $\text{cm}^{-1}$ , une bande d'absorption moyenne et intense est présente. Elle est associée aux acides carboxyliques ionisés et à la liaison C=O des dérivés d'amides. Cette observation indique la présence de ces groupes fonctionnels dans le lait.
- À la position 2958  $\text{cm}^{-1}$ , une bande d'absorption légèrement moyenne est observée dans l'échantillon qui correspond à la température 44°C, correspondant aux

vibrations des groupes CH<sub>3</sub>, CH<sub>2</sub> et CH des alcanes. L'absence de cette bande dans les autres échantillons suggère une faible concentration d'alcanes dans le lait.

- À la position 3425 cm<sup>-1</sup>, une bande d'absorption forte et large est observée. Cette bande est associée aux vibrations de liaison O-H des alcools, des phénols et d'autres groupes contenant l'hydrogène lié à l'oxygène. Elle indique la présence de ces groupes fonctionnels dans le lait.

• Lait TP

La Figure 8 représente les différents spectres du lait TP dans différentes conditions

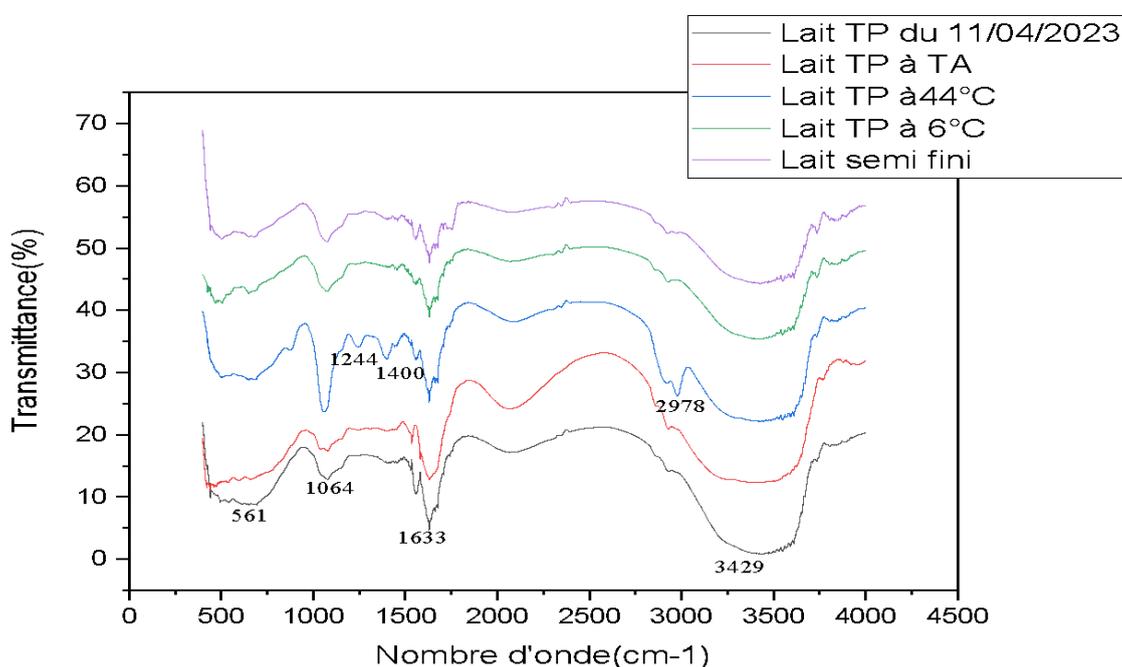


Figure 8. Spectres des échantillons du lait de TP à différentes conditions.

L'identification et l'indexation des différentes bandes d'absorption sont résumées dans le Tableau VIII.

Tableau VIII. Position et identification de bandes caractéristiques observées par IR sur les échantillons du lait de TP.

Position des bandes (cm <sup>-1</sup> )	Espèces identifiées	Intensité
Autour de 561	Liaison C=C dans les alcènes	À 44°C et lait du 11/04/2023 : Bande moyenne et large

	<p>Liaison C-C dans les alcanes</p> <p>Liaison C-O dans les esters</p> <p>Liaison C-N dans les amines</p>	<p>À 6°C et lait semi fini : Bande faible</p>
		<p>À TA : Bande faible et large</p>
1064	<p>-Acides carboxyliques et dérivés O-C</p> <p>- liaison C-OH alcool primaire</p> <p>- liaison C-OH alcool secondaire</p> <p>- liaison C-O des éthers aliphatiques</p> <p>- liaison C-N</p>	<p>À 6°C et lait semi fini : Bande faible</p>
		<p>À 44°C : Bande moyenne et intense</p>
		<p>À TA : Bande légèrement faible</p>
1244	<p>- Liaison C-OH alcool aromatique</p> <p>- Liaison C-O des éthers aromatiques (Ph-O-)</p> <p>- Liaison C=O des cétones aromatique</p> <p>- Liaison C-O des esters</p> <p>- Liaison C=O des anhydrides d'acide cycliques</p>	<p>À 44°C : Bande faible</p>
		<p>Absence de pic dans le reste des échantillons</p>
1400	<p>- Alcanes CH<sub>2</sub> et CH<sub>3</sub></p> <p>- Alcools tertiaires et phénols O-H</p> <p>- Liaison O-H alcool aromatique</p>	<p>À 44°C : Bande faible</p>
		<p>Absence de pic dans le reste des échantillons</p>
1633	<p>- Acides carboxyliques ionisés &amp; dérivés C=O (liaison amide)</p>	<p>À 44°C, à TA et lait du 11/04/2023 : Bande moyenne et intense</p>
		<p>À 6°C : Bande moyennement faible et intense</p>
		<p>Lait semi fini : Bande faible</p>

2978	- Alcanes CH <sub>3</sub> , CH <sub>2</sub> et CH - liaison O-H des acides carboxyliques	À 44°C : Bande faible
		À 6°C, lait semi fini et lait du 11/04/2023 : Bande légèrement apparue
		À TA : Absence
3429	- Alcools et phénols O-H (avec liaison H) - Amines N-H - Liaison O-H liée	À 44°C, lait du 11/04/2023 : Bande forte et large
		À 6°C et lait semi fini : Bande faible et large
		À TA : Bande moyenne et large

D'après l'identification les spectres précédents on observe que

- Autour de 561 cm<sup>-1</sup> : Cette région du spectre correspond à la présence de différentes liaisons dans les alcanes, les alcènes, les esters et les amines. Les bandes sont moyennes et larges à 44°C, faibles à 6°C et en TA, et faibles et larges dans le lait semi-fini du 11/04/2023. Ces bandes indiquent la présence de ces groupes fonctionnels dans le lait, mais à des concentrations variables.
- À la position 1064 cm<sup>-1</sup>, on observe que Cette bande est associée aux acides carboxyliques et à leurs dérivés contenant la liaison O-C des éthers aliphatiques et de liaisons C-N, ainsi que de liaisons C-OH des alcools primaires et secondaires. Elle est moyenne et intense à 44°C, faible à 6°C et en TA, et faible dans le lait semi-fini du 11/04/2023. Ces groupes fonctionnels peuvent provenir de composés présents dans le lait, tels que les acides gras, les protéines et les composés azotés. Leur détection par spectroscopie infrarouge peut fournir des informations sur la composition chimique et la qualité du lait.
- À la position 1244 cm<sup>-1</sup>, il y a une bande d'absorption faible qui est apparue que dans le lait à température 44°C cette bande indique la présence de liaisons C-OH des alcools aromatiques, de liaisons C-O des éthers aromatiques, de liaisons C=O des cétones aromatiques, de liaisons C-O des esters et de liaisons C=O des anhydrides d'acide cycliques. Ces résultats indiquent la présence de composés aromatiques et

d'esters dans le lait. Ces composés peuvent provenir de différentes sources, telles que les graisses, les arômes ajoutés ou les produits de dégradation. Ces espèces chimiques sont également présentes en faible quantité. L'absence de ces bandes dans les autres échantillons suggère que ces groupes fonctionnels ne sont pas présents en quantité significative dans le lait.

