

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**  
**Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou**



**Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques**

## ***Mémoire de fin d'études***

***En vue de l'obtention du Diplôme de Master***

***Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie***

***Filière : Science Alimentaire.***

***Spécialité : Biochimie de la nutrition***

***Intitulé :***

***Intégration du lait de vache dans la fabrication du  
fromage fondu***

***Présenté par :***

***M elle : BOUROUBA Yasmina***

***M elle : BRAHIMI Kenza***

***Soutenu devant le jury***

***Président : Mme SI AHMED-ZENNIA S.***

***M.C.A***

***UMMTO***

***Promoteure: Mr. SEBBANE H.***

***M.C.B***

***UMMTO***

***Examineur : Mme GHEZALI-SENOUSSI CH.***

***M.A.C.A***

***UMMTO***

***Année universitaire :2023/2024***

## *Remerciements*

*Avant toute chose nous remercions notre Dieu « Allah » le tout puissant qui nous à donné le courage, la volonté et la patience de réaliser ce modeste travail*

*Nous tenons tout d'abord à exprimer notre profonde gratitude à Monsieur H. SEBBANE, notre professeur, pour ses précieux conseils et son soutien tout au long de la réalisation de ce mémoire. Ses connaissances approfondies dans le domaine et sa disponibilité ont été d'une aide inestimable.*

*Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre travail et de l'enrichir par leur proposition*

*Mme SI AHMED-ZENNIA S d'avoir accepté de présider le jury*

*Mme GHEZALI-SENOUSSI CH d'avoir accepté d'examiner ce modeste travail.*

*Nous souhaitons également remercier Monsieur Bouhadda Youcef, responsable de stage à l'unité USTLD, pour nous avoir accueilli au sein de son équipe et pour nous avoir offert l'opportunité de mettre en pratique nos connaissances théoriques.*

*On n'oublie pas de remercier l'ensemble des professeurs qui ont contribué à notre formation, ainsi que nos parents pour leur soutien inconditionnel et leurs encouragements tout au long de nos études. Enfin, un grand merci à nos amis pour leur présence et leur compréhension durant cette période intense.*

## *Dédicaces*

*Avant tout, je remercie le Bon Dieu de m'avoir donné la volonté et la patience pour mener à bien ce travail*

*Comme le disait Albert Einstein : 'La seule chose qui vainc la noirceur, c'est la lumière.'*

*C'est avec cette lumière en moi, alimentée par l'amour inconditionnel de ma famille, que j'ai pu mener à bien ce travail.*

*Je dédie ce mémoire à la mémoire de ma mère, dont la douceur et la sagesse me manquent tant.*

*À mon père, mon roc, qui m'a toujours encouragé à donner le meilleur de moi-même.*

*À mes frères Massinissa, AGHILES, qui, depuis ma plus tendre enfance, ont toujours été là pour moi.*

*A mes sœurs, Imane et YOUSRA, mes complices de toujours.*

*À mes grands-parents, les gardiens de nos traditions.*

*A mes amis THAFATH et Meriem qui me redonnent à chaque instant et sans cesse du courage.*

*A ma binôme Yasmina pour son soutien, son encouragement et avec qui j'ai partagé pleins de bons moments durant la réalisation de ce mémoire.*

*À toutes les personnes qui ont croisé ma route et m'ont apporté leur soutien. Ce travail est un hommage à votre amour et à votre confiance en moi.*



*Kenza*



## DÉDICACES

*Avec l'expression de ma reconnaissance, je dédie ce modeste travail à ceux qui, quels que soient les termes embrassés, je n'arriverais jamais à leur exprimer mon amour sincère*

*A l'homme, mon précieux offre du dieu, qui doit ma vie, ma réussite et tout mon respect mon cher Père.*

*A la femme qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'a jamais dit non à mes exigences et qui n'a épargné aucun effort pour me rendre heureuse : mon adorable Mère.*

*A mon frère, mon confident ABDE-RAZAK, et mes chères sœurs (F, L, N, CH) qui n'ont pas cessée de me conseiller, encourager et soutenir tout au long de mes études Que Dieu les protège et leurs offre la chance et le bonheur.*

*A mes grands-mères, mes oncles et mes tantes. Que Dieu leur donne une longue et joyeuse vie.*

*A tous les cousins, les voisins et les amis que j'ai connu jusqu'à maintenant.*

*Sans oublier ma binôme KENZA pour son soutien moral, sa patience et sa compréhension tout au long de ce projet.*



*Yasmine*



# *Sommaire*

## Sommaire

Liste des abréviations	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Résumé	
Introduction.....	1

### Synthèse bibliographique

#### CHAPITRE I : LE LAIT

1. La filière lait en Algérie.....	4
2. Définition du lait.....	8
2.1. Définition alimentaire.....	8
2.2. Définition règlementaire .....	8
3. Composition du lait.....	8
3.1. Propriétés physiques.....	8
3.1. Propriétés chimique.....	8
3.1.2.1. L'eau.....	9
3.1.2.2. Les glucides .....	10
3.1.2.3. La matière grasse.....	10
3.1.2.4. Les protéines.....	10
3.1.2.5. Les Minéraux.....	11
3.1.2.5. Les vitamines du lait.....	11
4. Le lait en poudre.....	12
4.1. Définition du lait en poudre.....	12
4.2. Composition du lait en poudre.....	12

#### CHAPITRE II : LE FROMAGE

1. Définition du fromage.....	13
1.2. Constituants du fromage.....	13
1.2.1. Teneur en eau et extrait sec complémentaire.....	13
1.2.2. Matière grasse.....	13

1.2.3. Les protéines.....	14
1.2.4. Les glucides.....	14
2. Le fromage fondu.....	15
2.1 Définitions normatives et réglementaires de fromage fondu.....	15
2.2. Différents types de fromage fondu.....	15
2.2.1. Classification selon la matière grasse.....	15
2.2.2. Classification selon la forme.....	16
2.3. Caractéristiques physico-chimiques et microbiologique.....	17
2.3.1. Composition chimique.....	17
2.3.1.1. Les Protéines.....	17
2.3.1.2. Les Lipides.....	17
2.3.1.3. Les glucides.....	18
2.3.1.4. Les Cendres.....	18
2.3.2. Composition physique du fromage fondu.....	18
2.3.2.1. Le pH.....	19
2.3.2.2. L'extrait sec total et la teneur en eau.....	19
2.3.2. Caractéristiques microbiologiques.....	19
3. Matières premières utiliser dans la technologie du fromage fondu.....	20
3.1. Les matières premières.....	20
4. Technologie de la fonte.....	22
4.1. Sélection des matières premières et contrôle de qualité.....	22
4.2. Ecroûtage, découpage et broyage des fromages.....	22
4.3. Préparation de la formule et procédé technologique.....	22
5. Fonte proprement dite.....	24
5.1. Homogénéisation.....	24
5.2. Conditionnement.....	24
5.3. Refroidissement.....	24
6. Processus de fonte.....	24
6.1. L'émulsion.....	24

6.2. Le krémage.....	25
----------------------	----

## Partie expérimentale

### CHAPITRE I : MATERIELS ET METHODES

1. Problématique et objectif de l'étude.....	26
2. Lieu de travail.....	26
3. Présentation de l'entreprise.....	26
4. Matériels.....	27
5. Méthodes.....	27
5.1. Valeur nutritionnelles et caractéristiques physico-chimiques de produit de référence.....	27
6. Méthode de simulation de la valorisation du lait de vache.....	28
6.1. Principe du calcul par logiciel Excel.....	28
6.1.1. Modèle mathématique adopté.....	28
6.1.2. Détermination des quantités de matière première (MP) à utiliser (P <sub>26</sub> , Gouda, Beurre) dans la formule eau.....	28
6.1.3. Détermination des quantités élémentaires totales de la formule complémentaire.....	29
6.1.4. Détermination des quantités de matières premières (P <sub>26</sub> , P <sub>0</sub> , gouda, beurre) à utiliser dans la formule-lait.....	30
6.2. Etude technico-commerciale.....	30
6.3. Diagramme de fabrication du fromage fondu.....	32
6.3.1. Processus de fabrication.....	32
6.3.2. Les analyses physiques-chimiques des matières premières et des produit finis.....	33
6.3.2.1. Détermination du taux de pH.....	34
6.3.2.2. Détermination de la teneur en matières grasse par méthode acide butyrométrique.....	34
6.3.2.3. Détermination de la teneur en matière grasse pour le lait.....	35
6.3.2.4. Détermination des différents paramètres physicochimique pour le lait.....	35
6.3.2.5. Détermination de la teneur en extrait sec.....	36
6.3.2.6. Détermination des différents paramètres physicochimique pour le lait en poudre.....	36
6.3.2.7. Détermination des différents paramètres physicochimique pour le beurre.....	36

7. Analyse sensorielle.....	36
-----------------------------	----

## **CHAPITRE II : RESULTATS ET DISCUSSION**

1. Résultats des analyses physico-chimique de la matière première.....	38
2. Résultats de la simulation.....	40
2.1. Détermination des quantités de matières premières dans les deux formules de fromage à fabrique.....	40
2.2. Etude comparative des résultats physico-chimiques (simulation et pratique) des deux produits finis.....	41
2.3. Résultats technico-commerciaux.....	41
3. Résultats de l'analyse sensorielle.....	42

### **Conclusion**

Références bibliographiques

Annexes

• **Abréviations :**

<b>AFNOR</b>	French national organisation for standardisation (Association Française de Normalisation).
<b>AGS</b>	Acide gras insaturée.
<b>AW</b>	Activité de l'eau.
<b>BSA</b>	Sérum albumine sérique.
<b>EDTA</b>	Acide éthylène diamine titra acétique.
<b>EST</b>	Extrait Sec Total.
<b>EURL</b>	Entreprise unipersonnelle à responsabilité limitée
<b>FAO</b>	Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture.
<b>F-E</b>	Fromage Eau.
<b>F-L</b>	Fromage Lait.
<b>JORA</b>	Journal Officiel de la République Algérienne.
<b>LPS</b>	Lait Pasteurisé en Sachet
<b>MG</b>	Matière grasse.
<b>MP</b>	Matière première.
<b>MS</b>	Matière sèche.
<b>MADR</b>	Ministre de l'agriculture et du développement durable.
<b>ONIL</b>	Office National Interprofessionnel du Lait.
<b>P26</b>	Poudre de lait avec une matière grasse à 26%
<b>P0</b>	Poudre de lait avec une matière grasse à 0%
<b>STLD</b>	Société de transformation de lait et dérivés
<b>SDS</b>	Sulfate de sodium
<b>USD</b>	Dollar Américain

• **Liste des tableaux**

<b>Tableau I.</b> Evolution des quantités de lait collecté et du taux de collecte en Algérie.....	4
<b>Tableau II.</b> Constantes physiques usuelles du lait de vache.....	8
<b>Tableau III.</b> Composition moyenne du lait de vache.....	9
<b>Tableau IV.</b> Le pourcentage des différents lipides existant dans le lait de vache.....	10
<b>Tableau V.</b> Concentration caractéristique de protéines dans le lait de vache.....	11
<b>Tableau VI.</b> Composition vitaminique moyenne du lait.....	12
<b>Tableau VII.</b> Composition des laits en poudre (en %) .....	12
<b>Tableau VIII.</b> Teneur en eau des fromages.....	13
<b>Tableau IX.</b> Teneur lipidique pour 100 g de fromage.....	14
<b>Tableau X.</b> Teneur protéique des fromages.....	14
<b>Tableau XI.</b> Classification des fromages fondu.....	16
<b>Tableau XII.</b> Composition en principaux minéraux des fromages fondus.....	18
<b>Tableau XIII.</b> Matériel utilisé dans la partie expérimentale.....	28
<b>Tableau XIV.</b> Les caractéristiques physico-chimiques de la formulation.....	28
<b>Tableau XV.</b> Tableau synthétique de système de payement du lait en Algérie.....	31
<b>Tableau XVI.</b> Analyses physico-chimiques des matières premières et des produits finis.....	34
<b>Tableau XVII.</b> Caractéristiques physicochimiques des matières premières analysées.....	38
<b>Tableau XVIII.</b> Normes correspondant aux différentes analyses physicochimiques établie....	38
<b>Tableau XIX.</b> Quantité des matières premières utilise dans la formulation .....	40
<b>Tableau XX.</b> Résultats des simulations théoriques des caractères physicochimiques.....	41
<b>Tableau XXI.</b> Etude technico-commercial calculée sur la base de 1kg de fromage.....	42
<b>Tableau XXII.</b> Résultats de l'analyse sensorielle.....	44

- **Liste des figures**

<b>Figure 1.</b> Evolution de la collecte de lait cru en Algérie de 2000 à 2007.....	4
<b>Figure 2.</b> Effectif des principales espèces animal élevés en Algérie (2000-2017) .....	5
<b>Figure 3.</b> Principales voies de fabrication du fromage fondu.....	22
<b>Figure 4.</b> Diagramme de fabrication du fromage fondu.....	25
<b>Figure 5.</b> Processus d'émulsification lors de la cuisson d'un fromage fondu.....	33

## **Résumé**

Le fromage fondu est un aliment qui se caractérise par sa texture crémeuse et son goût riche. Il est souvent préparé à partir de différents types de fromages, qui sont chauffés et mélangés avec des émulsifiants pour obtenir une consistance lisse et homogène. Pour cela, l'appréciation de sa qualité doit être prise en considération. Notre mémoire présente une étude approfondie sur l'intégration du lait de vache dans la fabrication de fromage fondu, avec un accent particulier sur la réduction de l'utilisation de poudre de lait. Dans un contexte où la durabilité et la qualité des produits laitiers sont de plus en plus valorisées, cette recherche vise à évaluer comment l'utilisation directe de lait de vache peut améliorer les propriétés organoleptiques du fromage fondu tout en minimisant l'empreinte écologique liée à la production de poudre de lait.

Nous avons mené des expériences en utilisant différentes proportions de lait de vache, en les comparant à des formulations traditionnelles contenant de la poudre de lait. Les analyses sensorielles ont été réalisées pour évaluer le goût, la texture et l'arôme des échantillons, tandis que des tests chimiques ont permis de mesurer la composition nutritionnelle. Les résultats indiquent que l'incorporation de lait de vache non seulement améliore la crèmeux et la saveur du fromage fondu, mais contribue également à une meilleure valeur nutritionnelle, en augmentant la teneur en protéines et en calcium.

Cette étude démontre que l'intégration du lait de vache dans la fabrication de fromage fondu représente une alternative viable et bénéfique, tant sur le plan économique que sur celui de la qualité. Les recommandations pour l'industrie fromagère incluent l'adoption de pratiques qui favorisent l'utilisation de lait frais, ce qui pourrait également encourager une production laitière plus locale et durable.

## **Abstract**

Melted cheese is a food that characterizes with its creamy texture and rich taste. It is often prepared from different types of cheeses, which are heated and mixed with emulsifiers to obtain a smooth and homogeneous consistency. To achieve this, the appreciation of its quality must be taken into account.

Our thesis presents an in-depth study on the integration of cow's milk in the manufacture of melted cheese, with particular focus on reducing the use of milk powder. In a context where the sustainability and quality of dairy products are increasingly valued, this research aims to evaluate how the direct use of cow's milk can improve the organoleptic properties of melted cheese while minimizing the ecological footprint of milk powder production.

We conducted experiments using different proportions of cow's milk, comparing them to traditional formulations containing milk powder. Sensory analyses were carried out to assess the taste, texture and aroma of the samples, while chemical tests were carried out to measure the nutritional composition. The results indicate that incorporating cow's milk not only improves the creaminess and flavor of the melted cheese, but also contributes to better nutritional value by increasing the protein and calcium content.

This study demonstrates that integrating cow's milk into the production of melted cheese represents a viable and beneficial alternative, both economically and in terms of quality. Recommendations for the cheese industry include adopting practices that promote the use of fresh milk, which could also encourage more local dairy production.

# *Introduction*

L'Algérie, est l'un des plus grands consommateurs de lait au Maghreb avec une estimation d'environ 3 milliards de litres, Elle se place en troisième position mondiale après l'Italie et le Mexique. Les organismes publics doivent importer chaque année des quantités importante pour combler son déficit de production. Ce qui représente un coût annuel d'environ 1,5 milliard de dollars US pour l'ensemble du pays (**Demmad 2021**).

