

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



**Université des Frères Mentouri Constantine 1**  
**Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie**  
**Département de Biologie Appliquée**



## *Mémoire*

**Présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master Professionnalisant**  
***Filière : Sciences Biologiques.***  
***Spécialité : Bioindustrie, Analyse et Contrôle.***

## *Thème*

**Contrôle microbiologique du camembert produit par l'industrie  
laitière «Numidia».**

**Par: CHEKIRED Nour El Houda**  
**CHEKIRED Rania**

**Soutenu le 12/07/2021**

**Jury d'évaluation :**

**Présidente de jury :** M<sup>me</sup> BENCHIHEUB M. (Maître de conférences B – UFM Constantine 1).

**Encadrante :** M<sup>me</sup> HARZALLAH B. (Maître de conférences B – UFM Constantine 1).

**Examinatrice :** M<sup>me</sup> GHORRI S. (Maître de conférences B – UFM Constantine 1).

**Maître de stage :** M<sup>me</sup> CHAROUANA S. (Docteur vétérinaire).

**Année universitaire : 2020 - 2021**

## *Dédicace*

Je tiens à dédier ce travail à :

L'être le plus cher à mon cœur, à celle qui m'a guidée pour faire mon premier pas et qui m'a appris mon premier mot, à celle que j'aime ma mère, que son âme repose en paix.

A ma sœur et ma fidèle amie Rania.

A mon frère Seif.

A mon cher fiancé «Zaki», merci pour ta patience et ton soutien indéfectible.

A toute ma famille et mes amies proches, qui m'ont soutenu tout au long de la réalisation de ce mémoire.

Ma gratitude restera sans limites.

*Nour*

## *Dédicace*

Avec l'aide de dieu le tout puissant, je dédie ce travail à :

L'être le plus cher à mon cœur ma mère, que son âme repose en paix.

Ma sœur et ma compagne dans mes études Nour.

A ma famille et mes amis, qui m'ont encouragé et soutenu tout au long de mes études.

A toute personne que je n'ai pas citée, et qui m'a aidée de près ou de loin, je vous remercie.

*Rania*

## *Remerciements*

Nous tenons à remercier Allah, le tout puissant et le miséricordieux, de nous avoir donné la santé, la volonté et la patience pour terminer notre formation de Master.

Merci à madame HARZALLAH, nous sommes vraiment chanceux de vous avoir comme encadrante, nous avons connu avec vous le vrai sens de l'encadrement, merci pour votre patience et le temps que vous nous avez accordé en corrigeant ce manuscrit.

Nous tenons à remercier profondément les membres du jury :

Madame BENCHIHEUB d'avoir bien voulu présider ce jury et Madame GHORRI qui a accepté de juger ce travail.

Nous tenons à remercier le personnel du service de la production et du laboratoire de microbiologie de la laiterie « Numidia » pour leur aide durant la période de stage.

Nous remercions également toute l'équipe pédagogique du département de la Biologie Appliquée (SNV - UFMC1), ainsi que nos enseignants qui nous ont accompagné pendant tout notre cursus universitaire.

Merci à toute la promotion Master BAC (2020 – 2021).

**Liste des abréviations**

**Liste des figures**

**Liste des tableaux**

**Introduction**.....1

**Partie bibliographique**

1. Le lait cru.....3  
     1.1. Définition du lait.....3  
     1.2. Caractéristiques générales du lait.....3  
         1.2.1. Caractéristiques physico-chimiques.....3  
         1.2.2. Caractéristiques microbiologiques.....3  
     1.3. Composition du lait.....4  
         1.3.1. Facteurs intrinsèques.....5  
         1.3.2. Facteurs extrinsèques.....6  
     1.4. La microflore du lait.....7  
         1.4.1. La flore originale.....8  
         1.4.2. La flore pathogène.....8  
         1.4.3. La flore de contamination.....8  
     1.5. Le lait de vache (la matière première de fabrication du camembert).....8  
         1.5.1. Définition.....8  
         1.5.2. Composition du lait de vache.....9  
 2. Les dérivées du lait (les fromages).....10  
     2.1. Définition.....10  
     2.2. Composition nutritionnelle des fromages.....10  
     2.3. Les grandes familles du fromage.....12  
         2.3.1. Les fromages à pâte fraîche.....12  
         2.3.2. Les fromage à pâte pressée.....13  
         2.3.3. Les fromage à pâte molle.....13  
     2.4. Les flores microbiennes du lait cru au fromage.....14  
         2.4.1. Les bactéries lactiques.....14  
         2.4.2. Les microflores de surface.....16  
 3. Le camembert.....17  
     3.1. Définition et caractères principales.....17  
     3.2. Origine et extension.....17  
     3.3. Composition et valeur nutritionnelle.....17  
     3.4. Les étapes de fabrication du camembert.....18  
         3.4.1. Préparation du lait (matière première de fabrication du camembert).....19  
         3.4.2. Coagulation.....19  
         3.4.3. Égouttage.....20  
         3.4.4. Salage.....21  
         3.4.5. L’affinage.....21

**Partie expérimentale**

1. Présentation de la laiterie Numidia (ex l’onalait).....25  
     1.1. Situation géographique.....25  
     1.2. Historique.....25  
     1.3. Les produits de la laiterie.....26  
 2. Méthodes.....26

2.1. Le lait collecté.....	26
2.2. Processus de fabrication du camembert au niveau de la laiterie Numidia.....	26
2.2.1. Traitement de la matière première.....	26
2.2.2. La coagulation (emprésurage).....	26
2.2.3. Le brassage.....	27
2.2.4. Le moulage et l'égouttage.....	27
2.2.5. Le retournement.....	28
2.2.6. Le démoulage.....	28
2.2.7. Le salage.....	28
2.2.8. Le ressuyage.....	29
2.2.9. L'affinage.....	29
2.2.10. L'emballage et le conditionnement.....	30
2.3. Les analyses microbiologiques.....	30
2.3.1. Prélèvement et échantillonnage.....	30
2.3.2. Dénombrement et recherche des germes de contamination.....	31

## **Résultats et discussion**

1. Interprétation des résultats du contrôle microbiologique du camembert.....	35
1.1. Résultats des analyses microbiologiques de la matière première avant pasteurisation.....	35
1.1.1. Dénombrement de la flore totale aérobie mésophile.....	35
1.1.2. Dénombrement des coliformes thermotolérants.....	36
1.1.3. Recherche des <i>salmonelles</i> .....	36
1.1.4. Recherche des <i>Staphylococcus aureus</i> .....	36
1.2. Résultats des analyses microbiologiques de la matière première après pasteurisation.....	37
1.2.1. Dénombrement de la flore totale aérobie mésophile.....	37
1.2.2. Dénombrement des entérobactéries.....	38
1.2.3. Recherche des <i>salmonelles</i> .....	38
1.3. Résultats des analyses microbiologiques du produit semi-fini.....	38
1.3.1. Dénombrement de la flore totale aérobie mésophile.....	39
1.3.2. Dénombrement des entérobactéries.....	39
1.3.3. Recherche des <i>salmonelles</i> .....	39
1.4. Résultats des analyses microbiologiques du produit fini «le camembert».....	39
1.4.1. Recherche d' <i>E. coli</i> .....	40
1.4.2. Recherche des <i>Staphylococcus aureus</i> .....	41

<b>Conclusion.....</b>	<b>42</b>
------------------------	-----------

<b>Références bibliographiques.....</b>	<b>43</b>
---	-----------

## **Annexes**

### **Résumé**

### **Abstract**

### **ملخص**

**°C** : degré Celsius.

**°D** : degré Dornic.

**AGS** : acide gras saturé.

**AW** : activité de l'eau.

**CF** : coliformes fécaux.

**CT** : coliformes thermo-tolérants.

**D** : dose.

**DCLA** : désoxycholate-citrate-lactose.

**EPT** : eau peptonée tamponnée.

**ES** : extrait sec.

**FD** : *Flora danica*.

**GDL** : glucono-delta-lactone (agent acidogène de maturation du lait).

**GEO** : *Geotrichum candidum*.

**HR** : humidité relative.

**Kcal** : kilocalorie.

**MAX** : maximum.

**MG** : matière grasse.

**PCA** : plate count agar.

**SFB** : bouillon au sélénite-cystine de fer.

**SM** : solution mère.

**SS** : *Salmonella-Shigella*.

**TB** : taux butyreux.

**UFC** : unité formant colonie.

**UHT** : ultra haute température.

**UI** : unité internationale.

**VRBG** : gélose glucosée biliée au cristal violet et au rouge neutre.

<b>Figure 1</b> : fromage frais.....	12
<b>Figure 2</b> : fromage à pâte pressée cuite.....	13
<b>Figure 3</b> : fromage à pâte molle type camembert.....	17
<b>Figure 4</b> : schéma représentatif de la coagulation du lait.....	19
<b>Figure 5</b> : la laiterie Numidia.....	25
<b>Figure 6</b> : coagulation du lait dans les tanks.....	27
<b>Figure 7</b> : brassage du caillé de camembert.....	27
<b>Figure 8</b> : moulage et égouttage des caillés du camembert.....	28
<b>Figure 9</b> : ressuyage du camembert.....	29
<b>Figure 10</b> : l'affinage du camembert.....	29
<b>Figure 11</b> : emballage et conditionnement du camembert.....	30
<b>Figure 12</b> : échantillon de camembert découpé en 4 secteurs.....	31
<b>Figure 13</b> : résultat négatif d' <i>E. coli</i> .....	40

<b>Tableau 1</b> : composition moyenne du lait entier.....	5
<b>Tableau 2</b> : composition du lait de différentes espèces.....	7
<b>Tableau 3</b> : composition du lait de vache.....	9
<b>Tableau 4</b> : composition moyenne de fromage à pâte molle et à croûte fleurie de type camembert.....	18
<b>Tableau 5</b> : les grandes transformations biochimiques au cours de l'affinage.....	22
<b>Tableau 6</b> : les principaux groupes microbiens intervenant au cours de l'affinage du camembert.....	24
<b>Tableau 7</b> : résultats des analyses microbiologiques du lait avant pasteurisation.....	35
<b>Tableau 8</b> : résultats des analyses microbiologiques du lait après pasteurisation.....	37
<b>Tableau 9</b> : résultats des analyses microbiologiques du produit semi-fini.....	38
<b>Tableau 10</b> : résultats des analyses microbiologiques du produit fini.....	40

# ***Introduction***

Le lait et ses dérivés font partie des aliments qui occupent une grande place sur la table des algériens. En effet, l'Algérie est le premier consommateur du lait au Maghreb et cela à un taux estimé d'environ 5,5 milliards de litres par an (**Srair *et al.*, 2005**).

Les fromages sont des formes de conservation et de stockage ancestrales de la matière utile du lait dont les qualités nutritionnelles et organoleptiques sont très appréciées. Ils apportent la plus grande part de protéines d'origine animale. En Algérie, la production locale est essentiellement spécialisée en fromage fondu (80-90 000 t/an), en fromage à pâte molle de type camembert-brie (7-8 000 t/an) et en fromages de type petits suisses naturels ou aromatisés (6-7 000 t/an) (**Meftah *et al.*, 2016**).

Malgré les bienfaits des fromages, la fabrication de ce type d'aliment présente de nombreux risques sanitaires en raison de la matière première consommée. Pris en considération, le lait est une matière périssable qui nécessite un environnement adapté. Il est facilement attaqué par les microorganismes nuisibles, qui sont le principal facteur des intoxications alimentaires. Ces organismes n'existent pas naturellement dans le lait mais peuvent l'atteindre en raison du manque de propreté et du non-respect des conditions hygiéniques au niveau des fermes, mais aussi tout le long du circuit jusqu'à son arrivée à la laiterie.

Afin de mettre à la disposition du consommateur un produit de bonne qualité nutritionnelle et hygiénique, les unités de production sont dans l'obligation de suivre les normes préétablies par le ministère du commerce, et de respecter le mode opératoire des analyses effectuées qui assure une mise en marché sans risque.

C'est dans ce contexte que s'inscrit notre travail, il consiste à évaluer le degré de contamination microbiologique du fromage type camembert fabriqué par la laiterie «Numidia», la grande unité de l'Est de l'Algérie (avec une production journalière de plus de 4000 litres de lait). Cette recherche concerne les germes d'altération qui gâchent le produit et le rendent inutilisable, de la matière première (le lait de vache) jusqu'au conditionnement.

Ce manuscrit est scindé en trois parties :

La première partie est consacrée à une revue bibliographique, regroupant des généralités sur le lait et les fromages (en particulier, le camembert).

La deuxième partie est dédiée à la partie expérimentale, décrivant d'une part le procédé de fabrication du fromage à pâte molle (le camembert) au niveau de la laiterie «Numidia», et d'autre part, toutes les analyses microbiologiques effectuées sur le produit.

La troisième partie est consacrée à une synthèse des principaux résultats obtenus, qui sont discutés et suivis par une conclusion et des perspectives.

*Partie*  
*bibliographique*

## **1. Le lait cru**

### **1.1. Définition du lait**

Le lait est un liquide blanc, opaque, de saveur légèrement sucrée, constituant un aliment complet et équilibré, sécrété par les glandes mammaires de la femme et par celles des mammifères femelles pour la nutrition de leurs petits (**Larousse, 2017**).

Le congrès international de la répression des fraudes tenu à Genève en 1908. avait défini le lait comme étant le produit intégral de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée. Il doit être recueilli proprement et ne pas contenir de colostrum (**Pougheon et Goursaud, 2001**).

Le lait cru est un lait non chauffé au-delà de 40°C, ni soumis à un traitement non thermique d'effet équivalent notamment du point de vue de la réduction de la concentration en microorganismes (**Deforges et al., 1999**).

### **1.2. Caractéristiques générales du lait**

#### **1.2.1. Caractéristiques physico-chimiques**

Le lait est une émulsion de matières grasses (globules gras) dans une phase aqueuse contenant des éléments solubles (lactose, protéines du lactosérum, vitamines hydrosolubles et sels minéraux) et d'autres sous forme colloïdale (micelles de caséine). Il est de couleur blanchâtre avec une odeur très faible et un goût sucré peu prononcé. Le *pH* du lait de vache à 25°C est compris entre 6,5 et 6,7 ; 6,6 étant la valeur la plus fréquemment rencontrée (**Mccarthy et Singh, 2009**).