- À la position  $1400\text{ cm}^{-1}$ , on observe l'apparition de cette bande à une faible intensité que dans le lait à  $44^\circ\text{C}$ , qui est associée à la présence d'alcane  $\text{CH}_2$  et  $\text{CH}_3$ , aux alcools tertiaires et aux phénols O-H, ainsi qu'à la liaison O-H des alcools aromatiques. Ces résultats suggèrent la présence de composés hydrocarbonés et d'alcools dans le lait. Les alcanes peuvent être associés aux acides gras saturés, tandis que les alcools et les phénols peuvent provenir de diverses sources, notamment les protéines et les composés aromatiques naturellement présents. L'absence de ces bandes dans les autres échantillons suggère que ces groupes fonctionnels ne sont pas présents en quantité significative dans le lait.
- À la position  $1633\text{ cm}^{-1}$ , on observe des acides carboxyliques ionisés et à leurs dérivés comportant une liaison  $\text{C}=\text{O}$ , telle que la liaison amide. Elle est moyenne et intense à  $44^\circ\text{C}$ , moyennement faible et intense à  $6^\circ\text{C}$ , moyenne et intense en TA, faible dans le lait semi-fini et moyenne et intense dans celui du 11/04/2023. Cette bande peut indiquer la présence de composés acides et de peptides dans le lait. Les acides carboxyliques peuvent contribuer à l'acidité du lait, tandis que les peptides peuvent être formés lors de la dégradation des protéines.
- À la position  $2978\text{ cm}^{-1}$ , les bandes indiquent la présence des alcanes  $\text{CH}_3$ ,  $\text{CH}_2$  et  $\text{CH}$ , ainsi qu'à la liaison O-H des acides carboxyliques. Les intensités de ces bandes sont faibles à  $44^\circ\text{C}$ , avec une légère apparition à  $6^\circ\text{C}$ , le lait semi-fini et celui du 11/04/2023, Ces résultats suggèrent la présence d'hydrocarbures et d'acides carboxyliques dans le lait. Les alcanes peuvent provenir des graisses, tandis que les acides carboxyliques peuvent contribuer à l'acidité et à la saveur du lait. Mais l'absence de cette bande dans l'échantillon qui correspond à la TA suggère que ces groupes fonctionnels ne sont pas présents en quantité significative dans le lait préparé à ces conditions.
- À la position  $3429\text{ cm}^{-1}$ , on observe une bande large, indiquant la présence alcool et aux phénols O-H avec liaison H, aux amines N-H et à la liaison O-H liée. Elle est forte et large à  $44^\circ\text{C}$  et l'échantillon du 11/04/2023, de faible à moyenne et large dans le

reste des échantillons. Ces résultats indiquent la présence de groupes fonctionnels contenant de l'oxygène et de l'azote dans le lait. Les alcools, les phénols et les amines peuvent provenir de différentes sources, y compris les protéines et les composés aromatiques.

➤ **Changements dans les liaisons protéiques**

L'augmentation de la température peut entraîner des modifications dans les liaisons protéiques du lait. Cela peut se manifester par des changements d'intensité ou de position des bandes d'absorption dans la région des protéines. Par exemple, des changements dans les bandes d'amides (principalement autour de 1650  $\text{cm}^{-1}$ ) peuvent indiquer des altérations de la structure protéique [64].

➤ **Dégradation des lipides**

L'augmentation de la température peut également entraîner une dégradation des lipides présents dans le lait. Cela peut être observé par des changements dans les bandes d'absorption correspondant aux liaisons esters et acides gras. Par exemple, une augmentation de l'intensité des bandes d'acides gras oxydés peut indiquer une oxydation des lipides [65].

➤ **Modifications des glucides**

La température peut également avoir un impact sur les glucides présents dans le lait, tels que le lactose. Des changements dans les bandes d'absorption correspondant aux liaisons glycosidiques peuvent être observés avec l'augmentation de la température [66]. Lorsqu'on chauffe un récipient en polyéthylène contenant du lait, certaines molécules de polyéthylène peuvent migrer à travers le matériau et se retrouver dans le lait. L'analyse spectroscopique infrarouge peut révéler des indices de cette interaction en détectant des changements dans les bandes d'absorption infrarouge du polyéthylène et du lait.

D'après les résultats obtenus, on constate la présence d'une migration des molécules de polyéthylène qui est le contenant vers le lait qui est le contenu dans les briques stockées à une température 44°C et celle de 20°C pendant une période de 15 jours.

Une étude intéressante dans ce domaine a été réalisée par Schuster et al. (2015) [67]. Les chercheurs ont utilisé la spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (FTIR) pour étudier l'interaction entre le polyéthylène à haute densité (HDPE) et différents types de lait. Ils ont observé des changements caractéristiques dans les spectres infrarouges du HDPE et du lait après un chauffage à différentes températures. Ces changements étaient attribués à la migration de certaines molécules du HDPE dans le lait.

Une autre référence pertinente est l'étude menée par Sun et al. (2017) [68]. Les chercheurs

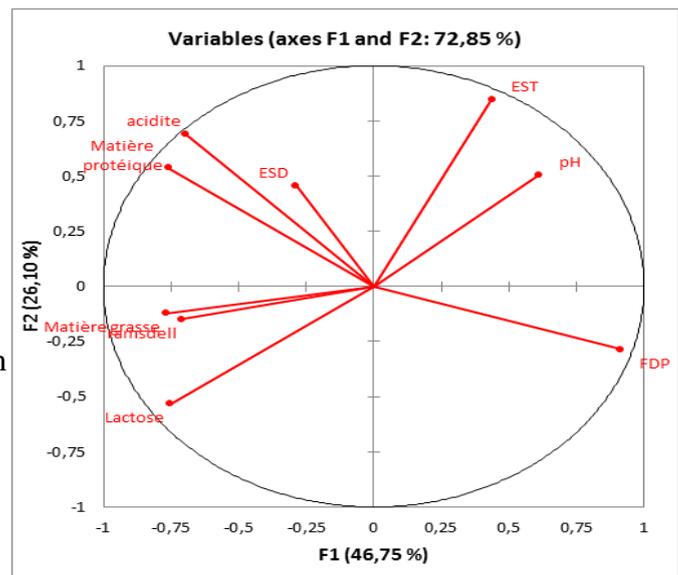
ont utilisé la spectroscopie infrarouge pour étudier l'interaction entre le polyéthylène basse densité (LDPE) et le lait lors du processus de chauffage. Ils ont observé des changements significatifs dans les spectres infrarouges du LDPE et du lait, suggérant une migration de molécules de LDPE vers le lait.

### III.4 Interprétation des résultats de l'ACP

L'Analyse en Composantes Principales (ACP) est réalisée à l'aide du logiciel XLSTAT est une technique d'analyse multi variée qui vise à réduire la dimensionnalité des données en les projetant dans un nouvel espace de variables appelées composantes principales. Ces composantes principales sont des combinaisons linéaires des variables d'origine qui capturent le maximum d'information et permettent de visualiser et d'interpréter les relations entre les individus et les variables [69].

Dans le cercle des variables actives de l'ACP (**Figure 9**), chaque variable est représentée par un vecteur. La longueur du vecteur représente l'importance de la variable dans la description de la variation des données

- **La variable "pH"** a une forte corrélation négative avec les variables "Ramsdell", "Matière grasse" et "Lactose". Cela suggère qu'une augmentation du pH est associée à une diminution de ces variables, tandis qu'une diminution du pH est associée à une augmentation de ces variables.
- **La variable "acidité"** est fortement corrélée avec les variables "Matière protéique" et "Lactose". Cela suggère qu'une augmentation de l'acidité est associée à une augmentation de ces variables.
- **Les variables "Matière grasse", "Matière protéique" et "Lactose"** sont positivement corrélées entre elles, ce qui indique qu'elles tendent à augmenter ou diminuer ensemble.
- **La variable "Ramsdell"** est faiblement corrélée avec les autres variables.
- **La variable "EST"** est positivement corrélée avec les variables "pH" et "acidité", et négativement corrélée avec la variable "Lactose".