Ces dernières décennies, l'Algérie a connu une croissance significative dans les secteurs agro-alimentaires ; en particulier dans l'industrie de transformation laitière et fromagère. Le centre national du registre de transformation fromagère enregistre 159 unités de production fromagère (**CNRC, 2018**). Le fromage est l'un des dérivés du lait qui a toujours été une valeur sûre pour l'alimentation humaine de par sa richesse nutritive. C'est le résultat d'une transformation très ancienne datant de trois mille ans avant notre ère. Source précieuse de protéines, le fromage a été l'un des premiers moyens de conservation du lait, matière première rapidement périssable (**Lambert, 1988**). Le fromage fondu est une préparation qui a permis une stabilisation bien plus poussée des protéines lactiques, tout en conservant plus ou moins au produit fini l'aspect d'un fromage (**Meyer, 1973**).

Bien qu'il existe une grande variété de types de fromage sur le marché, les fromages fondus sont plus prisés par les consommateurs Algériens que les autres types de fromage qui sont considérés comme des produits de luxe (**Chemache, 2011**). La production nationale consiste essentiellement en fromage fondu. Elle est estimée à 80000-90000t/an (**Recham, 2015**).

En Algérie, le secteur informel de collecte du lait génère des disparités significatives en termes de qualité et de prix (**Sraïri et al., 2013**). Parallèlement, la fabrication de fromage fondu s'appuie souvent sur des poudres de lait et de l'eau de process importées. Ce qui représente un coût non négligeable et une pression sur les ressources hydriques.

Cette étude vise à explorer l'intégration du lait de vache cru dans la formulation du fromage fondu, en interprétant ces deux problématiques majeures :

- Réduire les disparités dans la collecte du lait cru, en intégrant le lait cru dans la fabrication de fromage fondu. Ce qui va permettre de valoriser cette production locale et à offrir aux industriels une alternative de commercialisation plus stable et rémunératrice ;
- Diminuer l'utilisation des poudres de lait et de l'eau de process, en substituant une partie des poudres de lait importées par du lait cru local.

Les résultats de cette étude permettront d'évaluer les faisabilités techniques et économiques de cette approche et de contribuer à la promotion d'une filière laitière plus durable et plus stable en Algérie.

*Synthèse  
bibliographique*

***CHAPITRE I***  
***LE LAIT***

### 1. La filière lait en Algérie

L'Algérie produit une quantité importante de lait (3,6 milliards de litres par an), principalement de vache (73 %). Cependant, cette production ne suffit pas à couvrir les besoins nationaux, estimés entre 4,5 et 5 milliards de litres par an. Cela se traduit par une consommation moyenne de 115 litres par personne et par an, dont près de 50 % sont importés (MADR, 2018).

Les autorités Algériennes cherchent donc à augmenter la production laitière domestique afin de réduire leur dépendance vis-à-vis des importations croissantes de poudre de lait.

Malgré la mise en place de programmes de soutien à la production et à la collecte du lait, la production nationale reste insuffisante. Toutefois, ces initiatives ont permis d'augmenter le taux de couverture de la demande par la production nationale, passant de 30 % en 2007 à 53 % en 2011 (MADR, 2014).

À partir de 1995, l'état a mis en œuvre de véritables mesures incitatives pour encourager la production de lait dans les exploitations ; mais les résultats sont en deçà des espérances (Souki, 2009).

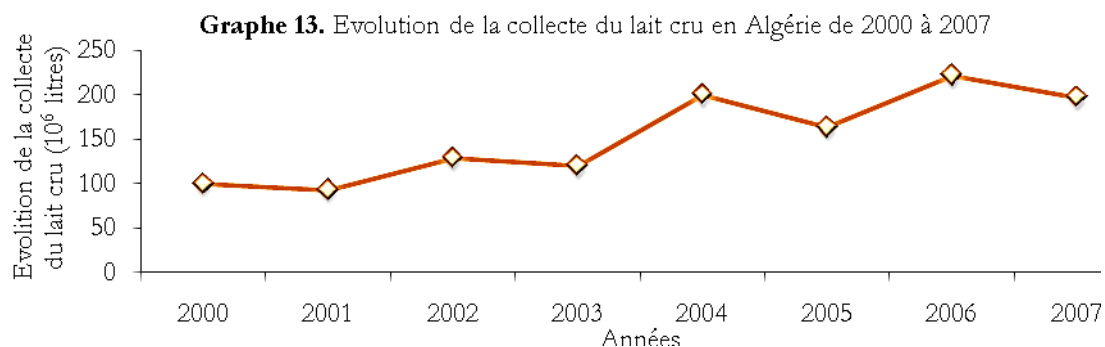
De manière inattendue, la production laitière nationale a connu une croissance exponentielle entre 2000 et 2012. Elle passe d'un volume de 1,5 milliards de litres en 2000 à plus de 3 milliards en 2012 ; soit un taux de croissance annuel moyen de 8% (MADR, 2013).

La production laitière a connu une progression remarquable entre 2005 et 2015 passant de 2 744 653 000L à 3 722 557 000L en 2015 ; soit une croissance de 37%. Cette progression est due principalement à l'importation des vaches laitières et à l'évolution notable de la structure des élevages bien conduits, représentant plus de 10 000 exploitations, moyennant 12 vaches laitières (ITELV, 2015).

A noter que la production laitière nationale ne couvre qu'environ 40% de la demande. L'essentiel de la production est assuré par le cheptel bovin laitier à hauteur de 80%, (Kacimi el hassani, 2013).

**Tableau I :** Evolution des quantités de lait collecté et du taux de collecte En Algérie de 2000 à 2007 (MADR, 2008)

Années	Production locale (10 <sup>6</sup> Litres)	Collecte de lait cru (10 <sup>6</sup> Litres)	Taux de Collecte (%)
2000	1 550	100	6,5
2001	1 637	93	5,71
2002	1 544	129	8,4
2003	1 610	120	7,46
2004	1 915	200	10,44
2005	2 092	163	7,83
2006	2 244	221	9,86
2007	2 185	197	9,02

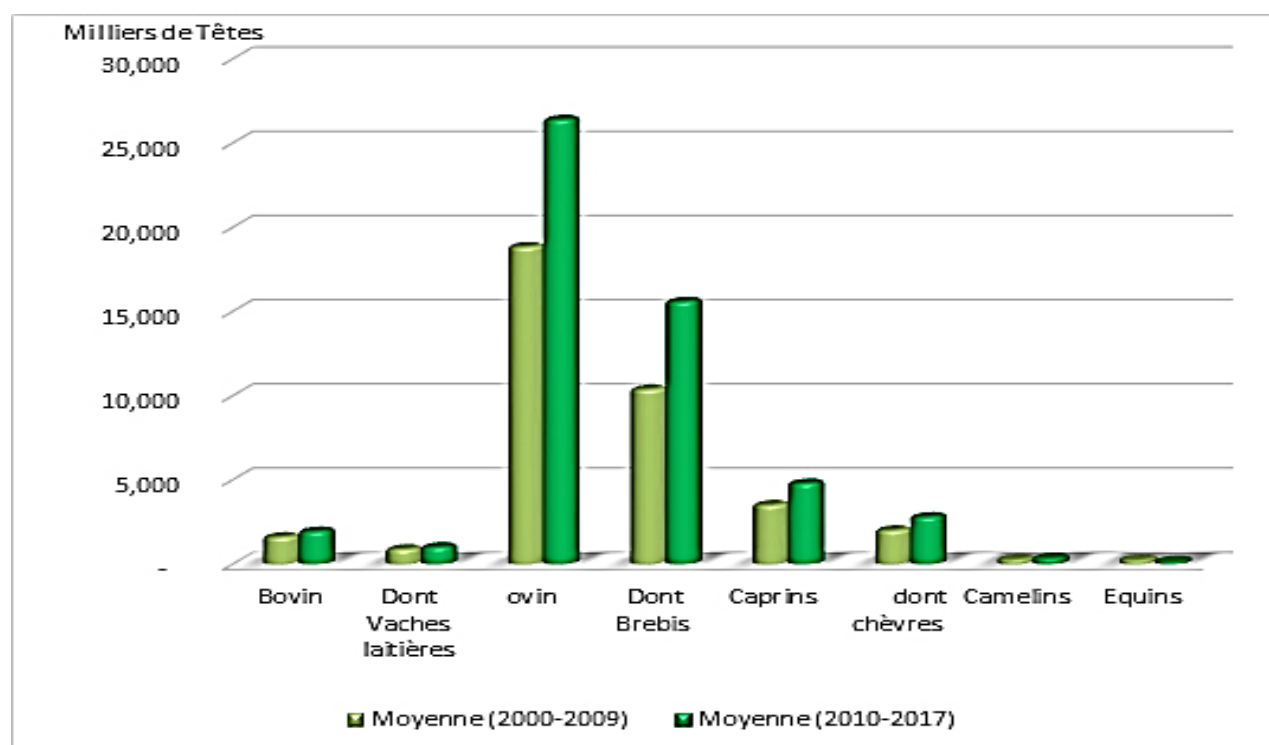


**Figure 1 :** Evolution de la collecte de lait cru en Algérie de 2000 à 2007

L'alimentation des vaches joue un rôle dans l'augmentation au niveau de la production des produits laitiers aussi bien dans l'amélioration mais aussi les conditions internes et externes d'élevage que ce soit pour la vache qui domine la production mondiale, ou d'autres espèces laitières qui sont aussi importantes suite à leurs rusticités et leurs adaptations particulières à leurs milieux tel que la chamelle, la chèvre...

Les effectifs totaux, toutes espèces confondues durant la décennie 2000-2009, étaient de l'ordre de 24,5 Millions de têtes, Ces effectifs ont augmenté pour atteindre 33.6 Millions de têtes au cours de la période 2010-2017 ; soit un taux d'accroissement de 37%.

Durant la période 2010-2017, les effectifs ovins représentent 78% de l'effectif total ; soit 26.4 millions de têtes. Viennent en deuxième position, les effectifs caprins (14%) représentant 4.8 Millions de têtes ; suivis par l'espèce bovine, qui avec 1,9 millions de têtes (dont 52% vaches laitières) pèsent pour 6 % de l'effectif global comme le montre la figure 1. (MADR, 2017).



**Figure 2 :** Effectif des principales espèces animal élevés en Algérie (MADR, 2017)

En dépit des progrès réalisés au cours de ces dernières années, la filière lait demeure confrontée à une série de contraintes qui entravent encore son bon développement. Ces insuffisances sont imputables, entre autres, à la faiblesse de la production fourragère, aux coûts élevés de l'aliment de bétail, et à la faiblesse du cheptel laitier en nombre et en rendement (**Issolah, 2008**).

En ce sens, les pouvoirs publics ont mis en place une politique favorisant l'installation d'élevages laitiers par l'importation de génisses à haut potentiel génétique. Le but est d'augmenter la production et, par là même, de réduire la facture des importations.

L'Algérie est le septième pays importateur de produits laitiers dans le monde. Les importations laitières Algériennes représentent 24 % des importations laitières africaines (**Chatellier, 2019**). En 2019, le secteur des produits laitiers a représenté 15,4 % des importations alimentaires totales du pays en valeur, juste derrière les céréales qui comptaient pour 33,5 % (**DEP, 2020**).

Or, la flambée des prix des produits agricoles et agroalimentaires en 2007 (année caractérisée par la hausse des prix des produits laitiers sur le marché mondial), a changé la donne en conduisant à une amplification de la facture d'importation (**Madelin et al., 2007**) qui s'est ainsi élevée à 1 290 millions de dollars en 2008 (**Anonyme, 2008**).

A partir de 2007, c'est l'ONIL (Office National Interprofessionnel du Lait) qui est chargé de l'approvisionnement des laiteries en poudre de lait importée destinée à la reconstitution en lait standardisé.

L'Office cède la poudre de lait écrémé importée à 159 000 DA/tonne. Quel que soit son prix d'achat sur le marché mondial, l'état prend en charge la différence entre le prix de vente et le prix d'achat réel.

A ce prix, la poudre de lait nécessaire à la production d'un litre de lait reconstitué revient à environ 15,9 DA/L. Par ailleurs, le prix à la consommation du lait pasteurisé en sachet (LPS) est à 25 DA/L. Les 120 laiteries conventionnées avec l'ONIL (15 unités publiques et 105 privées) s'engagent donc à vendre le lait reconstitué à un prix plafonné à 23,5/L DA à la sortie de l'usine et à le distribuer selon une quantité moyenne journalière correspondant aux quantités affectées par l'Office.

Entre 2007 et 2010, l'état avait injecté plus de 32,2 milliards de DA pour couvrir la différence entre le prix de la poudre de lait achetée sur le marché mondial et le prix de revente sur le marché national. (**Makhlouf et Montaigne, 2016**).

- **Subventions et primes aux collecteurs**

Le collecteur, maillon important qui s'occupe de la collecte du lait auprès des producteurs et qui assure son transfert aux transformateurs, reçoit deux types d'aides :

- Une subvention à l'équipement, et à l'achat de camions équipés d'une citerne isotherme ;
- Une prime incitative, proportionnelle à la quantité collectée (5 DA/L depuis 2012).

Ces aides permettent le développement d'une activité importante de ramassage quotidien du lait auprès de nombreuses petites exploitations isolées. Les collecteurs agréés par l'ONIL, étaient de 1600 en 2017, majoritairement rattachés aux centres de collecte ; rarement à des laiteries. Les prix à la sortie d'exploitation sont en principe fixés par l'ONIL. (**Mamine et al, 2021**).

- **Subventions aux industriels**

Pour encourager l'intégration du lait local dans les circuits de collecte industriels, les laiteries peuvent recevoir une prime dite d'intégration du lait local qui est de 2 à 6 DA/L. Cette intégration vise à encourager l'élaboration de produits transformés à base du lait local, comme les fromages et les yaourts, qui sont alors commercialisés à des prix libres. Le lait local se vend de 50 à 70 DA/L dans les grands centres urbains. (**Mamine et al, 2021**).

## 2. Définition du lait

### 2.1. Définition alimentaire

Le lait correspond à la sécrétion naturelle des mamelles d'animaux de traite provenant d'une ou plusieurs traites, sans ajouter ou en exclure quoi que ce soit et destiné à être consommé sous forme de lait liquide ou à un traitement ultérieur (**CODEX STAN 206-1999**)

### 2.2. Définition réglementaire

La première définition du lait apparaît en 1908, au Congrès international de la Répression des Fraudes de Paris. Le mot « lait » a été défini comme étant le produit intégral de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière bien portant, bien nourrie et non surmenée. Il doit être recueilli proprement et ne pas contenir de colostrum. Lorsque l'on parle de lait, il s'agit exclusivement de lait de vache (**Moral Micheal, 2011**).

## 3. Composition du lait

Le lait de chaque espèce de mammifères est particulièrement adapté aux besoins du nourrisson. Sa composition et ses caractéristiques physico-chimiques varient sensiblement selon les espèces, même selon les races et le stade de lactation pour s'adapter aux besoins.

### 3.1.1. Propriétés physiques

La composition du lait varie d'une espèce de mammifère à une autre cependant il y a des traits communs aux différents laits, tels que la teneur élevée en calcium, une qualité protéique appréciable, la présence prédominante de lactose en tant que sucre et une abondance en vitamines, en particulier du groupe B.

Le tableau ci-après (II) indique quelques propriétés physiques du lait de vache :

**Tableau II : Constantes physiques usuelles du lait de vache (Luquet, 1985).**

Constantes	Valeurs
pH	6,5 à 6,7
Acidité titrable	15 à 18
Densité	1,028 à 1,036
Température de congélation	(-0,51) a (-0,55) C°
Point d'ébullition	100,5 C°

### 3.1.2. Propriétés chimiques

Le lait est un système complexe constitué d'une solution vraie (lactose, albumen, globuline), d'une solution colloïdale, d'une suspension colloïdale (caséine) et d'une émulsion (matière grasse). Le tableau suivant (tableau III) indique les concentrations moyennes de la composition du lait de vache.