#### **1.2.2. Caractéristiques microbiologiques**

Le lait fait partie des denrées alimentaires ciblées par les microorganismes. En raison de son acidité et de sa composition chimique, il est considéré comme étant un environnement propice à la propagation microbienne. La flore microbienne autochtone du lait joue un rôle majeur dans sa forme technologique et celle de ses dérivés, c'est la raison de la diversité des goûts, textures et odeurs.

Les microorganismes entrant dans la composition des laits crus sont principalement les bactéries et les champignons. Les bactéries prédominent et appartiennent majoritairement à la famille des *Streptococcaceae* et des *Enterobacteriaceae*. Parmi les levures et les moisissures, on retrouve les espèces : *Debaryomyces hansenii*, *Geotrichum candidum* et *Aspergillus flavus* (Gécile callon *et al.*, 2011).

Les laits crus peuvent renfermer divers virus (les entérovirus) ou protozoaires (*Toxoplasma gondii*, agent de la toxoplasmose). Par conséquent, les industries laitières sont dans l'obligation de suivre les normes sanitaires et d'appliquer des protocoles stricts pour se débarrasser de toute infection microbienne susceptible de compromettre le produit (Gécile callon *et al.*, 2011).

### **1.3. Composition du lait**

Le lait contient plus de 100 composants différents dont certains en quantités infimes. Ces principaux constituants sont : l'eau, les glucides représentés principalement par le lactose, les lipides essentiellement des triglycérides rassemblés en globules gras, les protéines dont les caséines rassemblées en micelles, albumines et globulines solubles, les sels minéraux à l'état ionique et moléculaire et les éléments à l'état de trace mais au rôle biologique important, enzymes, vitamines et oligoéléments (Wattiaux, 1997). La composition moyenne du lait entier est représentée dans le tableau 1, ci-dessous.

**Tableau 1** : composition moyenne du lait entier (Fredot, 2005).

Eau	89,5 g
Dérivées azotés	3,44 g
Protéines	3,27 g
Matières grasses	3,5 g
Glucide	4,8 g
Gaz dissous	5% du volume du lait
Extrait sec total	12,8 g

La composition du lait varie selon les espèces animales mais aussi selon différents facteurs tels que la race, les stade et nombre de lactation, l'alimentation de l'animal et les facteurs environnementaux tels que le climat et les régions (Walstra et Jeannes, 1984 ; McSweeney, 1998 ; Yang *et al.*, 2013).

Ces principaux facteurs de variation sont bien connus. Ils sont soit intrinsèques liés à l'animal (facteurs génétiques, stade de lactation, état sanitaire, etc.), soit extrinsèques liés au milieu et à la conduite d'élevage (saison, climat, alimentation, etc.). Cependant, si les effets propres de ces facteurs ont été largement étudiés, leurs répercussions pratiques sont parfois plus difficiles à interpréter compte tenu de leurs interrelations (Wolter, 1988).

### 1.3.1. Facteurs intrinsèques

- **Facteurs génétiques**

Il existe indéniablement des variabilités de composition entre les espèces, les races et les intra-races mais les études de composition ne sont pas faciles à mener, car les écarts obtenus selon des contrôles laitiers sont la combinaison des différences génétiques et des conditions d'élevage. Généralement les races les plus laitières présentent un plus faible taux de matières grasses et protéiques or le choix d'une race repose sur un bilan économique global. C'est pourquoi un éleveur a tendance à privilégier les races qui produisent un lait de composition élevée (Srairi *et al.*, 2005).

D'autres études révèlent l'existence de variants génétiques A et B issus des mutations ponctuelles. Ces derniers donnent des protéines différentes qui ne se distinguent que par l'échange d'un ou deux acides aminés. Les variants génétiques des protéines du lait, notamment ceux de la caséine  $\kappa$  ( $\kappa$ Cn) et de la  $\beta$ -lactoglobuline ( $\beta$ -Lg), influencent la composition du lait et certains critères de productivité des vaches (**Gakob et Hänni, 2004**).

- **Stade de lactation**

Au cours de la lactation, les quantités de matières grasses, de matières azotées et de caséines évoluent de façon inversement proportionnelle à la quantité de lait produite. Les taux de matières grasses et de matières azotées, élevés au vêlage, diminuent au cours du premier mois et se maintiennent à un niveau minimal pendant le deuxième mois. Ils amorcent ensuite une remontée jusqu'au tarissement. L'amplitude de variation est généralement plus importante pour le taux butyreux que pour le taux protéique. Les laits de fin de lactation présentent les mêmes caractéristiques des laits sécrétés par les animaux âgés. En outre, les deux taux, protéique et butyreux, ont tendance à diminuer au cours des lactations successives (**Meyer et Denis, 1999**).

- **Etat sanitaire**

Lors d'infection, il y a un appel leucocytaire important qui se caractérise par une augmentation de comptage cellulaire induisant des modifications considérables dans la composition du lait (**Badinand, 1994**).

Les mammites sont les infections les plus fréquentes dans les élevages laitiers. Elles sont à l'origine d'une modification des composants du lait avec pour conséquence, une altération de l'aptitude à la coagulation des laits et du rendement fromager (**Toureau et al., 2004**).

### **1.3.2. Facteurs extrinsèques**

- **Alimentation**

L'alimentation joue un rôle important ; elle permet d'agir à court terme et de manière différente sur les taux de matières grasses et de protéines. En effet, le taux protéique varie dans le même sens que les apports énergétiques, il peut aussi être amélioré par des apports spécifiques en acides aminés 10 (lysine et méthionine) (**Coulon et Hoden, 1991**).

Quant au taux butyreux, il dépend à la fois de la part d'aliment concentré dans la ration, de son mode de présentation et de distribution (finesse de hachage, nombre de repas, mélange des aliments, etc.) (Coulon et Hoden, 1991).

- **Facteurs climatiques et saisonniers**

La saison a une influence importante qui se rajoute à d'autres facteurs (alimentation, stade de lactation, âge, etc.) de façon immuable, le taux butyreux (TB) passe par un minimum en juin - juillet et par un maximum à la fin de l'automne. La teneur en protéines passe par deux minimums un à l'herbe et l'autre à la fin de la période du pâturage (D'hour et Coulon, 1994). La composition de lait de différentes espèces est présentée dans le tableau 2, ci-dessous.

**Tableau 2 :** composition du lait de différentes espèces (Miller et Coll, 2009).

Nutriment	Vache	Humain	Chèvre	Brebis
Protéines (g/100 g)	3,3	1,0	3,6	06
Caséines	2,7	0,6	/	/
Lactosérum	0,6	0,4	/	/
Matières grasses	3,3	4,4	4,1	7,0
Lactose	4,7	6,9	4,4	7,0
Minéraux	0,7	0,2	0,8	1,0
Calcium (mg/100 g)	119	32	134	193
Phosphore	93	14	111	158
Magnésium	13	03	14	18
Potassium	152	51	204	136
Riboflavine	0,16	0,04	0,14	0,35
Vitamine B <sub>1</sub> , (mg/100 g)	0,36	0,04	0,06	0,71

#### **1.4. La microflore du lait**

Le lait contient peu de microorganismes lorsqu'il est prélevé dans des bonnes conditions, à partir d'un animal sain (moins de 5000 germes/ml) (Larpen, 1997). Le lait dans les cellules du pis est stérile mais la glande mammaire, la peau du pis, le matériel de traite, la litière, la qualité de l'air et les pratiques des éleveurs sont des sources de contamination. Le lait cru peut être contaminé par différents microorganismes avant, pendant et après la traite (Tolle, 1980 ; Ménard *et al.*, 2004).

#### **1.4.1. La flore originale**

Lorsqu'il est prélevé dans de bonnes conditions, le lait contient essentiellement des germes saprophytes du pis et des canaux galactophores : les microcoques, les streptocoques lactiques et les lactobacilles (**Guiraud, 1998**).

#### **1.4.2. La flore pathogène**

Elle présente un danger pour le consommateur c'est le cas des espèces : *Bacillus cereus*, *Mycobacterium bovis*, *Mycobacterium tuberculosis* et des représentants des genres *Brucella* et *Salmonella* (**Fukushima et al., 1984**).

#### **1.4.3. La flore de contamination**

Elle est composée d'une flore d'altération, qui causera des défauts sensoriels du goût, d'arômes, d'apparence ou de texture et réduira la durée de conservation des produits, et d'une flore pathogène dangereuse du point de vue sanitaire (**Vignola, 2002**).

Ces contaminations par divers microorganismes peuvent provenir de l'environnement : *Bacillus*, *Flavobacterium*, *Pseudomonas*, corynébactéries, entérobactéries, microcoques, etc., par l'intermédiaire du matériel de traite et de stockage du lait, par le sol, l'herbe ou la litière. Des contaminations d'origine fécale peuvent entraîner la présence de *Clostridium*, d'entérobactéries coliformes et, éventuellement, d'entérobactéries pathogènes : *Salmonella*, *Yersinia*, etc. Ceci explique l'importance d'un contrôle microbiologique rigoureux du lait (**Leyral et Vierling, 2007**).

### **1.5. Le lait de vache (la matière première de fabrication du camembert)**

#### **1.5.1. Définition**

Le lait de vache est blanc, mat ou opalescent, le lait à une odeur très faible, une saveur douceâtre faiblement sucré. C'est le lait qui a été le plus étudié et qui sert de référence. Les données sont des approximations quantitatives, qui varient en fonction d'une multiplicité de facteurs : race animale, alimentation et état de santé de l'animal, période de lactation, ainsi que la traite. Il reste que la composition exacte d'un échantillon de lait ne peut s'obtenir que par analyse (**Roudaut et Lefrancq, 2005**).

### **1.5.2. Composition du lait de vache**

Le lait de vache est un aliment complet car il contient des graisses et un pourcentage important de protéines (selon la nature du repas de l'animal et son état sanitaire) qui sont nécessaires à un jeune animal pour développer ses muscles pendant l'allaitement et c'est aussi porche de ce dont une personne a besoin. La composition du lait de vache est présentée dans le tableau 3, ci-dessous.

**Tableau 3** : composition du lait de vache (Cayotel et Lorient, 1998).

Constituants	Concentration (g/L)
Eau	870
Glucides	46
Matières grasses	33/47
Protéines	32/35
Caséines	26/28
Protéines solubles	6
Matière saline	7

## **2. Les dérivées du lait (les fromages)**

### **2.1. Définition**

Le fromage est l'un des plus anciens moyens de conserver le lait et des preuves de l'existence de sa fabrication ont été attestées depuis le sixième millénaire avant notre ère (**Salque et al., 2012**).

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, matières grasses et babeurre (**Eck et al., 2006**). Ils sont issus du lait de vache, chèvre ou brebis. Leurs qualités nutritionnelles et organoleptiques sont appréciées par l'homme dans tout le globe (**Belbeldi, 2013**).

Les principes de base de la fabrication des fromages sont les mêmes pour presque toutes les catégories de fromages. Sa fabrication se fait selon les étapes suivantes :

- préparation du lait (pasteurisation) ;
- coagulation ;
- égouttage ;
- salage ;
- affinage.

### **2.2. Composition nutritionnelle des fromages**

Les fromages sont des aliments de bonne qualité nutritionnelle du fait de leur richesse en nutriments et micronutriments : protéines aux acides aminés indispensables, vitamines A et B, calcium et minéraux (**site 1**).

**- Les protéines**

7 à 30 g/100 g, sous forme de caséines. Les protéines solubles du lait sont éliminées lors de l'égouttage (**site 1**).

**- Les lipides**

Depuis le 01/06/2007, la teneur en lipides des fromages est indiquée en fonction du poids total du produit fini ; plus le produit est riche en eau, plus il est pauvre en matières grasses. Les fromages sont riches en AGS d'origine animale dont les apports doivent être contrôlés en raison de leur impact sur les maladies cardio-vasculaires. La teneur en MG est variable suivant le taux de MG du lait utilisé ou de l'enrichissement en crème : elle varie de 0 à 30 g/100 g (**site 1**).

**- Les glucides**

Les fromages affinés ont une teneur nulle en glucides car ils sont utilisés par les bactéries lors de l'affinage. Les fromages frais et fondus ont teneur faible en lactose : 4 g max/100 g (**site 1**).

**- La valeur énergétique de fromage**

50 à 400 Kcal/100 g en fonction de la teneur en matières grasses et/ou en sucre (**site 1**).

**- Le calcium**

100 à 1200 mg/100 g, en moyenne 600 mg/100 g. La teneur en calcium est liée aux conditions d'égouttage : les fromages les plus riches en calcium sont ceux à pâtes pressées cuites : (parmesan : 1200 mg/100 g, emmental : 971 mg/100 g, beaufort : 745 mg/100 g) (**site 1**).

**- Le sodium**

30 mg/100 g pour les fromages frais (si naturels) et 200 à 1600 mg/100 g pour les fromages fermentés. Le sodium est un nutriment à contrôler, notamment pour le jeune enfant, car il a besoin de 4 fois moins de sel que l'adulte. Mais il reste un élément indispensable au fromage car il contribue à son goût, sa texture, sa fabrication en favorisant la croissance d'une bonne flore microbienne, et reste nécessaire pour la conservation des fromages (**site 1**).

## **- Les vitamines**

Les fromages affinés sont riches en vitamines du groupe B (B<sub>2</sub> et B<sub>9</sub>) et les fromages plus gras ont une bonne teneur en vitamine A (**site 1**).

### **2.3. Les grandes familles du fromage**

Il existe une multitude de variétés de fromages qui diffèrent par leur goût, leur odeur, leur texture et leur forme. La diversité des fromages dépend de l'origine du lait (y compris le régime alimentaire de l'animale), de la manière dont le lait est transformé, de son traitement thermique (lait pasteurisé), Il existe une très grande variété de fromages qui peuvent être classés en trois grandes familles (**Eck, 1984 ; Mahaut *et al.*, 2000**).