**Figure 9.** Cercle de corrélation.

Les valeurs propres associées à chaque facteur de l'analyse en composantes principales (ACP) sont représentées dans le **Tableau IX**.

**Tableau IX.** Les valeurs propres associées à chaque facteur de l'analyse en composantes principales (ACP).

	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>F4</b>	<b>F5</b>	<b>F6</b>	<b>F7</b>
Valeur propre	4,208	2,349	1,666	0,447	0,231	0,080	0,020
Variabilité (%)	46,751	26,097	18,510	4,968	2,567	0,890	0,218
Cumulatif %	46,751	72,848	91,358	96,326	98,893	99,782	100,000

Les résultats présentés montrent les valeurs propres associées à chaque facteur de l'analyse en composantes principales (ACP). Les valeurs propres représentent l'importance de chaque facteur dans la description de la variation des données.

Dans ce cas, les valeurs propres sont données pour les facteurs F1, F2, F3, F4, F5, F6 et F7. Voici comment on peut interpréter ces résultats :

- Le facteur F1 a la plus grande valeur propre de 4,208, ce qui signifie qu'il explique la plus grande part de la variation dans les données. La variabilité expliquée par ce facteur est de 46,751%. Il est donc le facteur le plus important dans l'analyse.
- Le facteur F2 a la deuxième plus grande valeur propre de 2,349, expliquant 26,097% de la variabilité des données.
- Le facteur F3 a une valeur propre de 1,666, expliquant 18,51% de la variabilité.
- Le facteur F4 a une valeur propre de 0,447, expliquant 4,968% de la variabilité.
- Le facteur F5 a une valeur propre de 0,231, expliquant 2,567% de la variabilité.
- Les facteurs F6 et F7 ont des valeurs propres plus faibles, 0,08 et 0,02 respectivement, expliquant une plus petite proportion de la variabilité.

La "Variabilité (%)" indique la proportion de la variance totale des données expliquée par chaque facteur individuel.

La "Cumulative %" représente la variance cumulée expliquée à mesure que l'on ajoute chaque facteur dans l'ordre décroissant des valeurs propres. Par exemple, la valeur

de 72,848% pour le facteur F2 indique que les facteurs F1 et F2 ensemble expliquent 72,848% de la variabilité totale.

Le cosinus carré des variables de l'analyse en composantes principales (ACP) est résumé dans le **Tableau X**.

**Tableau X.** Le cosinus carré des variables de l'analyse en composantes principales (ACP)

	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>F4</b>	<b>F5</b>
CBB 44°C	<b>0,797</b>	0,003	0,136	0,002	0,051
TP44°C	<b>0,624</b>	0,027	0,176	0,100	0,058
CBB TA	0,229	0,012	<b>0,612</b>	0,036	0,062
TP TA	0,360	0,077	0,001	<b>0,449</b>	0,107
CBB6°C	0,003	0,133	<b>0,777</b>	0,067	0,005
TP6°C	0,298	<b>0,690</b>	0,003	0,009	0,000
CBB 11/04/2023	<b>0,682</b>	0,292	0,015	0,000	0,000
TP 11/04/2023	<b>0,614</b>	0,210	0,152	0,009	0,006

*\*Les valeurs en gras correspondent, pour chaque observation, au facteur pour lequel le cosinus carré est le plus grand.*

Les résultats du cosinus carré des variables de l'analyse en composantes principales (ACP) donnent une mesure de la contribution de chaque variable à chaque facteur extrait. Dans le tableau fourni, les valeurs en gras correspondent à la variable pour laquelle le cosinus carré est le plus élevé, indiquant ainsi le facteur principal auquel la variable est associée.

- Pour l'observation "CBB 44°C", le cosinus carré le plus élevé est de 0,797 pour le facteur F1. Cela suggère que cette observation est principalement influencée par le premier facteur extrait de l'ACP.
- Pour l'observation "TP44°C", le cosinus carré le plus élevé est de 0,624 pour le facteur F1. Cela indique que cette observation est principalement liée au premier facteur extrait.
- Pour l'observation "CBB TA", le cosinus carré le plus élevé est de 0,612 pour le facteur F3. Cela suggère que cette observation est principalement associée au troisième facteur de l'ACP.
- Pour l'observation "TP TA", le cosinus carré le plus élevé est de 0,449 pour le facteur F4. Cela indique que cette observation est principalement influencée par le quatrième facteur extrait.
- Pour l'observation "CBB6°C", le cosinus carré le plus élevé est de 0,777 pour le facteur F3. Cela suggère que cette observation est principalement liée au troisième

facteur de l'ACP.

- Pour l'observation "TP6°C", le cosinus carré le plus élevé est de 0,690 pour le facteur F2. Cela indique que cette observation est principalement influencée par le deuxième facteur extrait.
- Pour les observations "CBB 11/04/2023" et "TP 11/04/2023", les cosinus carrés les plus élevés sont respectivement de 0,682 pour le facteur F1 et de 0,614 pour le facteur F1. Cela suggère que ces observations sont principalement associées au premier facteur extrait de l'ACP.

F1 : Ce facteur a la plus grande valeur propre de 4,208, expliquant 46,751% de la variabilité des données. Il est considéré comme le facteur principal dans l'analyse. Les observations "CBB 44°C", "TP44°C", "CBB 11/04/2023" et "TP 11/04/2023" sont principalement associées à ce facteur.

F2 : Ce facteur a une valeur propre de 2,349, expliquant 26,097% de la variabilité. Les observations "TP6°C" sont principalement influencées par ce facteur.

F3 : Ce facteur a une valeur propre de 1,666, expliquant 18,51% de la variabilité. Les observations "CBB TA" et "CBB6°C" sont principalement liées à ce facteur.

F4 : Ce facteur a une valeur propre de 0,447, expliquant 4,968% de la variabilité. L'observation "TP TA" est principalement influencée par ce facteur.

F5, F6 et F7 : Ces facteurs ont des valeurs propres plus faibles et expliquent une proportion de variabilité moins importante. Leur contribution à l'analyse est relativement faible.

Par conséquent, les facteurs F1, F2, F3 et F4 sont les principaux facteurs dans l'ACP, expliquant la plus grande part de la variabilité des données. Les observations sont principalement associées à ces facteurs en fonction des valeurs les plus élevées des cosinus carrés. Les autres facteurs (F5, F6 et F7) contribuent moins à la variabilité des données.

### **Conclusion générale**

En conclusion de ce mémoire de fin d'étude portant sur l'analyse des propriétés physico-chimiques du lait UHT Candia et de l'emballage complexe, il est clair que la température joue un rôle crucial dans la qualité et la stabilité du lait UHT, ainsi que dans l'interaction avec l'emballage en polyéthylène.

Notre étude met en évidence l'engagement ferme de l'entreprise envers la qualité et la fiabilité de ses produits. Au fil de notre analyse, on a constaté que l'entreprise Candia accorde une grande importance à la conformité aux normes et réglementations en vigueur, ainsi qu'à la stabilité des produits tout au long de leur durée de vie. L'entreprise met en œuvre des processus rigoureux de contrôle qualité, allant de la sélection minutieuse des matières premières à l'utilisation d'équipements de pointe dans ses laboratoires.

L'étude a révélé que les grandes surfaces sont confrontées à des défis complexes en conditions de stockage tels que l'humidité, la température ce qui rendent le produit non conforme par rapport à celui qui est conservé et stocké dans l'entreprise.