**Tableau III** : Composition moyenne du lait de vache (Alais et al., 2008)

Composition	Concentration (g/l)
Eau	<b>905</b>
Glucides(lactose)	<b>49</b>
Lipides	<b>35</b>
Matière grasse proprement dite	<b>34</b>
Lécithine (phospholipides)	<b>0.5</b>
Insaponifiable (stéroïls, carotène)	<b>0.5</b>
Protides	<b>34</b>
Caséines	<b>27</b>
Protéines soluble (globuline, albumine)	<b>2.5</b>
Substances azotées non protéiques	<b>1.5</b>
Sels	<b>9</b>
Acide citrique	<b>2</b>
Acide phosphorique (P <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	<b>2.6</b>
Chlorure de sodium (Na Cl)	<b>1.7</b>
Constituants divers (vitamines, enzymes, gaz dissous)	<b>Traces</b>
Extrait sec total	<b>127</b>
Extrait sec non gras	<b>92</b>

#### 3.1.2.1. L'eau

L'eau représente environ 81% à 87% du lait selon la race. Elle se trouve sous deux formes : libre (96% de la totalité) et liée à la matière sèche (4% de la totalité) (Ramet, 1985).

### 3.1.2.2. Les glucides

L'hydrate de carbone principal du lait est le lactose qui est synthétisé dans le pis à partir du glucose malgré que le glucose soit un sucre. Il n'a pas une saveur douce.

Le lactose est un sucre spécifique du lait et est le constituant le plus abondant après l'eau. Il est assimilé après hydrolyse en présence de l'enzyme « lactase » au niveau de l'intestin grêle. La teneur en lactose est très stable entre 48 et 50 g /l dans le lait de vache. (**Brule, 1987**).

### 3.1.2.3. La matière grasse

La matière grasse est présente dans le lait sous forme de globules gras de diamètre de 0,1 à 10 µm et est essentiellement constitué de triglycéride (98%). La matière grasse du lait de vache représente, à elle seule, la moitié de l'apport énergétique du lait. Elle est constituée de 65% de l'acide gras saturé et de 35% de l'acide gras insaturé (**Jeantet et al., 2008**).

Le tableau IV désigne le pourcentage des différents lipides existant dans le lait de vache.

**Tableau IV :** Le pourcentage des différents lipides existant dans le lait de vache

Lipide	Pourcentage en matière grasse du lait (%)
Triglycérides	<b>98.3</b>
Diglycérides	<b>0.30</b>
Monoglycérides	<b>0.03</b>
Acides gras libres	<b>0.10</b>
Phospholipides	<b>0.80</b>
Cholestérol	<b>0.30</b>
Ester de cholestérol	<b>0.02</b>
Cérébrosides	<b>0.10</b>
Gangliosides	<b>0.01</b>

### 3.1.2.4. Les protéines

Le lait de consommation contient environ 3,2% de protéines dont :

- 80% de caséine ;
- 20% de protéines solubles ;

La valeur nutritionnelle des protéines laitières est excellente (supérieure à celle des protéines végétales), car elles contiennent toutes les acides aminés indispensables à l'organisme en proportions satisfaisantes (les protéines solubles sont un peu plus riches en acide aminé soufrés que les caséines) et elles sont particulièrement digestibles (**Jean, 2015**).

Le tableau V indique les concentrations caractéristiques des protéines du lait de vache.

**Tableau V** : Concentration caractéristique de protéines dans le lait de vache

Protéines	Grammes/Litre
Protéines totales	33
Caséines totales	26
$\alpha$ -Caséine	10
$\alpha$ -2-caséine	2.6
$\beta$ -Caséine	9.3
k-Caséine	3.3
Protéines totales de lactosérum	6.3
$\alpha$ -Lactalbumine	1.2
$\beta$ -lactoglobuline	3.2
BSA	0.4
Immunoglobulines	0.7
Peptoprotéose	0.8

### 3.1.2.5. Les Minéraux

Le lait et les produits laitiers sont les principales sources alimentaires de calcium et de phosphore, pour lesquels ils couvrent plus de la moitié des besoins journaliers. (Jeantet, 2008). Le lait apporte de nombreux minéraux. Les plus importants sont :

- Calcium : 1,2g/l
- Phosphore : 0,9g/l
- Potassium : 1,5g/l
- Magnésium : 0,13g/l
- Chlore : 1, 2g/l

### 3.1.2.6. Les vitamines du lait

Les vitamines sont des composés complexes de taille inférieure aux protéines, avec une structure très diversifiée. (Vignola, 2002). Les vitamines sont classées en deux catégories en fonction de leur solubilité. Le sérum contient soit les vitamines hydrosolubles, soit les vitamines liposolubles qui sont liées à la matière grasse. Ainsi, leur concentration sera considérablement réduite par l'écémage du lait. (Jeantet et al., 2008). Le tableau VI indique la composition vitaminique du lait de vache

**Tableau VI** : Composition vitaminique moyenne du lait (Amiot et al, 2002)

Vitamines	Teneur moyenne µg/100ml
<b>Vitamines liposolubles</b>	
Vitamine A (+carotènes)	<b>40</b>
Vitamine D	<b>1.4</b>
Vitamine E	<b>100</b>
Vitamine K	<b>5</b>
<b>Vitamines hydrosolubles</b>	
Vitamine C (acide ascorbique)	<b>2</b>
Vitamine B1 (thiamine)	<b>45</b>
Vitamine B2(riboflavine)	<b>175</b>
Vitamine B6 (pyridoxine)	<b>50</b>
Vitamine B12(cyanocobalamine)	<b>0.45</b>
Niacine et niacinamide	<b>90</b>
Acide pantothénique	<b>350</b>
Acide folique	<b>5.5</b>
Vitamine H(biotine)	<b>3.5</b>

#### 4. Le lait en poudre

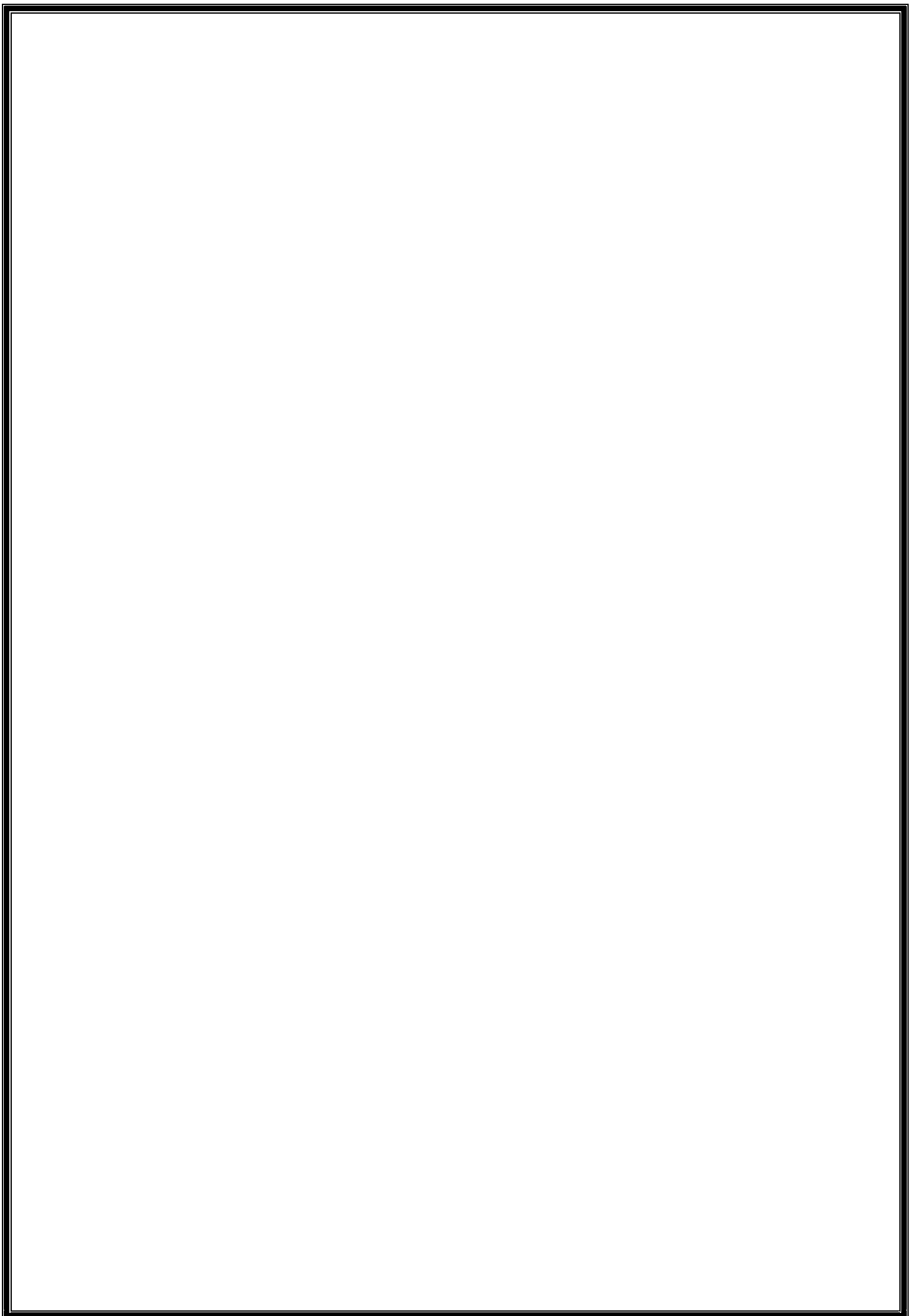
##### 4.1. Définition du lait en poudre

Les laits en poudre sont des produits résultant de l'élimination partielle de l'eau du lait. Aux termes de la norme n° **A5 (1971)** du Code des principes, on distingue trois catégories de lait en poudre : entier, partiellement écrémé et totalement écrémé dont la composition est donnée au Tableau VII. Selon cette norme, ils peuvent recevoir des additifs alimentaires (stabilisants, émulsifiants, antiagglomérants) dans certaines conditions (Fao, 2008).

##### 4.2. Composition du lait en poudre

**Tableau VII** : Composition des laits en poudre en %. (Fao, 2008).

Composants	Lait en Poudre entier	Lait en poudre partiellement écrémé	Lait en poudre écrémé
Matières grasses	<b>26 - 40</b>	<b>1,5 – 26</b>	<b>≤ 1,5</b>
Eau maximum	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>



***CHAPITRE II LE  
FROMAGE***

## 1. Définition du fromage

La dénomination “ fromage ” est réservée au produit fermenté ou non, affiné ou non, obtenu à partir des matières d'origine exclusivement laitière suivantes : lait, lait partiellement ou totalement écrémé, crème, matière grasse, babeurre, utilisées seules ou en mélange et coagulées en tout ou en partie avant égouttage ou après élimination partielle de la partie aqueuse. (**JORF n°628, 2007**). La teneur en matière sèche du produit doit être au minimum de 23 g pour 100 g de fromage, à l'exception de certains fromages frais. (**C.D.L.C, 1988**).

## 1.2. Constituants du fromage

Les fromages sont un groupe alimentaire extrêmement diversifié dont la composition varie considérablement en fonction de la qualité de la matière première utilisée ou de la méthode de fabrication.

### 1.2.1. Teneur en eau et extrait sec complémentaires

L'extrait sec est le complément à 100% de la teneur en eau. Il est en fonction de la matière grasse du lait et de la crème ajoutée, et de l'importance de l'égouttage (**Luquet et al., 1990**). Le tableau VIII indique la teneur moyenne en eau en variation des types de fromages.

**Tableau VIII : Teneur en eau des fromages (Luquet et al., 1990).**

Types de fromages	Teneur en eau (%)	Teneur moyenne en eau (%)
Fromage blanc	=80	=80
<b>Fromage à pâte molle.</b>		
Camembert 30% MG	58	
45%MG	50	
50%MG	45	50
60%MG	43	
Roquefort 50% MG	40	
<b>Fromage à pâte demi dure</b>		
Edam 30%MG	50	45
40%MG	45	
45%	42	
<b>Fromage à pâte dure</b>		
Emmental 45% MG	36	35
Parmesan 40%MG	25	
Fromage fondu 25%MG	65	50
45%MG	52	

### 1.2.2. Matière grasse

La teneur de matière grasse correspond à la quantité de matière grasse présente dans 100g d'extrait sec, c'est-à-dire sur ce qui reste du fromage après avoir été complètement déshydraté. Le qualificatif accompagnant la dénomination fromage est lié au pourcentage de matière grasse par rapport à l'extrait sec. Le fromage porte la mention 0% de matière, lorsque ce dernier est fabriqué avec du lait écrémé. (Luquet *et al.*, 1990). Le tableau IX indique la teneur lipidique pour certains types de fromages.

**Tableau IX : Teneur lipidique pour 100 g de fromage (Luquet *et al.*, 1990)**

Pour 100g de gras/sec	Fromage Blanc à 45%	Edam à 45%	Gruyère Fondus à 45%	Roquefort à 45%
Matière grasse en (100g) dans le produit finie	9%	26%	23%	29%

### 1.2.3. Les protéines

Les protéines du lait sont concentrées lors de l'égouttage. La principale protéine dans les fromages affinés traditionnels est le para caséinate, car les protéines solubles et les glycopeptides ont été éliminées dans le lactosérum. En revanche, dans les fromages fabriqués. Toutes les protéines du lait sont présentes et ont été concentrées grâce à une ultrafiltration préalable. (Luquet *et al.*, 1990). Le tableau X représente la teneur moyenne en protéines dans différents fromages

**Tableau X : Teneur protéique des fromages (Luquet *et al.*, 1990).**

Fromage	Teneur protéique En g pour 100g	Concentration par Rapport au lait
Fromages blancs	7 à 10	2.5 à 3
Pâte molle	20 – 21	6 à 7
Pâte persillée	22	6 à 7
Pate mi-dur	25 – 26	7 à 8
Pâte dure	28 – 30	8 à 9
Fromage fondu (pate fraiche)	9 à 11	3
Fromage fondu (pâte dure)	14 à 20	4.5 à 7

### 1.2.4. Les glucides

La teneur en glucides des fromages blancs est de 3 à 4%, celle des fromages affinés est négligeables (2%), et elle est quasiment nulle dans les fromages à pâte pressée. Le lactose a été entraîné lors de l'égouttage dans le lactosérum ou a été transformé par la flore lactique lors de caillage ou de l'affinage. (Luquet *et al.*, 1990).

## 2. Le fromage fondu

Le fondu est une préparation onctueuse obtenue par la fonte d'un mélange de fromages, souvent accompagnée d'autres produits laitiers. Ce plat emblématique des Alpes françaises se distingue par sa richesse en matière sèche, avec un minimum de 43 grammes pour 100 grammes, et sa teneur en matière grasse d'au moins 40% après séchage complet.

En 1911, deux Suisses, **Walter Gerber** et **Fritz Stetter**, révolutionnent le monde du fromage en inventant un procédé permettant de transformer une pâte d'emmental fondue et granuleuse en une émulsion stable et durable. Cette innovation donne naissance aux premiers fromages fondus et, en 1917, la première usine de production voit le jour (**Paul, 2008**). Selon **Fredot (2006)**, ces fromages sont composés d'un mélange de fromages avec éventuellement d'autres produits laitiers.

### 2.1. Définitions normatives et réglementaires de fromage fondu

Sur le plan réglementaire, la dénomination « fromage fondu » est réservée au produit obtenu par la fonte et l'émulsification à l'aide de la chaleur (à une température d'au moins 70°C pendant 30 secondes ou toute autre combinaison équivalente), de fromage ou d'un mélange de fromages, additionné éventuellement d'autres produits laitiers.

Le fromage fondu présente une teneur minimale en matière sèche de 40 % de produit fini. Par dérogation, un fromage fondu allégé en matière grasse et dont la dénomination "fromage fondu" est complétée sur l'étiquetage d'une mention faisant état de cet allègement en matière grasse présente une teneur minimale en matière sèche de 30% de produit fini (**Décret n° 2013-1010, JORFN°0264,2013**).

Le fromage fondu est un produit laitier obtenu par le mélange des fromages de différentes origines à différents stades d'affinage avec des sels de fonte. Ce mélange est broyé puis chauffé sous vide partiel sous agitation constante jusqu'à obtention d'une masse homogène lisse et stable conditionnée dans un emballage protecteur. L'incorporation éventuellement ou non d'autres produits laitiers et ingrédients aromatiques permet de réaliser ce fromage (**Chambre et Daurelles, 2006**).

### 2.2. Différents types de fromage fondu

Les fromages fondus peuvent être classés selon leur teneur en matière grasse ou selon leur forme :

#### 2.2.1. Classification selon la matière grasse

Selon la teneur en matière grasse de l'extrait sec (MG/ES), les fromages fondus peuvent se diviser en sept catégories, présentées dans le tableau suivant (**DFI, 2009**).