#### **2.3.1. Les fromages à pâte fraîche**

Les « fromages blancs frais » ou « fromages frais » sont des fromages blancs fermentés qui répondent à un critère supplémentaire : ils doivent renfermer une flore vivante au moment de la vente au consommateur (**Martinez, 2009**). Ce sont des fromages qui n'ont pas été affinés (brousse de Provence, creuset d'Anjou, la faisselle, etc.) (figure 1, ci-dessous). Le lait sous l'action de la présure et des ferments lactiques se transforme pour devenir du caillé. Celui-ci est ensuite égoutté pour extraire le lactosérum (petit-lait). Certaines variétés de fromages frais sont ensuite moulées. Leur taux d'humidité est supérieur à 60%. Ce sont des fromages à la texture onctueuse et fondante, qui se consomment rapidement après leur fabrication (**site 2**).



**Figure 1 : fromage frais (site 3).**

### **2.3.2. Les fromage à pâte pressée**

Il s'agit des fromages dont le caillé est pressé après soutirage, puis mis à l'affinage (**Martinez, 2009**). Donc, le caillage et l'égouttage sont un peu différents. En effet, le caillé est pressé au moment du moulage afin d'éliminer tout le lactosérum ou petit lait, avant de passer à l'affinage (**site 4**). Ils contiennent moins d'eau que les fromages frais, mais contenant plus de sels minéraux dont les sels de calcium (**Parente et Cogan, 2004 ; Yildiz, 2010**). Les pâtes pressées se divisent en deux familles : fromage à pâte pressée cuite (figure 2, ci-dessous) et fromage à pâte pressée non cuite (**Mahaut et al., 2000**).



**Figure 2** : fromage à pâte pressée cuite (**site 5**).

### **2.3.3. Les fromage à pâte molle**

Les fromages à pâte molle sont définis dans la norme internationale Codex Alimentaires (**CODEX STAN A-6-1973. Adopté en 1973. Révision 1999. Amendé en 2006, 2008, 2013**) comme étant tous les fromages dont l'extrait sec dépasse 67% durant la période de saumurage. Ces fromages de type munster ou pont-l'évêque se caractérisent par une flore bactérienne de surface formée en grande partie par les bactéries corynéformes et les *Micrococcaceae* (**Mahaut et al., 2000**).

Selon la conduite de l'affinage, deux types de croûte peuvent se développer sur les fromages à pâte molle permettant de diviser cette famille en deux sous-familles : les pâtes molles à croûte fleurie (brie, camembert, coulommiers, etc.) et les pâtes molles à croûte lavée ou croûte margée (époisses, livarot, maroilles, munster, etc.) (Nadège, 2015).

#### **2.4. Les flores microbiennes du lait cru au fromage**

Les flores microbiennes présentes dans le lait et les produits laitiers sont très complexes. Ces microflore créent entre elles des phénomènes d'antagonisme. Les microorganismes occupent une place essentielle dans le domaine des produits laitiers et leur importance se situe à trois niveaux : l'élaboration, l'altération et l'hygiène des produits (Hassan *et al.*, 2001).

##### **2.4.1. Les bactéries lactiques**

Ce sont des bactéries à Gram positif, immobiles, ne formant pas de spores, ne produisant pas de catalase et ne réduisant pas les nitrates. Elles sont anaérobies facultatives ou micro-aérophiles et, de ce fait, elles ne tolèrent que de très faibles concentrations d'oxygène (Canteri, 1997). Elles jouent un rôle majeur dans l'acidification du lait et du caillé. Ce sont également des agents de l'affinage des fromages, par leurs aptitudes protéolytiques et lipolytiques (développement du goût, des arômes et de la texture) (Singleton, 2002). Ces bactéries lactiques sont principalement constituées d'entérocoques, lactobacilles mésophiles, lactocoques, *Leuconostoc*, pédiocoques et streptocoques thermophiles.

Les bactéries lactiques sont des microorganismes utiles à l'homme lui permettant de fabriquer et de conserver un nombre important de ses aliments. Elles sont surtout connues pour le rôle qu'elles jouent dans la préparation des laitages fermentés (Tamime, 2002). Elles sont les premières espèces microbiennes à se développer dans le lait et le caillé et en modifiant les caractéristiques du milieu elles préparent les conditions de développement des autres espèces responsables de l'affinage (essentiellement levures et moisissures) (Larbent, 1987).

Les bactéries lactiques regroupent un ensemble d'espèces hétérogènes (**Labioui et al., 2005**). Ce sont des cellules vivantes, autonomes et procaryotes, capable de fermenter les glucides et produire l'acide lactique (**Bergey's Manuel, 1986-1989**). Ces bactéries lactiques jouent un rôle majeur dans la production d'arômes, de bactériocines et de l'acide lactique.

#### **- Production d'arômes**

Concernant les bactéries lactiques, il apparaît clairement qu'elle joue, par leurs propriétés acidifiantes et protéolytiques, un rôle fondamental dans les processus de transformation du lait en caillé et du caillé en fromage affiné. La dégradation des protéines constitue le phénomène majeur de l'affinage puisqu'elle améliore la texture et la digestibilité du caillé (**Urbach, 1995 ; Widyastuti et al., 2014**). Elles sont capables de produire des composés d'arômes qui participent aux qualités organoleptiques des fromages. La plupart des composés d'arôme sont issus du métabolisme du citrate : l'acétoïne et le diacétyle sont les plus importants (**Desmazeaud et al., 1992**).

#### **- Activité bactériostatique (production de bactériocines)**

Les bactéries lactiques produisent des substances antimicrobiennes de nature protéique appelées bactériocines. Cette caractéristique est utilisée industriellement pour la destruction des bactéries indésirables et pathogènes dans la fabrication d'aliment comme la nisine produite par les lactocoques dirigée contre *Bacillus* et *Clostridium*, la plantaricine et la sakacine produites toutes les deux par les lactobacilles actives sur *E. coli*, *Listeria* et certaines levures (**Ogunbanwo et al., 2003**).

#### **- Activité acidifiante (production d'acide lactique) et activité protéolytique**

Le lactose est métabolisé, très tôt lors des fabrications fromagères, en D- et L-lactate principalement par les bactéries lactiques (**Mc Sweeney, 2004**).

La protéolyse apparaît comme l'un des phénomènes majeurs pendant l'affinage des fromages et c'est le plus complexe (**Mc Sweeny, 2004**). Cette activité protéolytique intervient de ce fait sur la texture et la saveur typique du fromage et par conséquent sur les caractéristiques du produit final (**Buist et al., 1998**).

Au cours de l'affinage, la protéolyse est due à trois catégories d'enzymes : les protéases coagulantes, la plasmine, les protéases et les peptidases microbiennes. Elle diffère en intensité et qualité selon les variétés de fromage (**Choisy, 2006**).

#### **2.4.2. Les microflores de surface**

Les bactéries dominantes à la surface des fromages sont à Gram positif et appartiennent, en grande partie, aux groupes des staphylocoques et des bactéries corynéformes. elles fermentent les lactates pour donner de l'acide acétique et propionique, ainsi que du CO<sub>2</sub> (fermentation propionique) (**Jany et al., 2008**). Elles participent à la formation du goût et de l'ouverture des fromages à pâte pressée cuite (**Montel et al., 2012**).

Elles produisent des enzymes : les lipases et les protéinases qui hydrolysent les matières grasses et les protéines. Les peptidases hydrolysent les petits peptides et les acides aminés, elles désacidifient la surface des fromages. Ce sont principalement les levures et les moisissures qui ont cette fonction. Par exemple la levure *Geotrichum candidum* est utilisée comme ferment d'affinage pour les fromages à pâte molle et à croûte fleurie, comme le camembert et contribue à ses saveurs typiques par la production d'alcools secondaires, de méthylcétones et de composés soufrés (**Boutrou et Gueguen, 2005**). Et la moisissure *Penicillium camemberti* participe activement, par la dégradation d'acides aminés et d'acides gras libres, à la protéolyse et à la lipolyse dans les fromages. Ces activités permettent la production de composés aromatiques comme de l'ammoniac, des métylcétones, des alcools, des esters, des aldéhydes, des lactones et composés soufrés (**Jollivet et al., 1993**).

### 3. Le camembert

#### 3.1. Définition et caractères principales

Le camembert est un fromage à pâte molle, affiné en surface, principalement par des moisissures, conformément à la **norme générale pour le fromage (CODEX Stan 283-1978)**, à égouttage spontané, à caillé non divisé, en forme de cylindre plat d'un diamètre de 10 à 11 cm, de 3 cm d'épaisseur et fabriqué exclusivement à partir du lait de vache (figure 3, ci-dessous) (Eck et Gillis, 2006).



**Figure 3 :** fromage à pâte molle type camembert (site 6).

#### 3.2. Origine et extension

Il tire son nom du village de camembert près de Vimoutiers (Orne–France). A l'origine, du fromage fermier, mis au point par une fermière Marie Harle à la fin du 19<sup>ème</sup> siècle (1796). Pour les uns, Marie Harle est la créatrice du camembert, pour les autres, elle n'a fait que contribuer seulement à son développement local, le fromage existait déjà vers 1700, date à laquelle il est cité dans le « dictionnaire » de Thomas Corneille. Le mérite de Marie Harle fut de fabriquer un fromage type brie dans un moule à livarot. C'est le fromage qui est devenu le camembert (Veisseyre, 1975).

#### 3.3. Composition et valeur nutritionnelle

Le camembert renferme 30 à 50% de matière azotée/matière sèche. Il s'inscrit ainsi parmi les meilleures sources alimentaires de protéines ayant une digestibilité élevée (Mietton, 1995).

Le camembert contient (25% à 40%) de matières grasses et est également pauvre en glucides car la quantité de lactose restant après l'égouttage est transformée en acide lactique au cours de l'affinage. Pour les autres nutriments, le camembert constitue un apport important en calcium (200 à 700 mg/100 g), en phosphore, en sodium et en vitamines (notamment du groupe B) (Eck, 1990). La composition moyenne de fromage à pâte molle et à croûte fleurie de type camembert est donnée dans le tableau 4, ci-dessous (Guégen, 1979).

**Tableau 4 :** composition moyenne de fromage à pâte molle et à croûte fleurie de type camembert (Guégen, 1979).

<b>Constituants</b>	<b>Composition</b>
Eau (ml)	50
Energie (kcal)	310
Glucides (g)	4
Lipides (g)	24
Protéines (g)	20
Calcium (mg)	400
Phosphore (mg)	250
Magnésium (mg)	20
Potassium (mg)	150
Sodium (mg)	700
Zinc (mg)	50
Vitamin A (U.I)	1010

### **3.4. Les étapes de fabrication du camembert**

L'élaboration de ce type de fromage à caractéristiques organoleptiques particulières passe par la réussite de nombreuses étapes technologiques dont principalement : l'ensemencement (maturation), la coagulation, l'égouttage et l'affinage.

Le camembert est fabriqué à base de lait cru dans les pays qui ont une grande tradition fromagère comme la France, par contre il est élaboré soit à partir du lait cru soit du lait pasteurisé dans les pays qui ont une production en lait cru déficitaire (cas de l'Algérie). (Remeu *et al.*, 1991). Indiquant d'autre part que la transformation du lait en fromage est dépendante d'un certain nombre de paramètres qui sont :

- sa composition chimique (notamment sa richesse en caséines) ;
- sa charge microbienne et la nature de sa microflore ;
- son aptitude au développement des bactéries lactiques ;
- et en dernier, son comportement vis à vis de l'enzyme coagulante à savoir la présure.

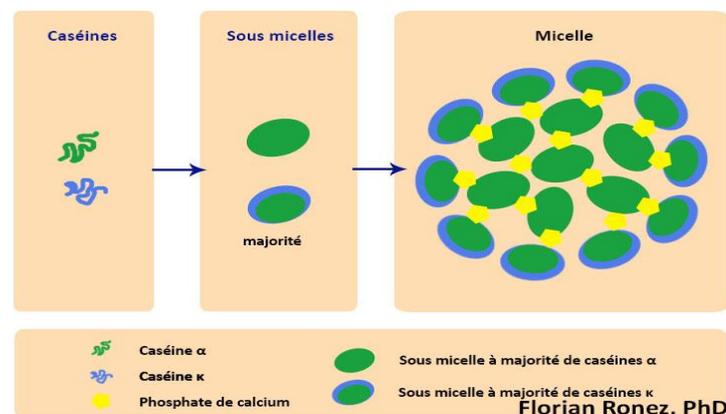
### 3.4.1. Préparation du lait (matière première de fabrication du camembert)

Cette étape consiste à donner au lait la composition correspondante à celle du fromage et à créer les conditions bactériologiques nécessaires à la coagulation du lait (**Bertrand, 1988**).

- La standardisation : c'est l'obtention d'une teneur minimal en extrait sec (ES) et en matières grasses (MG) dans la composition du fromage, réalisée par l'ajout de mélange du lait entier à du lait écrémé ou de la crème à du lait écrémé dans des proportions calculées.
- L'homogénéisation : l'homogénéisation est un traitement physique, qui consiste à faire éclater sous une forte pression les globules de matières grasses en très fines particules. La matière grasse se trouve ainsi répartie d'une façon homogène dans tout le volume (**Eck, 1997**).
- La pasteurisation : la pasteurisation est un chauffage suffisant pour détruire avec certitude tous les germes pathogènes. La température de la pasteurisation la plus fréquente est comprise entre 65 à 75°C et parfois 80°C pendant 15 à 20 secondes (**Veisseyre, 1975**).

### 3.4.2. Coagulation

La coagulation du lait résulte de l'association des micelles de caséines plus au moins modifiées. Cette agglomération mène à la formation d'un coagulum dont le volume est égal à celui du lait mis en œuvre. Ces modifications physico-chimiques des caséines sont induites soit par acidification soit par action d'enzymes coagulantes (figure 4, ci-dessous) (**Gastaldi-Bouabid, 1994**).



**Figure 4** : schéma représentatif de la coagulation du lait (site 7).

- **Coagulation par voie enzymatique**

Elle consiste à transformer le lait de l'état liquide à l'état de gel par action d'enzymes protéolytiques, le plus souvent d'origine animale (**Eigel *et al.*, 2001 ; Laithier, 2011**). La plus couramment utilisée est la présure qui est une enzyme protéolytique provenant de caillettes de veaux non sevrés.