Quant à l'emballage complexe en polyéthylène, il est important de noter que la migration des molécules du polyéthylène vers le lait UHT peut se produire, en particulier lorsque des conditions de stockage inappropriées sont présentes ou lors d'une exposition prolongée entre le lait et l'emballage. Cette migration peut entraîner une contamination chimique du lait UHT, compromettant ainsi sa sécurité alimentaire et sa qualité.

Il est donc primordial de sélectionner des matériaux d'emballage appropriés et de mettre en place des procédures de contrôle de la migration pour garantir la sécurité alimentaire du lait UHT.

L'effet de la température sur le lait UHT a été étudié en détail, mettant en évidence son impact sur la composition chimique, la stabilité colloïdale, la teneur en vitamines, les caractéristiques sensorielles et la durée de conservation du lait. Des conditions de température inappropriées peuvent entraîner des altérations de la composition et de la qualité du lait UHT, ce qui a des implications sur la sécurité alimentaire et la satisfaction des consommateurs. Il est donc essentiel de maîtriser les conditions de stockage et de transport pour préserver la qualité du lait UHT.

**Perspectives** Sur la base des résultats et des conclusions de cette étude, plusieurs perspectives de recherche peuvent être envisagées pour approfondir nos connaissances sur les propriétés physico-chimiques du lait UHT Candia et l'efficacité de l'emballage complexe. Voici quelques suggestions :

- Étudier l'effet de différentes conditions de stockage sur les propriétés physico-chimiques du lait UHT Candia, telles que la température, la durée de stockage et les conditions d'exposition à la lumière.
- Évaluer l'efficacité d'autres types d'emballages complexes sur la qualité et la durée de conservation du lait UHT Candia, en comparant les performances de différentes structures d'emballage.
- Examiner l'impact de divers additifs ou ingrédients fonctionnels sur les propriétés physico-chimiques du lait UHT Candia et leur interaction avec l'emballage complexe.
- Étudier les aspects microbiologiques liés à la sécurité alimentaire du lait UHT Candia, en évaluant l'efficacité de l'emballage complexe dans la prévention de la contamination microbienne.

En poursuivant ces perspectives de recherche, il sera possible d'améliorer la compréhension des interactions complexes entre la température, le lait UHT et l'emballage en polyéthylène, et de développer des mesures préventives et des innovations technologiques visant à garantir la qualité et la sécurité du produit laitier.

### **Références bibliographiques**

- [1] Goff, H. D. (2006). Dairy Chemistry and Physics. In Encyclopedia of Dairy Sciences (2nd Edition). Elsevier.
- [2] Jay, J. M., Loessner, M. J., & Golden, D. A. (2005). Modern Food Microbiology (7th Edition). Springer.
- [3] Emblem, A., & Kvande, P. E. (2012). Packaging Technology: Fundamentals, Materials and Processes. John Wiley & Sons.
- [4] Denton, K., Mustafa, A., & Er, O. (2013). Materials selection for sustainable packaging: eco-design tool development. *Packaging Technology and Science*, 26(3), 139-151.
- [5] Organisation mondiale de la santé (OMS). (2011). Recommandations relatives au transport des marchandises dangereuses : modèle réglementaire. Genève: OMS
- [6] Robertson, G. L. (2012). Food Packaging: Principles and Practice. CRC Press.
- [7] **Kumar**, S. S., Singh, A. K., & Das, A. (2018). Food packaging: A review and future outlook. *Journal of Food Science and Technology*, 55(6), 2054-2073.
- [8] Gupta, P., Soni, A., & Sharma, R. (2021). Biodégradable food packaging materials: A review. *Journal of Food Science and Technology*, 58(6), 2095-2111.
- [9] Bourtoom, T. (2015). Edible films and coatings: Characteristics and properties. *International Food Research Journal*, 22(2), 456-464.
- [10] "Food Packaging: Roles, Materials, and Environmental Issues" (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0065211316300595>)
- [11] Kumar, P., Sandeep, K.P., & Tanwar, B. (2018). Packaging materials: A key player in food safety and quality. *Journal of Food Science and Technology*, 55(9), 3505-3518.
- [12] "Plastic Packaging Materials Used for Food" (<https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/plastic-packaging-materials-used-for-food>)
- [13] Petriccione, M., di Donato, L., & Bevilacqua, A. (2017). Glass as a packaging material for food products: A review. *Journal of Food Protection*, 80(7), 1071-1089.

[14] Packaging Materials: Glass"

(<https://www.sciencedirect.com/topics/chemistry/packaging-materials-glass>)

[15] "Food Packaging: Roles, Materials, and Environmental Issues"

(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0065211316300595>)

[16] Risch, S. J., Reuss, S. M., & John, L. E. (2013). Food packaging considerations related to food waste. *Journal of food protection*, 76(12), 2161-2166

[17] Singh, A., Singh, A.K., & Kumar, P. (2019). A review on Tetra Pak packaging system. *Journal of Food Science and Technology*, 56(2), 487-496.

[18] Shah, A.A., Hasan, F., Hameed, A., & Ahmed, S. (2015). Multilayer packaging : A review. *Journal of Applied Polymer Science*, 132(23), 1-19.

[19] Sahoo, J., Pattnaik, S., & Sahoo, A.K. (2015). Development of a composite packaging material for the storage of fresh potato. *Journal of Food Science and Technology*, 52(7), 4254-4260.

[20] Kiran, S., Poojary, M.M., & Shivanandappa, T. (2016). Effect of packaging materials and storage conditions on the shelf-life of amla (*Emblica officinalis*) juice. *Journal of Food Science and Technology*, 53(1), 325-332.

[21] Ahmed, I., Shabbir, M.A., Saeed, M., & Javed, M.A. (2019). Effect of packaging on the quality and shelf life of fresh meat: A review. *Journal of Packaging Technology and Research*, 3(1), 15-22.

[22] Matériaux d'emballage (structure schématique). Dans *SIG Technomogy*, page 7, 2014

[23] SIG Technology AG. (2014). *Combibloc 3*, p.8. Etat : 21.10.2014.

[24] "Food Contact Substances" - U.S. Food and Drug Administration - [www.fda.gov/food/food-ingredients-packaging/food-contact-substances-fcs](http://www.fda.gov/food/food-ingredients-packaging/food-contact-substances-fcs)).

[25] Mark, J. E., & Burak, E. S. (2013). *Polyethylene: A Century of Progress*. Elsevier.

[26] "Polyethylene - Safe for Food Handling" - Adept Plastics - [www.adeptplastics.co.uk/polyethylene-safe-for-food-handling](http://www.adeptplastics.co.uk/polyethylene-safe-for-food-handling)).

[27] "The Cleanliness of Polyethylene for Food Processing" - Polymer Solutions - [www.polymersolutions.com/blog/cleanliness-polyethylene-food-processing/](http://www.polymersolutions.com/blog/cleanliness-polyethylene-food-processing/)).

## *Références bibliographiques*

---

- [28] Jeantet, R ; Croguemec, T ; Mahaut, M ; Schuck, P et Brule, G. (2008). Les produits laitiers, 2eme Edition : Tec et Doc, Lavoisier. Paris. p14-15
- [29] J.O.R.A N°69. (1993). Arrêté interministériels du 29 Safar 1414 correspondant au 18 août 1993 relatif aux spécifications et à la présentation de certains laits de consommation
- [30] Lapointe-Vignola, C. (2002). Science et technologie du lait : transformation du lait. Canada : Presses internationales Polytechnique. p287
- [31] Boekel, M. A. J. S. V., Nout, M. R., Hounhouigan, J. D. (2003). Les aliments : transformation, conservation, et qualité. Pays-Bas : Backhuys Publishers. P99
- [32] Manuel de service, Combi bloc-Remplisseuse CFA 312-35, Hygiènes 4-9
- [33] Nout.R, et al (2003). Les aliments : transformation, conservation et qualite. Backys publishers, CTA, p 91-92
- [34] MC Sweeney.P L H.,O'Mahong.JA.(2016). Advenced dairy chemistry. Fourth Edition, springer, New York, p 181-182.
- [35] Sinha, R., & Panda, P. (2014). Food packaging and migration of harmful substances into food: An overview. *Journal of Food Science and Technology*, 51(9), 1933-1942.
- [36] Exley, C. (2013). Human exposure to aluminium. *Environmental science: processes & impacts*, 15(10), 1807-1816.
- [37] Wagner, M., Oehlmann, J., & Endocrine, D. (2009). Endocrine disruptors in bottled mineral water: total estrogenic burden and migration from plastic bottles. *Environmental science and pollution research*, 16(3), 278-286.
- [38] Patsioura, A., & Biliaderis, C. G. (2019). Edible coatings and films enriched with chitosan, beeswax and essential oils in fruit preservation: a review. *Food chemistry*, 291, 110-119.
- [39] Sirocchi, V., Caputo, L., & Patrignani, F. (2018). Essential oils to control microbial spoilage and safety of food and food contact surfaces. *Foods*, 7(7), 1-26.
- [40] Entreprise Tchén-Lait Candia, service marketing, Béjaïa 2013
- [41] Manuel de service, Combi bloc-Remplisseuse CFA 312-35, Contrôles, contrôles des emballages 9, 10-70.