**Tableau XI : Classification des fromages fondu (DFI, 2009)**

Catégorie selon la teneur en MG	Teneur minimal MG/ES en g/kg	Fromage fondu ES minimale en g/kg	Fromage fondu à tartiner ES minimale en g/Kg
<b>Double crème</b>	650	530	450
<b>crème</b>	550	500	450
<b>gras</b>	450	500	400
<b>Trois quart gras</b>	350	450	400
<b>Demi gras</b>	250	400	300
<b>Quart gras</b>	150	400	300
<b>maigre</b>	Moins de 150	400	300

### 2.2.2. Classification selon la forme

Ces produits issus de la fonte de fromages peuvent être aussi regroupés en cinq familles classées ici selon la forme par ordre chronologique d'apparition sur le marché mondial (Boutonnier, 2000) ;

#### Fromage fondu en forme de "bloc"

Il s'agit du plus vieux fromage fondu. Le rapport MG/ES présente une élevée quantité d'extrait sec total. Il présente une solidité et une élasticité satisfaisantes. Le coulage a lieu sous pression formé de différents blocs de poids, mais également de plus en plus sous forme de tranches. (Anonyme 2, 1989).

#### Fromage fondu à couper

Moins ferme que le bloc, il n'est pas pour autant tartinable. Il contient 3% à 4% de moins de matière sèche que le précédent, ce qui le rend plus agréable à la dégustation. L'élasticité, parfois recherchée, n'est pas toujours souhaitable en raison de la formation de fils qui rendent le conditionnement délicat sur les machines classiques (Boutonnier, 2000).

#### Fromage à tartiner fondu

Ce genre de fromage requiert un crémage plus élevé que le fromage fondu en bloc. Le processus de crémage permet en partie de modifier la consistance du produit fini et de réguler sa texture. En lui donnant une certaine tartinabilité, cela a entraîné une augmentation de 10% de la teneur en eau et de produire un produit ayant une texture similaire à celle du beurre. En outre, l'extrait sec la faible teneur en matière grasse et la teneur élevée en matière grasse offrent des sources relativement riches, simples. Il est possible d'aromatiser ces produits et de les emballer en portions souples ou en emballages souples, rigides (pots, parquettes, tubes). (Anonyme 3, 1989 ; Boutonnier, 2000).

#### Fromage fondu pour la refonte

Originaire d'Amérique du Nord, il se présente généralement sous forme de tranche adaptées à une utilisation dans les cheeseburgers. Ce produit doit refondre rapidement sans carbonisation superficielle, comme une tranche d'emmental par exemple, ce qui exige une préservation importante de la structure protéique de la matière première. Ils peuvent être

produits à partir de fromages fondus de type « bloc », mais aussi après coulage dans un film plastique, suivi d'un refroidissement rapide, d'une préparation fromagère fondue dont la texture est obtenue, entre autres, par la gélification d'un hydro colloïde (carraghénanes en général) (**Boutonnier, 2000 ; Roustel, 2014**).

### **Fromage fondu qui résiste à la chaleur (thermostable)**

Ce fromage fondu est issu d'une demande extrême-orientale et, contrairement au précédent, il ne doit pas fondre lorsqu'on le fait fondre à une nouvelle source de chaleur. C'est un fromage qui est crémé très avancé et conserve son goût et sa valeur nutritive après la cuisson (**Anonyme, 1989 ; Boutonnier, 2000**). En général, les blocs obtenus sont coupés et ensuite incorporés dans des plats asiatiques. Ces préparations peuvent être appertisées, et les cubes de fromage fondu doivent rester intacts après la stérilisation (**Oliveira et al., 2016 ; Richonnet, 2016**).

## **2.3. Caractéristiques physico-chimiques et biochimiques et microbiologique**

### **2.3.1. Composition chimique**

Le fromage fondu est un système complexe composé de protéines, de matière grasse, de sels minéraux et d'autres ingrédients.

#### **2.3.1.1. Les Protéines**

Le fromage fondu contient 18g de protéines/100g de fromage et entre 10 à 17g /100 g de fromage selon **Eck et Gillis (1997) et Richonnet (2016)**. Les fromages fondus présentent globalement moins de protéines que les autres fromages : Environ 10 à 17g/100g contre 22 à 27g/100g pour les pâtes molles et pâtes pressées non cuites.

La source des protéines dans les fromages fondus est représentée par les ingrédients laitiers tels que le lait, les fromages et les concentrés protéiques principalement. La qualité nutritionnelle de ces protéines laitières repose sur une forte digestibilité (> 95%) et une composition en acides aminés indispensables particulièrement bien équilibrée permettant de satisfaire les besoins de l'homme (**Debry, 2001**).

Dans les fromages fondus, les caséines sont les protéines majoritaires (92 % des protéines), caractérisées par une teneur élevée en proline et un taux relativement faible en acides aminés soufrés (**Richonnet, 2016**). Il a été constaté, qu'un fromage fondu devait avoir une teneur en caséine intacte de 12% au minimum dans le produit fini. Selon les paramètres de fabrication, il est toutefois possible d'obtenir un produit stable avec seulement 8% de caséines intactes (**Roustel, 2014**).

#### **2.3.1.2. Les Lipides**

La teneur en lipides peut varier d'un fromage fondu à l'autre, en fonction de la recette et des ingrédients utilisés. La valeur moyenne est de 21 à 22g/100g de fromage (**Richonnet, 2016**). Certains d'autres peuvent atteindre 30% de lipides (**Oliveira et al., 2016**). Elle est caractérisée par sa richesse en acides gras saturés (AGS) : 60-65% des acides gras (**Legrand, 2008**).

### 2.3.1.3. Les glucides

La teneur en lactose dans les fromages fondus est de l'ordre de **6,5 à 7g/100g** de fromage fondu. Cette teneur a une influence sur la consistance du produit fini. Le lactose a un effet favorable sur la plastification et la structuration du gel, ce qui favorise la tartinabilité du fondu. Cependant, son taux d'incorporation ne doit pas être trop élevé pour éviter l'apparition du goût sucré et les réactions de Maillard, voie de cristallisation du lactose (EFSA, 2010).

### 2.3.1.4. Les Cendres

Les sels minéraux du fromage fondu sont constitués des sels de fonte ajoutés au cours de la fabrication et des sels contenus dans le fromage matière première (Varunsatian et al.,1983). Les sels de fonte sont des agents importants pour la fabrication de ce dernier, ils sont d'ailleurs à l'origine de l'industrie de la fonte. Le tableau XII ci-dessous interprète quelques valeurs de concentration des minéraux dans le fromage fondu. Parmi les sels de fonte les plus utilisés en industrie fromagère : Orthophosphatemonosodique, Phosphate disodique etc. (Roussel, 2014).

**Tableau XII** : Composition en principaux minéraux des fromages fondus (pour 100g)

	<b>Fromage fondu (45 %G/S)</b>	<b>Fromage fondu allégé (25 %G/S)</b>
Ca	<b>300 mg</b>	<b>346 mg</b>
P	<b>756 mg</b>	<b>990 mg</b>
K	<b>143 mg</b>	<b>152 mg</b>
MG	<b>22 mg</b>	<b>24 mg</b>
NA	<b>1167 mg</b>	<b>1000 mg</b>

Le taux maximal de sels de fonte autorisé est de l'ordre de **2 à 3%** dans la formule selon le règlement UE n° 1333/2008 Eck et Gillis (1997).

## 2.3.2. Composition physique du fromage fondu

### 2.3.2.1. Le pH

Selon Eck et Gillis (1997), le pH du fromage fondu varie de 5,3 à 5,8 et selon Roussel et Boutonnier (2015), le pH varie de 5,50 à 5,55. Cette valeur finale joue un rôle majeur dans la qualité, la texture et les interactions entre les protéines du fromage fondu. Selon Marchesseau et al. (1995), le fromage fondu possède une microstructure et des interactions entre les protéines.

Le pH joue un rôle crucial dans le processus de fonte du fromage, influençant chaque étape de cette transformation. En début de processus, il module les échanges ioniques : un pH plus élevé confère aux protéines une charge négative accrue, optimisant ainsi l'efficacité des sels de fonte. Cette interaction favorise la seconde étape, la peptisation, où les protéines se dispersent dans le milieu fondu. Il est essentiel de souligner que même de petites variations de pH peuvent

avoir des répercussions significatives sur la structure et la composition finale du fromage fondu, impactant ainsi sa texture, son goût et sa qualité globale. (Roustel, 2014).

### 2.3.2.2. L'extrait sec total et la teneur en eau

La composition des fromages fondus varie en fonction de leur type (fondus, fondus à teneur minimale en fromage de 51%, fondus tartinables) et de leur teneur en matière grasse (G/S).

- **Fromages fondus classiques (teneur minimale en fromage de 75%)** : Ils présentent une teneur en matière sèche comprise entre 29,34% et 57%, avec un rapport G/S pouvant varier considérablement (inférieur à 30% ou supérieur à 50%).
- **Fromages fondus à teneur minimale en fromage de 51%** : Ces fromages ont une teneur en matière sèche similaire aux précédents (29,34% à 50%), mais avec des limites légèrement différentes pour le rapport G/S.
- **Fromages fondus tartinables** : Ces derniers sont généralement plus humides, avec une teneur en matière sèche plus faible (25%, 30% ou 40%). Leurs rapports G/S sont également variables, comme pour les autres types de fromages fondus. (Codex alimentaire, 2015).

Richonnet (2016), suggère que les fromages fondus contiennent 50% de matière sèche. L'augmentation de la teneur en humidité des fromages favorise l'échange d'ions et accroît le coefficient de peptisation. Il a donc été prouvé que l'hydratation des caséines ouvre leur structure, ce qui facilite l'entrée des sels de fonte dans les molécules des caséines et améliore le processus de peptisation. (Dimitri et Thomareis, 2005).

### 2.3.2. Caractéristiques microbiologiques

La qualité microbiologique des fromages fondus est influencée par une multitude de facteurs, allant de la qualité des matières premières utilisées aux conditions de fabrication et de stockage. Des paramètres tels que le pH, la teneur en eau, la présence de sel et l'intensité du traitement thermique jouent un rôle crucial dans le développement des micro-organismes (Buková et Bu-ka, 2015).

Les spores bactériennes, en particulier, peuvent germer dans des conditions favorables (pH élevé : > 4,5, activité de l'eau élevée  $a_w$  : > 0,85), favorisant ainsi la contamination (Buková et Bu-ka, 2015).

Les principaux contaminants sont des bactéries psychotrophes et des spores de moisissures, capables de se développer dans des environnements pauvres en oxygène. Il est important de noter que les contaminations peuvent également survenir après la production, lors du refroidissement ou de l'emballage du produit (Blackburn, 2006 ; Lazárková et al., 2010).

Ces spores peuvent être trouvés sur le sol, équipements et ustensiles utilisés pendant la production de fromage fondu (Oliveira et al., 2016).

### 3. Matières premières utilisées dans la technologie du fromage fondu

Les fromages fondus sont fabriqués à partir des matières premières laitières dont le lait est leur vraie base. Mise à part ça, il existe d'autres matières premières non laitières et végétales. (Caric, 2000)

#### 3.1 Les matières premières

Les matières premières d'origine laitière représentent la majeure partie des matières premières utilisées en fonte (Eck, 1997).

- **Les fromages**

Le fromage fondu est généralement composé d'un mélange de fromages traditionnels, souvent affinés et choisis pour leur goût, leur maturité et plus généralement leur capacité à se fondre.

En France, le produit final obtenu peut être qualifié de « X fondu » : lorsque le fromage X utilisé représente au moins 50% des matières premières utilisées dans le cas d'un fromage spécifique, ou lorsque la seule matière première utilisée est composée du fromage X dans le cas d'un fromage ayant une appellation d'origine.

Les fromages utilisés par le fondeur (fabricant de fromage fondu) seront principalement des pâtes pressées ou des pâtes pressées cuites en raison de leur capacité à se fondre en raison de leur minéralisation importante.

- **La poudre de lait**

C'est un produit laitier obtenu à partir d'un lait cru, ayant subi une déshydratation par la chaleur (180°C) ; permettant ainsi une longue conservation. (Carole et Vignola, 2002).

On répartit les poudres de lait en trois groupes :

- ✓ La poudre de lait entier (26% de matière grasse)
- ✓ La poudre de lait demi-entier (22% de matière grasse)
- ✓ La poudre de lait écrémé (0% de matière grasse)

- **Eau de process**

L'eau est l'un des paramètres physico-chimiques, jouant un rôle déterminant dans la fabrication de tous les produits alimentaires. L'humidité des fromages est généralement faible à cause de l'ajout des poudres.

Par conséquent, l'eau va solubiliser et disperser les protéines et émulsionner les matières grasses. Cette eau doit être exempte de micro-organismes et de contaminants chimiques, tel que le nitrate (German, 1976).

- **Les sels de fonte**

En 1929, la société **Joh A. Benckiser** a déposé un brevet pour l'emploi de polyphosphates dans la fabrication de fromage fondu. Ces sels sont actuellement réputés dans le monde entier et universellement appréciés. Les sels de fontes sont des additifs de base employés dans la

fabrication des fromages fondus. Ils permettent la réalisation du processus de la fonte. Ils agissent comme des émulsifiants et permettent de donner au produit fini une texture homogène (**Luquet 1987**).

- **La matière grasse végétale**

Selon **Eck et Gillis (1997)**, l'incorporation de matières grasses laitières est fréquente pour ajuster la teneur finale en matière grasse du produit et lui conférer des qualités organoleptiques, notamment aromatiques agréables. Elle se fait essentiellement sous forme de beurre, de crème, de matière grasse laitière anhydre ou autres présentations commerciales.

- **Autres matières premières**

- **Colorants**

Ils sont essentiellement utilisés pour conférer au produit une couleur jaune orangé. Il s'agit essentiellement de la bixine et de carotène (**Chambre et Daurelle, 2006**).

- **Hydro colloïdes**

Il s'agit de polymères glucidiques utilisés pour améliorer la consistance, la stabilité et éviter toute exsudation d'eau. Parmi les gommes les plus utilisées : les carraghénanes, et les gommes xanthane (**Eck et Gillis, 2006**).

- **Arômes**

Certains fromages fondus sont aromatisés par l'apport d'ingrédients aromatiques d'origines animale (jambon, crustacés, poisson, crevette...) ou végétale (épices, fruits, légumes...) (**Eck et Gillis, 2006**).

- **Les agents conservateurs**

Sont des substances dont l'effet direct retarde ou empêche d'indésirables modifications microbiologiques dans les denrées alimentaires, en particulier leur altération.

Selon **Bouegeois et Coude (1996)**, on peut définir un additif conservateur comme une substance non consommée normalement en tant que denrée alimentaire, que l'on incorpore à un aliment en vue d'accroître sa stabilité dans la mesure où elle dépend des micro-organismes.

Les conservateurs chimiques doivent assurer :

- L'innocuité de l'aliment par l'inhibition de la multiplication des micro-organismes pathogènes éventuellement présents (Salmonelles, Clostridium, Staphylocoques, moisissures diverses) et de la production de toxines, mais ne sont utilisés qu'avec des doses faibles, conformément à la norme.
- La stabilité organoleptique de l'aliment par l'inhibition des micro-organismes d'altération.

Selon **Eck et Gillis (2006)**, ces conservateurs sont des agents anti-moisissures (acide sorbique, acide propioniques, et leurs sels), et inhibiteurs des germes.

#### **4. Technologie de la fonte**

Les principales étapes que comprend la fabrication du fromage fondu sont représentées dans la figure 3.

##### **4.1. Sélection des matières premières et contrôle de qualité**

Avant d'être utilisées, les matières premières choisies seront soumises à une surveillance minutieuse en ce qui concerne leur composition physicochimique et bactériologique ainsi que leurs caractéristiques organoleptiques (**Chambre et Daurelles, 1997**)

##### **4.2. Ecroûtage, découpage et broyage des fromages**

La dureté des fromages peut occasionner des problèmes de fonte et la présence de particules non fondues dans le produit fini. Traditionnellement, l'écroûtage est effectué par raclage ou abrasion, ou encore par de nouvelles méthodes comme les jets d'eau chaude sous pression.