Cette enzyme comprend en réalité deux fractions actives : l'une majeure (80%), est constituée de chymosine, l'autre mineure (20%), est représentée par la pepsine (**Eck, 1990**). Leur activité est d'hydrolyse la caséine k au niveau de la liaison (phe<sub>105</sub>-met<sub>106</sub>), induisant une déstabilisation des micelles de caséines qui vont peu à peu flocculer pour former un gel ferme, compact et ayant une bonne cohésion (**Veisseyre, 1979**).

- **Coagulation par acidification**

L'acidification biologique consiste à transformer le lactose en acide lactique sous l'effet des bactéries acidifiantes ou par acidification chimique par l'ajout de la protéine sérique de *pH* acide ou bien l'injection du CO<sub>2</sub> et addition du GDL. L'abaissement simultané du *pH* a pour conséquence de faire atténuer l'ionisation des fonctions acides des caséines, induisant l'affectation progressive du calcium et du phosphate inorganique de la micelle vers la phase aqueuse. Ceci induit la désagrégation des micelles et un remaniement des sous-unités micellaires (**Brule *et al.*, 1997**).

La coagulation mixte résulte de l'action conjuguée de la présure et de l'acidification. La multitude de combinaisons conduisant à différents états d'équilibres spécifiques est à l'origine de la grande diversité des fromages à pâte molle et à pâte pressée non cuite (**Mahaut *et al.*, 2003**).

### **3.4.3. Égouttage**

Cette phase consiste en l'élimination plus ou moins grande du lactosérum emprisonné dans les mailles du gel formé par voie acide et/ou enzymatique. Cette élimination du lactosérum sera plus ou moins rapide selon la nature et l'histoire du coagulum (**Hutkins, 2006 ; Leclercq-Perlat, 2011**).

Le processus d'égouttage est lié à des facteurs directs correspondant à des traitements de types mécaniques et thermiques, des facteurs indirects (acidification et coagulation enzymatique) et des facteurs liés à la matière première (richesse en caséines laitières, en protéines solubles et en matières grasses) (**Ramet, 1986 et 1997**).

#### **3.4.4. Salage**

C'est une opération d'enrichissement de la pâte en chlorure de sodium (NaCl) à des Doses de 1 à 2% (**Eck, 1990**). Il permet de retirer les résidus d'eau restants (égouttage complet) et de régler leur activité qui influe sur le développement microbien et les actions enzymatique au cours de l'affinage. Il est considéré aussi comme le meilleur moyen de conservation du produit.

#### **3.4.5. L'affinage**

C'est la phase ultime de la fabrication des fromages caillés qui lui permet d'acquérir sa saveur caractéristique, elle se fait dans des conditions particulières de température de l'ordre de 13°C, d'humidité comprise entre 80-90%, et d'aération et cela pendant 30 jours, enfin les boules obtenues sont trempées dans une cire alimentaire de couleur jaune puis stockées (**Bennett et Johnston, 2004**). L'affinage est la résultante de trois principales actions biochimiques qui se déroulent simultanément (tableau 5, ci-dessous) :

- la dégradation des protéines (protéolyse) ;
- l'hydrolyse de la matière grasse (lipolyse) ;
- la fermentation du lactose (**Desmazeaud et Cogan, 1996**).

**Tableau 5** : les grandes transformations biochimiques au cours de l'affinage (**Bertrand, 1988**).

Substrats	Types de transformations ou microorganismes impliqués	Principaux produits formés
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Protéines</li> <li>- Peptides</li> <li>- Acides Aminés</li> <li>- Amines</li> <li>- Cétoacides</li> <li>- Aldéhydes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Protéolyse</li> <li>- Désamination</li> <li>- Décarboxylation</li> <li>- Dégradation des chaînes latérales</li> <li>- Désamination oxydative</li> <li>- Réduction</li> <li>- Oxydation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Peptides ; acides Aminés.</li> <li>- NH<sub>3</sub> ; acides <math>\alpha</math>-cétoniques.</li> <li>- CO<sub>2</sub> ; amines.</li> <li>- Phénol, indole, méthanethiol et autres composés soufrés volatils.</li> <li>- NH<sub>3</sub> ; aldéhydes.</li> <li>- Aldéhydes.</li> <li>- Alcools.</li> <li>- Acides.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lactose*</li> <li>- Acide citrique*</li> <li>- Diacétyle</li> <li>- Acide Lactique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fermentation lactique (Bactéries lactiques homofermentaires)</li> <li>- Fermentation lactique (Bactéries lactiques hétérofermentaires)</li> <li>- Fermentation alcoolique (Levures)</li> <li>- Fermentation propionique (Bactéries propioniques)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Acide lactique.</li> <li>- Acide lactique ; éthanol ; acide acétique ; CO<sub>2</sub>.</li> <li>- CO<sub>2</sub>, éthanol.</li> <li>- CO<sub>2</sub> ; acétaldéhyde ; acétone, diacétyle.</li> <li>- Acétone, butanediol.</li> <li>- Acide propionique ; acide acétique ; CO<sub>2</sub>.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Triglycérides* (glycérides partiels)</li> <li>- Acides gras (à chaîne moyenne ou courte)</li> <li>- Méthylcétones</li> <li>- Acides gras (à chaîne courte), éthanol, alcools aliphatiques ou aromatiques</li> <li>- Thiols</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lipolyse</li> <li>- <math>\beta</math>-oxydation (<i>Penicillium</i>)</li> <li>- Réduction</li> <li>- Estérification</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Acide gras ; glycérides partiels ; glycérol.</li> <li>- Méthylcétones ; CO<sub>2</sub>.</li> <li>- Alcools secondaires.</li> <li>- Esters.</li> <li>- Thioesters.</li> </ul>

**- Facteurs influençant l'affinage**

**- Température**

La température est l'un des facteurs importants à contrôler lors de l'affinage puisque pour un fromage donné, l'activité microbienne et enzymatique varie selon la température. Pour l'ensemble des microorganismes utilisés en fabrication fromagère et pour la plupart des enzymes engagées dans l'affinage, les températures optimales sont supérieures à 20°C (Mietton, 1995).

**- Composition de l'air**

Les atmosphères confinées sont à proscrire dans tous les cas d'affinage à l'aide de microorganismes aérobies stricts. De telles atmosphères rendent difficile la croissance de la flore souhaitée et favorisent le développement de microorganismes indésirables. De ce fait, un renouvellement d'air par apport d'air neuf est indispensable. Il y a intérêt à filtrer celui-ci pour éviter le risque de contamination des locaux et des fromages (Lefrileux *et al.*, 2016).

**- Le *pH***

Le *pH* influence le développement microbien et l'activité enzymatique. Parmi les microorganismes, seules les bactéries lactiques, les levures et les moisissures peuvent se développer à des *pH* inférieurs à 5. L'activité des enzymes est aussi très sensible aux variations de *pH* (Mietton, 1995).

**- L'*aw***

C'est l'eau libre dans un produit (humidité), qui le rend vulnérable à la prolifération bactérienne. Le choix de l'hygrométrie doit tenir compte de la sensibilité à l'*aw* des catégories de microorganismes dont il convient de favoriser en surface le développement ou au contraire, l'inhibition. D'où une hygrométrie généralement élevée (90–95% d'humidité relative) pour Les fromages à flore bactérienne superficielle, une hygrométrie légèrement plus basse (85–90%) pour ceux à flore fongique. Pour les fromages à croûte sèche, l'hygrométrie est ajustée à une valeur faible (80–85%) pour limiter au maximum le développement des contaminants de surface (St-Gelais *et al.*, 2002 ; Eck *et al.*, 2006).

**- La microbiologie d'affinage**

Cela signifie l'existence des microorganismes utiles lors de la fabrication des fromages. Le but de ces germes est de déterminer les caractéristiques de texture, saveur, l'aspect du fromage, etc. Parmi ces microorganismes qui ont un intérêt technologique important, on retrouve les bactéries lactiques et les espèces fongiques (levures et moisissures) les principaux groupes microbiens intervenant au cours de l'affinage du camembert sont présentés dans le tableau 6, ci-dessous :

**Tableau 6** : les principaux groupes microbiens intervenant au cours de l'affinage du camembert (Lenoir *et al.*, 1983).

<b>Groupes microbiens</b>	<b>origines</b>	<b>Fonctions</b>
<p><b>Bactéries</b></p> <p><i>Streptococcus lactis</i>  <i>Streptococcus cremoris</i>  <i>Streptococcus lactis ssp diacetylactis</i></p> <p><i>Leuconostoc</i></p> <p><i>Lactobacillus plantarum</i>  <i>Lactobacillus casei</i></p> <p><i>Micrococcus</i></p> <p><i>Corynebacterium</i></p> <p><i>Brevibacterium</i></p>	<p>Lait, levain lactique, saumure, sel.</p>	<p>Acidification, production d'arômes, protéolyse, dégradation des acides aminés.</p>
<p><b>Levures</b></p> <p><i>Kluyveromyces</i></p> <p><i>Debaryomyces</i></p> <p><i>Saccharomyces</i></p>	<p>Atmosphère des locaux, lait, levain, matériel de fromagerie.</p>	<p>Production d'arômes.</p>
<p><b>Moisissures</b></p> <p><i>Penicillium camemberti</i></p> <p><i>Geotrichum candidum</i></p>	<p>Atmosphère des locaux, lait, levain fongique, matériel de fromagerie.</p>	<p>Désacidification, lipolyse, production d'arômes, protéolyse.</p>

*Partie*  
*expérimentale*

## **1. Présentation de la laiterie Numidia (ex l'onalaït)**

### **1.1. Situation géographique**

La laiterie «Numidia» (figure 5) est une société située à 4 km au Sud-est de Constantine, au lieu dit-Chaab-Ersas. C'est la deuxième unité de production laitière de l'Est Algérien après celle d'Annaba.

### **1.2. Historique**

L'architecture et les plans de bâtiments ont été l'œuvre d'un bureau d'étude danois (contrat de novembre 1973). Les travaux de montage ont été confiés à ce même bureau. Le principal contrat d'achat des équipements laitiers a été signé en janvier 1974 mais cela n'empêche pas que des entreprises algériennes elles aussi ont contribué dans les travaux relatifs au génie civil (bâtiment, infrastructures environnantes), électricité, tuyauteries des fluides, etc. L'origine des équipements de production et divers est franco-danois.

La durée effective de réalisation a été de cinq années par rapport au planning initial, l'unité de Constantine avait donc occasionné un retard de deux années dans sa réalisation. La mise en production des ateliers s'est effectuée comme suit :

- essais techniques : janvier 1980 ;
- mise en exploitation : mars 1980 ;
- entrée en production : mai 1980.



**Figure 5 :** la laiterie Numidia.

### **1.3. Les produits de la laiterie**

Les principaux produits fabriqués dans cette industrie sont : le lait (lait de vache, lait pasteurisé et lait UHT), les yaourts (petits yaourts et yaourts liquides), les fromages (à pâte molle, à pâte pressée et à pâte fraîche), le beurre, les boissons et la crème fraîche.

## **2. Méthodes**

### **2.1. Le lait collecté**

D'abord, le choix du lait cru de vache commence par la qualité de l'herbage et l'état sanitaire de l'animale, puis ce lait est collecté dans des camions citernes isothermes vers la laiterie «Numidia», où il subit de nombreux contrôles physico-chimiques et microbiologiques. A la fin, seul le lait qui répond aux normes est accepté pour la fabrication des fromages (type camembert).

### **2.2. Processus de fabrication du camembert au niveau de la laiterie Numidia**

#### **2.2.1. Traitement de la matière première**

Après l'arrivée du lait à l'usine, un test d'acceptabilité rapide est fait « l'indicateur du  $pH$  », puis le lait subit une filtration physique pour l'élimination des corps étrangers. Cette opération est effectuée avant le traitement thermique. Ensuite, il passe dans une installation composée d'un compteur pour mesurer les quantités réceptionnées, et d'une pompe vers l'écumeuse pour standardiser le lait ( $MG = 28 \text{ g/L}$ ). Après, il passe par un pasteurisateur à plaque à haute température (88 à 90°C) pendant 10 à 15 s. En dernier, le lait est refroidi à 10°C (un choc thermique). En effet, il est laissé pendant une nuit (presque 18 h) à une température de 10 à 12°C pour une pré-maturation, après il est réchauffé à une température de 37 à 38°C etensemencer avec les ferments (25% des levains lactiques mésophiles et 75% des levains thermophiles) puis stocker dans des tanks de 1000 L (**annexe 1**).

#### **2.2.2. La coagulation ( emprésurage)**

C'est l'étape où la présure en poudre est ajoutée. Elle est de type HY\_MAX/dose : 130 g pour 7000 L. Le temps de prise (formation du coagulum – figure 6, ci-dessous) est de 15 min pour chaque bassin et la température est de 36°C (**annexe 2**).



**Figure 6** : coagulation du lait dans les tanks.

### **2.2.3. Le brassage**

Le brassage est une technique effectuée à l'aide d'un brassoir pour séparer les caillés du camembert formés (grâce à la présure) et libérer le lactosérum (figure 7, ci-dessous). On peut aller jusqu'à 2 à 3 brassages si le caillé est ferme, le temps entre un brassage et un autre est de 10 min.



**Figure 7** : brassage du caillé de camembert (site 8).

### **2.2.4. Le moulage et l'égouttage**

Le caillé est mis dans des moules de forme ronde ou circulaire ne comportant pas de fond, d'une épaisseur de 5 cm et d'un diamètre de 9 cm, dans une température comprise entre 28 et 30°C. Les moules sont placés sur des sortes en plastique limitant ainsi la perte de caillé. Ces sortes reposent eux même sur des plateaux en aluminium munis de carrelures afin de permettre l'écoulement du sérum «l'égouttage en moules» (figure 8, ci-dessous).