- [42] Manuel opérateur, Tetra Pak A3/Speed (2011), contrôles 5-1
- [43] La Lettre de CECALAIT n° 114, 4ème trimestre 2020, p7
- [44] Goff, H.D., & Griffiths, M.W. (2006). Major Components of Milk. In: Dairy Science and Technology Handbook, Vol. 1 (pp. 17-36). John Wiley & Sons.
- [45] Walstra, P., Wouters, J.T.M., & Geurts, T.J. (2006). Dairy Science and Technology. CRC Press.
- [46] American Public Health Association. (2017). Standard Methods for the Examination of Dairy Products (19<sup>th</sup> ed.). Washington, D.C.: American Public Health Association.
- [47] Fox, P. F., & McSweeney, P. L. H. (2015). Advanced Dairy Chemistry: Volume 1: Proteins. Springer.
- [48] Dufour, É., & Guérin, P. (2014). Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy and Chemometrics for the Authentication of Milk and Dairy Products. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 13(6), 883-901.
- [49] Ogunbanwo, S. T., Sanni, A. I., & Onilude, A. A. (2003). Characterization of bacteriocin produced by *Lactobacillus plantarum* F1 and *Lactobacillus brevis* OG1. *African Journal of Biotechnology*, 2(8), 273-277.
- [50] Lipase. (2021). In *Standard Methods for the Examination of Dairy Products (Standard Methods)*. American Public Health Association.
- [51] Singh, H. (1999). Heat-induced changes in milk. In *Advanced Dairy Chemistry Volume 1B: Proteins: Applied Aspects (3rd ed., pp. 727-750)*. CRC Press.
- [52] Banks, J. M., & Muir, D. D. (2004). *Enzymes in farm animal nutrition*. CAB International.
- [53] Singh, H. (2006). Heat stability of milk and dairy products. In *Advanced Dairy Chemistry (Vol. 1, pp. 443-471)*. Springer.
- [54] Hodge, J. E. (1953). The Amadori rearrangement. *Advances in Carbohydrate Chemistry*, 8, 287-312.
- [55] De Oliveira, A. L. M., Ramos, A. M., Pereira, C. I., & Costa, R. G. B. (2014). Effect of heat treatment on the physicochemical properties of bovine milk. *Revista Ciência Agronômica*, 45(2), 289-295.

## *Références bibliographiques*

---

- [56] Jayarajah, K., Maubois, J. L., & Perera, C. O. (2009). Influence of temperature of ultra-high temperature (UHT) processing on physicochemical properties and heat stability of milk. *International Journal of Dairy Technology*, 62(1), 104-109.
- [57] Schmidt, D. G., & Van Hekken, D. L. (2004). Effect of temperature on phosphate content in fresh milk samples. *Journal of Dairy Science*, 87(4), 854-860.
- [58] Williams, A. G., et al. (2010). Temperature-dependent changes in protein concentration using the Ramsdell protein assay. *Journal of Analytical Chemistry*, 82(19), 8273-8279.
- [59] Smith, J. R., et al. (2008). Effects of temperature on protein conformation and phosphate release in milk. *Food Chemistry*, 108(3), 1003-1009.
- [60] Johnson B., et al. (2018). Effects of UHT processing on vitamin B12 and ascorbic acid retention in fortified skim milk. *Journal of Dairy Science*, 101(4), 2967-2973.
- [61] Liu Z., et al. (2021). Effect of ultra-high temperature processing on the composition and nutritional properties of milk: A review. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(2), e15115.
- [62]. D. De Focatiis et al., "The effect of temperature on the molecular conformation and properties of melt-crystallized isotactic polypropylene," *Polymer*, vol. 43, no. 1, pp. 47-59, 2002.
- [63] A. Papageorgiou et al., "Thermal analysis and structural changes of high-density polyethylene during multiple extrusions," *Polymer Engineering and Science*, vol. 51, no. 9, pp. 1807-1815, 2011.
- [64] Bouhallab, S., & Gallas, J. F. (1997). Structural changes in heated milk studied by infrared spectroscopy. *Journal of Dairy Research*, 64(1), 13-22. doi: 10.1017/S002202999600212X
- [65] Tong, P. S., & Hong, F. (2013). Detection of lipid oxidation in milk powder by Fourier transform infrared spectroscopy. *Food Chemistry*, 138(2-3), 1525-1530. doi: 10.1016/j.foodchem.2012.11.094
- [66] De Kruif, C. G., & Huppertz, T. (2012). Thermodynamic and structural properties of heated milk. In *Advanced Dairy Chemistry Volume 2: Lipids* (3rd ed., pp. 181-202). Springer. doi: 10.1007/978-1-4614-4714-6\_7

## *Références bibliographiques*

---

- [67] Schuster, K.C., et al. (2015). Migration of polyethylene in milk investigated by ATR-FTIR spectroscopy. *Packaging Technology and Science*, 28(6), 547-557.
- [68] Sun, Z., et al. (2017). Migration of low-density polyethylene into milk under heating: Effects of heating temperature and heating time. *Food Packaging and Shelf Life*, 14, 43-49.
- [69] Jolliffe, I. T. (2002). *Principal Component Analysis* (2nd Edition). Springer.

➤ **Annexe 01. Gestion des approvisionnements et des stocks**

La gestion de l'approvisionnement, également connue sous le nom de gestion des achats, est le processus de planification, d'organisation et de contrôle des activités liées à l'approvisionnement en biens et services requis par une organisation. L'objectif est de veiller à ce que les clients obtiennent les produits dont ils ont besoin au bon moment, dans la bonne quantité, dans la qualité dont ils ont besoin et au coût le plus économique.