Afin de rendre le mélange plus facile avec les autres ingrédients et de diminuer le temps de fonte, il est essentiel de découper les fromages.

En général, après ce broyage grossier, on procède à un broyage plus fin dans un appareil à double vis sans fin qui dirige les morceaux vers une grille dont les perforations mesurent entre 2 et 10 mm de diamètre, en fonction du niveau d'intensité adéquat pour le produit fini.

##### **4.3. Préparation de la formule et procédé technologique**

Selon **McSweeny et al., (2004)**, on ajoute de l'eau et des sels de fonte aux matières premières fromagères et laitières, puis on procède à un pré-broyage de l'ensemble pendant quelques minutes afin d'obtenir un mélange prêt à être fondu.

La disposition du matériel, le type de cuiseur et la durée de cuisson déterminent l'ordre d'addition des matières premières.

L'ordre habituel de l'addition est le suivant :

- ✓ Meules de fromages ;
- ✓ Mélange de sels émulsifiants secs ;
- ✓ Ingrédients laitiers (poudre de lait, eau) et autres agents technologiques (colorants, hydro colloïdes, conservateurs).

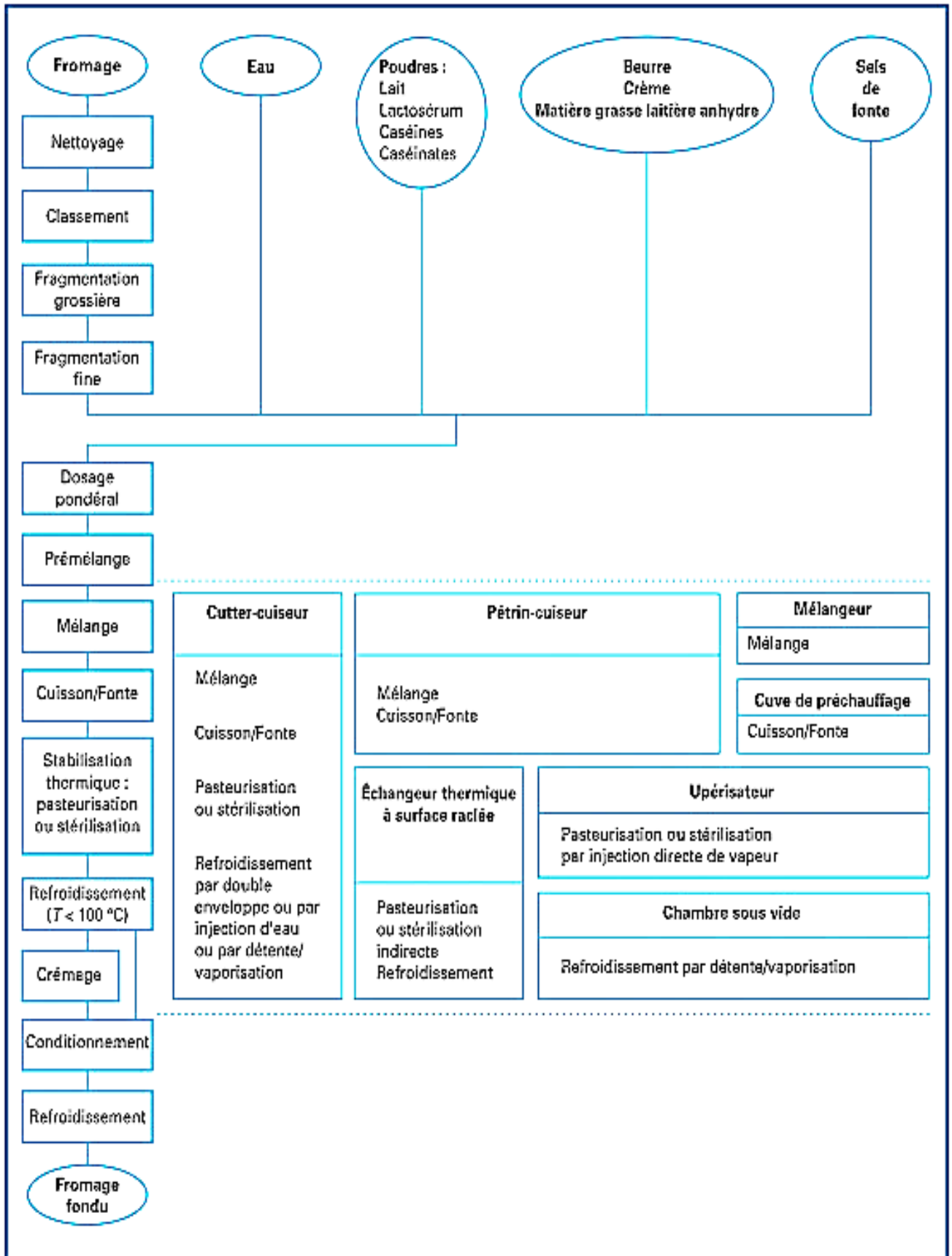


Figure 3 : Principales voies de fabrication du fromage fondu (Guinee et al., 2004).

## 5. Fonte proprement dite

La fabrication du fromage fondu est une étape essentielle. Elle peut être effectuée dans des installations en continu, connectées à des pompes d'eau, de vapeur et de vide.

La durée et la température de fonte sont compris entre 70 et 95°C pendant une durée de 4 à 15 minutes, en fonction de la situation. (Fox *et al.*, 2000).

Les traitements thermiques sont généralement suffisants pour éliminer toutes formes végétatives (Warburton *et al.*, 1986). Mais restent inadéquats pour se débarrasser des formes sporulées.

Des températures supérieures à 130°C sont exigées pour éliminer quelques spores (Zehren et Nusbaum, 1992 ; Mafart *et al.*, 2001).

### 5.1. Homogénéisation

Il est nécessaire d'uniformiser la masse fondue en utilisant des pressions allant de 5 à 15 mPa. (Meyer, 1973). En réduisant la taille des globules gras, on peut améliorer la stabilité de l'émulsion de matière grasse.

Cela améliore la consistance, la structure, l'apparence et l'onctuosité des spécialités fromagères.

De plus, cela favorise une dispersion plus fine des globules gras (Walstra et Jenness, 1984)

### 5.2. Conditionnement

Le transfert du fromage se fait de plus en plus par des tuyauteries en acier inoxydable alimentant des couleuses pour éviter toute contamination au conditionnement.

Le fromage fondu chaud liquide est emballé dans des feuilles d'aluminium laqué ou des contenants en matériaux plastique thermostable.

Le fromage fondu peut être aussi emballé en tube, en boîte de conserve, ou dans des boyaux en plastique (Meyer, 1973 ; Zehren et Nusbaum, 1992 ; Noronha *et al.*, 2008).

### 5.3. Refroidissement

Le refroidissement est réalisé en circulant les produits sur des tapis à l'air libre. Mais les résultats les plus performants sont obtenus dans des tunnels de refroidissement (Eck et Gillis, 1997).

Un refroidissement trop lent peut favoriser la réaction de Maillard, mais sa vitesse dépend du type de produit. Il est nécessaire d'être rapide pour les fromages fondus à tartiner et pour les spécialités fromagères afin d'interrompre le processus de crémage et de stopper le crémage.

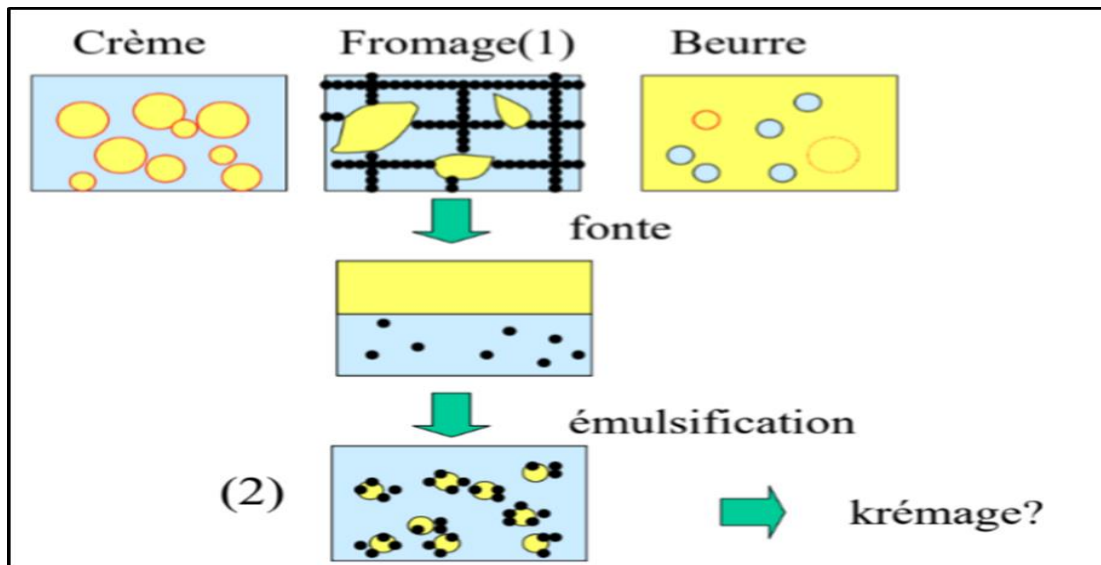
Il est essentiel de maintenir une structure courte au produit afin d'obtenir une tartinabilité satisfaisante.

## 6. Processus de fonte

### 6.1. L'émulsion

La formule de fonte intègre le plus souvent plusieurs sources de matière grasse laitière dans des états très différents. Le chauffage va en général conduire à un déphasage (partiel) en cours de cuisson puis, quand les protéines sont suffisamment solubilisées sous l'effet des sels de fontes, le cisaillement violent exercé pendant la phase de cuisson va conduire à la formation d'une émulsion monomodale d'autant plus fine que l'action mécanique est intense. Ce sont les caséines qui, majoritairement stabilisent cette émulsion.

Si la littérature est abondante sur l'effet de l'environnement minéral sur la capacité émulsifiante et stabilisante des émulsions, soit par un effet direct de la force ionique soit par des interactions plus spécifiques du calcium. (Srinivasan *et al.*, 2000)



**Figure 4 :** Processus d'émulsification lors de la cuisson d'un fromage fondu

## 6.2. Le krémage

Cette étape est essentielle pour les fromages fondus à tartiner en portion. En effet, leur texture crémeuse suppose une déstructuration (peptisation) poussée, contrairement aux fromages fondus en tranche ou en bloc.

(Marchesseau *et al.*, 1997) ont établi que le gel formé grâce à la phase de krémage pouvait être fortement déstructuré lors d'une dispersion dans une solution de dodécyl sulfate de sodium (SDS) alors que l'EDTA (un chélatant puissant du calcium) ne permettait qu'une dissociation légère.

Ils établissent aussi que le pH est un facteur clef du phénomène avec un optimum entre pH 5.7 et pH 6.0 et que de faibles changements de force ionique et de composition en ion modifiaient significativement l'organisation du gel.

Ainsi, ils montrent que la solubilisation d'un fromage fondu dans des solutions salines de concentration croissante conduit, dans le cas de l'ajout de chlorure de sodium à une forte solubilisation des protéines.

# *Partie expérimentale*

***CHAPITRE I***  
***MATERIELS ET***  
***METHODES***

### 1. Problématique et objectif de l'étude

L'objectif de cette étude est d'intégrer le lait de vache cru dans la formulation du fromage fondu afin de réduire sa disparité dans le circuit informel de collecte du lait en Algérie, d'une part, et de réduire l'utilisation des poudres de lait ( $P_{26}$  et  $P_0$ ) et de l'eau de process dans la formulation du fromage fondu, d'autre part.

Cette intégration va permettre de réduire la facture d'importation des poudres et de préserver la ressource hydrique utilisée dans le domaine alimentaire, tout en mettant à la disposition des consommateurs un nouveau produit de qualité meilleure.

### 2. Lieu de travail

L'ensemble des travaux est effectué dans le laboratoire de physique-chimie et de microbiologie de l'entreprise *LE FERMIER* de Draa Ben Khedda. Les séances des analyses sensorielles ont été réalisées au niveau du laboratoire de biochimie de la faculté des sciences biologiques et sciences agronomique de l'UMMTO

### 3. Présentation de l'entreprise

La laiterie EURL STLD « Société de Transformation de Lait et Dérivés », a été créée le 16 avril 2004. C'est une entreprise à caractère privé sise à la zone d'activité de Draa Ben Khedda, Tizi-Ouzou. L'unité compte un effectif de 106 employés.

La laiterie a pour fonction de fabriquer une large gamme de produits à partir du lait cru, collecté par des éleveurs locaux. Environ 70.000 litres sont transformés par jour. Les produits fabriqués sont :

- Lait de vache pasteurisé conditionnée (entier et écrémé)
- Lait de vache pasteurisé fermenté « L'ben »
- Lait de vache pasteurisé Caillé « Raib »
- Camembert au lait de vache « le fermier »
- Camembert au lait de chèvre « le chèvre fermier »
- Fromage à pâte pressée, Edam et le gouda « le fermier »
- La préparation fromagère alimentaire (Fondu Barre et Pot).

Les compartiments de l'unité :

Bloc administratif

- Cantine
- Salle de réception des collectes de lait
- Laboratoire d'analyses microbiologiques et physicochimiques
- Salle de pasteurisation
- Atelier de production pâte molle
- Hâloirs d'affinage pâte molle
- Atelier pâte pressée
- Atelier d'emballage et de conditionnement

- Atelier lait, Fonte et crème fraîche

#### 4. Matériels :

L'ensemble des réactifs, solvants et appareillages utilisés dans cette étude sont présentés dans le tableau ci-après :

**Tableau XIII** : Matériel utilisé dans la partie expérimentale

<b>Matières premières</b>	<b>Appareillage</b>	<b>Ustensiles et verrerie</b>	<b>Produits et réactifs</b>
-Lait de vache	-Balance de précision	-Spatule	-Acide sulfurique 62,5%
-Fromage de fonte (Gouda)	-Bain marie	-Couteau	-Acide sulfurique 91%
-Poudre de laits (P <sub>26</sub> et P <sub>0</sub> )	- Dessiccateur	-Pissette d'eau distillée	-Alcool iso amylique
-Matière grasse végétale	-Lactoscan	-Flacon	
-Sels de fonte	-Centrifugeuse	-Pipette gradué	
-Acide citrique	-pH mètre	-Butyromètre (Gerber)	
-Amidon		-Disque aluminium	
-Eau			

#### 5. Méthodes

##### 5.1. Valeur nutritionnelles et caractéristiques physico-chimiques de produit de référence (fromage fondu à base de lait de vache).

Les données du tableau XIV ci-dessous, montrent la valeur nutritionnelle et les caractéristiques physico-chimiques de la formulation sélectionnée.

**Tableau XIV** : les caractéristiques physico-chimiques de la formulation

<b>EST (%)</b>	<b>H (%)</b>	<b>G/S</b>	<b>Protéine (%)</b>	<b>Sucre (%)</b>		<b>MG (%)</b>	<b>Valeur énergétique (Kcal)</b>
				<b>Lactose</b>	<b>Glucide</b>		
46,66	53,44	45%	10.3%	6	4	21%	270,5 Kcal

Le choix de cette formulation se justifie par :

- L'extrait sec (E.S.T) doit être au minimum de 50% dans le fromage fondu (**Veissyere Roger, 1975**)
- La teneur en matière grasse est estimée à environ 21%, ce qui correspond à l'intervalle décrit par (**Richonnet, 2016**)
- D'après **Eck et Gillis (1997)**, le fromage fondu renferme entre (10-18) de protéines par 100g de fromage, ce qui a conduit à une valeur de 10.3 % de protéines. La teneur en lactose est établie à 10%, mais selon la réglementation, le taux de lactose requis est de minimum 6%
- Selon **Caric et al. (1985)** et **EL-Bakry et al. (2010)**, la plupart des fromages fondus et des préparations alimentaires ont un rapport G/S d'environ 40% au minimum.