**Figure 8 :** moulage et égouttage des caillés du camembert.

### **2.2.5. Le retournement**

Le 1<sup>er</sup> retournement a lieu 1 heure après le moulage, l'acidité est de 25°D. Le 2<sup>ème</sup> retournement a lieu 1 heure après le 1<sup>er</sup> retournement, l'acidité est de 40 à 55°D. Le 3<sup>ème</sup> retournement a lieu 1 heure après le 2<sup>ème</sup> retournement, l'acidité est d'environ 60 à 80°D. La température est de 26 à 28°C le jour et de 18 à 20°C la nuit.

### **2.2.6. Le démoulage**

Il se fait le lendemain après avoir laissé le fromage au repos. L'acidité du sérum atteint 100 - 110°D et le *pH* du caillé est de 4,7 - 4,9. Les fromages démoulés sont déposés sur des supports métalliques.

### **2.2.7. Le salage**

Le salage se fait en saumure qui contient 280 à 300 g de chlorure de sodium (NaCl) par litre d'eau, sa durée d'immersion est de 18 min et tout se fait dans une humidité relative  $HR = 19\%$  (plus la densité de saumure est faible et plus la durée d'immersion est grande). La saumure est pasteurisée préalablement à 90°C pendant 45 min et sa température d'utilisation est de 10 - 12°C.

### 2.2.8. Le ressuyage

Les fromages sont ressuyés pendant 16 à 18 h dans une salle où la température est de 12 à 14°C et l'HR est de 85% (figure 9, ci-dessous).



**Figure 9** : ressuyage du camembert.

### 2.2.9. L'affinage

Il est réalisé en hâloirs où la température est de 10 à 12°C et l'HR est de 95%. Les fromages sont pulvérisés à la surface par une solution microbienne à dominance de *Penicillium camemberti* et de *Geotrichum candidum*. Les fromages sont retournés 6 fois pendant 12 jours, jusqu'à l'apparition d'un feutrage blanc (figure 10, ci-dessous).



**Figure 10** : l'affinage du camembert.

### 2.2.10. L'emballage et le conditionnement

Vers le 12<sup>ème</sup> jour, lorsque les moisissures sont suffisamment développées, les fromages sont emballés dans un papier cellulosique puis dans des boites en carton. Cet emballage permet de compléter l'affinage au cours du stockage en assurant l'aération de la flore superficielle des fromages (figure 11, ci-dessous).



**Figure 11** : emballage et conditionnement du camembert.

### 2.3. Les analyses microbiologiques

L'analyse microbiologique des produits laitiers est une étape importante qui vise d'une part à conserver leurs caractéristiques organoleptiques et sensorielles, donc d'allonger leurs durées de vie et d'autre part à prévenir des intoxications alimentaires liées à la présence des microorganismes pathogènes avant leur transmission au consommateur.

Autrement dit, l'objectif de ces analyses microbiologiques est de pouvoir porter un jugement sur la salubrité du produit connaissant sa contamination et en comparant les résultats obtenus aux normes publiées dans le journal officiel de la république algérienne n°39 correspondant au 2 juillet 2017 (**annexe 3**). Il s'agit ici de dénombrer un type de flore microbienne afin d'évaluer la qualité sanitaire du produit laitier, et d'identifier des germes pathogènes dont on souhaite l'absence dans le produit.

#### 2.3.1. Prélèvement et échantillonnage

Des échantillons de lait et de camembert sont prélevés selon les recommandations du journal officiel (**annexe 3**), dans des conditions d'asepsie rigoureuse, à partir des citernes de réception de lait (avant pasteurisation) ; du pasteurisateur (après pasteurisation) ; des bassines

de lait (pour le produit semi-fini) et des chambres froides après 12 jours (pour le produit fini : le camembert).

Le lait non pasteurisé est prélevé par une louche stérile puis versé dans le flacon d'échantillonnage (le flacon n'est pas rempli entièrement : environ 2/3).

Le prélèvement du lait pasteurisé est effectué directement dans un flacon stérile de 225 ml, après avoir désinfecté le robinet de prise d'échantillon par flambage, et laisser couler une quantité de liquide.

Pour le produit semi-fini, un flacon stérile de 225 ml est rempli à partir du robinet des tanks. Tout cela est réalisé après une homogénéisation du lait par l'agitateur et une désinfection du robinet par flambage.

Pour le produit fini «le camembert», il est découpé en 4 secteurs (figure 12, ci-dessous) à l'aide d'une spatule stérile pour prélever la partie fraîche «le cœur du fromage».



**Figure 12 :** échantillon de camembert découpé en 4 secteurs (Benloucif et Oulmi, 2016).

Pour préparer la solution mère du camembert on doit peser 5g est versé sur 45 ml d'EPT. Puis le mettre au bain marie pendant 30 min à 45°C pour la dissolution de la prise d'essai, et finalement homogénéiser la solution par l'agitateur.

### **2.3.2. Dénombrement et recherche des germes de contamination**

Les germes recherchés sont ceux qui sont indiqués dans le journal officiel (**annexe 3**). Ce sont les germes indicateurs de l'état microbiologique des produits laitiers. Leur dénombrement et recherche donnent une idée globale du niveau de contamination du produit.

Ces analyses sont effectuées dans le laboratoire de microbiologie de l'industrie laitière «Numidia».

#### **- Dénombrement de la flore totale aérobie mésophile (FTAM)**

Le dénombrement de la flore totale aérobie mésophile est un indice du niveau de la contamination globale de l'aliment. Ces microorganismes aérobies, et aéro-anaérobies facultatifs se développent dans un milieu nutritif ordinaire exempt d'inhibiteurs et d'indicateurs. Le milieu utilisé pour le dénombrement de la flore totale est le PCA (**annexe 4**). L'ensemencement est réalisé en profondeur (en masse). À l'aide d'une pipette stérile, 1 ml des solutions mères est prélevé et transféré dans des boîtes de Pétri. Le milieu PCA, maintenu en surfusion dans un bain-marie à 37°C, est coulé (environ 15 ml) dans chaque boîte de Pétri.

Pour s'assurer de la répartition uniforme des germes dans toutes les boîtes, le mélange milieu-inoculum est soigneusement homogénéisé en décrivant des cercles et des mouvements de va et vient. Les boîtes solidifiées à la température de laboratoire sont mises dans l'étuve. Après 72 h d'incubation à 30°C, toutes les colonies qui se sont développées, sont comptées à l'aide d'un compteur des colonies.

Le dénombrement est fait à partir des boîtes contenant des colonies dont le nombre est compris entre 30 et 300, puis le nombre trouvé est multiplié par l'inverse de la dilution pour trouver le nombre des germes par millilitre ou par gramme (UFC / g ou ml).

#### **- Dénombrement des entérobactéries**

Les entérobactéries sont utilisées comme marqueur de contamination fécale. Le milieu utilisé pour leur dénombrement est le VRBG (**annexe 4**). Un ensemencement en masse est effectué. 1 ml des solutions mères est prélevé à l'aide d'une pipette graduée, puis il est déposé dans des boîtes de Pétri. Environ 15 ml du milieu VRBG, maintenu en surfusion mais légèrement refroidi, sont coulés par-dessus. L'homogénéisation est faite par des mouvements circulaires et les boîtes sont incubées à 30°C pendant 24 h.

Les entérobactéries forment des colonies roses-rouges (glucose +) de 0,5 mm de diamètre et avec une zone de précipitation de la bile. Seules les boîtes comprenant entre 30 à 300 colonies sont décomptées. Les résultats sont exprimés en nombre d'UFC de coliformes / g ou ml du produit.

**- Dénombrement des coliformes thermotolérants (CT) ou coliformes fécaux (CF)**

Les coliformes sont des bactéries de la famille des entérobactéries. Leur présence est un indice de contamination fécale. Le milieu utilisé pour leur dénombrement est le DCLA (**annexe 4**) préalablement régénéré. Un ensemencement en masse est effectué. 1 ml des solutions mères est versé dans chaque boîte de Pétri, puis recouvert avec 15 à 20 ml de la gélose DCLA. Les boîtes sont incubées à 44°C pendant 24 h.

La présence des coliformes se caractérise par l'apparition de colonies rouge de 0,5 mm de diamètres. Seules les boîtes comprenant entre 30 à 300 colonies sont décomptées. Les résultats sont exprimés en nombre d'UFC de coliformes / g ou ml du produit.

**- Recherche d'*E. coli***

*E. coli* est une bactérie naturellement présente dans le tube digestif de l'homme, mais elle indique une contamination fécale et des conditions hygiéniques déplorables lorsqu'elle est trouvée dans les produits alimentaires. Les colonies obtenues sur milieu DCLA sont prélevées et émulsionnées dans l'EPT (**annexe 4**), puis quelques gouttes du réactif Kovacs sont ajoutées. La réaction se développe au bout de 5 - 10 min.

L'apparition d'un anneau rouge à la surface du milieu indique la production d'indole par *E. coli*.

**- Recherche des salmonelles**

Du fait de leur rareté et de l'endommagement des cellules, la recherche des *salmonelles* nécessite une prise d'essai pour la revivification et la multiplication qui se fait en trois étapes :

- un pré-enrichissement qui consiste à mélanger 1 ml des solutions mères avec 9 ml d'EPT, puis les incuber à 37°C pendant 18 à 24 h.
- un enrichissement, qui lui-même est divisé en deux, l'enrichissement non-sélectif et sélectif :

- l'enrichissement non-sélectif est réalisé à partir du pré-enrichissement (milieu après incubation). 1 ml du milieu est prélevé et introduit dans un tube contenant 9 ml de SFB (**annexe 4**). L'incubation est faite à 37°C pendant 24 à 48 h.

- l'enrichissement sélectif est réalisé par l'ensemencement en profondeur. 1 ml de l'échantillon précédent est mélangé avec le milieu gélosé SS (**annexe 4**), et incubé à 37°C pendant 24 à 48 h.

- la troisième étape est l'isolement, elle consiste à étaler les colonies obtenues sur milieu SS dans des boîtes de Pétri contenant le milieu Hektoen (**annexe 4**), et les incubé à 37°C pendant 24 h. La technique d'ensemencement utilisée est celle des stries.

Les *salmonelles* se présentent sous forme de colonies roses-rouges sur milieu SS (fermentation du lactose), et sous forme de colonies grises-bleues à centre noir sur milieu Hektoen.

#### **- Recherche des *Staphylococcus aureus***

*Staphylococcus aureus* est un germe sensible à la température et l'acidité du milieu, mais tolère des concentrations élevées en NaCl. Ces bactéries peuvent être différenciées par la dégradation du mannitol sur milieu Chapman (**annexe 4**). La présence des *Staphylococcus* dans les denrées alimentaires est un indice de contamination humaine, et sa recherche est faite en deux étapes essentielles : l'enrichissement et l'isolement.

- L'enrichissement qui consiste à introduire 1 ml des solutions mères dans des tubes contenant 9 ml de bouillon Giolitti-Cantoni (**annexe 4**) additionné de tellurite de potassium, et les incubé à 37°C pendant 24 h.

- L'isolement qui est réalisé à partir des tubes positifs de l'étape précédente (sont considérés comme positifs les tubes présentant un noircissement). Un ensemencement par stries est effectué sur milieu Chapman et les boîtes sont incubées à 37°C pendant 24 à 48 h.

Les colonies de *Staphylococcus aureus* sont de taille moyenne, lisses, brillantes et ont une couleur jaune-doré indiquant la fermentation du mannitol par la bactérie.

*Résultats et  
discussion*

## **1. Interprétation des résultats du contrôle microbiologique du camembert**

Les microorganismes généralement recherchés sont des indicateurs de manque d'hygiène ou de mauvaise qualité de la matière première.

La qualité microbiologique du lait est appréciée selon les critères algériennes relatifs aux spécifications microbiologiques du lait cru «le journal officiel de la république algérienne n°39 correspondant au 2 juillet 2017». Ces analyses microbiologiques permettent de vérifier si le produit ne présente aucun risque pour la santé du consommateur.

### **1.1. Résultats des analyses microbiologiques de la matière première avant pasteurisation**

Le lait est contrôlé au moment de sa réception à l'usine. En effet, le lait de chaque citerne doit être échantillonné et testé. Seul le lait conforme aux normes peut être utilisé pour la fabrication du camembert.

Les résultats obtenus sont exprimés en unité formant colonie/ml en cas de dénombrement sur gélose, et absence ou présence en cas de détection. Ils sont présentés dans le tableau 7 (ci-dessous).

**Tableau 7** : résultats des analyses microbiologiques du lait avant pasteurisation.

<b>Les germes recherchés</b>	<b>Résultats (UFC/ml)</b>	<b>Normes (UFC/ml)</b>
<b>La FTAM</b>	$<3.10^6$	$3.10^5/3.10^6$
<b>Les CT</b>	$<5.10^3$	$5.10^2/5.10^3$
<b>Les salmonelles</b>	Absents	Absence dans 25 ml
<b><i>Staphylococcus aureus</i></b>	Absents	$10^2/10^3$

#### **1.1.1. Dénombrement de la flore totale aérobie mésophile**

Le dénombrement de la FTAM renseigne sur la qualité sanitaire globale du lait. La FTAM est considérée comme étant un facteur de contamination d'une part, et d'autre part un facteur déterminant de la durée de conservation du lait cru. C'est la flore la plus recherchée dans les analyses microbiologiques des produits alimentaires.

Les résultats du dénombrement de la FTAM avant le traitement thermique (avant pasteurisation du lait) sont dans les normes du journal officiel.

### **1.1.2. Dénombrement des coliformes thermotolérants**

La présence des coliformes thermo-tolérants (les coliformes fécaux) est signe d'une contamination liée directement au manque d'hygiène. Ils peuvent provenir de l'environnement des vaches, du matériel (mal nettoyé) utilisé lors de la traite, au cours du transport, ou encore du personnel.

Le nombre des colonies des CT est inférieur à  $5.10^3$  UFC/ml, ce qui est conforme aux normes du journal officiel. Ce résultat peut être expliqué par le non pasteurisation de ces échantillons de lait.

### **1.1.3. Recherche des *salmonelles***

Les *salmonelles* sont le premier facteur de signalement de contamination du lait.

Les résultats des analyses montrent que les échantillons testés sont exempts de ce groupe bactérien pathogène. Ils témoignent donc de la bonne qualité hygiénique et microbiologique du lait utilisé dans la fabrication du camembert et que les vaches sont en bonne santé ou traitées efficacement.