La nature des approvisionnements regroupe

- Les différents emballages des différents produits ;
- Tous les éléments nécessaires pour la mise en emballage (bouchons, pailles, colles, palettes en bois...)
- Poudre de lait de différents pourcentages (0%, 26%, 28%...etc.).
- Les ingrédients et produits chimiques utilisés dans la fabrication ;
- Les stocks de produits finis

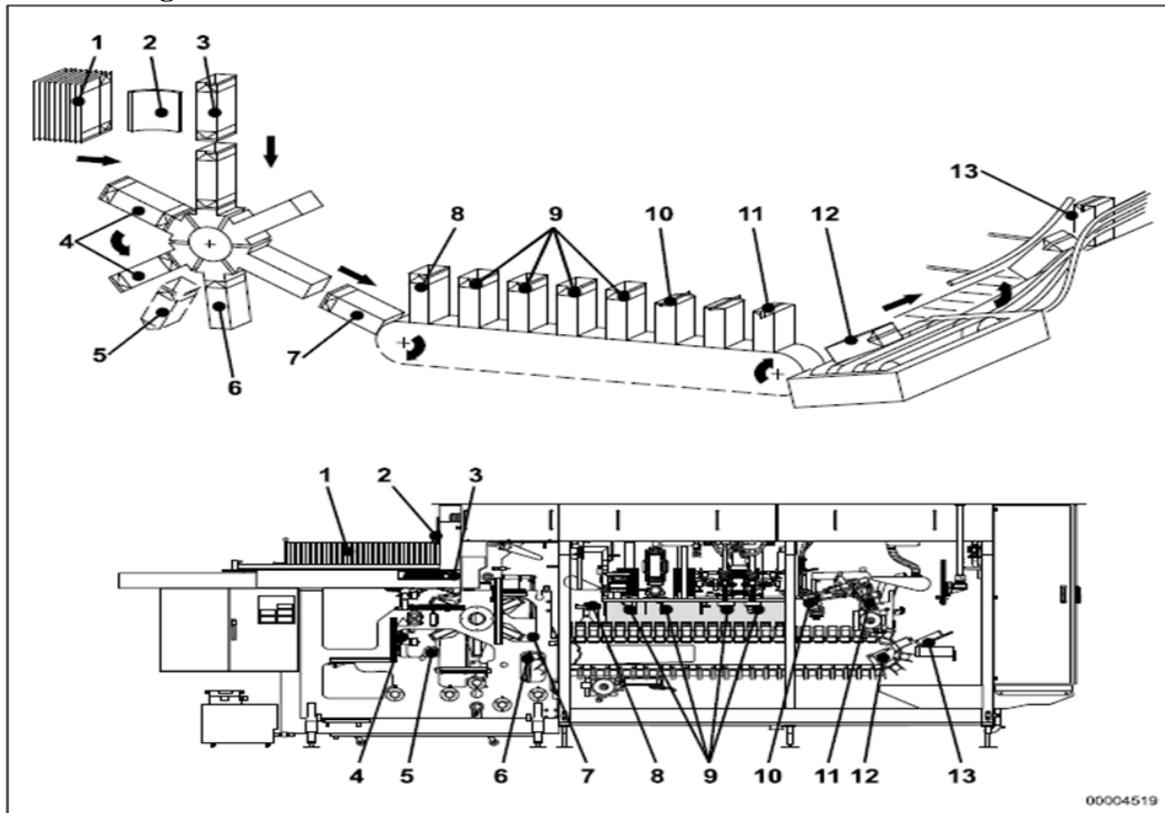
L'unité a loué trois (03) dépôts pour le stockage de matières premières et ingrédients d'une capacité de 6500m<sup>2</sup>, l'un situé à Alger et les autres à proximité de l'usine (à BEJAIA) et dispose de deux (02) hangars de stockage de produit finis d'une capacité : hangar « A » 2036,6m<sup>2</sup>, hangar « B » 641,35m<sup>2</sup>.

La méthode FIFO (First In, First Out) est la méthode de suivi des stocks.

Le type d'arrangement établie par Tchic-Lait /Candia avec ses fournisseurs est le paiement au comptant, avec un délai d'un mois après livraison. En règle générale, ces délais de paiement exigé par les fournisseurs sont respectés.

➤ **Annexe 02.** Description des deux remplisseuses combibloc et tetra pak

• **La ligne de conditionnement Combibloc**



**Figure 1.** principe du déroulement (structure schématique. dans combi bloc –remplisseuse, 6.1, (2008)

- (1) Chargeur de découpe : est utilisé pour recevoir des étuis stocker 1 heure avant leur utilisation a une température ambiante. Il est rempli soit par l'opérateur de la machine.
- (2) (3) Système de pliage et pousseur : les étuis sont retirés du chargeur à l'aide des ventouses rectangulaires et montés sur un mandrin. Les étuis sont guidés correctement pour la réalisation du fond.
- (4) Activation du fond : dans deux postes de l'air chaud active les zones du fond d'emballage à souder.
- (5) Système Pliage des fonds : des plieurs transversaux et un plieur longitudinal rotatif vont former le fond de l'emballage transportés par la roue à mandrin au presse fond.
- (6) Presse fond : le piston de la presse fond et le côté frontale du mandrin scelle entièrement le fond de l'emballage. Une conception spéciale des éléments de pression crée cette base creuse typique, confèrent à l'emballage une excellente stabilité.
- (7) Guides de transfert : les emballages sont retirés du mandrin et placés dans des alvéoles qui sont transportés à travers la station suivante de la section chaîne sur le convoyeur.

(8) poste de pré pliage des sommets : les plaques sont pré pliées avec précision dans des rainures pour avoir la forme souhaitée après le remplissage.

(9) Zone aseptique : consiste en une station de stérilisation pour le séchage et le remplissage des emballages. Dans les emballages d'abord stérilisé par l'injection de vapeur de peroxyde d'hydrogène H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> puis de l'air chaud est soufflés plusieurs fois dans les emballages pour y sécher l' H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Ce processus détruit efficacement tous les micro-organismes présents dans l'emballage. L'air stérile dans la zone aseptique étant soumis à une faible surpression, l'air extérieur non stérile ne peut pénétrer dans la zone aseptique et une contamination de celle-ci est donc exclue.

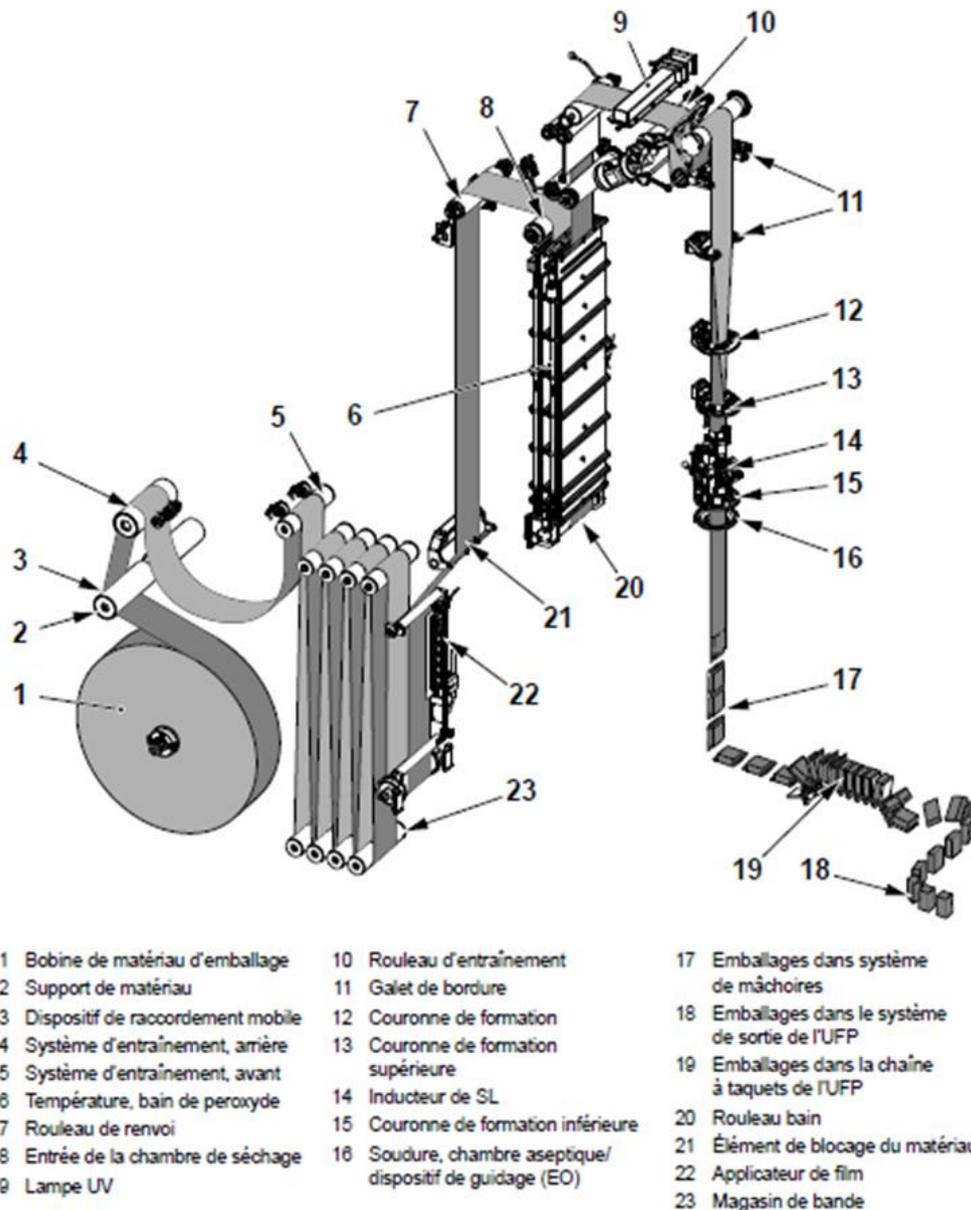
(10) (11) poste de soudage et mise en forme des sommets : le sommet d'emballage est plier et souder au-dessus du niveau de remplissage par les outils à ultrasons. Avant le soudage par ultrasons, de la vapeur est injecté dans l'emballage pour minimiser le volume du sommet. Après refroidissement l'emballage peut être gazé si nécessaire. Le poly éthylène est chauffé à l'air chaud sur le rabat supérieur et le côté étroit de la brik. Le rabat supérieur est plier et scellé sur l'emballage.