## **6. Simulation de l'intégration du lait de vache**

### **6.1. Principe du calcul par logiciel Excel**

La composition du fromage fondu est créée en utilisant un modèle mathématique développé sur Excel<sup>®</sup>. Il repose sur l'exploitation des caractéristiques physico-chimiques des matières premières utilisées (Gouda, Lait de vache, Poudre de lait, beurre), qui une fois intégrés dans le modèle adopté, va permettre de déterminer les quantités des matières premières à utiliser pour répondre aux valeurs nutritionnelles du produit fini. Ce modèle permet d'avoir deux types de fromages fondus : fromage standard (Eau, poudre de lait, gouda et beurre) et fromage à base de lait de vache (Lait de vache, Eau, poudre de lait, gouda et beurre). L'intégration du lait de vache dans le modèle établi, permettra d'avoir un fromage aux mêmes caractéristiques physicochimiques, tout en réduisant les quantités des matières premières et de l'eau à utiliser.

#### **6.1.2. Modèle mathématique adopté**

##### **6.1.2.1. Détermination des quantités de matière première (MP) à utiliser (P<sub>26</sub>, Gouda, Beurre) dans la formule eau**

En prenant en considération les paramètres physicochimiques des matières premières à utiliser, le modèle mathématique permet de calculer les quantités de matière première à utiliser dans le fromage fondu standard (à base d'eau) en se basant sur l'équation N°1 ci-dessous :

$$QMPL_{EFE} = [XPF * 100] / XMP(\%)$$

N°1

- **QMPL<sub>EFE</sub>**: Quantité (gramme) de matière première élémentaire a utilisé (P<sub>26</sub>, gouda, beurre) dans la formulation à base d'eau
- **XPF** : Pourcentage de paramètre physico-chimique élémentaire (EST, MG, H%, protéines) fixé du produit fini
- **% XMP** : Pourcentage de paramètre physico-chimique élémentaire (EST, Lactose, protéine, MG, H%) de la matière première utilisée prise en considération dans le modèle de calcul.

### 6.1.2.2. Détermination de la quantité du lait de substitution d'eau

L'équation N°2 permet de calculer la quantité de lait à ajouter dans la formule afin de remplacer les quantités de poudres utilisées dans la préparation standard

$$Q_{Lait} (g) = [Q_{gluc-RS} * 100] / Q_{gluc-lait} (\%)$$

N°2

D'où

- **Q<sub>Lait</sub> (g)** : Quantité du Lait à utiliser ;
- **Q<sub>gluc-RS</sub>** : Quantité du lactose dans la recette standard ;
- **Q<sub>gluc-lait</sub>** : Teneur du lait cru en glucide.

### 6.1.2.3. Détermination des quantités élémentaires totales de la formule complémentaire

Les quantités élémentaires définies dans le modèle choisi (EST, MG, H ou protéines) de la formule complémentaire sont obtenues en soustrayant leurs équivalents de la recette standard et de celle ramenée par le lactosérum, selon la formule suivante.

$$Q_{EFC} (Kg) = Q_{EFE} - Q_{EL}$$

N°3

- **Q<sub>EFC</sub> (Kg)** : Quantité élémentaire totale apportée par les ingrédients dans la formule complémentaire ;
- **Q<sub>EFE</sub>**: Quantité élémentaire totale dans la formule à base d'eau ;

- $Q_{EL}$  : Quantité élémentaire apportée par le lait.

#### 6.1.2.4. Détermination des quantités de matières premières ( $P_{26}$ , $P_0$ , gouda, beurre) à utiliser dans la formule-lait

En utilisant l'EST (le paramètre physico-chimique défini dans la simulation de la formulation), en maintenant le même pourcentage d'élément élémentaire pris en compte par le modèle dans la formulation standard, les quantités de matières premières utilisées dans la formule-lactosérum sont calculées en utilisant l'équation suivante.

$$QMP_L = [X_E (\%) * 100] / XMPL_E (\%)$$

N°4

- $QMP_L$ : Quantité (gramme) de matières premières laitières a utilisé ( $P_{26}$ , gouda, beurre) dans la formule-lait
- $X_E$ : Quantité (gr) élémentaire (EST, MG, H%, Lactose, Protéines) a apporté par la matière première ( $P_{26}$ , gouda, beurre) dans la formulation à base du lait
- $XMPL_E$ : Quantité élémentaire (EST, MG, H%, Lactose, Protéines) dans 100 grammes de matière première ( $P_{26}$ , gouda, beurre).
- **6.2. Etude technico-commerciale**

L'étude de la valorisation et de la gestion des quantités de lait est un enjeu économique majeur pour l'Algérie., D'après les données présentées dans le tableau XV, il est possible d'estimer les retombées économiques positives de cette valorisation. La quantité de fromage fondu produite permet de générer des revenus importants pour les producteurs laitiers et les entreprises agroalimentaires.

**Tableau XV** : Tableau synthétique de système de payement du lait en Algérie

Prix 1litre de lait cru payé par les laiteries aux producteurs de lait cru	Prime de collecte versé par l'ONIL au producteur-collecteur	Prime d'intégration du lait cru dans les produits laitiers versé par l'ONIL	Prix de revient 1litre de lait Cru	Makhlouf et al., 2015
30DA/Litre	5DA/L	4DA/L	21 DA/L	

L'équation suivante permet de calculer le coût de production de 100kg de fromage fondu en se basant sur les prix des matières premières sur le marché national

$$A = (\Sigma QMP * P_u * QV) / 100$$

N°5

- **A** : Prix de revient soit de la formule-eau, soit formule-lait
- **$\Sigma QMP$** : L'ensemble des quantités des matières premières utilisés (soit dans la formule standard, soit celle du lait)
- **$P_u$**  : Prix unitaire des matières premières/ par kilogramme et ou par Litre
- **$QV$**  : Quantité total de fromage fondu à produire.

En faisant une soustraction entre les coûts de revient de deux formulations (le coût de revient de la formule standard et le coût de revient de la nouvelle formule lait), on obtient l'amortissement des coûts de revient de cette valorisation. Le calcul de cet amortissement repose sur l'équation.

$$TR = [(AF_E - AF_L) / P_{UE}] * 100$$

N°6

- **TR** : Taux de réduction de coût de revient de production du fromage fondu au lait
- **$AF_E$**  : Prix de revient de la formule-eau
- **$AF_L$**  : Prix de revient de la formule-lait
- **$P_{UE}$**  : Prix unitaire de la formule standard (eau).

Outre les frais d'amortissement, l'intégration du lait permet aussi de réaliser des économies financières. On calcule la somme d'argent économisée dans cette intégration en utilisant l'équation N°7, comme suit :

$$Ed = (QF_{ft} * \Delta P) / 100$$

N°7

- **Ed** : L'argent économiser dans l'intégration du lait
- **$QF_{ft}$**  : Quantité totale de fromage fondu
- **$\Delta P$** : Différence entre le prix de revient de la formule-eau et de la formule-lait
- **Estimation de la quantité d'eau réduite**

La quantité d'eau économisée ( $Q_{ER}$ ) dans la formulation du fromage fondu à base du lait de vache est calculée selon l'équation suivante :

$$Q_{ER} = (Q_{E-Lait} * 100) / Q_{E-RS}$$

N°8

- $Q_{E-Lait}$  : Quantité d'eau nécessaire pour la production du fromage fondu au lait de vache ;
- $Q_{E-RS}$  : Quantité d'eau nécessaire pour la production du fondu standard.

### 6.3. Diagramme de fabrication du fromage fondu

#### 6.3.1. Processus de fabrication

Douze litres de lait de vache pasteurisé sont versés dans un cuiseur. Un mélange de fromage gouda, de matière grasse végétale, de sel et d'additifs de conservation est ajouté et chauffé à 85°C pendant quelques minutes. De l'amidon est ensuite incorporé pour épaissir la préparation fromagère. Les quatre litres de lait restants sont ajoutés et le tout est mélangé tout en continuant à chauffer on mesure le pH. Enfin le produit est conditionné dans des barres métalliques et refroidies à 4°C.

Pour préparer la fondue à base d'eau, on mélange 3 kg de poudre de lait contenant 26 % de matière grasse avec 13,5 litres d'eau en les ajoutant progressivement. On suit les mêmes étapes que pour la fondue à base de lait de vache. Le pH final de la préparation est mesuré et devrait être d'environ **5,26**.



**Figure 5** : Diagramme de fabrication du fromage fondu de l'entreprise « le fermier »

### I.6.3.2. Les analyses physico-chimiques des matières premières et des produits finis

Le tableau XVI suivant résume les analyses physico-chimiques effectuées.

**Tableau XVI** : Analyses physico-chimiques des matières premières et des produits finis

Produits Paramètres	Matières premières				Produit fini	
	Gouda	P26	Beurre	Lait de vache	Fromage fondu à base d'eau	Fromage fondu à base du lait
EST %	X	X	X	X	X	X
H %	X	X	X	X	X	X
MG %	X	X	X	X	X	X
Lactose %	X	X	X	X	X	X
Protéines %	X	X	X	X	X	X
pH	X	X	X	X	X	X

### 6.3.2.1. Détermination du pH

Le pH appelé « pouvoir hydrogène » est calculé en fonction de la quantité d'ions d'hydrogène présente dans une solution, afin de déterminer quantitativement son acidité ou sa basicité. (AFNOR, 1980).

Les mesures du pH sont réalisées avec un pH-mètre en introduisant directement les deux sondes (pH et température) dans un échantillon de la pâte de fromage à une température de 20 à 25°C

### 6.3.2.2. Détermination de la teneur en matières grasses par méthode acide butyrométrique pour le fromage

La matière grasse est déterminée par la méthode de Gerber ou méthode acide butyrométrique de VAN GULIK (ISO : 3433-2002).

#### ▪ Principe

Les protéines du fromage sont dissoutes par l'acide sulfurique et la matière grasse du fromage est séparée par centrifugation au butyromètre.

L'addition d'une petite quantité d'alcool iso amylique favorise la séparation de la matière grasse.

On obtient la quantité de matière grasse par lecture directe sur l'échelle du butyromètre.

#### ▪ Mode opératoire

- Peser précisément 3 grammes de fromage râpé ou finement haché dans un verre taré.
- Ensuite déposer le gobelet contenant l'échantillon de fromage dans la panse du butyromètre tout en fixant fermement le bouchon au col du butyromètre.
- Verser avec précaution l'acide sulfurique à 62,9% par la tige latérale du butyromètre jusqu'à ce que l'échantillon de fromage soit complètement immergé et on referme la tige latérale du butyromètre.
- Puis le plonger dans un bain-marie préchauffé à 80°. S'assurer d'agiter doucement le butyromètre de temps en temps pour faciliter la dissolution de l'échantillon jusqu'à l'obtention d'un mélange homogène.
- Une fois le mélange est devenu homogène, ajouter 1 ml d'alcool iso-amylique à l'aide d'une pipette.
- Placer le butyromètre dans une centrifugeuse pendant 5 minutes à vitesse constante.
- Retirer le butyromètre de la centrifugeuse en le laissant reposer quelques minutes.
- lire la valeur de la graduation du butyromètre au niveau de la couche supérieure de matière grasse.
- Cette valeur correspond directement au pourcentage de matière grasse dans l'échantillon de fromage.

### 6.3.2.3. Détermination de la teneur en matière grasse pour le lait

- **Mode opératoire**

- Verser 10 millilitres d'acide sulfurique concentré à 91% dans le butyromètre à l'aide d'une pipette graduée.
- Cette étape permet de décomposer les protéines du lait et de libérer la matière grasse.
- Introduire soigneusement 11 millilitres de l'échantillon de lait à analyser dans le butyromètre. Il est crucial de respecter le volume précis de lait pour garantir la fiabilité des résultats.
- Ensuite, rajouter 1 millilitre d'alcool iso amylique au mélange. Ce composant joue un rôle essentiel dans la séparation et la visualisation de la phase grasse.
- Puis placer le butyromètre dans une centrifugeuse et le soumettre à une rotation à vitesse élevée pendant 5 minutes. Cette étape permet d'accélérer la séparation de la matière grasse, qui se rassemble en une couche distincte à la surface du mélange.
- Une fois la centrifugation terminée, observer attentivement la graduation du butyromètre. La valeur indiquée au niveau de la couche supérieure de matière grasse correspond directement au pourcentage de matière grasse dans l'échantillon de lait.

### 6.3.2.4. Détermination des différents paramètres physicochimique pour le lait

Le lactoscan est un analyseur laitier de pointe utilisant la technologie ultrasonore pour déterminer avec précision la composition d'échantillons de lait, quelle que soit leur acidité et sa température (entre 5°C et 40°C).

Cet instrument permet de quantifier rapidement et précisément la matière grasse, les protéines, le lactose, la densité, la teneur en sels minéraux, l'eau ajoutée et le point de congélation. Les résultats sont affichés à l'écran et peuvent être imprimés directement.

- **Mode opératoire :**

- Allumer l'appareil et on le laisse se stabiliser à la température ambiante.
- Ensuite, vérifier la calibration de l'appareil en utilisant les étalons fournis.
- Puis nettoyer soigneusement la cellule de mesure avec de l'eau distillée et la laisser sécher. Préparer l'échantillon dans un tube à essai en homogénéisant bien le lait par agitation douce.
- Introduire l'échantillon dans la cellule et appuyer sur le bouton 'démarrer' et attendre que l'appareil effectue les mesures. Les résultats de l'analyse s'affichent sur l'écran de l'appareil.

### 6.3.2.5. Détermination de la teneur en extrait sec

La mesure de l'extrait sec est effectuée à l'aide d'un dessiccateur **SARTORIUS-MA35** qui fonctionne en éliminant toute l'eau à une température de 110°C/15 minutes

- **Mode opératoire**

- Étaler une prise d'essai de 5 g sur toute la surface d'une capsule en aluminium préalablement tarée.
- Ensuite, la placer dans le dessiccateur et commencer l'analyse.
- Après le bip sonore, la valeur de l'extrait sec en pourcentage (%) est directement affichée sur l'afficheur numérique.

### 6.3.2.6. Détermination des différents paramètres physicochimiques pour le lait en poudre

- **Mode opératoire**

La méthode de lactoscan.

- Préparer la solution.
- Dissoudre une quantité de 10 grammes de lait en poudre dans 100ml d'eau distillée. Cette solution à une concentration spécifique de 10% (masse/volume).
- La solution préparée est analysée à l'aide d'un lactoscan. Les résultats de l'analyse seront exprimés en pourcentage.

### 6.3.2.7. Détermination des différents paramètres physicochimique du beurre

Dans le cadre de l'analyse de la matière première beurre, la détermination de la teneur en humidité et en matière sèche est privilégiée par méthode de dessiccation par rapport aux autres paramètres. Il est possible de se référencier aux fiches techniques du produit.

## 7. Analyse sensorielle

Selon la norme française **NF ISO 5492** l'analyse sensorielle est définie comme étant « l'examen des propriétés organoleptiques d'un produit par les organes des sens ».

De par ses cinq sens (vue, ouïe, odorat, goût, toucher) l'être humain est devenu l'instrument de mesure des méthodes d'analyse sensorielle pour caractériser et évaluer des produits.

L'analyse sensorielle est effectivement un élément crucial dans notre recherche. Il permet d'évaluer les caractéristiques organoleptiques du fromage, telles que l'aspect, l'odeur, la texture, le goût et la saveur.

Ces caractéristiques sont essentielles pour la qualité du fromage et influencent l'appréciation des consommateurs.

Trente et un (31) individus ont pris part à la dégustation. Leurs commentaires et leurs réponses concernant notre fromage permettent de mettre en évidence la distinction entre les deux fromages tout en se concentrant sur les caractéristiques principales.

La séance de dégustation est suivie d'un sondage auquel les participants ont répondu et exprimé leurs opinions. Le processus de dégustation est décrit en détail dans l'annexe



***CHAPITRE II***  
***RESULTATS ET***  
***DISCUSSION***

### 1. Résultats des analyses physico-chimique de la matière première

Les analyses physico-chimiques réalisées sur les matières premières ont permis d'obtenir les résultats suivants, détaillés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau XVII :** Caractéristiques physicochimiques des matières premières analysées

Paramètres physico-chimiques					
Matières premières	Extrait sec total (EST)	Humidité (H)	Matière grasse (MG)	Protéines	Lactose
P26	96,8±1,5	3,2±2,2	28±1,23	24±1,42	39±1,57
P0	95,88±0,92	4,12±1,31	0	31,25±1,06	51±1,62
Beurre	95±0,88	5±0,43	95±0,5	0	0
Gouda	64,3±2,05	35,7±1,06	32±1,73	25±1,23	0
Lait de vache	12,11±0,67	87,88±1,25	3,39±1,5	3,10±1,7	4,36±0,98

**Tableau XVIII :** Normes correspondant aux différentes analyses physicochimiques établie (CODEX STAN 206-1999), (AFNOR 1986), (AFNOR N. 1977), (Hadohum et al), (JORA) (CXS, 1999), (Carole et Vignola .2002)

Normes correspondant aux paramètres physico-chimiques (%)					
Matière première	Extrait sec total (EST)	Humidité (H)	Matières grasse (MG)	Protéines	Lactose
P26	≥96	<5	>26 et <40	26	38
Beurre	84	16	80-90	0,4	0,6
Gouda	48 et 62	42,5	26 et 35	25	0,5
Lait de Vache	12.8	100	3,70	3,2 et 3,5.	4,39 et 6,51

### ❖ Le gouda

Le fromage Gouda est un fromage à caillé lavé d'une pâte ferme, solide dont la teneur en lactose est faible, comme indiqué dans le tableau XV.