### **1.1.4. Recherche des *Staphylococcus aureus***

Sur le plan sanitaire, la présence des staphylocoques à coagulasse positive, représente un risque d'intoxication alimentaire suite à l'ingestion d'entérotoxines thermostables. L'espèce *Staphylococcus aureus* n'est pas en elle-même dangereuse mais plutôt les toxines qu'elle secrète qui représentent un risque pour la vie de consommateur.

Les *staphylocoques* présents dans le lait cru ont pour origine soit les mamelles des vaches, soit le matériel mal nettoyé et utilisé lors de la traite.

Les résultats des analyses montrent une absence totale de ces germes dans les échantillons du lait cru, ce qui est conforme avec la réglementation algérienne.

## **1.2. Résultats des analyses microbiologiques de la matière première après pasteurisation**

La pasteurisation ou débactérisation thermique, est un procédé qui consiste à éliminer la majorité des microorganismes pathogènes du lait, qui peuvent être présents lors de la traite. Ce procédé permet également de conserver les aliments.

La pasteurisation dans la laiterie «Numidia» se fait par un chauffage du lait à 72°C pendant 5 à 20 secondes (sans ébullition). Et cette étape de chauffage est directement suivie par un refroidissement rapide.

Les résultats des analyses microbiologiques du lait après pasteurisation sont présentés dans le tableau 8 (ci-dessous).

**Tableau 8** : résultats des analyses microbiologiques du lait après pasteurisation.

<b>Les germes recherchés</b>	<b>Résultats (UFC/ml)</b>	<b>Normes (UFC/ml)</b>
<b>La FTAM</b>	<10 <sup>5</sup>	10 <sup>4</sup> /10 <sup>5</sup>
<b>Les entérobactéries</b>	0	10
<b>Les salmonelles</b>	Absents	Absence dans 25 ml

### **1.2.1. Dénombrement de la flore totale aérobie mésophile**

Cette flore est un bon indicateur de la qualité générale et de la stabilité du lait après pasteurisation.

Les résultats des analyses du lait après pasteurisation présentent une charge microbienne inférieure à 10<sup>5</sup> UFC/ml. Cette charge est dans les limites d'acceptation des normes algériennes. Elle a considérablement diminué par rapport à sa présence dans le lait cru, ce qui montre l'efficacité du traitement thermique appliqué.

La présence d'une FTAM après pasteurisation reste indicatrice d'une éventuelle contamination lors de la fabrication, au niveau des matériels (elle est probablement due à l'insuffisance ou l'inefficacité du nettoyage et de la désinfection des instruments industriels) et/ou due au personnel.

### 1.2.2. Dénombrement des entérobactéries

Selon le journal officiel, les entérobactéries doivent être absentes dans le lait pasteurisé. Ces bactéries sont détruites lors de la pasteurisation du lait mais leurs entérotoxines ne sont que partiellement inactivées. Leur présence est donc un critère d'hygiène et témoin d'une contamination pendant et/ou après la pasteurisation.

Les résultats obtenus sont conformes aux normes exigées, ce qui montre la bonne qualité hygiénique du lait cru.

### 1.2.3. Recherche des *salmonelles*

Le lait ramené à la laiterie contient naturellement des microorganismes (la flore autochtone). Il peut aussi renfermer des germes pathogènes. Des analyses microbiologiques sont effectuées, avant et après pasteurisation (un traitement thermique permettant la réduction de la charge microbienne, tout en détruisant les germes pathogène), pour étudier la qualité du lait utilisé dans la fabrication du camembert.

Selon le journal officiel, le résultat de cette analyse confirme l'absence des *salmonelles* dans la matière première (le lait de vache cru).

Ces résultats d'analyses microbiologiques du lait cru et pasteurisé se rapprochent de ceux rapportés par **Meftah et al. (2016)**. Ils ont démontré l'absence des *salmonelles* et des *staphylocoques* dans le lait cru. Leurs résultats de dénombrement de la FTAM sont aussi conformes mais aux normes de l'ancien journal officiel «le journal officiel de la république algérienne n°35 correspondant au 27 mai 1998».

### 1.3. Résultats des analyses microbiologiques du produit semi-fini

Le but de ces analyses est de contrôler la qualité microbiologique du lait coagulé lors de la production du camembert. Les résultats sont exprimés dans le tableau 9 (ci-dessous).

**Tableau 9** : résultats des analyses microbiologiques du produit semi-fini.

Les germes recherchés	Résultats (UFC/ml)	Normes (UFC/ml)
La FTAM	<10 <sup>5</sup>	10 <sup>4</sup> /10 <sup>5</sup>
Les entérobactéries	0	10
Les <i>salmonelles</i>	Absents	Absence dans 25 ml

### **1.3.1. Dénombrement de la flore totale aérobie mésophile**

Selon le journal officiel, une charge microbienne supérieure à  $10^5$  UFC/ml signifie une contamination importante. Les résultats obtenus présentent une valeur inférieure à  $10^5$  UFC/ml, ce qui signifie l'absence d'une contamination. La matière première utilisée est d'une qualité microbiologique satisfaisante, mais aussi la laiterie prend des mesures strictes pour réduire au maximum le risque de contamination accidentelle.

### **1.3.2. Dénombrement des entérobactéries**

La présence des entérobactéries dans le produit semi-fini est indicateur de contamination fécale. Même à des valeurs faibles, leur présence indique des conditions hygiéniques dégradées lors de la fabrication.

L'absence des entérobactéries dans les échantillons est témoin d'une désinfection (ou stérilisation) satisfaisante des matériels et de la sévérité du personnel sur la propreté.

### **1.3.3. Recherche des *salmonelles***

Aucune croissance n'est détectée sur le milieu SS. C'est la preuve de l'absence des *salmonelles* dans le produit coagulé. Il n'y a donc aucune contamination au niveau de la chaîne de fabrication.

Selon plusieurs auteurs, la production d'acides organiques et d'autres composés antimicrobiens, tels que les bactériocines, jouent un rôle majeur dans la conservation des produits laitiers fermentés et contribuent à l'inhibition des germes contaminants. Donc lors de la coagulation du lait, les taux relativement faibles de certains germes (voir une absence totale) sont principalement dus à l'acidification du milieu (Gussas *et al.*, 2006 ; Saidi, 2007).

## **1.4. Résultats des analyses microbiologiques du produit fini «le camembert»**

Les analyses microbiologiques du produit fini permettent de vérifier que le camembert produit par la laiterie «Numidia» ne présente aucun risque pour la santé du consommateur, en tenant compte des conditions de sa conservation et de ses caractéristiques spécifiques.

Il convient donc d'assurer par des tests microbiologiques, que le produit va être sain et de bonne qualité marchande tout au long de sa durée de vie.

Les résultats des analyses microbiologiques du camembert conditionné (après 12 jours de sa fabrication) sont présentés dans le tableau 10 (ci-dessous).

**Tableau 10** : résultats des analyses microbiologiques du produit fini.

Les germes recherchés	Résultats (UFC/ml)	Normes (UFC/ml)
<i>E. coli</i>	Absents	$10^2/10^3$
<i>Staphylococcus aureus</i>	Absents	$10^2/10^3$

#### 1.4.1. Recherche d'*E. coli*

La présence d'*E. coli* dans le produit fini est un indicateur de contamination fécale et de manque d'hygiène, ce qui peut provoquer des intoxications alimentaires. Donc la recherche d'*E. coli* dans le produit fini est un critère important, permettant de vérifier que celui-ci est fabriqué et stocké dans de conditions hygiéniques rigoureuses.

La présence d'*E. coli* dans l'aliment est une raison valable pour la destruction totale du produit. En 2018, environ 5000 boîtes de camembert fabriquées par la société fromagère du Moulin de Carel ont fait l'objet d'un rappel par plusieurs enseignes de distribution, à cause de cette bactérie.

Le résultat de la recherche d'*E. coli* est présenté dans la figure 13 (ci-dessous) :



**Figure 13** : résultat négatif d'*E. coli*.

L'absence d'un anneau rouge dans le tube indique l'absence d'*E. coli*, ce qui confirme la non contamination fécale du camembert fabriqué au niveau de la laiterie «Numidia».

Ces résultats confirment l'efficacité du traitement thermique appliqué et la bonne qualité hygiénique de la matière première utilisée.

#### **1.4.2. Recherche des *Staphylococcus aureus***

L'absence des *Staphylococcus aureus* dans les échantillons de camembert confirme qu'il n'y a pas eu de contamination au cours de la chaîne de fabrication.

Ces résultats montrent que la laiterie «Numidia» respecte les normes exigées dans le journal officiel, car les échantillons de camembert analysés ne contiennent aucun germe pathogène, susceptible de nuire la santé du consommateur. Autrement dit, le camembert produit par l'industrie laitière «Numidia» est de très bonne qualité, du point de vue microbiologique.

Des résultats similaires sont obtenus dans une étude faite par **Benloucif *et al.* (2017)**. Ils ont rapporté que le camembert produit par l'industrie laitière «Numidia» est de bonne qualité microbiologique et nutritionnelle.

***Conclusion***

A travers cette étude microbiologique du camembert fabriqué par la laiterie «Numidia», plusieurs analyses ont été effectuées, en partant de la matière première (le lait de vache cru) jusqu'au produit conditionnée (le camembert). L'objectif principal de ce travail est de démontrer la bonne qualité du produit (du point de vue hygiénique et sanitaire). Les résultats obtenus ont été comparés aux normes mentionnées dans le journal officiel de la république algérienne n°39 correspondant au 2 juillet 2017.

Les résultats d'analyses du lait cru (avant pasteurisation) révèlent la conformité des échantillons, cependant la présence de la flore totale aérobie mésophile et les coliformes thermo-tolérants (avec des valeurs raisonnables et conformes aux normes) est probablement due à l'alimentation du bétail ou aux matériels mal nettoyés. Les résultats d'analyses des échantillons du lait pasteurisé montrent l'absence des *staphylocoques* et des *salmonelles*, ce qui indique l'efficacité du traitement thermique appliquée pour se débarrasser de ces bactéries pathogènes. Les résultats d'analyses microbiologiques du lait coagulé (produit semi-fini) sont conformes aux normes. Le produit fini (le camembert conditionné) est exempt d'*E. coli* et de *Staphylococcus aureus*, ce qui nous a conduit à conclure que le camembert produit par la laiterie «Numidia» est de bonne qualité hygiénique et sanitaire, car il est dépourvu de bactéries nocives, susceptibles de mettre la vie du consommateur en danger.

En perspectives, il serait souhaitable de comparer les résultats obtenus avec ceux des autres industries laitières et d'envisager une étude microbiologique d'autres types de fromage à pâte molle.

*Références  
bibliographiques*

- Axelsson L., (2004).** Classification and physiology in lactic acid bacteria microbiological and functional aspects.
- Badinand F., (1994).** Maîtrise du taux cellulaire du lait. Rec. Méd. Vét, n°170.
- Belbeldi A., (2013).** Contribution à la caractérisation du fromage Bouhezza, contenu lipidique et vitamines, p 04.
- Benloucif R. et Oulmi A., (2017).** Etude du procédé de production du fromage du type camembert effet de la nature des microorganismes sur la qualité du produit, p 102.
- Bergey's M., (1986-1989).** Manual of determinative bacteriology. William and Wilkin Baltimore.
- Bertrand F., (1988).** Le fromage grand œuvre des microbes. Revue général du froid, 78, 519-527 p.
- Bonaiti C. ; Leclercq-Perlat M.N. ; Latrille E. et Corrieu G., (2004).** Desacidification by *debaryomyces hansenii* of smear soft cheeses ripened in controlled conditions : influences of relative humidity and of temperature. Journal of dairy sciences, 87 (11), 3976-3988 p.
- Bourgeois C.M. et Larpent J.P., (1996).** Aliments fermentés et fermentation alimentaire, microbiologie alimentaires. Tome 2<sup>ème</sup> édition © technique documentation. Lavoisier, Paris.
- Boutrou R. et Gueguen M., (2005).** Interests in *Geotrichum Candidum* for cheese technology. Int J food microbiol, 102, 1-20 p.
- Brule G. ; Lenoir J. et Ram F., (1997).** Les mécanismes généraux de la transformation du lait en fromage chapitre 1 «la micelle de caséine et la coagulation du lait». Dans Le fromage, 3<sup>ème</sup> édition. Technique et documentation. Lavoisier, p 7.
- Buist G. ; Venema G. et Kok J., (1998).** Autolysis of *Lactococcus lactis* influenced by proteolysis. Journal of biotechnology. N°22, 5974-5953 p.
- Callon C. ; Delbes C. ; Monsallier F. ; Montel M.C. et Barral J., (2011).** Ouvrage collectif réalisé dans le cadre du RMT «filières fromagères valorisant leur terroir». Animé par le CNAOL et le GIS Apes Jura, p 134.
- Callon G. ; Delbés C. et Mansallier F., (2011).** Ouvrage collectif coordonnée. Institut d'élevage.
- Cantéri G., (1997).** Les levains lactiques. In le fromage.
- Cayot P. et Lorient D., (1998).** Structures et techno-fonctions des protéines du lait édition technique et documentation. Lavoisier, Paris.
- Choisy C. ; Desmazeaud J.C. ; Gripon G. ; Lamberet G. et Lenoir J., (1997).** La biochimie de l'affinage (chapitre 4). In le fromage.
- Codex alimentaires, (2006, 2008, 2013).** Codex Stan 283-1978.