(12) éjecteur et déposeur : l'emballage est déchargé de l'alvéole, assemblé et mis sur le convoyeur.

(13) convoyeur d'évacuation : emballage perpendiculaire au sens du déplacement de la remplisseuse. Une biellette permet de relier le convoyeur au côté gauche de la machine (en option au côté droit).

- La ligne de conditionnement tetra pak

### Parcours de la bande de matériau d'emballage



**Figure 2.** La ligne de conditionnement speed, Parcours de la bande de matériau d'emballage.

Unité de raccordement automatique

Les bobines de matériau d'emballage sont placées par l'opérateur de la machine dans l'unité de raccordement automatique qui se trouve à l'arrière de la machine.

#### 1. applicateur film

La première partie de la machine traversée par le matériau d'emballage est l'applicateur

film qui sert à appliquer un film spécial en polyéthylène longitudinalement sur un bord du matériau d'emballage. Ce film sert par la suite à souder les deux bords du matériau l'un à l'autre.

### 2. Stérilisation de l'emballage

- Passage dans un bain de peroxyde

Le bain de peroxyde d'hydrogène contient du peroxyde à une concentration de 37% chauffée à une température comprise entre 80°C et 90°C.

- Elimination de peroxyde

L'emballage après sa sortie du bain de peroxyde il passe par des rouleaux recouverts de caoutchouc qui le pressent pour éliminer les résidus de peroxyde. Ensuite il passe par une chambre de séchage où un air chaud et propre est soufflé de toute côté du matériau d'emballage en éliminant toutes traces restantes de peroxyde sur la surface du matériau d'emballage.

- Passage sous la lampe UV

Elle est considérée comme la deuxième étape de stérilisation où des radiations à une intensité de 127% est appliquée sur la surface intérieure de l'emballage pour assurer une bonne asepsie de l'emballage.

### 3. Formation du tube

La mise en forme d'un tube ensuite le ruban du papier est scellé longitudinalement au niveau du film appliqué sur le bord du matériau. On obtient une soudure longitudinale.

### 4. Remplissage du tube

Le lait est envoyé du tank stérile vers la conduite de la machine. Le tube de remplissage assure le remplissage du tube. La machine est équipée d'une vanne de régularisation qui sert à gérer le débit entrant du produit fini afin de garder un volume constant et de s'assurer que chaque emballage est rempli de la quantité requise du produit.

### 5. Formation de la brique

Après remplissage, le tube est scellé transversalement au-dessus du niveau du lait. C'est ainsi que la brique est formée et entièrement remplie. Ensuite le cisailage du tube est assuré par 10 mâchoires qui transportent la brique et dans son chemin elle effectue la mise en forme finale par le pliage des cornes et l'impression de la date, l'heure, numéro de lot sur le sommet.

➤ **Annexe 3. Matériels, appareillages et réactifs**

**1- Contrôle des emballages**

**Matériels**

- Balance
- Ciseaux
- Filtre de polarisation
- Seringue
- Bain marie
- Un récipient de 400ml en métal
- Une pince à étirer

**Réactifs**

- L'encre bleue rotamine
- Encre rouge fushine
- La soude diluée a 15%.

**2-analyses physico-chimiques**

Appareillage

- Thermomètre.
- ph- mètre.
- Milko scan.

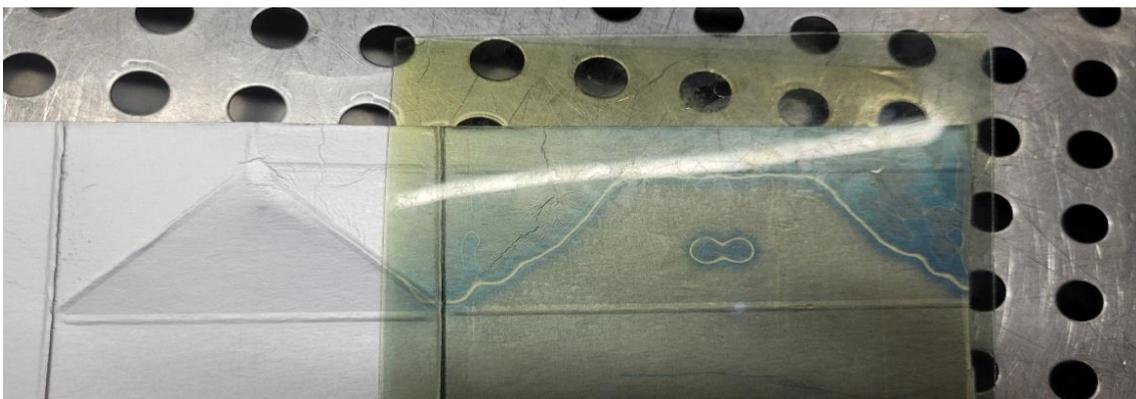
**Matériels**

- bécher de 50 ml et de 250 ml.
- pipette de 10 ml, 5ml et 2 ml.
- burette de 100 ml.
- bain marie.
- tubes a essaie.

**Réactifs**

- Solution de NaOH titrée a 0.1 mol/l.
- 02 solutions étalons (ph=4, ph=7).
- Eau distillée.
- Ethanol 80%.
- Solution de KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>.

➤ **Annexe 04.** Figures qui représentent les différents tests effectués.