Le gouda ne contient que des traces de lactose car, lors de la fabrication du fromage, la majorité du lactose est éliminée lorsque le caillé est séparé du lactosérum.

L'EST du gouda analysé est respectivement de  $64,3 \pm 2,05\%$  alors que les valeurs du MG, des protéines et du H% du gouda utilisé pour la préparation du fromage fondu sont respectivement de  $32 \pm 1,73\%$  ;  $25 \pm 1,23\%$  et  $35,7 \pm 1,06\%$ . Ce qui correspond aux normes indiquées.

### ❖ La poudre de lait

Le P26 présente une teneur en lactose d'environ  $39 \pm 1,57\%$ . Cette valeur se situe dans la plage de la norme **AFNOR (1986)**, confirmant la composition attendue du produit.

La quantité de protéines dans le P26 est de  $24 \pm 1,42\%$ . Cette valeur correspond aux données mentionnées par **Carole et Vignola (2002)** et met en évidence la richesse du produit en protéines, importantes pour la valeur nutritive.

Les résultats de la P<sub>26</sub> indiquent que les valeurs du taux de MG et de l'EST, ainsi que les taux d'H% du gouda utilisé dans la préparation du fromage fondu, sont respectivement de  $28 \pm 1,23\%$  ;  $96,8 \pm 1,5\%$  et  $3,2 \pm 2,2\%$ , conformément aux normes établies par le (**Codex alimentaire, 1999**) et (**AFNOR 1986**).

### ❖ Beurre

La teneur du beurre en lactose et en protéines est de 0%. Le beurre ne contient pas ou, du moins, contient une très faible teneur en lactose et protéines comme décrit par (**Mocquot, 1969**)

Les valeurs de MG, EST et d'H % enregistrées pour le beurre sont respectivement de  $95 \pm 0,5\%$  et  $95 \pm 0,88\%$ ,  $5 \pm 0,43\%$

Elles sont des valeurs proches de celles rapportées par (**Mocquot, 1969**).

### ❖ Lait

Le lait analysé présente une concentration en lactose d'environ  $4,36 \pm 0,98\%$ . Ce qui correspond aux valeurs attendues et concorde avec les données de (**Hadohum et al**).

Cette teneur en lactose est caractéristique du lait de vache. La concentration en protéines de lait est estimée à  $3,10 \pm 1,7\%$ . Ce qui est similaire aux valeurs rapportées par **AFNOR N (1977)**.

La valeur de la matière grasse est inférieure à la norme attendue. Ce résultat peut s'expliquer par plusieurs facteurs, tels que le régime alimentaire des vaches, leur race, leur stade de lactation ou encore les conditions d'élevage. Les niveaux d'extrait sec (EST) et d'humidité du lait sont respectivement de  $12,11 \pm 0,67\%$  et  $87,88 \pm 1,25\%$ . Ces valeurs correspondent aux normes attendues pour le lait de vache et confirment sa qualité.

## 2. Résultats de la simulation

### 2.1. Détermination des quantités de matières premières dans les deux formules de fromage à fabriquer

La recette standard du fromage fondu, obtenue à partir des caractéristiques physico-chimiques fixées dans une formule, se compose d'un modèle mathématique et d'équations spécifiques.

Ces équations, décrites dans la partie "Matériels et méthodes" de l'étude, permettent de déterminer les quantités de matières premières nécessaires à la préparation du fromage fondu en fonction des paramètres physico-chimiques souhaités.

Les résultats des analyses physico-chimiques du lait et les quantités de matières premières utilisées dans les deux formules de fromage fondu (à base d'eau et à base de lait) ont été obtenus en appliquant les équations N° 1, 2, 3 et 4 décrites dans la partie expérimentale.

Les tableaux XIX et XX présentés récapitulent les paramètres physico-chimiques et la composition des deux recettes de fromage fondu (à base d'eau et à base de lait).

Cette comparaison permet d'analyser les différences et les similitudes entre les deux formules en termes de composition et de caractéristiques physico-chimiques.

En effectuant des analyses physico-chimiques sur les diverses matières premières, il est possible de répondre aux caractéristiques physico-chimiques initialement établies.

La comparaison des quantités de matières premières utilisées dans chaque formule (eau et lait) démontre qu'il n'y a pas de différence ni dans les propriétés physicochimiques prises en considération par le modèle d'étude (MS, MG, MG/MS), ni dans la quantité des produits finis.

Ainsi, l'emploi du lait en tant que substitut d'eau dans la formule-lait permet de diminuer substantiellement les quantités de matières premières (poudres de lait et fromages) utilisées et d'eau de process dans la production du fromage fondu au lait de vache. Ce qui entraîne une réduction des coûts d'importation

**Tableau XIX :** Quantité des matières premières utilisé dans la formulation (g/100g)

	<b>Fromage standard</b>	<b>Fromage au lait de vache</b>
<b>P26</b>	15,384	9,918
<b>P0</b>	0	0
<b>Edam</b>	26,43	25,61
<b>Beurre</b>	8,66	8,8
<b>Amidon</b>	2,544	2,31
<b>Sel de table</b>	2	2
<b>Emulsifiant</b>	2	2
<b>Eau</b>	42,971	0,46
<b>Lait de vache</b>	0	48,89
<b>Total</b>	99,989	99,988

## 2.2. Etude comparative des résultats physico-chimiques (simulation et pratique) des deux produits finis

Lorsqu'on compare les résultats obtenus pratiquement avec ceux de la simulation des paramètres physico-chimiques, on constate qu'il n'y a pas de différence entre les valeurs. En d'autres termes, les valeurs de paramètre fixé théoriquement sont proches de celles obtenues pratiquement.

En analysant les données physico-chimiques des deux fromages fondus présentés dans le tableau ci-dessous (Tableau XX), nous constatons d'une part une approximation et une conformité des valeurs de la simulation avec ceux obtenus pratiquement, ainsi qu'une conformité aux normes établies.

**Tableau XX :** Résultats des simulations théoriques et pratiques des caractères physicochimiques

Paramètres physico-chimiques (%)	Fromage standard		Fromage au lait de vache	
	Théorique	Pratique	Théorique	Pratique
<b>EST</b>	46,65	45,71	46,66	45,26
<b>H</b>	53,333	54,29	53,33	54,74
<b>MG</b>	20,98	21,32	20,99	20,06
<b>Protéines</b>	10,3	10,098	10,3	9,99
<b>Lactose</b>	8,54	8,46	8,3	8,05
<b>G/S</b>	45	46,64	44,99	44,32

Les résultats obtenus montrent que les deux formules ne présentent pas de différence, même si l'eau a été substituée par du lait. Les deux fromages sont identiques et ne présente pas de différence, et cela grâce au lait, qui apporte non seulement de l'eau, mais aussi des niveaux élevés de matière utile (lactose, protéines, matière sèche).

Cette étude avait pour but de fabriquer un fromage fondu en substituant l'eau et la poudre de lait utilisée par le lait sans altérer les caractéristiques physico-chimiques du produit. Les résultats de notre recherche indiquent qu'il n'y a pas de différence e entre les deux fromages en ce qui concerne les paramètres fixés tels que l'EST, H% et MG.

Les résultats théoriques et pratiques comparés entre les deux fromages, nous permettent d'obtenir des valeurs similaires. Ainsi, nous avons atteint l'objectif fixé dès le début de notre étude et nous avons réussi à maintenir les mêmes caractéristiques physico-chimiques du produit de référence.

## 2.3. Résultats technico-commerciaux

L'incorporation du lait dans l'élaboration du fromage fondu s'avère être un avantage économique majeur pour l'industrie fromagère algérienne. En effet, cette pratique permet une **réduction notable des coûts de revient des matières premières**, comme le montre le tableau XXI ci-dessous.

**Tableau XXI** : Etude technico-commercial calculée sur la base de 1kg de fromage

	<b>Fromage standard</b>	<b>Fromage au lait de vache</b>
<b>Cout de revient</b>	270,6471154	254,5760296
<b>gain (DA) pour 1 Kg de Fromage</b>	16,07108577	
<b>% d'amortissement du prix de revient</b>	5,938022192	
<b>Quantité de P26 pour 1kg de fromage</b>	0,15	0,09600926
<b>% réduction de quantité de P26</b>	35,99382648	
<b>Quantité de fromage utilisé</b>	0,257692308	0,248463121
<b>% réduction de fromage</b>	3,581475272	
<b>Quantité d'eau utilisée</b>	0,435333333	0,004722594
<b>% de réduction d'eau</b>	98,91517743	

Le tableau XXI présenté compare les caractéristiques technico-commerciales de la production d'un kilogramme de fromage standard et d'un kilogramme de fromage au lait de vache. On observe plusieurs différences notables entre les deux types de fromages :

**Coût de revient et gain** : Ce gain est calculé pour 1 kilogramme de produits finis : fromage fondu standard et fromage fondu au lait de vache

- Le coût de revient du fromage standard est légèrement plus élevé (270,65 DA) que celui du fromage au lait de vache (254,58 DA).
- Malgré ce léger surcoût, le fromage au lait de vache génère un gain net (16,07 DA) supérieur à celui du fromage standard, ce qui se traduit par une marge bénéficiaire plus importante.
- En termes de pourcentage d'amortissement du coût de revient, le fromage au lait de vache affiche une performance supérieure (5,94%) par rapport au fromage standard.

### 3. Résultats de l'analyse sensorielle

Nous avons organisé la journée de dégustation de manière à ce que chaque participant puisse exprimer son opinion sans être influencé par les autres, chacun étant libre de son choix. 31 individus ont participé à la dégustation de notre produit préparé. L'objectif de notre étude est de montrer que la mise en valeur du lait dans la production d'un fromage fondu ne modifie pas l'aspect organoleptique du produit de base. Néanmoins, en comparant les résultats des paramètres sensoriels entre les deux fromages fondus, nous avons pu constater l'analogie entre ces deux produits et l'appréciation et l'admiration des dégustateurs.

Le tableau ci-dessous présente les réactions et les réponses des dégustateurs au questionnaire distribué sur les paramètres organoleptiques (apparence, odeur, saveur, texture en bouche, et description finale du fromage).

**FaE** correspondent au fromage à base d'eau et **Fal** c'est le fromage à base du lait

- ✓ Les scores attribués par les dégustateurs pour les deux échantillons de fromage fondu selon les quatre critères présentés dans le tableau 10 :
- **Couleur** : La couleur blanche était plus appréciable dans les fromages fondu F<sub>aE</sub> et F<sub>aI</sub> avec un pourcentage 77,42% pour les deux
  - **Odeur** : Apprécié dans les deux fromages, avec un pourcentage de 77,42%
  - **Saveur** : les deux fromages sont salés avec un score de 84,64%
  - **Texture** : La texture est lisse pour le F<sub>aL</sub> avec un pourcentage de 83,87% tandis que l'échantillon F<sub>aE</sub> présent un score élevé de 87,09% concernant la tartinabilité
    - Le F<sub>aE</sub> a enregistré des scores plus élevés comparé au F<sub>aL</sub>

Les dégustateurs préfèrent et choisissent le fromage fondu à base de lait pour le premier classement avec un pourcentage d'appréciation de 64,51% par rapport au fromage fondu à base de l'eau qui arrivent en deuxième lieu avec un pourcentage de 35,48%.

Tableau XXI : Résultats de l'analyse sensorielle

	Sensations ressenties	F <sub>AE</sub>	F <sub>AL</sub>	Dominance	
				F <sub>AE</sub>	F <sub>AL</sub>
Couleur	Blanche	24	24	77,42%	77,42%
	Blanche cassée	1	3		
	Blanche jaunâtre	5	4		
	Jaune	1	0		
Odeur	Plaisant	24	24	77,42%	77,42%
	Déplaisante	7	7		
Saveur	Acide	9	12		
	Amère	9	8		
	Sucré	7	10		
	Salé	25	25	80,64%	80,64%
Texture	Lisse	25	27		87,09%
	Granuleux	8	8		
	Moelleux	25	24		
	Ferme	23	24		
	Tartinabilité	26	26	83,87%	
Description finale	Je n'aime pas du tout	0	0		
	Je n'aime pas	1	3		
	Pas d'impression particulière	10	5		
	J'aime bien	14	14	45,16%	45,16%
	Jaime beaucoup	6	9		

<b>Préférences</b>	
<b>F<sub>AE</sub></b>	<b>F<sub>AL</sub></b>
35,48%	64,51%

# *Conclusion*

Le fromage est un produit laitier fermenté d'une grande diversité, riche en histoire, en culture et en saveurs. Sa fabrication ancestrale, née de la transformation du lait, a donné naissance à une multitude de variétés et de savoir-faire uniques à travers le monde.

L'incorporation de lait de vache dans la préparation du fromage fondu, tout en réduisant la quantité de poudre de lait, s'avère être une alternative prometteuse tant sur le plan organoleptique que durable. Les tests menés dans le cadre de ce mémoire ont démontré qu'il est possible de substituer une partie de la poudre de lait par du lait de vache sans altérer significativement la texture, le goût et onctuosité de la fondue, caractéristiques appréciées par les consommateurs.

Cette approche présente plusieurs avantages majeurs tels que l'amélioration de l'expérience sensorielle globale du fromage fondu en introduisant un profil de saveur plus riche et une texture plus crémeuse et rehaussant. Deuxièmement, la réduction de la dépendance à la poudre de lait favorise la durabilité en minimisant les étapes de transformation et en réduisant potentiellement l'impact environnemental.

De plus, l'incorporation du lait de vache local peut soutenir les producteurs laitiers et encourager les circuits courts et contribuer à une expérience de fondue au fromage plus régionale et authentique. Cependant, des recherches supplémentaires sont nécessaires pour optimiser le processus d'intégration. Des études futures pourraient explorer l'impact de différents types de lait de la teneur en matière grasse et des stratégies pour relever les défis potentiels tels que la durée de conservation et la rentabilité.

Cette étude ouvre la voie à une expérience de fromage fondu plus durable et plus savoureuse. En adoptant le lait de vache frais, les producteurs peuvent améliorer leur produit tout en favorisant des liens plus étroits avec les fermes laitières locales et en réduisant potentiellement leur empreinte environnementale.