- Coulon J.B. et Hoden A., (1991).** Maitrise de la composition du lait : influence des facteurs nutritionnels sur la quantité et les taux de matières grasses et protéiques. INRA Prod. Anim, 361-367 p.
- D'hour P. et Coulon J.B., (1994).** Variation de la production et de la composition du lait au pâturage en fonction des conditions climatiques. Annales de zootechnie, 43 : 105-109 p.
- Debry G., (2005).** Lait, nutrition et santé. Technique et documentation, Paris, p 566.
- Deforges J. ; Derens E. ; Rosset R. et Serrand M., (1999).** Maitrise de la chaine du froid des produits laitiers réfrigérés. Édition Cemagref technique et documentation, Paris.
- Desmazeaud M. et Cogan T.M., (1996).** Role of cultures in cheese ripening. In : Cogan T.M. Accolas J.P (Eds.), dairy starter cultures. VCH publishers. Inc. New York, 207-231 p.
- Eck A. et Gillis J.C., (2006).** Le fromage. 3<sup>ème</sup> édition, technique et documentation. Lavoisier, Paris.
- Eck A., (1984).** Le fromage, technique et documentation. Lavoisier, Paris.
- Eck A., (1990).** Le fromage. 2<sup>ème</sup> édition. Lavoisier, Paris.
- Eck A., (1990).** Le fromage. 3<sup>ème</sup> édition, techniques et documentation. Lavoisier, Paris.
- Eck A., (1997).** Le fromage. 4<sup>ème</sup> édition. Lavoisier, Paris.
- Eigel E. ; Nicklaus S. ; Septier C. ; Salles C. et Lequere J.L., (2001).** Evolution of the taste of a bitter camembert cheese during ripening characterization of à matrix effect. Journal of agricultural and food chemistry, 49, 2930-2939 p.
- Fredot E., (2005).** Connaissance des aliments-bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique. Lavoisier : 10-14 (397 pages).
- Gastaldi Bouabid E., (1994).** Etude de l'évolution des micelles de caséine au cours de l'acidification : mise en évidence d'un état de transition entre pH 5,5 et pH 5,0. Thèse de doctorat en biochimie et biologie moléculaire université Montpellier II, sciences et techniques de la langue, p 176.
- Guessas B. ; Hadadji M. ; Saidi N. et Kihal M., (2006).** Inhibition of *Staphylococcus aureus* growth by lactic acid bacteria in milk. Dirasat, agricultural Science. 32 : 3, 304-312 p.
- Guinee L., (1979).** Cach. Nutr. Diét. 14, 213-217 p.
- Guiraud J.P., (1998).** Microbiologie des principaux produits alimentaires, microbiologie alimentaire. Edition © dunod, Paris.
- Hassan A.N. et Frank J.F., (2001).** Starter cultures and their use. In : Applied dairy Microbiology. (Marth E.H, et Steele J.L) 2<sup>ème</sup> édition, Marcel Dekker. Inc New York, 151-205 p.

- Hutkins R.W., (2006).** Microbiology and technology of fermented foods. Edition black well publishing p 475, INRA paris, 11, 333–336 p.
- Jakob E. et Hänni J.P., (2004).** Fromageabilité du lait. Edition, agroscope liebefeld posieux. Groupe de discussions N°17 F.
- Jany J.L. et Barbier G., (2008).** Culture-independent methods for identifying microbial communities in cheese. Food microbiol, 25, 839-848 p.
- Jollive N. ; Belin J.M. et Vayssier Y., (1993).** Comparison of volatile flavor compounds produced by ten strains of *Penicillium camemberti* thom. J dairy Sciences, 76, 1837-1844 p.
- Labioui H. ; Elmoualdi L. ; EL Yachioui M. et Ouhssine M., (2005).** Sélection des souches des bactéries lactiques antibactériennes. Bull. Soc. Pharm Bordeaux, 144, 237-250 p.
- Laithier C., (2011).** Les fromages du terroir et microflore du lait cru. Ouvrage collective de l'institut d'élevage 149 rue de Bercy 75595 Paris, juillet, p 131.
- Larben J.P., (1997).** Microbiologie alimentaire techniques de laboratoire. Les levures. Technique et documentation. Lavoisier. Paris.
- Larpen J.P., (1997).** Mémento technique de microbiologie 3<sup>ème</sup> édition technique et documentation. Lavoisier, Paris, p 910.
- Leclercq-Perlat M.N. ; Picque D. ; Riahi H. et Corrieu G., (2006).** Microbiological and biochemical aspects of camembert type cheeses depend on atmospheric composition in the ripening chamber. Journal of dairy science, 89 (8), 3260-3273 p.
- Lenoir J. ; Lambert G. et Schmioldt J.L. (1983).** L'élaboration d'un fromage : l'exemple du camembert. Pour la science, 69, 30-42 p.
- Leyral G. et Vierling É., (2007).** Microbiologie et toxicologie des aliments : hygiène et sécurité alimentaires. 4<sup>ème</sup> édition biosciences et techniques, p 87.
- Mahaut M. ; Jeant R. et Brulé G., (2000).** Dans l'initiation à la technologie fromagère. Technique et documentation. Lavoisier, Paris, 133-178 p.
- Martinez V., (2009).** Groupe d'étude des marchés de restauration collective et de nutrition (GEMRCN), et approuvée par décision n°2009-03 du 30 juillet 2009 du comité exécutif de l'OEAP.
- Mc Sweeney P.L.H., (2004).** Biochemistry of cheese ripening. Vol 57, No 2/3. Int. J. Of dairy technology, 127-144 p.
- Mccarthy O.J. et Singh H., (2009).** Physicochemical properties of milk. In advanced dairy chemistry, 3<sup>ème</sup> édition, New Zealand.
- Meftah S. et Si Ahmed L. (2016),** Comparaison entre deux types de fromages à pâte molle types camembert l'un issu d'une fabrication industrielle «Fermier», l'autre d'une fabrication fermière artisanale «saint amour», 52-74 p.

- Menard J.L. ; Roussel P. ; Masselin S. ; Puthod R. ; Hetreau T. ; Foret A. ; Houssin B. ; Aracil C. et Leguenic M. (2004).** Contamination bactérienne d'une laitière de stabulation libre paillée : effet de la fréquence de paillage et proposition d'une méthode pour son évaluation.in : rencontres sur les recherches autour des ruminants. Institut de l'élevage.
- Meyer C. et Denis J.P., (1999).** Elevage de la vache laitière en zone tropicale. 4<sup>ème</sup> édition, CTA, presses agronomiques de Gembloux.
- Mietton B., (1995).** Incidence de la composition des fromages au démoulage et des paramètres d'environnement sur l'activité des agents de l'affinage. Revue des ENIL. 189, 19-27 p.
- Miller J et Cole H., (2009).** National dairy council. Institut Benderwich.
- Montel M.C ; Bouton Y. et Parguel P., (2012).** Ecosystèmes des laits et des fromages au lait cru : enjeux pour leur maîtrise. URF INRA 545 F -15000. Aurillac. Renc. Rech. Ruminants.
- Nadège A., (2015).** Les microorganismes du microbiote fromager survivent ils à la digestion et peuvent ils avoir un effet immunomodulateur sur l'hôte ?. L'institut des sciences et industries du vivant et de l'environnement. P 272.
- Ogunbanwo S.T ; Sanni A.L. et Omilude A.A. (2003).**, Characterization of *lactobacillis*. In cheese. Journal of dairy research, 25, 431-438 p.
- Parente E. et Cogan T.M. (2004),** Starter cultures : general aspects. In : Fox, P. F., McSweeney P. L. H., Cogan T.M. et Guinee, T. P. (Eds.), cheese : chemistry, physics and microbiology, Vol. I. Chapman and Hall, London, 123-148 p.
- Pougheon S. et Goursaud J., (2001).** Les laits : caractéristiques physico-chimiques.
- Raynaud S., (2005).** Etude sur la contamination du lait par les bactéries coliformes en Bretagne. Rapport final institut d'élevage, 1-13 p.
- Remeuf F. ; Cossi N. ; Dervin F. et Tmasson R., (1991).** Relation entre les paramètres physico-chimiques du lait et son aptitude fromagère. Technique et documentation. Lavoisier, Paris. p 549.
- Roudaut H. et Lefrancq E. (2005).** Alimentation théorique. Edition sciences des aliments.
- Sraïri M.T. ; Ben Salem M. ; Bourbouze A. ; Elloumi M. ; Faye B. ; Madani T. et Yakhlef H. (2007).** Analyse comparée de la dynamique de la production laitière dans les pays du Maghreb. Cahiers agricultures, 16 (4), 251-257 p.
- Saidi N., (2007).** La microflore lactique du lait cru de chèvre.
- Salminen S. ; Wright A.V. et Ouwehand A. (2004).** 3<sup>ème</sup> edition. Marcel Dekker, Inc New York. P 1-66.
- Salque M.P.I. ; Bogucki J. ; Pyzel I. ; Sobkowiak-Tabaka R. ; Grygiel M. ; Szymt J. et Evershed R.P., (2012).** Earliest evidence for cheese making in the sixth millennium bc. In northern Europe. Nature advance online publication.

**Singleton P., (2002).** Bactériologie, Dunod. Paris, 381-394 p.

**Srair M.T. ; Hasni Aloui L.I. ; Hamama A. et Faye B., (2005).** Relation entre pratiques d'élevages et qualité globale du lait de vache en étable sub urbaines au MAROC. Revue de médecine vétérinaire, 156 (3), 155-162 p.

**Tamime A.Y., (2002).** Microbiology of starter cultures. In : dairy microbiology handbook (Robinson R.K.). 3<sup>ème</sup> édition. John Wiley and Sons. Inc New York, 261-366 p.

**Tolle A., (1980).** The microflora of the udder. Bull. Int. Dairy Fed, 120 : 4–10.  
Transformation fermière. L'utilisation de la présure végétale en transformation fromagère.

**Toureau V. ; Bagieu V. et Le Bastard A.M., (2004).** Une priorité pour la recherche : la qualité de nos aliments. Les recherches sur la qualité du fromage. INRA mission communication.

**Urbach G., (1995).** Relations between cheese flavour and chemical composition. Int dairy J, 389–422 p.

**Veisseyre R., (1975).** Technologie du lait : constitution, récolte, traitement, et transformation du lait. 3<sup>ème</sup> édition, la maison rustique. Paris, 1-3 p.

**Veisseyre R., (1975).** Technologie du lait. : constitution, récolte, traitement et transformation du lait. 2<sup>ème</sup> édition, la maison rustique. Paris, 461-692 p.

**Veisseyre R., (1979).** Technologie du lait. 3<sup>ème</sup> édition, la maison rustique, Paris.

**Vignola C.L., (2002).** Science et technologie du lait transformation du lait. École polytechnique de Montréal, ISBN : 29-34 p.

**Walstra P. et Jenness R., (1984).** Dairy chemistry and physics. Last edition, New York, USA.

**Widyastuti Y ; Rohmatussoliha T. et Febrisiantosa A., (2014).** The role of lactic acide bacteria in milk fermentation ; food and nutrition sciences, 435-442 p.

**Wolter R., (1988).** Alimentation de la vache laitière. 3<sup>ème</sup> édition, éditions France agricole. Paris.

**Yildiz F., (2010).** Development and manufacture of yogurt and other dairy products. CRC press Taylor & Francis group USA, 435 p.

**Liste des sites électroniques**

1. [http://www.lalettreatable.org/spip.php?article58%20\(28/04/21,18:38\)](http://www.lalettreatable.org/spip.php?article58%20(28/04/21,18:38))
2. [https://www.restaurant-formaticus.fr/connaissez-8-familles-de-fromages/%20\(20/04/21,16:30\)](https://www.restaurant-formaticus.fr/connaissez-8-familles-de-fromages/%20(20/04/21,16:30))
3. [https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRAypLXSFs20QRORgZ9kS-BJ4L6W3y9DgtSFw&usqp=CAU\(29/06/21,22:30\)](https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRAypLXSFs20QRORgZ9kS-BJ4L6W3y9DgtSFw&usqp=CAU(29/06/21,22:30))
4. [https://www.laboitedufromager.com/differences-entre-les-fromages-a-pate-pressee-et-a-pate-molle-2/\(29/06/21,22:32\)](https://www.laboitedufromager.com/differences-entre-les-fromages-a-pate-pressee-et-a-pate-molle-2/(29/06/21,22:32))
5. [https://www.lepoint.fr/vin/accords-quel-vins-blancs-avec-vos-fromages-a-pate-pressee-cuite-18-10-2019-2342063\\_581.php\(29/06/21,22:37\)](https://www.lepoint.fr/vin/accords-quel-vins-blancs-avec-vos-fromages-a-pate-pressee-cuite-18-10-2019-2342063_581.php(29/06/21,22:37))
6. [https://www.academiedugout.fr/ingredients/camembert\\_655/recettes\(29/06/21,22:40\)](https://www.academiedugout.fr/ingredients/camembert_655/recettes(29/06/21,22:40))
7. [https://www.youlab.fr/blog/ressources-scientifiques-bibliographie/le-lait-et-sa-coagulation/\(29/06/21,22:45\)](https://www.youlab.fr/blog/ressources-scientifiques-bibliographie/le-lait-et-sa-coagulation/(29/06/21,22:45))
8. [https://www.enil.fr/ecoles/enil-besancon/visite/hall-technologique/atelier-fromages-pates-molles\(29/06/21,22:30\)](https://www.enil.fr/ecoles/enil-besancon/visite/hall-technologique/atelier-fromages-pates-molles(29/06/21,22:30))

# *Annexes*

## Annexe 1

Dans le tableau (ci-dessous) sont présentés les ferments utilisés dans la fabrication du camembert au niveau de la laiterie «Numidia», ainsi que leurs effets sur la qualité du produit.

Le camembert «Numidia» acquiert son aspect et ses qualités organoleptiques particulières (le goût, l'odeur, la couleur et la consistance) grâce aux ferments industriels utilisés par l'unité, qui sont soit ajoutés au lait lors de la fabrication du camembert ou inoculés en surface des camemberts à l'étape de l'affinage.

Les ferments	Leurs effets
<i>Flora danica</i> (FD)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilisée pour acidifier le lait.</li> <li>- Ajoute un goût complet au camembert.</li> <li>- Améliore la conservation du produit fini grâce à sa concentration élevée en bactériocine.</li> </ul>
ST-B01	- Production d'acide lactique.
<i>Penicillium</i> 12	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Permet d'obtenir une couverture mycélienne stable sur des caillés à pâte molle jusqu'à la date limite de consommation du fromage.</li> <li>- Confère une stabilité biochimique grâce à des activités enzymatiques faibles, une blancheur et une homogénéité de la croûte sur les faces.</li> </ul>
<i>Penicillium</i> SAM 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Donne un aspect blanc et stable sous le papier d'emballage.</li> <li>- Assure la production d'arôme.</li> </ul>
<i>Penicillium</i> NEIGE	- Assure l'aromatisation du camembert et l'inhibition des contaminations.
GEO 17	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Il a un rôle considérable sur l'arôme et le goût du fromage et améliore l'aspect final du fromage.</li> <li>- Permet un développement plus rapide de la flore de surface lors de son mélange avec les souches de <i>Penicillium candidum</i>.</li> </ul>

## Annexe 2

Le tableau (ci-dessous) présente les quantités et les doses d'ensemencement utilisées par l'unité «Numidia» lors de la fabrication du camembert, en fonction de la technologie dirigée et les caractéristiques de produit recherchées.