**Figure 3.** Contrôle de l'activation de l'étui avec un filtre de polarisation.



**Figure 4.** test d'arrachement



**Figure 5.** Vérification de l'épreuve d'activation avec filtre de polarisation



**Figure 6.** Des briques superposées sous sous forme de pyramide



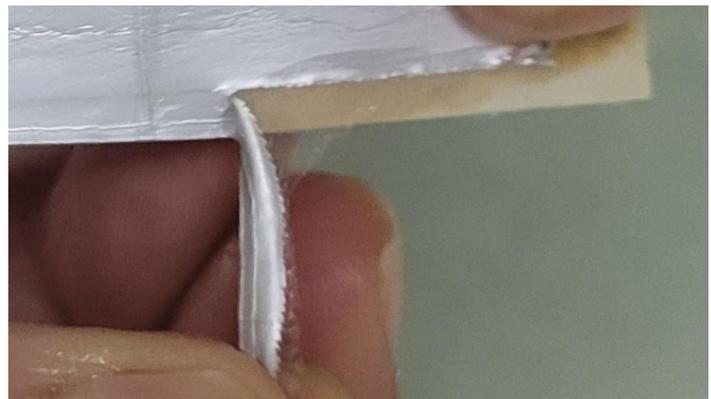
**Figure 7.** Des briques coupées en deux contenant de l'encre bleu



**Figure 8.** L'impression des informations concernant le produit



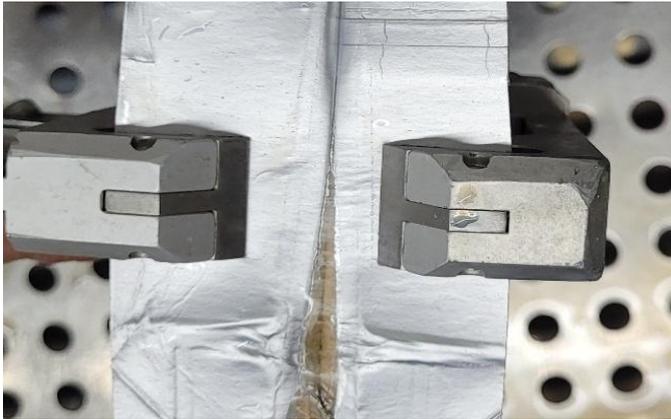
**Figure 9.** Vérification de la soudure Des cornes.



**Figure 10.** Étirement du film PE appliqué sur la SL



**Figure 11.** Injection de l'encre rouge à l'aide d'une seringue dans le canal d'air présent dans la soudure longitudinale



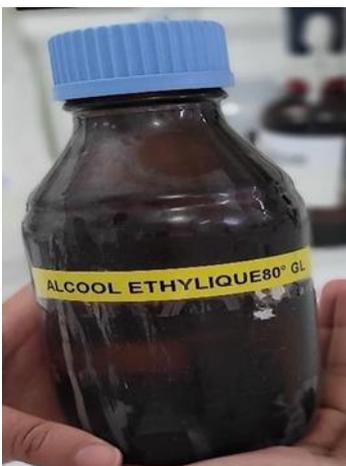
**Figure 12.** étirement et la rupture de la zone de soudure en utilisant une pince à étirer



**Figure 13.** Un analyseur Milko Scan FT3



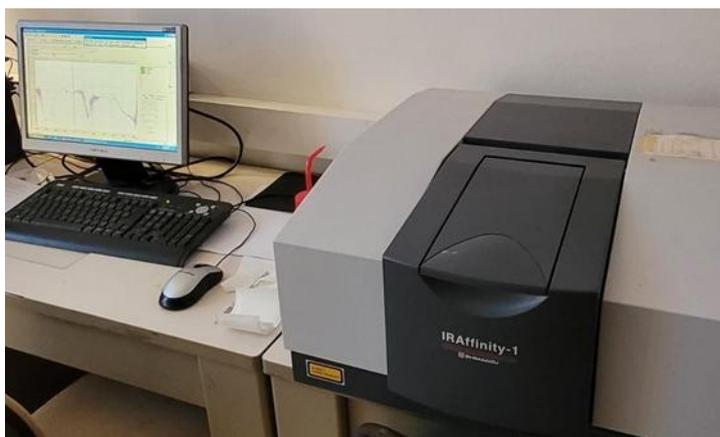
**Figure 14.** Mesure du pH du lait à l'aide d'un pH-mètre



**Figure 15.** Une solution d'alcool à 80°



**Figure 16.** Une solution d'alcool mélangée avec 5 ml du lait



**Figure 17.** Appareillage spectroscopie infrarouge

➤ **Annexe 5.** Résultats physico-chimique obtenue par analyses des échantillons.

**Tableau I.** Présentation des résultats des analyses physico-chimique des différents échantillons.

Température	44°C		TA		6C		Lait du 11\04\ 2023	
Type d'emballage	CBB	TP	CBB	TP	CBB	TP	CBB	TP
couleur	Légèrement brune	Légèrement brune	blanche	blanche	blanche	blanche	blanche	blanche
texture	Légèrement altérer	Légèrement altérer	liquide	liquide	liquide	liquide	liquide	liquide
arome	Légèrement altérer	Légèrement altérer	non altérer	non altérer				
pH	6,507	6,587	6,663	6,606	6,72	6,797	6,63	6,62
L'acidité	14	14	14	14	13,5	14	13,26	13,26
Ramsdell	3,5	3,5	2,2	2	2	1,9	2	2,3
Test d'ébullition	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
Test d'alcool	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
Matière drasse	16,164	15,942	16,276	16,039	16,122	15,722	15,775	15,786
Matière protéique	32,13	31,8	31,56	31,65	31,7	31,72	30,43	30,22
Lactose	54,817	55,192	54,819	55,47	54,768	52,308	53,98	54,01
EST	109,727	109,343	109,901	109,963	109,487	110,734	109,681	109,83
ESD	94,594	94,474	93,942	94,515	93,629	94,484	94,026	94,28
FDP	-0,546	-0,543	-0,544	-0,544	-0,54	-0,534	-0,526	-0,523

## Résumé

Le mémoire de fin d'étude intitulé "Étude des propriétés physico-chimiques d'un produit laitier lors de processus de conservation de l'entreprise Tchén-Lait Candia, cas du lait UHT demi-écémé." a pour objectif d'étudier l'effet de la température sur les propriétés physico-chimiques du lait UHT lors de sa conservation, ainsi que les facteurs qui influencent sa stabilité et sa qualité. L'étude se concentre sur l'analyse approfondie des paramètres physico-chimiques du lait UHT, tels que la composition nutritionnelle, la teneur en matière grasse, en protéines, en lactose, ainsi que le pH, l'acidité, et d'autres propriétés importantes. L'objectif est de comprendre comment la température de conservation peut influencer ces propriétés et affecter la stabilité et la qualité du lait UHT. Les résultats de cette étude ont révélé que la température élevée a un impact significatif sur la qualité et la stabilité du lait UHT, ainsi que sur l'interaction entre le contenu (lait) et le contenant (film en polyéthylène).  
**Mots clés** : propriétés physico-chimiques, lait UHT, température, stockage, stabilité du lait UHT.

## Abstract

The dissertation titled " Study of the physico-chemical properties of a dairy product during the conservation process of the company Tchén-milk candia case of milk " aims to investigate the effect of temperature on the physicochemical properties of UHT milk during storage, as well as the factors that influence its stability and quality. The study focuses on a comprehensive analysis of the physicochemical parameters of UHT milk, including nutritional composition, fat content, protein content, lactose content, pH, acidity, and other important properties. The objective is to understand how storage temperature can influence these properties and impact the stability and quality of UHT milk. The results of this study have revealed that high temperature has a significant impact on the quality and stability of UHT milk, as well as on the interaction between the content (milk) and the container (polyethylene film).

**Keywords**: physico-chemical properties, uht milk, temperature, storage, uht milk stability

## ملخص

تهدف الأطروحة بعنوان "دراسة الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمنتج الحليب أثناء عملية الحفظ لشركة كانديا" إلى دراسة تأثير درجة الحرارة على الخصائص الفيزيائية والكيميائية للحليب المعالج تحت درجة حرارة عالية أثناء التخزين، وكذلك العوامل التي تؤثر على استقراره وجودته. تركز الدراسة على تحليل شامل للمعايير الفيزيائية والكيميائية للحليب، بما في ذلك التركيب الغذائي ومحتوى الدهون ومحتوى البروتين ومحتوى اللاكتوز ودرجة الحموضة وغيرها من الخصائص المهمة. الهدف هو فهم كيف يمكن لدرجة حرارة التخزين أن تؤثر على هذه الخصائص وعلى استقرار وجودة الحليب. كشفت نتائج هذه الدراسة أن ارتفاع درجة الحرارة له تأثير كبير على جودة وثبات الحليب وكذلك على التفاعل بين المحتوى والحاوية.

**الكلمات الرئيسية**: الخصائص الفيزيائية والكيميائية، الحليب، درجة الحرارة، التخزين، استقرار الحليب.