# ***BIBLIOGRAPHIE***

- AFNOR., (1986).** Contrôle de qualité des produits laitiers. 3ème Ed
- Ahn, H. J., Kim, Y. H., and Lee, C. Y., (1982)** Replacement of polyphosphates in process cheese, *J. Korean Soc. Food Nutr.*, 11, 45,
- Alais, C., (1984)** Science du lait, SEPAIC, Paris..
- Anonyme., (1989)** Le fromage fondu sur le plan alimentaire, Guide JOHA,
- Benyoucef M., T and Kraiem K, Sraïri M.T., (2013),** The dairy chains in North Africa (Algeria, Morocco and Tunisia): from self-sufficiency options to food dependency? Springer Plus, 2(1), 162.
- Berger W., Klostermeyer H., Merkenich K., Uhlmann G., (1989),** La fabrication du fromage fondu, BK Ladenburg.
- Bester DJW., (1986)** Chemical analysis of white crystals found in processed cheese spread – *S.Afr. J. Dairy Science*, n° 18.
- Blackburn C. W., (2006).** Food spoilage microorganisms. CRC Press, Boca Raton
- Brochure Syndifonte, (2001),** Les fromages fondus,
- Brûlé G., (1987).** Les minéraux. In : Le lait matière première de l'industrie laitière, 87-98. INRA CEPIL, Paris.
- **Buková L. and Buka F. (2015).** Microflora of processed cheese and the factors affecting it.
- **Caric, M; Gantar, M; and Kalab, M., (1985),** «Effects of Emulsifying Agents on the Microstructure and Other Characteristics of Process Cheese - A Review," *Food Structure:* Vol. 4: No. 2, Article 13.
- Caric., M. and Kalab M., (1993)** Processed cheese products – In Fox: Cheese, chemistry – Physics and microbiology – Edition CHAPMAN & HALL, , pp. 484 à 490 et 497.
- Chambre., M, Daurelle J in Eck A., (1997),** Le fromage, Technique et documentation Lavoisier, Paris ,.
- Chemache L., (2011),** Qualité de deux spécialités fromagères fabriquer et commercialisé en Algérie mémoire Magistère en Science Alimentaire, (université de Mentouri, Constantine)
- Chatellier V., (2019).** La planète laitière et la place de l’Afrique de l’Ouest dans la consommation, la production et les échanges de produits laitiers. Symp. Lait, Vecteur de Développement, Dakar, Sénégal,
- Ciquel., (2002),** Table de composition des produits laitiers, Ed. Lavoisier/INRA , 2ème Ed.
- **Debry G., (2000),** Lait, nutrition, santé – Edition LAVOISIER., pp. 125 à 149
- Demmad, A., (2021),** Développement de la filière lait : Contraintes et perspectives ». EL MOUDJAHID, économie n°17293.

- **DEP, (2020)**. Statistiques du commerce extérieur de l'Algérie. Direction des études et de la prospective, Direction générale des douanes, ministère des Finances, 25 p.
- **Eck A., et Gillis J. C., (1997)**. Le Fromage. Paris : Technique et documentation Lavoisier, 3rd Ed
- **Ennis R., Klein D., Mulvihill A., (1998)**., The hydration behavior of rennet caseins in calcium chelating salt solution as determined using a rheological approach – Food hydrocolloids 12 451-457.
- **Favier J.C., Ireland J., Feinberg M., (2002)**., Répertoire général des aliments : produits laitiers, 2ème édition– Edition LAVOISIER,
- **J.O.R.A. (2007)**. Journal Officiel de la République Algérienne. N°35
- **Issolah R, (2008)** Les fourrages en Algérie : Situation et perspectives de développement et d'amélioration. Recherche Agronomiques 22: 34-47.
- **Glandorf K., (1984)**., Influence of process especially of UHT treatment on various phosphates in the production of process cheese, Dtsch.Molk. Ztg.,94, 1020, n° 4, pp. 195 à 197
- **Kwak H.S., Choi S.S., Ahn J., Lee S.W., (2002)**., Casein hydrolysates Fractions Act as Emulsifiers in Process Cheese - J of Food Science vol 67, n°2.
- **Kacimi El Hassani S., (2013)**., La dépendance alimentaire en Algérie : importation de lait en poudre versus production locale, quelle évolution ? Mediterranean Journal of Social Sciences Vol 4, N°11, 152-158. <http://www.mcser.org/journal/index.php/mjss>
- **Lazirdis and Rseneau., (1980)**., Effect of emulsifying salts and carrageenan on rheological properties of cheese like products prepared by direct acidification, J. Food Sci., 45, 595
- **Lambert-Faivre.Y. (1988)**. Droit des assurances, 6ème Edition, DALLOZ, Paris, 772p.
- **Lee B.O and ALAIS C. (1980)**., Etude Biochimique de la fonte des fromages – II Evolution des phosphates et des métaux. Le lait, 60, pp. 130-139.
- **Lee B.O, (1981)**., Etude biochimique de la fonte des fromages, Thèse de doctorat des sciences, université de Nancy.
- **Lee B.O Paquet D and Alais C., (1986)**., Biochemical study of cheese melting. IV effect of melting salt type and protein nature on the peptization. Use of a model system, Le Lait, 66, 257.
- **Luquet FM (1986)**., Laites et produits laitiers, Technique et documentation Lavoisier, Paris

- Madani T., Zalani K., Duteurtre G., Benyoucef M.T(2021).** Saisonnalité de la production laitière bovine et implications pour le renforcement de la collecte industrielle dans la wilaya de Skikda (Algérie).
- **Madelin V., Hébrard L., Scees B., (2007).** La flambée des prix des produits laitiers industriels se répercute tardivement sur le prix de lait de vache à la production. *Agreste*
- **Makhlouf M., Montaigne E. (2016).** L'impact de la nouvelle politique laitière sur la performance globale de la filière lait en Algérie. In: Coll. SFER Libéralisation des marchés laitiers, Clermont-Ferrand, France, 9-10 Juin, 14 p
- Mamine F., Fares M., Duteurtre G (2021),** Régulation du secteur laitier en Algérie entre sécurité alimentaire et développement d'une production locale., Review.
- Marchesseau and Cuq., (1995).** Water holding capacity and characterization of protein interactions in processed cheese. *J of Dairy Research*, 62 (3) 479-489.
- Marchesseau, Gastaldi, Lagaud and CUQ., (1997).**, Influence of pH on protein interactions and microstructure of process cheese. *J of Dairy Science*, 80 (8) 1483-1489,
- Mcsweeny, P.L.H., and Fox, P.F., (2004).** metabolism of residual lactose and of lactate and citrate, general aspect. In; Fox, P.F., McSweeney, P.L.H Cogan, T.M. and Guinee, T.P .*Cheese: Chemistry, physics and Microbiology*. Vol 1, 3ème édition pp 361-372. London, England
- **Meyer A., (1973).** Processed Cheese Manufacture, Food Trade Press Ltd., London, 201p.
- **Ministère de l'agriculture et du développement rural (MADR), (2007).** Statistiques agricoles, séries A et B. MADR (Ministère de l'Agriculture et du développement rural), Rapport sur la situation du secteur agricole. Alger.
- Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural (MADR), (2014)** Statistiques agricoles, séries A et B. 44p et Annexes
- Mocquot G., Ricordeau G., Auriol P., (1963).** Estimation du rendement en fromage Gruyère de Comte en fonction de la richesse du lait de chaudière. *Ann. Zootech.*, 12,53-66
- **Nakajima I., Tatsumi, K., Furuichi, E., (1972).**, Effect of melting salts on the texture of process cheese. I. Effect of condensed phosphate on the texture of process cheese, *Nippon Nogei Kagaku Kaishi*, 46,447.
- **NORME GÉNÉRALE POUR L'UTILISATION DE TERMES DE LAITERIE CXS 206-19991**
- **Oliveira R.B.A, Margalho L.P., Nascimento J.S., Costa L.E.O., Portela J.R., Cruz A.G., and Sant'Ana A.S. (2016).** Processed cheese contamination by spore-forming bacteria: a

review of sources, routes, fate during processing and control. Trends Food Sci Tech, 57, 11-19. Doi: 10.1016/J.Tifs.2016.09.008.

-**Pommert JF & al. (1988)** Observation and analysis of crystalline phases in processed cheese

Journal of Food science, Vol 53, n° 5, pp. 1367 à 1369-73-81.

-**Richonnet C. (2015)**., Caractéristiques nutritionnelles des fromages fondus. Cahiers de Nutrition et de diététique. CahNutrDiet.51(1) :48-56.

- **Ramet J.P. (1985)**. La fromagerie et les variétés de fromages du bassin méditerranéen. Etude FAO, Production et santé animales, no 48, 187 p.

- **Souki H., (2009)**., Les stratégies industrielles et la construction de la filière lait en Algérie : portée et limites.

-**Soukehal A, (2013)**. Communications sur la filière laitière. Colloque relatif à La sécurité alimentaire: quels programmes pour réduire la dépendance en céréales et lait ? Alger.

-**Sraïri M.T., Benyoucef M., T and Kraiem K, (2013)**. The dairy chains in North Africa (Algeria, Morocco and Tunisia): from self-sufficiency options to food dependency? Springer Plus, 2(1), 162.

-**Sutheerawattan and Bastian., (1998)**., Monitoring process cheese meltability using dynamic stress rheometry. J. of Texture Studies, 29 pp 169-183,

-**Tanaka., Goepfert J.M., Traisman E., Willis M. Hoffbeck., (1979)**., Challenge of pasteurized process cheese spread with Clostridium Botulinum Spores, J. Food. Prot., 42, 787,

-**Thomas MA., Newell G., Abad GA., Turner AD., (1980)**., Effect of emulsifying salts on objective and subjective properties of process cheese, J Food. Sci, 45, 458,

-**Washam C.J. (1985)**., Ascanning electron microscopy study of crystalline structures on commercial cheese – Developments in industrial microbiology, , n° 26, pp. 749 à 761

- **Walstra p., jenness r., (1984)**. Dairy Chemistry and Physics, Publication John Wiley & sons, New York, USA, 467p.

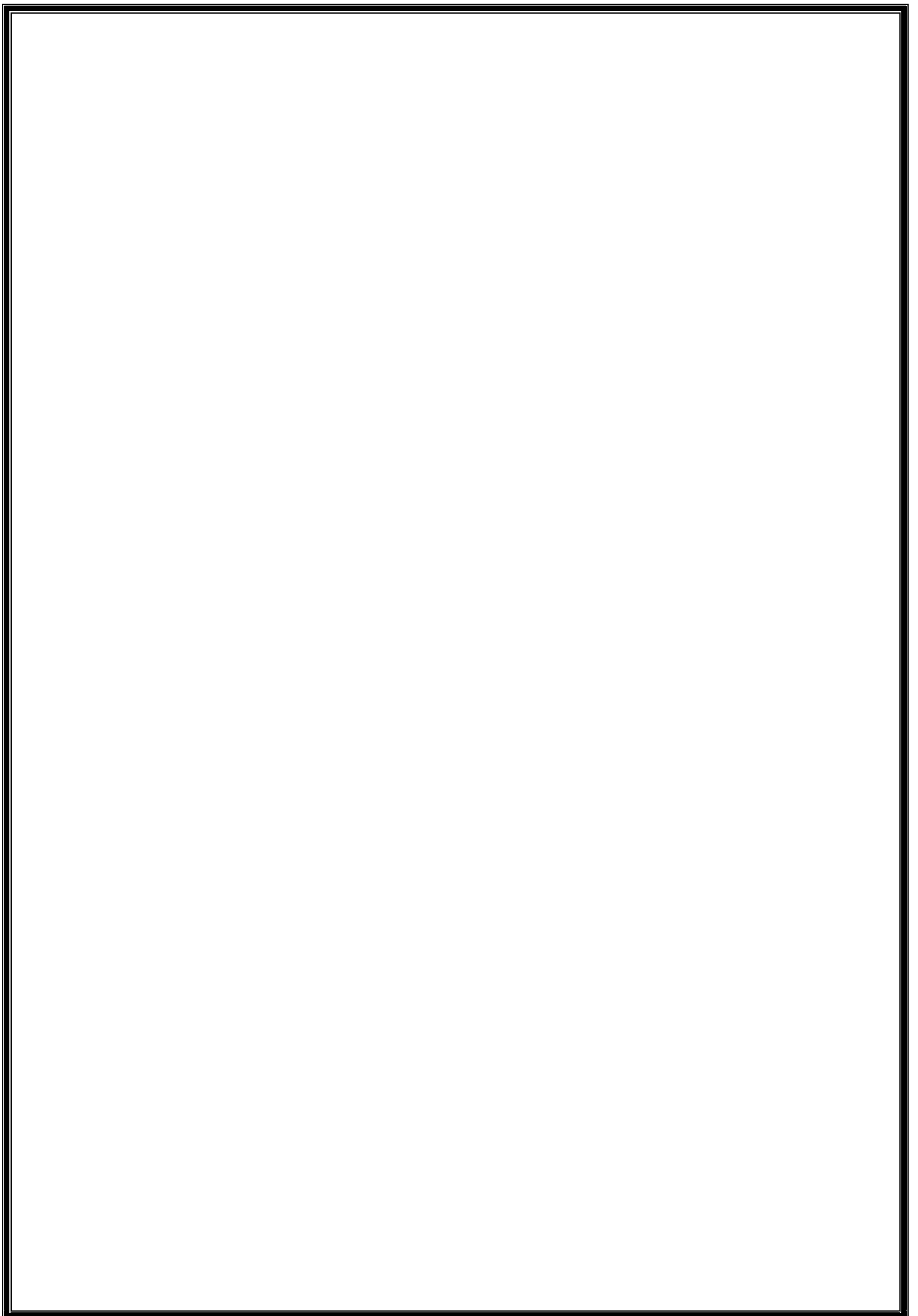
- **Webographie**

-<https://www.commerce.gov.dz/fr/reglementation/recueil/-27>

-<http://www.itelv.dz/2015/09/>

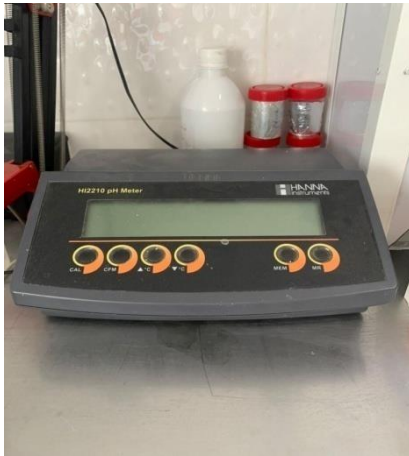
- <https://www.douane.gov.dz/>

-<https://www.legifrance.gov.fr/jorf/id/JORFTEXT000000644875>



# ***Annexes***

Annexe 01 : Appareillages et verreries



pH mètre



Dessiccateur infra rouge



Butyromètre (GERBER)



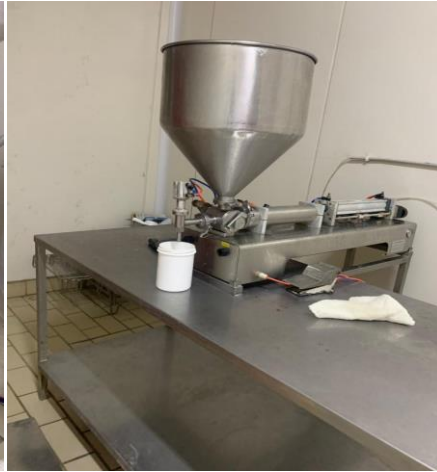
Bain marie



Centrifugeuse



Lactoscan



**Cuiseur**



**Produit fini**

## Annexe 2 : Analyse sensorielle

***Fiche de dégustation du fromage fondu***

Déguste chaque échantillon l'un après l'autre et indique tes résultats dans le tableau récapitulatif fourni en utilisant des chiffres de 0 jusqu'à 20

Tests	Sensation ressentis	Echantillon (1)	Echantillon (2)
Apparence	Couleur(décrivez ce que vous observez)		
Odorat	Plaisant		
	Déplaisant		
Saveur	Acide		
	Amère		
	Salé		
	Sucré		
Texture	Lisse		
	Granuleux		
	Moelleux		
	Ferme		
Description d'ensemble éventuelles	Tartinabilité		
	0 : je n'aime pas du tout car... 5 : je n'aime pas car.... 10 : pas d'impression particulière 15 : j'aime bien car.... 20 : j'aime beaucoup car....		

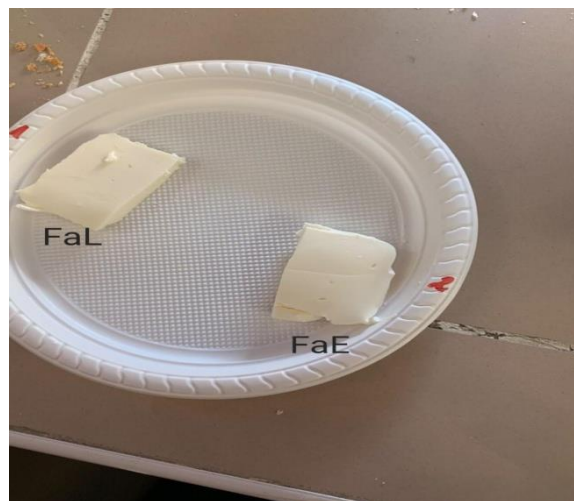
**Impression final :**

*Gout personnel :*            /20

La fiche de dégustation



**Présentation de l'ensemble des échantillons à déguster dans le laboratoire**



**FaL : fromage fondu à base de lait**

**FaE : fromage fondu à base d'eau**