Type de ferments	Dose
<i>Flora danica (FD)</i>	un sachet de 500 U pour 7000 L de lait
KL	un sachet de 500 U et demi pour 7000 L de lait
<i>Penicillium 12</i>	deux souches de 20 D pour 7000 L de lait
<i>Penicillium NEIGE</i>	une souche de 10 D pour 7000 L de lait
<i>Penicillium SAM 3</i>	une souche de 10 D pour 7000 L de lait
GEO 17	une souche de 10 D pour 7000 L de lait

**Annexe 3** : le journal officiel de la république algérienne n°39 correspondant au 2 juillet 2017.

8 Chaoual 1438 2 juillet 2017		JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 39				13
ANNEXE I						
Critères microbiologiques applicables aux denrées alimentaires						
1- Lait et produits laitiers						
Catégories des denrées alimentaires	Micro-organismes/ métabolites	Plan d'échantillonnage		Limites microbiologiques (ufc (1)g ou ufc/ml)		
		n	c	m	M	
Lait cru	Germes aérobies à 30 °C	5	2	3.10 <sup>5</sup>	3.10 <sup>6</sup>	
	Staphylocoques à coagulase +	5	2	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>	
	Coliformes thermotolérants	5	2	5.10 <sup>2</sup>	5.10 <sup>3</sup>	
	<i>Salmonella</i>	5	0	Absence dans 25 ml		
	Antibiotiques	1	—	Absence dans 1 ml		
	<i>Listeria monocytogenes</i>	5	0	100		
Lait pasteurisé et autres produits laitiers liquides pasteurisés	Germes aérobies à 30 °C	5	2	10 <sup>4</sup>	10 <sup>5</sup>	
	Enterobacteriaceae	5	0	10		
	<i>Salmonella</i>	5	0	Absence dans 25 ml		
Lait UHT et lait stérilisé	Germes aérobies à 30 °C	5	0	10/0.1ml		
Lait en poudre et lactosérum en poudre	Enterobacteriaceae	5	2	10	10 <sup>2</sup>	
	Staphylocoques à coagulase +	5	2	10	10 <sup>2</sup>	
	<i>Salmonella</i>	5	0	Absence dans 25 g		
Fromages au lait cru	<i>Escherichia coli</i>	5	2	10 <sup>4</sup>	10 <sup>5</sup>	
	Staphylocoques à coagulase +	5	2	10 <sup>3</sup>	10 <sup>4</sup>	
	<i>Salmonella</i>	5	0	Absence dans 25 g		
	<i>Listeria monocytogenes</i>	5	0	100		
Fromages à base de lait ayant subi un traitement thermique moins fort que la pasteurisation et fromages affinés à base de lait ou de lactosérum pasteurisés ou ayant subi un traitement thermique plus fort que la pasteurisation	<i>Escherichia coli</i>	5	2	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>	
	Staphylocoques à coagulase +	5	2	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>	
	<i>Salmonella</i>	5	0	Absence dans 25 g		
	<i>Listeria monocytogenes</i>	5	0	100		
Fromages à pâte molle non affinés (fromages frais) à base de lait ou de lactosérum pasteurisés ou ayant subi un traitement thermique plus fort que la pasteurisation	<i>Escherichia coli</i>	5	2	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>	
	Staphylocoques à coagulase +	5	2	10	10 <sup>2</sup>	
	<i>Salmonella</i>	5	0	Absence dans 25 g		
	<i>Listeria monocytogenes</i>	5	0	100		
Crème au lait cru	<i>Escherichia coli</i>	5	2	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>	
	Staphylocoques à coagulase +	5	2	10 <sup>3</sup>	10 <sup>4</sup>	
	<i>Salmonella</i>	5	0	Absence dans 25 g		
	<i>Listeria monocytogenes</i>	5	0	100		

**Annexe 4** : la composition des milieux de culture utilisés pour les analyses microbiologiques.

#### Gélose PCA

<b>Tryptone</b>	5 g
<b>Extrait de levure</b>	2,5 g
<b>Glucose</b>	1 g
<b>Agar</b>	15 g
<b>Eau distillée</b>	1000 ml

Autoclavage à 115°C pendant 15 min.

Le *pH* du milieu prêt à l'emploi : 7,2 à 25°C.

#### Gélose VRBG

<b>Extrait de levure</b>	3 g
<b>Peptone</b>	7 g
<b>Chlorure de sodium</b>	5 g
<b>Sels biliaires</b>	1,5 g
<b>Glucose</b>	10 g
<b>Rouge neutre</b>	0,03 g
<b>Cristal violet</b>	0,002 g
<b>Agar</b>	12 g
<b>Eau distillée</b>	1000 ml

Le *pH* du milieu prêt à l'emploi : 7,2 à 25°C.

#### Gélose DCLA

<b>Peptone pepsique de viande</b>	10 g
<b>Lactose</b>	10 g
<b>Désoxycholate de sodium</b>	10 g
<b>Chlorure de sodium</b>	5 g
<b>Citrate de sodium</b>	2 g
<b>Rouge neutre</b>	0,03 g
<b>Agar</b>	15 g
<b>Eau distillée</b>	1000 ml

Le *pH* du milieu prêt à l'emploi : 7,2 à 25°C.

#### Milieu SFB

<b>Peptone</b>	5 g
<b>Lactose</b>	4 g
<b>Phosphate de sodium</b>	10 g
<b>Eau distillée</b>	1000 ml

Le *pH* du milieu prêt à l'emploi : 7,0 à 25°C.

## Gélose SS

<b>Extrait de viande de bœuf</b>	5 g
<b>Peptone</b>	5 g
<b>Citrate de sodium</b>	10 g
<b>Seles biliaires</b>	4,2 g
<b>Lactose</b>	10 g
<b>Rouge neutre</b>	0,025 g
<b>Vert brillant</b>	0,0003 g
<b>Citrate de fer</b>	2 g
<b>Thiosulfate de sodium</b>	8,5 g
<b>Agar</b>	12 g
<b>Eau distillée</b>	1000 ml

Le *pH* du milieu prêt à l'emploi : 7,0 à 25°C.

## Gélose Hektoen

<b>Protéose peptone</b>	12 g
<b>Extrait de levure</b>	3 g
<b>Lactose</b>	12 g
<b>Saccharose</b>	12 g
<b>Salicine</b>	2 g
<b>Citrate de fer III</b>	1,5 g
<b>Sels biliaires</b>	9 g
<b>Fuchsine acide</b>	0,1 g
<b>Bleu de bromothymol</b>	0,065 g
<b>Chlorure de sodium</b>	5 g
<b>Thiosulfate de sodium</b>	5 g
<b>Agar</b>	14 g
<b>Eau distillée</b>	1000 ml

Le *pH* du milieu prêt à l'emploi : 7,5 à 25°C.

## Gélose Chapman

<b>Tryptone</b>	5 g
<b>Peptone pepsique de viande</b>	5 g
<b>Extrait de viande</b>	1 g
<b>Mannitol</b>	10 g
<b>Chlorure de sodium</b>	75 g
<b>Rouge de phénol</b>	25 g
<b>Agar</b>	15 g
<b>Eau distillée</b>	1000 ml

Autoclavage à 120°C pendant 15 min.

Le *pH* du milieu prêt à l'emploi : 7,4 à 25°C.

---

**Bouillon Giolitti-Cantoni**

<b>Tryptone</b>	10 g
<b>Extrait de viande</b>	5 g
<b>Extrait de levure</b>	5 g
<b>Chlorure de lithium</b>	5 g
<b>Mannitol</b>	20 g
<b>Chlorure de sodium</b>	5 g
<b>Glycine</b>	1,2 g
<b>Pyruvate de sodium</b>	3 g
<b>Eau distillée</b>	1000 ml

Le *pH* du milieu prêt à l'emploi : 6,9 à 25°C.

**Eau peptonée**

<b>Peptone de caséine</b>	10 g
<b>Chlorure de sodium</b>	5 g
<b>Phosphate de sodium</b>	12 g
<b>Phosphate de potassium</b>	1,5 g
<b>Eau distillée</b>	1000 ml

Autoclavage à 120°C pendant 15 min.

Le *pH* du milieu prêt à l'emploi : 7,4 à 25°C.

L'objectif principal de ce travail est d'effectuer un contrôle microbiologique d'un fromage à pâte molle «le camembert», tout au long de la chaîne de fabrication dans la laiterie «Numidia».

Ce contrôle microbiologique consiste à détecter les germes d'altération et de contamination de la matière première (le lait de vache cru), du produit semi-fini et du camembert conditionné, afin d'assurer que le produit est propre à la consommation. Les analyses microbiologiques effectuées sont celles exigées dans le journal officiel n°39 correspondant au 2 juillet 2017. Les résultats obtenus montrent l'absence d'*E. coli*, des *salmonelles* et de *Staphylococcus aureus*. Par contre, ils indiquent la présence des coliformes thermotolérants et de la flore totale aérobie mésophile, avec des valeurs acceptables et conformes aux normes.

On conclut à travers cette étude, que le camembert produit par la laiterie «Numidia» est de qualité hygiénique, microbiologique et sanitaire de valeur, donnant ainsi sa cote sur le marché.

**Mots clés :** camembert, contrôle microbiologique, germes d'altération, matière première.

The main objective of this work is to carry out a microbiological control of a soft cheese "camembert", throughout the production chain in the "Numidia" dairy.

This microbiological control consists in detecting the germs of alteration and contamination in the raw material (raw cow's milk), the semi-finished product and the packaged camembert, in order to ensure that the product is suitable for consumption. The microbiological analyzes carried out are those required in the official journal n°39 corresponding to the 2<sup>nd</sup> July 2017. The results obtained show the absence of *E. coli*, *Salmonella* and *Staphylococcus aureus*. On the other hand, they indicate the presence of thermotolerant coliforms and the total aerobic mesophilic flora, with acceptable values and in accordance with the standards.

We conclude through this study, that the camembert produced by the "Numidia" dairy has a great hygienic, microbiological and sanitary value, thus giving its coast on the market.

**Keywords :** camembert, microbiological control, alteration germs, raw material.

الهدف الرئيسي من هذا العمل هو إجراء مراقبة ميكروبيولوجية للجبين الطري "كاممبرت"، في جميع مراحل إنتاجه في ملبنة "نوميديا".

كرسنا هذه المراقبة الميكروبيولوجية للكشف عن جراثيم التلف والتلوث للمادة الأولية (حليب البقر الخام)، المنتج الشبه النهائي وللكاممبرت المعبأ، وذلك من أجل التأكد من أن هذا المنتج قابل للإستهلاك. التحليلات الميكروبيولوجية التي تم إجراؤها هي المطلوبة في الجريدة الرسمية رقم 39 المؤرخة في 2 جويلية 2017. النتائج المتحصل عليها تثبت عدم وجود الإشريكية القولونية، السالمونيلا و المكورات العنقودية الذهبية. من ناحية أخرى، فإنها تشير إلى وجود القولونيات المقاومة للحرارة و مجموعة من الكائنات الحية الدقيقة، ولكن بقيم مقبولة ووفقاً للمعايير المذكورة سابقاً في الجريدة الرسمية.

نستنتج من خلال هذه الدراسة، أن الكاممبرت المنتج من طرف ملبنة "نوميديا" ذو جودة صحية و ميكروبيولوجية عالية القيمة، مما يمنحه مكانة في السوق.

**الكلمات المفتاحية :** جبين الكاممبرت، المراقبة الميكروبيولوجية، جراثيم التلف، المادة الخام.

Date de soutenance : 12/07/2021

Présenté par :  
Chekired Nour El Houd  
Chekired Rania

**Thème** : *contrôle microbiologique du camembert produit par l'industrie laitière «Numidia».*

**Mémoire en vue de l'obtention du diplôme : Master en Bioindustrie, Analyse et Contrôle.**

**Résumé :**

L'objectif principal de ce travail est d'effectuer un contrôle microbiologique d'un fromage à pâte molle «le camembert», tout au long de la chaîne de fabrication dans la laiterie «Numidia».

Ce contrôle microbiologique consiste à détecter les germes d'altération et de contamination de la matière première (le lait de vache cru), du produit semi-fini et du camembert conditionné, afin d'assurer que le produit est propre à la consommation. Les analyses microbiologiques effectuées sont ceux exigées dans le journal officiel n°39 correspondant au 2 juillet 2017. Les résultats obtenus montrent l'absence d'*E. coli*, des *salmonelles* et de *Staphylococcus aureus*. Par contre, ils indiquent la présence des coliformes thermotolérants et de la flore totale aérobie mésophile, avec des valeurs acceptables et conformes aux normes.

On conclut à travers cette étude, que le camembert produit par la laiterie «Numidia» est de qualité hygiénique, microbiologique et sanitaire de valeur, donnant ainsi sa côte sur le marché.

**Mots-clés** : camembert, contrôle microbiologique, germes d'altération, matière première.

**Laboratoire d'autocontrôle, d'analyse et de contrôle de la qualité microbiologique «Numidia».**

**Présidente du jury** : M<sup>me</sup> BENCHIHEUB M. (Maître de conférences B – UFM Constantine 1).

**Encadrante** : M<sup>me</sup> HARZALLAH B. (Maître de conférences B – UFM Constantine 1).

**Examinatrice** : M<sup>me</sup> GHORRI S. (Maître de conférences B – UFM Constantine 1).

**Maître de stage** : M<sup>me</sup> CHAROUANA S. (Docteur vétérinaire).

**Année universitaire : 2020 – 2021**